

**I. ULUSAL ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ÖĞRENCİLERİ SEMPOZYUMU**

30-31 MAYIS 2016-KONYA

# **UCMOS'16**

**I. ULUSAL ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ  
ÖĞRENCİLERİ SEMPOZYUMU**

**BİLDİRİLER KİTABI**

**UCMOS'16**



**30-31 MAYIS, 2016 - KONYA**

---

# 1. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu

*Bildiri Kitabı*



**ISBN-978-605-83522-0-9**



**UÇMÖS'16  
Haziran 2016-KONYA**



ISBN 978-605-83522-0-9

---



---

## Deklarasyon

Bu bildiri kitabı içinde basılmış olan bütün makalelerin içerisindeki bilgilerin doğruluğu ve kullanılan metinlerle yayın izinlerin alınması sorumluluğu yazarlara aittir, yazarlar kitabı basım tarihi ile bu sorumluluğu kabul etmiş olarak sayılır. Editör kurulu hiç bir yükümlülüğe sahip değildir.

1. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu *Bildiriler Kitabı*'ndaki bilgi ve metinlerin 1. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu Bilim Komisyonu ve S. Ün. Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanlığının bilgi ve izini olmadan kısmen veya tamamen kullanılamaz veya değişiklik yapılamaz. Kitaptaki bilgi ve belgeler üzerinde basılı ve elektronik olarak izin alınmaksızın kısmen veya tamamen aynen veya değişiklik yapılarak basılamaz. Bu kitaptaki bilgi ve belgelerin basım ve yayın izni S.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü Başkanlığına devredilmiş olup Copyright® yetkisi S.Ün. Çevre Mühendisliği Bölümü Başkanlığına aittir.

1. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu

Baş Editör: S. Dursun,

Editörler kurulu: G. Kara, S. Küçükçongar, Z.C. Ayтурان,

Yayın hakkı: Copyright® S.Ü. Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, Konya, 2016.

*1. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu Organizasyon Komitesi adına S.Ün. Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, Konya, TÜRKİYE. 2016-Konya*

*Elektronik Basım:* <http://www.selcuk.edu.tr/muhendislik/cevre>

**Basım Yeri adresi:** <https://www.selcuk.edu.tr/muhendislik/cevre/Web/Sayfa/Ayrinti/40630/tr>

**Yazışma Adresi:** Selçuk Üniversitesi, Mühendislik, Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 42003-Konya, Türkiye

**ISBN:** 978-605-83522-0-9

**Selçuk Ün. Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya, Turkey**

**Tel:** +90 (332) 2232057, **Fax:**+90 (332) 2410635

Dış kapak sayfası dizaynı: E. Esmeray

Telefon : +90 332 2232057

: +90 536 5954591

Fax-mail: +90 332 2410635

E-Mail : [cevre@selcuk.edu.tr](mailto:cevre@selcuk.edu.tr)

[sdursun@selcuk.edu.tr](mailto:sdursun@selcuk.edu.tr)

URL : <http://www.selcuk.edu.tr/muhendislik/cevre>

**ISBN: 978-605-83522-0-9**



9 786058 352209

# **1. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu 30-31 Mayıs, 2016 - KONYA (UÇMÖS-16 Konya)**

---

**Onur Komitesi:** Prof.Dr. Ferruh Yıldız, Selçuk Ün, Mühendislik Fakültesi Dekanı, Konya

**Konferans Başkanı:** Şükrü Dursun, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya

## **Konferans Başkan Yardımcıları**

Sezen Küçükçongar, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Gülnihal Kara, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya

## **Organize Komitesi** (Alfabetic sıra)

Hamza Aysan, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Havva Ateş, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Mehmet Türkyılmaz, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Merve Soğancioğlu, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Taylan Dolu, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Zeynep Cansu Ozturk, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya

## **Bilim Komitesi** (Alfabetic sıra)

Ahmet Aygün, Bursa Teknik Üniversitesi, Doga Bilimleri Müh. Mim. Fakültesi, Bursa  
Ahmet Kılıç, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Ali Tor, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Konya  
Bilgehan Nas, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Dilek Erdirençelebi, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Dünyamin Güclü, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Dürdane Yılmaz, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Erkan Kalıpcı, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Nevşehir  
Ertuğrul Esmeray, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük  
Esra Yel, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Fatma Bedük, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Konya  
Fatma Gürbüz, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Fatma Kunt, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Gülden Gök, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Gülnihal Kara, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Hakan Çelebi, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Hakan Dulkadiroğlu, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniver., Müh. Mim. Fakültesi, Nevşehir  
Hasan Koçyiğit, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Hatim Elhatip, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Hüseyin Cüce, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Nevşehir  
İsmail Şimşek, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Levent Altaş, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
M. Emin Argun, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Mehmet Emin Aydın, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Konya  
Melayib Bilgin, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Muhammed Kamil Öden Selçuk Üniversitesi, Sarayönü MYO, Konya  
Mustafa Işık, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Mustafa Karataş, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Oğuzhan Gök, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Özcan Oruç, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Özlem Güllü, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Sakine Uğurlu Karaağaç, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük

---

**1. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu 30-31 Mayıs, 2016 - KONYA  
(UÇMÖS-16 Konya)**

---

Selim Doğan, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Senar Aydın, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Konya  
Serkan Şahinkaya, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Nevşehir  
Seval Aras, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Nevşehir  
Sezen Küçükçongar, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Sibel Uludağ Demirer, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük  
Süheyla Tongur, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Şükrü Dursun, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya  
Yakup Kurmaç, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray  
Zehra Gök, Selçuk Üniversitesi, Sarayıönü MYO, Konya

<http://www.selcuk.edu.tr/muhendislik/cevre/Web/Sayfa/Ayrinti/40630/tr>

## İÇİNDEKİLER

- Türkiye'de, Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanma Potansiyeli "**Ahmet Akıncı, Mehmet Yönetmen, Şükrü Dursun**"
- Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması "**Burhan Kayacan, Özgür Yıldırım, Semih Demirpençe, Şükrü Dursun**"
- Metal Kaplama Endüstrisi Atıksularından Kimyasal Çöktürme Yöntemiyle Ağır Metal Giderimi "**Betül Seçilmiş, Hamza Navruz, Şükrü Dursun**"
- Selçuk Üniversitesi Kampüs Alanı İçerisindeki Gürültü Kirlilik Düzeyinin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi "**Abdu Rahim Jehangiri, Mojebullah Wahidy, Mohammad Nazir Malekzada, Naheda Hameed, Şükrü Dursun**"
- Gri Su Uygulamaları ile Yeniden Kullanımı "**Ertan Şahin, Murat Çalık, Şükrü Dursun**"
- İklim Değişikliğinin Nedenleri "**Tahir Büyükdemir, Veli Yılmaz, Şükrü Dursun**"
- Güneş Enerjisi Sistemleri ve Termik Santrallerin Yaşam Döngüsü Analizi ve Küresel Isınma Potansiyelinin Belirlenmesi "**Seda Bolu, Hüseyin Coşar, Seçil Ünal, Mehmet Emin Argun**"
- Konya Atıksu Aritma Tesisinin Bazı Ekipmanlar Açısından Enerji Harcamalarının Hesaplanması ve Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi "**Büşra Kuru, Dilek Güler, Mehmet Ali Erkiremitci, Mehmet Emin Argun**"
- Ekoköy Örneklerinin İncelemesi ve Konya İli Kırsalında Uygulanabilirliği "**Kamil Çinan, Halimenur Kazak, Mehmet Emin Argun**"
- Konya/Selçuklu İlçesinde Evsel Kaynaklı Kızartmalık Yağların Toplanabilirliği Biyodizel Biyoglisserin ve Biyogaz Üretim Potansiyelleri "**Umut Bekir Haktanıyan, Büşra Yılmaz, Hanife Nur Durmuş, Mehmet Emin Argun**"
- Konya ve Çevresinde Oluşan Tehlikeli Atıkların Tespiti ve Çevresel Risk Değerlendirmesi "**Habibe Işık, Mehmet Emin Argun**"
- Anaerobik Çamur Çürüttüclerde  $H_2S$  Oluşumu ve UKM Giderimine Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi "**Meryem Tan, Hilal Alparslan, Necip Yiğit Sarac, Dilek Erdirençelebi**"
- Anaerobik Çamur Çürüttüclerde Biyogaz Üretiminin Modellemesi "**Sofia Safi, Neslihan Öztürkmen, Hafize Hacımahmutoğlu, Dilek Erdirençelebi**"
- Anaerobik Çamur Çürüttüclerde Biyogaz Üretimine Etki Eden Parametrelerin Lineer Regresyon İle Belirlenmesi "**Fatma Nur Akgül, Beyza Çingil, Nesrin Türkman, Dilek Erdirençelebi**"
- Bir Anaerobik Çamur Çürüttüçünde UKM Giderimi ve Biyogaz  $H_2S$  Konsantrasyonuna Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi "**Atilla Kuş, Dilek Erdirençelebi**"
- Farklı Organik Atık Türlerinin Biyokompost Eldesindeki Etkinliği "**Hüseyin Ilgaz, Arzu Betül Sarıkaya, Sevgi Yılmaz Merve Soğancioğlu, Esra Yel**"
- İçme Suyu Koagülasyonunda Koagülen Madde Türü ve Dozunun Suda Kalıntı Metal Bırakma Potansiyeli "**Seda Acar, Hasan Günay, Merve Soğancioğlu, Esra Yel**"
- Zeytin Karasuyunun Fizikokimyasal Yöntemlerle Arıtılabilirliği "**Sinem Çolak, Elif Nur Özçelik, Merve Soğancioğlu, Esra Yel**"
- Deterjan Üretimi Atıksuları İle Mermere İşleme Atıksularının Hava Flotasyonu Sisteminde Birlikte Arıtılabilirliği "**Aslıhan Bilen, Şirin Gözde Okkaoğlu, Merve Soğancioğlu, Esra Yel**"
- Öğrencilerin Ambalaj Atıklarının Yönetimi Uygulamalarındaki Farkındalık Düzeyinin İncelenmesi "**Oğuz Yalçın, Hasan Yılmaz, Murat Küçükçongar, Sezen Küçükçongar**"
- Sulardan Adsorpsiyon Yöntemiyle Nitrat Giderimi "**Nahit Bayram, Cansu Yorul, Sezen Küçükçongar**"
- Aritma Çamurlarının Tarımsal Amaçlı Kullanımı "**İsmail Çetinaslan, Ebutalip Polat, Sezen Küçükçongar**"
- Endüstriyel Atık Malzeme Kullanılarak Sulardan Nitrat Giderimi "**Tuba Doğanay, Ayşegül Küçükavcı, Hacer Gülcü, Sezen Küçükçongar, Muhammed Kamil Öden**"
- Endüstriyel Atık Yönetimi: Kağıt Endüstrisi Örneği "**Gökhan Taşdemir, Murat Çelebi, Güler Kaner, Sezen Küçükçongar**"
- Konya Tatlı Su Şebekesinde ve Şişelenmiş Sularda Nitrat Düzeylerinin Araştırılması "**Hatice Hilin Yılmaz, Sezen Küçükçongar, Zehra Gök**"
- İklim Değişikliğinin Konya Havzası Üzerindeki Etkileri "**Beyza Temirci, Halime Okumuş, Süheyla Tongur**"
- Lepidium Sativum Toksisite Test Metodu Kullanılarak Endüstriyel Atıksuların Toksisitesinin Değerlendirilmesi "**Gülşah Akkaya Ümmü Kisa Gülsen Gümüş, Süheyla Tongur**"
- Konya'da Elektronik Eşya Kullanımı, E-Atık Oluşum Miktarları ve E-Atık Geridönüşümü Bilincinin Değerlendirilmesi "**Gülden Aslan, Ebru Çelik, Süheyla Tongur**"
- Evsel Su Kullanımı Su Tasarrufu Uygulamaları ve Sorunları "**Ayten Güneş Tartılmış, Didar Işıkçeviren, Süheyla Tongur**"
- Ağrı Kesicilerin Akut Toksisitesinin Belirlenmesi "**Emre Yıldız, Muhammed Murat Şen, Selçuk Gür, Sevil Yıldız, Süheyla Tongur**"
- Atık Sudan Isı Geri Kazanımı ve Kullanım Alanları "**Osman Çiçek, Süheyla Tongur**"
- Kati Atık Depolama Sahasında Oluşan Metan Gazının Enerjiye Dönüşümü "**Ataikkan Koçak, Selim Doğan**"
- Nehir Ekosisteminde Çevresel Akuş Metotlarının İncelenmesi ve Karşılaştırılması "**Beyza Sağkan, Selim Doğan**"
- Fakülte Binalarının Çatılarından Yağmur Suyu Hasadı "**Muhammed Kandemir, Ahmet Afşar, Selim Doğan**"
- Afganistan'ın Çevre Problemleri "**Habibullah Rafea, Nasir Ahmad Ahmadi, Gool Mohammad Ebrahimi, Selim Dogan**"
- Afganistan'da Kuraklık, İklim Değişikliği, Karışıklık ve Göç "**Said Ali Sina Azarm, Mohammad Abobakar Himat, Selim Dogan**"
- Türkiye'deki Suriyeli Mülteci Kamp Alanının Çevresel Açıdan İncelenmesi "**Şehide Güneş Keleş, İmren Karabulut, Selim Doğan**"

- Meriç-Ergene Havzası Akım Gözlem İstasyonlarında Eksik Verilerin Tamamlanması "**Hakan Arıdal, Bekir Özer, Oğuzhan Tüfekci, Selim Doğan**
- Konya Kapalı Havzasında Çevresel Akış "**Abdullah Ak, İsmail Kaveloğlu, Selim Doğan**
- Boyarmaddelerin Ultrases/TiO<sub>2</sub> Prosesi İle Renk Giderimi "**Osman Sever, İlhan Kocababa, Mustafa Karataş, Emine Baştürk**
- Boyarmaddelerin UV/TiO<sub>2</sub> Prosesi İle Renk Giderimi "**Fatih Baycan, Yusuf Kenan Ordu, Musa Bingöl, Mustafa Karataş, Emine Baştürk**
- Aksaray Üniversitesi'nde Bireysel Karbon Ayak İzi Hesaplaması "**Tolgahan Eroğlu, Melayib Bilgin**
- Organik Atıklarda Farklı Ön İşlemler Sonucu Toplam Azot Miktarının Değişimi "**Levent Yağan, Şevket Tulun, Melayib Bilgin**
- İskenderun İlçesinin Tibbi Atıklarının Bertarafı ve Sterilizasyonu "**Ali Kağan Kirca, Gülden Gök**
- Arsenik-Çevresel Etkileri ve Sulardan Giderim Yöntemleri; Emet Örneği!"**Ahmet Demirtaş, İsmail Şimşek, Levent Altas**
- Aksaray Rüzgar Haritası "**Merih Özdemir, Melayib Bilgin**
- İndigo Boya Arıtımı "**Ali Sacit Evcı, Mustafa Işık**
- Evsel Nitelikli Katı Atıkların Geri Dönüşümü ve Bertarafı "**Alper Emre Kaya**
- Ankara İli Çankaya İlçesi Geri Dönüşüm Uygulamaları "**Aslı Özsoy, Zübeyde Şimşek, Melayib Bilgin**
- Ankara Çubuk İçme Suyu Arıtma Tesisi Kalite Parametreleri" **Berk Seçer**
- Kaski İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Problemleri ve Çözüm Önerileri "**Cengizhan Duran**
- Rüzgâr Enerjisi "**Çoşkun İnce**
- Değişik Tarımsal Artıkların Kayın Mantarı (Pleurotus Ostreatus) Yetiştiriciliğinde Kullanım Olanakları **Emre Engin, Gülden Gök**
- Batman Çayı Kirlilik Parametreleri İncelenmesi "**Hatim Elhatip, Emine Seven**
- Düzenli Depolama Alanlarının Yer Seçimi ve Projelendirilmesi. Türkiye'de ve Dünya'daki Mevcut Durum ve Problemler "**Fuat Kuş, Gülden Gök**
- Temiz Üretim Yoluyla Atık Azaltımı "**Fadime Yavuz, Gülden Gök**
- Sulardan Arsenik Giderimine Yönelik Monolitik Kriyojet Sorbentlerin Geliştirilmesi "**Samet Özcan, Güler Şahin, Şeyda Temizyürek, Hasan Koçyiğit**
- Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri "**Behiye Durdu, Derya Özsoy, Melayib Bilgin**
- Gri Su Arıtımı "**Hacı Akçıl, Mustafa Işık**
- Açık Maden Ocaklarının Çevresel Etkileri "**Halit Çimen, Mustafa Işık**
- Hidrojen Enerjisi Üretimi ve Uygulamaları "**Azime Songül Özkaya, Mehmet Fatih Küçükşayaci, Melayib Bilgin**
- Katı Atık Depo Gazından Enerji Üretimi "**Saliha Say, Melayib Bilgin**
- Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi Yer Tespitı "**Abdullah Kefkir, Melayib Bilgin**
- Pestisitlerin Çevresel Etkileri ve Sulardan Giderim Yöntemleri "**Luman Lumanoglu, Levent Altas**
- Yenilenebilir Enerji Rüzgâr Enerjisi "**Mehmet Ali Demir**
- Aksaray(Ortaköy)Atıksu Arıtma Tesisi Tasarımı "**Neslihan Gökçe Bozkuş, Durdane Yılmaz**
- İleri Dezenfeksiyon Yöntemleri "**Nisa Beyza Bektaş, Levent Altas**
- Topraklardaki Bor Kirliliği ve Arıtım Metotları "**Sunay Acar, Gülden Gök**
- Toprakta Tuzluluk ve Giderim Yöntemleri "**Süleyman Gündüztepe, Gülden Gök**
- Katı Atıklardan Enerji Eldesi (Şanlıurfa Katı Atık Tesisi Deponi Sahası) "**Mehmet Selim Kaya, Durdane Yılmaz**
- Eskişehir İli İçme Suyu Arıtma Tesisi İşletimi ve İşletme Problemleri "**Sibel Erman, Gülşah Sönmez**
- Katı Atıklardan Enerji Eldesi "**Şenol Eren**
- Tarım Topraklarında Ağır Metaller "**Nazan Öz, Melayib Bilgin**
- Tarım Topraklarından Toprak Yıkama Yöntemi İle Kurşun (Pb<sup>+2</sup>) Giderimi "**Merve Ayaz, Merve Esen, Şevket Tulun, Melayib Bilgin**
- Ağır Metallerin Çevresel Özellikleri ve Endüstriyel Atıksulardan Arıtılması "**Vatha Çayıldak, Samet Özcan, Hasan Koçyiğit**
- İçme Suyu Borularında Biyofilm Oluşumu ve Önlenmesi "**Yasin Mazlum, Durdane Yılmaz**
- Tekirdağ İlne İçme Suyu Sağlayan Naipköy Baraj Gölü Besleyen İşıklar Deresinin Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi "**Oğuz Çakır, Samet Özcan, Hatim Elhatip**
- İlkizcetepeler Barajı Su Kalitesi ve Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi "**Hatim Elhatip, Mehmet Murat Yetim**
- Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması; Sonuçları ve Türkiye "**İsmail Ceylan, Samet Özcan, Hasan Koçyiğit**
- Mısır Silajı ve Arıtma Çamurlarından Biyogaz Eldesi"**Ismail Ceylan, Samet Özcan, Hasan Koçyiğit**
- İçme Sularında Elektrokagülasyon İle Doğal Organik Madde Giderimi ve Trihalometan Oluşumunun Önlenmesi "**Mustafa Karaarslan, Fatma Gürbüz**
- Cam Atık Suyunun Geri Kazanılması ve Yeniden Kullanımı "**Ozan Sinaplı, Fatma Gürbüz**
- Manavgat Irmağı'nın Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi "**Hatim Elhatip, Sertaç Küçükgüçlü**
- Karbon Nanotüp Katkılı Malzemelerle Arsenik Giderimi "**Serhat Koyunbaba, Fatma Gürbüz**
- Endüstriyel Arıtma Çamurlarından Kompost Üretimi "**Cihat Akçakaya, Bilgehan Nas**

- Tıbbi Sıvı Atıkların Özellikleri ve Arıtım Yöntemleri "**Bilge Tokyay, Bilgehan Nas**
- Atıksu Arıtma Tesisleri İçin Puanlama Sisteminin Geliştirilmesi "**Cansu Bayhan, Bilgehan Nas**
- Atıksu Arıtımında Kavitasyon Destekli Flotasyon Tekniği "**Ecenur Yeşil, Bilgehan Nas**
- Atık Su Arıtma Tesislerinde İşletme Sorunları ve Çözümleri "**Ayşe Hümeyra Kaplan, Bilgehan Nas**
- Konya Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamurlarından Gübre Üretimi "**Aysel Poçan, Müberra Nur Kılıçarslan, Bilgehan Nas**
- Çamur Susuzlaştırma Ekipmanlarının Karşılaştırılması ve Alternatif Sistemler "**Muammer Zahit Çokyürür, Bilgehan Nas**
- Yüksek Sıcaklıklarda Atıksu Arıtımı ve Enerji Kazanımı "**Erdem Genç, Bilgehan Nas**
- Yeraltı Sularının Tarımsal Sulama İçin Kim. Kalite Paramet. Açısından Sınıf. ve CBS Ortamında Harita: Konya-Cumra-Karapınar Alt Havzası Örneği "**Celal Çığır, Seval Selma Çetin, Bilgehan Nas**
- Atıksulardaki Mikrokirleticilerden VOC'lerin Ekstraksiyonu "**Cemre Yılmaz, Bilgehan Nas**
- Akıllı Çöp Konteynieri Sistemleri "**Serkan Gür**
- Ambalaj Atıkları Geri Kazanım Aksaray Örneği Ambalaj Atıkları Geri Kazanım Aksaray Örneği "**Mehmet Akif Koçak**
- Arıtma Çamuru Bertaraf Yöntemleri "**Furkan Tuğcu, Yakup Kurmaç**
- Toprak Kirliliğinde CBS Uygulamaları "**Emine Öztürk**
- Akü Geri Dönüşüm Tesisi Atıksuyundan Ağır Metal Giderimi "**Faruk Kaplan, Ozan Gültepe, Sevtap Uluçay, Özgül Çimen Mesutoğlu, Oğuzhan Gök**
- Bostancı Mahallesi Gürültü Haritası Hazırlanması Ve Gürültü Kirliliğinin Önlenmesi "**Gökhan Çağlayan**
- Aksaray Üniversitesi Kampüsünde Gürültü Kirliliği Değerlendirilmesi "**Onur Boz, Yakup Kurmaç**
- Sularda Doğal Materyal İle Arsenik Giderimi "**Hilmi Tunahan Güneş, Cemile Tuğrul, Oğuzhan Gök**
- Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Elbistan'da Hava Kirliliği Sorunu "**Tuğçe Yaman, Yakup Kurmaç**
- Karbon Nanotüp Katkılı Malzemelerle Arsenik Giderimi "**Serhat Koyunbaba, Fatma Gürbüz**
- Sularda Bor Giderimi "**Muhammet Hilmi Başbüyük, Oğuzhan Gök**
- Su Kirliliği ve Kontrolünde CBS Uygulamaları "**Nahile Arasan**
- Süt Endüstrisi Atıksuları Arıtımı "**İlker Uçar**"
- Katalitik Ozonlama Yöntemiyle İlaç Kalıntılarının (Aspartame) Giderimi "**Ali İhsan Akyüz, İlker Döleker, Kadir Türkmenoğlu, Alper Alver, Ahmet Kılıç**
- Pomزانın Titanyum Dioksit ile Kaplanması ve Katalitik Ozonlamadaki Aktivitesi "**Gamze Kara, Merve Düzgün, Esra Yılmaz, Alper Alver, Ahmet Kılıç**
- Uçucu Küllerin Oluşumu, Çevresel Etkileri ve Kullanılabilceği Alanlar "**Ozan Çay**
- Mamasun Barajı Su Kalitesinin CBS ile Değerlendirilmesi "**Yakup Güleryüz, Özlem Güllü**
- Alanya Katı Atıklarından Biyogaz Eldesi ve Enerji Üretimi "**Zafer Biber, Oğuzhan Gök**
- Güneş Pillerinden Elektrik Enerjisi Üretimi "**Enis Atık, Algan Yılmaz, Zekiye Pehlivan**
- Elektronik Atıklärın Çevre İle Etkileşimi "**Ünal Oğul, Ali Çankaya**
- İlaç Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu "**Cansu Koyuncu, Şükriye Çelik**
- Laboratuar Güvenliği ve Kazaları "**Zeynep Eker, Büşra Bozkurt**
- Elektronik Burun ve Uygulama Alanları "**Hatice Kılçı, Halime Kaya, Ebru Çelikkamat**
- Tehlikeli ve Zararlı Atıklärın Taşınması "**Zehra Elif Kaya**
- Aksaray ve Çankırı İllerinin Rüzgâr Enerji Potansiyellerinin Araştırılması "**Önder Kahraman, Hasan Koçyiğit**
- Ambalaj Atıkların Geri dönüşümü "**Nagehan Koşar, Yakup Kurmaç**
- Kızılırmak Su Kalitesi İncelenmesi"**Seren Er, Samet Özcan, Hatim Elhatip**
- Aksaray Hava Kalitesi Ve De-erlendirmesi " **Soner Yılmaz, Yakup Kurmaç**"

## TÜRKİYE'DE, ARITILMIŞ ATIKSULARIN YENİDEN KULLANMA POTANSİYELİ

Ahmet AKINCI, Mehmet YÖNETMEN, Şükrü DURSUN

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya  
*ahmet\_knc@hotmail.com-m\_yonetmen@hotmail.com, sdursun@selcuk.edu.tr*

**ÖZET:** Ülkemiz hızla büyümekte ve sanayileşmektedir. Nüfus artışını en yakından izleyen ve kendini en çarpıcı şekilde hissettiren sorun da bu nüfusun sürekli değişen ve artan kullanma suyu gereksinimidir. Zaten sınırlı olan su kaynaklarının ve sürekli artış gösteren evsel ve endüstriyel amaçlı su kullanım gereksinimlerinin karşılanması için uzun vadeli programlar kapsamında bu su kaynaklarının her türlü kirlemeden korunmasının yanı sıra, atık suların geri kazanılması ve yeniden kullanımı da gün geçtikçe daha fazla önem kazanmakta ve bu konuda yoğun araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Sunulacak tebliğde ülkemizde çeşitli amaçlar için kullanılan su miktarları gösterilmekte, atık suların geri kazanılması, özellikle arıtılmış atıksuların kullanılabilirliğiyle ilgili yapılan çalışmalar örnek bir proje çalışmasıyla açıklanmaktadır ve öneriler sunulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Su kullanımı, atık su geri kazanma, yeniden kullanma, yönetmelik, öneri.

### REUSE POTENTIAL OF TREATED WASTEWATER IN TURKEY

**ABSTRACT:** Our country is rapidly growing and industrializing. Population growth on most closely followed and that makes you feel most dramatically by the constantly changing and growing population problem water. Already limited water resources and ever-increasing domestic and industrial water use requirements are intended to ensure long-term programs within the scope of this protection of all kinds of pollution of water resources, as well as the acquisition of and back of the waste water re-use is more and more important and intensive research and development work. Choosing the notification used for various purposes in our country shows the amount of water, waste water can be acquired, especially back of purified wastewater studies about the availability of an example project describes his work and recommendations.

**Keywords:** water usage, waste water recovery, re-use, regulation, proposal.

### 1. GİRİŞ

Modern toplumların ihtiyaç duyduğu en önemli etkenlerden birisi de bol ve yeterli miktarda içme ve kullanma suyu kullanımıdır. Su gereksinimi, toplumun kültürel ve sosyoekonomik yapısına, coğrafik özelliklere ve mevsimlere göre değişiklik göstermektedir.

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar  $km^3$ 'tür. Bu suların %97,5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, %2,5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının da %90'ının kutuplarda ve yeraltıda bulunması sebebiyle insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceği elverişli tatlı su miktarının ne kadar az olduğu anlaşılmaktadır.

### 2. TÜRKİYE DE SU KULLANIMI

Türkiye'de yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar  $m^3$  suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar  $m^3$ 'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar  $m^3$ 'luk kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar  $m^3$ 'luk kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasyyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar  $m^3$ 'luk suyun 28 milyar  $m^3$ 'ü pınarlar vasıtasyyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelere ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar  $m^3$  su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar  $m^3$  olmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 41 milyar  $m^3$  de dikkate alındığında, ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar  $m^3$  olarak hesaplanmıştır. Ancak günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli maksatlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar  $m^3$ , komşu ülkelere yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar  $m^3$  olmak üzere, yılda ortalama toplam 98 milyar  $m^3$ 'tür. 14 milyar  $m^3$  olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar  $m^3$  olup, 44 milyar  $m^3$ 'ü kullanılmaktadır.

Türkiye su zengini bir ülke değildir. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı  $1.519 m^3$  civarındadır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının  $1.120 \text{ m}^3/\text{yıl}$  civarında olacağı söylenebilir. Mevcut büyümeye hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskınları tahmin etmek mümkün değildir. Ayrıca bütün bu tahminler mevcut kaynakların 20 yıl sonrasına hiç tahrif edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Bu sebeple Türkiye'nin gelecek nesillerine sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir.

**Tablo 1. Dünyada ve Ülkemizde Suyun Sektörel Kullanım Durumu (DSİ 2012, FAO 2012)**

Sektör adı	Dünya (%) 2006 Yılı	Türkiye 2012 yılı başı (milyar $\text{m}^3/\text{yıl}$ )	Türkiye Oran (%)	Türkiye 2023 (milyar $\text{m}^3/\text{yıl}$ )	Türkiye Oran (%)
Sulama	69	32	73	72	64
İçme suyu	12	7	16	18	16
Sanayi	19	5	11	22	20
Toplam	100	44	100	112	100

### 3. ÜLKEMİZDE ATIKSU YÖNETİMİ

Türkiye İstatistik Kurumu'nun tüm belediyelere uygulanan 2014 yılı Belediye Atıksu İstatistikleri Anketi sonuçlarına göre, 1396 belediyeden 1309'una kanalizasyon şebekesi ile hizmet verildi. Kanalizasyon şebekesi ile toplanan 4,4 milyar  $\text{m}^3$  atıksuyun %45,3'ü denize, %44,6'sı akarsuya, %2,8'i baraja, %1,8'i göl-gölete, %0,9'u araziye ve %4,6'sı diğer alıcı ortamlara deşarj edildi.

Kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen 4,4 milyar  $\text{m}^3$  atıksuyun 3,5 milyar  $\text{m}^3$ 'ü atıksu arıtma tesislerinde arıtıldı. Arıtılan atıksuyun %38,3'üne gelişmiş, %32,9'unu biyolojik, %28,5'ine fiziksel ve %0,3'üne doğal arıtma uygulandı. Arıtılan atıksuyun %52,7'si denize, %39,2'si akarsuya, %1,9'u baraja, %1,1'i göl-gölete, %0,3'u araziye ve %4,8'i diğer alıcı ortamlara deşarj edildi.

### 4. ATIKSULARIN GERİ KAZANILMASI VE YENİDEN KULLANIMI

Dünyamızdaki kullanılabilir su kaynaklarının giderek azaldığı bilinmektedir. Bu nedenle birçok farklı teknolojiler geliştirilmiştir. Su açığının deniz suyunu arıtarak gidermek bu teknolojilerin en önemlidisidir. Endüstrilerdeki kullanılan su miktarının azaltılması da önemli kazançlar sağlamaktadır. Ancak birçok durumda sanayi kuruluşları su sıkıntısı yaşamaktadırlar. Günümüzde çevre teknolojilerinde gelinen noktada atıksular bir arıtma ünitesinden geçirildikten sonra ileri arıtmadan geçirilerek yeniden kullanılabilmektedir. Bu amaçla atıksu arıtma tesislerinin incelenmesi, uygun geri kazanım ünitesinin dizaynı, pilot tesis kurulması ve gerçek tesisin kurulması çalışmaların temelini oluşturmaktadır. Geri kazanım teknolojileri her endüstri için uygulanabilir.

Atıksular geri kazanıldıktan sonra, tarımsal sulamada, golf sahalarının sulamasında, yeşil alan sulamasında, dinlenme maksatlı kullanılan sulak alanların beslenmesinde, dolaylı kullanımında (yeraltı suyuna veya yüzeysel sulara deşarj), endüstriyel soğutma suyu olarak, endüstriyel proses suyu olarak kullanılabilmektedir. Atıksu geri kazanımı sonrası kullanım amacı, ulaşılması gereken geri kazanılmış suyun kalitesini dolayısıyla gereklî arıtma verimini etkilemektedir. İhtiyaca uygun arıtma sistemlerinin kombinasyonunun belirlenmesi aşamasında suyun kullanım amacı büyük önem arz etmektedir.

Tablo 1'den de anlaşılabileceği gibi ülkemizde su kullanımı konusunda tarımsal alanda yapılan tüketimler başı çekmektedir. Tablo 2'de görüldüğü üzerinde en basit arıtma sistemi tarımsal sulama için verilmiştir. Bu yüzden arıtılmış olan atıksuların yeniden kullanımında en basit uygulamalarda tarımsal sulama önemli bir yere sahiptir.

**Tablo 2. Atıksu geri kazanım maksadı ve uygulanabilecek arıtma sistemleri (AATTUT Tablo E7.12)**

Atıksu geri kazanım maksadı	Arıtma sistemleri
Tarımsal sulama	Klasik aktif çamur + filtrasyon + klorlama
Golf sahaları sulama	Nitrifikasyon içeren aktif çamur sistemi + kimyasal fosfor giderimi + (filtrasyon) + klorlama
Yeşil alan sulama	Azot gideren aktif çamur sistemi + mikrofiltrasyon + UV
Dinlenme maksatlı kullanılan sulakalanları besleme	Azot ve fosfor giderimini içeren MBR + UV
Dolaylı kullanım suyu (Yeraltı suyuna veya yüzeysel sulara deşarj)	Nitrifikasyon içeren aktif çamur sistemi + mikrofiltrasyon + ters osmoz + UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Endüstriyel soğutma suyu	Azot gideren aktif çamur sistemi + mikrofiltrasyon + UV
Endüstriyel proses suyu	Azot gideren aktif çamur sistemi + filtrasyon + nanofiltrasyon + iyon değiştirme + UV

Ülkemizde arıtilmiş atıksuların sulama suyu olarak kullanılmasıyla ilgili yasal mevzuat 7 Ocak 1991 tarihli ve 20748 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nin 7. bölümünde verilmiştir. Tübítak ve üniversitelerde bu konuya ilgili birçok çalışmalar yapıldığı ve yapılmakta olduğu bilinmektedir. TÜBİTAK-MAM Enerji ve Çevre Araştırma Enstitüsünde, endüstriyel proje kapsamında yapılan "Tusaş Evsel Atıksu Arıtma Sistemi Deşarj Suyunun Sulama Amaçlı Kullanılabilirliğinin Saptanması" projesi örnek çalışma olarak sunulmaktadır.

Tusaş'a ait evsel atıksu arıtma sistemi deşarj suyuörneğinde ölçüm ve analizleri yapılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin değerlendirilmesinde, 7 Ocak 1991 tarih, 20748 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği"nin arıtilmiş atıksuların sulamada kullanılması bölümlerinde verilen Tablo 4: Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri. Tablo 5: Sulama sularında izin verilen maksimum ağır metal ve toksit elementlerin konsantrasyonları, Tablo 7: Endüstriyel atıksuların sulama suyu olarak kullanılmaya uygunluğu, Tablo 8: Arıtilmış evsel atıksuların dezenfekte edilmeden sulamada kullanılıp kullanılmayacağı, sulama suyu kalite standartları esas alınmıştır.

Elektriksel iletkenlik ve sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) esas alınarak deşarj suyunun sulama suyu olarak sınıflandırılması yapılmıştır. Tusaş Mürted Tesislerine ait evsel atıksu arıtma sistemi deşarj suyunun sınıfı C,S, (III. sınıf) olarak belirlenmiştir. Buna göre arıtma sistemi deşarj suyu çevre sulama amaçlı (çim, ağaç) kullanılabilir özellikle olduğu görülmektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin, atıksuların sulamada kullanımı ile ilgili bölümünde (madde 28). Bir atıksu kütlesinin bu tür kullanımlara uygunluğu ilgili kamu kuruluşları olan DSİ Genel Müdürlüğü, İller Bankası Genel Müdürlüğü ve Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı'nın ilgili birimleri ile birlikte alacağı kararla belirlenir şeklinde belirtilemektedir. Bu nedenle gerekli izin alınabilmesi için ilgili kurumun bu raporla birlikte yukarıda belirtilen kuruluşlara başvuruda bulunulması önerilmiştir.

#### 4.1. KONYA İLİNDEKİ DURUMU

KOSKİ Genel Müdürlüğü'nce hazırlanan 2007–2011 yıllarına ait Stratejik Planda, Konya Atıksu Arıtma Tesisinde arıtilan atıksuların rekreasyon amaçlı kullanımı hedeflenmiştir.

Bu hedefin gerçekleşmesinin ilk etabı olacak bu proje ile, Konya Atıksu Tesisinde arıtilmiş atıksuların günlük  $2900\text{ m}^3$ 'ü, proje kapsamında kurulacak bir geri kazanım tesisinde daha ileri derecede arıtilacak ve planlanan  $1.059.500\text{ m}^2$  kentsel yesil alanın sulamasında kullanılacaktır. Projenin uygulanması ile, Konya kentindeki toplam yeşil alan miktarının % 6,4'ü, Karatay İlçesi'ndeki toplam yeşil alan miktarının ise % 17'sinin sulama suyu ihtiyacı, içme suyu şebekesi ve kuyular yerine geri kazanılmış atıksudan karşılanacaktır. Böylece, her yıl 7 aylık sulama sezonunda  $527.800\text{ m}^3$  temiz su korunmuş veya tasarruf edilmiş olacaktır.

Projenin uygulanmasıyla, geri kazanılmış atıksular mor şebeke adı verilen bağımsız iletim hatlarıyla yeşil alanlara ulaştırılacaktır. Sulanacak yeşil alanların  $355.500\text{ m}^2$ 'lik kısmında, mevcut durumdaki elle sulama yöntemi terk edilerek modern sulama yöntemi olan damla sulama teknolojisine geçilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, yeşil alanlardaki mevcut içme suyu şebeke bağlantıları kaldırılarak bu bağlantılarından dolayı yaşanan arızaların, su kayıplarının ve basınç problemlerinin ortadan kaldırılması hedeflenmektedir.

Projenin uygulanması ile eş zamanlı başlayacak eğitim ve tanıtım faaliyetleri sayesinde Konya kentinde ve ülkemizde "suyun yeniden kullanımı" konusunda farkındalık ve bilincin artmasına katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

#### 5. ARITILMIŞ ATIKSU KAYNAKLARI

Evsel ve sanayii atıksuları, sulama fazlası ve drenaj suları yeniden kullanılabilir atıksu kaynaklarındanandır. Sanayii atıksuları gerek sanayii ve gerekse diğer kullanım amaçları ile önemli bir kaynaktır. Bu arıtilmiş atıksular, sanayide soğutma veya proses suyu olarak yeniden kullanılabilirler. Ülkemizde sanayii atıksularının yeniden kullanımı tekstil, kağıt ve metal sanayii gibi çok su tüketen sektörlerde uygulanmaya başlamıştır. Özellikle İstanbul ve civarındaki sanayii kuruluşlarında yeterli suyun olmaması, su temininde karşılaşılan güçlükler, su ve atıksu ücretlerindeki hızlı artışlar, atıksuların yeniden kullanımı konusunun gündeme gelmesine neden olmuştur. Bu nedenle bazı kuruluşlar atıksularını arıtarak yeniden kullanmaya başlamışlardır.

Atıksuların yeniden kullanımında çözümü katı madde konsantrasyonu sınırlayıcı parametre olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla atıksulardan daha fazla oranlarda yararlanmak istenildiğinde,

yeniden kullanım dolaşımlarının oluşturacağı çözümü katı madde limitlerindeki artışların sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir. Geri kazanılabilen atıksu oranı aşağıda verilen formüle göre hesaplanabilir.

Proses ve arıtma işlemlerindeki su kayıplarından dolayı pratikte geri kazanma oranları %80-85 aralığında gerçekleşmektedir. Ülkemizde kimyasal ve biyolojik arıtma konularında belirli bir bilgi ve tecrübe birikimi olurken, ileri arıtma teknolojilerinden aktif karbon, iyon değiştirme kolonları ve membran prosesleri için aynı şeyi söylemek mümkün değildir. Sürekli artış gösteren su ve atıksu ücretleri bazı sanayii kuruluşlarını ileri arıtma teknolojisi kullanmalarını teşvik etmiştir.

## 6. ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIM ALANLARI

Ülkemiz için geri kazanılan atıksuların öncelikli yeniden kullanım alanları,

- \* Tarımsal sulama, park ve bahçe sulaması,
- \* Sanayii soğutma ve proses suyu olarak kullanılması,
- \* Yeraltı sularının suni olarak beslenmesidir. Yakın tarihe kadar ülkemizde atıksu toplanması ve uzaklaştırılmasına ait projeler, yeniden kulluna ve seçenekleri dikkate alınmadan yapılmış ve uygulamaya konulmuştur. Özellikle son yıllarda su ve atıksu ücretlerindeki hızlı yükselişler ve su teminindeki sıkıntılardır, arıtma tesisi proje geri kazanma birimlerini de ilave edilir getirmiştir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Atıksuların geri kazanılması kadar yapılan çalışmalar, arıtılmış atıksuların yeniden kullanımını düzenleyecek yasal mevzuatın daha fazla vakit geçirmeden süratle hazırlanıp yürürlüğe konulması gerektiğini göstermiştir.

- \* Ocak 1991 tarihli Teknik Usuller Tebliği ile arıtılmış atıksuların sulama amaçlı kullanılması kısmi kontrol altına alınmasına rağmen, yönetmelikte öngörülen kalite kriterlerinin yeterli olduğu söylenemez.
- \* Bakiye klor miktarı sulama suları için önemli bir kalite parametresi olduğundan yönetmeliğe dahil edilmelidir.
- \* Engelberg raporunda (IRCWD, 1985) atıksuların halk sağlığı açısından değerlendirilmesinde parazit yumurtalar için getirilen limitler yönetmeliğe de yansımmalıdır.
- \* Arıtılmış atıksuların dezenfekte edilmeden sulamada kullanılıp kullanılmayacağına karar vermek için hazırlanmış bulunan Tablo 8'de (7 Ocak 1991 tarih, 20748 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan) önerilerin gerekçeleri açıklanmalıdır.
- \* Amerika ve gelişmiş Avrupa ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de arıtılmış suyun ne amaçla kullanılacağı hususunun belirlenmesinin bir an önce yapılması gereklidir.
- \* Su sıkıntısı bulunan bölgelerde üretim proseslerindeki yıkama sularını ve arıtılmış atık-suları geri kazanıp, yeniden kullanmak zorunlu hale gelmiştir. Avrupa'da olduğu gibi, ülkemizde de çevre yasaları kapsamında, kuruluşlar atıksularını geri kazanmaya zorlanmalı ve teşvik edilmelidir.
- \* Geri kazanma ve yeniden kullanma tesisleri için ön görülen kalite kriterlerinin bugüne kadar toplanan bulguların ışığı altında yeniden gözden geçirilip, gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.
- \* Atıksuların geri kazanılarak yeniden kullanımını düzenleyen mevzuat ayrıntılı olarak öncelikle hazırlanıp yürürlüğe konulmalı, mevcut mevzuat ise son gelişmelere göre yeniden revize edilmelidir.
- \* Ülkemiz şartlarına özgü, güvenilir ve ekonomik arıtma teknolojilerinin geliştirilmesi teşvik edilmelidir.

## 8. KAYNAKLAR

AATTUT, 2010, Çevre ve Orman Bakanlığı, Resmi Gazete, Sayı:27527, Ankara.

Arslan Alaton, İ., Gürel, M., Eremektar, G., Övez, S., Tanık, A., Orhon, D., "Türkiye'de Sürdürülebilir Atıksu Yönetimi: Mevcut Durum, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri", Arıtılmış Atıksuların Tarımsal Sulamada Kullanılması Çalıştayı, MEDWARE Projesi, 9-10 Haziran 2005, Ankara.

Aslan, V., 2005, Atıksu Yönetimi, Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Su ve Toprak Yönetimi, Eğitim Notları, Ankara.

DPT 2007. Çevre özel ihtisas komisyonu raporu. Dokuzuncu kalkınma planı, 2007 - 2013., T.C. Başbakanlık, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.

DPT 2014, Su Kaynakları Yönetimi Ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Ankara.

<http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> [Ziyaret Tarihi: 4 Nisan 2016].

Küçükhemek, M., Mart 2010, , Konya Atıksu Arıtma Tesiste Arıtılmış Atıksuların Pilot Ölçekte Geri Kazanımı Ve Alternatif Bir Su Kaynağı Olarak Yeşil Alan Sulamasında Yeniden Kullanımı Projesi, Konya Su Ve Kanalizasyon İdaresi (Koski) Genel Müdürlüğü, Konya.

SKKY, 2004, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 25687 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

## **TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ POTANSİYELİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Burhan KAYACAN, Özgür YILDIRIM, Semih DEMİRGENÇE, Şükrü DURSUN

*Selçuk Üniversitesi, Müh. Fak Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

[burhankayacan@hotmail.com](mailto:burhankayacan@hotmail.com) , [ozguryildirim23@gmail.com](mailto:ozguryildirim23@gmail.com) , [semihdemirgence@gmail.com](mailto:semihdemirgence@gmail.com),  
[sdursun@selcuk.edu.tr](mailto:sdursun@selcuk.edu.tr)

**ÖZET:** Günüümüzde insanların ihtiyaçlarının karşılanması ve gelişmenin sağlıklı olarak sürdürülmesinde gerekli olan enerji özellikle sanayi, konut ve ulaşırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Ancak enerji; yaşıntımızdaki vazgeçilmez yararlarının yanı sıra üretim, çevrim, taşınım ve tüketim esnasında büyük oranda çevre kirlenmesine de yol açmaktadır. Nüfus artışı, sanayi gelişimine paralel olarak kurulan büyük ölçekli enerji üretim ve çevrim sistemleri ekolojik dengeyi büyük ölçüde etkiledikleri gibi sınırlar ötesi etkileri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle çevre sorunları ulusal olduğu gibi uluslararası nitelikler de taşımaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin enerji potansiyeli değerlendirilerek günümüzde kullanılan enerji kaynakları ile alternatif enerji kaynaklarının çevresel etkileri ve bu etkilerin üretim maliyetine etkisi karşılaştırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Enerji, çevresel etki, ekolojik denge, alternatif enerji

### **COMPARISON OF POTENTIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN TURKEY**

**Abstract:** Nowadays, meet the needs of the people and development which is necessary in maintaining a healthy energy industry, in sectors such as housing and transport are used. However, the benefits of energy indispensable in our lives, as well as production, conversion, transport and consumption during the largely leads to environmental pollution. Population growth, industrial development in parallel with established, large-scale energy production and conversion systems, as they affect the ecological equilibrium of transboundary effects greatly brings. Therefore, it possesses international qualifications as national environmental problems. In this study, the environmental impact of alternative energy sources and energy sources used today by evaluating the energy potential of Turkey and compared its effect on the production costs of these effects.

**Keywords:** Energy, environmental impact, ecological balance, alternative energy

### **1.GİRİŞ**

Artan nüfus ve sanayileşme ile kaynaklanan enerji ihtiyacı dünyanın kısıtlı kaynaklarıyla karşılaşamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açık, hızla artmaktadır. Diğer taraftan, geleneksel enerji üretim yöntemleri bugünkü çevre kirliliğinin önemli nedenlerinden biridir. Ayrıca, fosil yakıtların bir süre sonra tükeneceği de inkar edilemez bir gerçekdir. Endüstriyel faaliyetler neticesinde her yıl atmosfere yaklaşık 20 milyar ton karbondioksit, 100 milyon ton kükürt bileşikleri, 2 milyon ton kurşun ve diğer zehirli kimyasal bileşikler salınımaktadır.

Enerji gereksiniminin büyük kısmını karşılayan fosil yakıtlar gün geçikçe azalmakta ve dünyanın sahip olduğu petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtların özellikle 20. yüzyılda yoğun bir şekilde kullanılması ile ozon tabakası delinmesi, asit yağmurları, küresel ısınma gibi etkileri, dünyayı geriye dönüşü zor bir çevre kirliliği ile karşı karşıya bırakmıştır. Ayrıca fosil yakıtların sonlu bir rezerve sahip olması sebebiyle önumüzdeki yıllarda bu yakıtların tamamen tükeneceği de bilinmektedir. Dünya genelinde ortalama elektrik tüketimi 22018.12 TWh iken, Türkiye ortalaması, kaçak ve kayıplar dışında net 228.41 TWh civarındadır.

Türkiye güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle, hidro enerji gibi yenilenebilir kaynaklar bakımından zengin olmasına rağmen, yenilenebilir enerjiler için resmi hedefler yoktur; fosil yakıt bağımlılığını daha fazla artmasını sağlayacak enerji tesislerinin ithalini sağlayan ihale planları vardır. Türkiye'de elektrik enerjisinin %70'i çevre kirliliği oluşturan ve küresel ısınmaya sebep olan fosil yakıtlardan (%31-doğal gaz; %29-linyit, %10 petrol türevleri, taş kömürü, vb.) elde edilmektedir.

### **2.MATERYAL VE METOT**

Yenilenebilir enerji kaynakları, sürekliliği sebebiyle sürdürülebilir olmasının yanında dünyanın her ülkesinde bulunabilmesi ile de fazlaca önem taşımaktadır. Ayrıca çevresel etkileri, yenilenemeyen enerji kaynaklarına oranla çok düşüktür. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, mevcut teknik

ve ekonomik sorunların çözümlenmesi halinde 21. yüzyılda en önemli enerji kaynağı olacağrı kabul edilmektedir.

## **2.1 Hidro Enerji**

Hidro enerji kısaca; suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanan bir enerjidir. Hidro gücün, ekonomik olarak işletilebilir potansiyelinin halen 1/3 ü kullanılarak dünya elektrik üretiminin %19'u karşılanmaktadır. Yenilenebilir enerjinin %69'unu oluşturmuştur. Hidroelektrik santrali, akan ya da yüksektenden düşen suyun enerjisini elektrik enerjisine çeviren tesistir. Hidroelektrik santralleri ile enerji üretimi için uygun coğrafi koşulların sağlanması gerekmektedir. Hidroelektrik santrallerin çevre ile etkileşimi incelenecok olursa, hidro projeler, sera gazları, SO<sub>2</sub> ve partikül emisyonlarının olmaması avantajına sahiptir. Barajların, arazi kullanımında oluşturduğu değişiklikler, insanların topraklarını boşaltması, flora ve fauna üzerine etkiler, dibe çökme ile baraj alanının dolması ve su kullanım kalitesi üzerinde etkileri vardır. Büyük su rezervuarlarının oluşması sebebi ile ortaya çıkan toprak kaybı sonucu doğal ve jeolojik dengenin bozulabilmesi olasılığı vardır.

## **2.2 Güneş Enerjisi**

Güneş enerjisi; güneşten gelen ve dünya atmosferi dışında şiddeti sabit ve 1370 W/m<sup>2</sup> olan ve yer yüzeyinde 0- 1100 W/m<sup>2</sup> değerleri arasında değişen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Isıtmadan soğutmaya ve elektrik üretiminde kontrollü bir şekilde kullanılabilmektedir. Ülkemizin yıllık güneşlenme süresi ortalama olarak 2623 saatdir. Maksimum güneşlenme 362 saat ile Temmuz ayında, minimum güneşlenme süresi ise 98 saat ile Aralık ayında görülmüştür. Güneş enerjisinden elektrik üretimi doğrudan dönüşüm ve dolaylı dönüşüm olmak üzere iki ayrı yöntemle gerçekleştirilir. Güneş enerjisi günümüzde: konutlarda ve iş yerlerinde, tarımsal teknolojide, sanayide, ulaşım araçlarında, iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır.

## **2.3 Rüzgar Enerjisi**

Rüzgar enerjisi, herhangi bir emisyonu olmayan, doğal kaynakları tüketmeye, küresel ısınmaya katkısı olmayan, asit yağmurlarına sebep olmayan, yerel çevreye duyarlı enerji kaynağı olan bir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisinin yakın çevresinde oluşturduğu gürültü, TV ve radyo yayınılarıyla etkileşimi, kuşlara yarattığı tehlike ve görsel etkileri, bilinen çevre selektörleridir.

## **2.4 Jeotermal Enerji**

Yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş olan ısının oluşturduğu ve sıcaklıklar atmosferik sıcaklığın üzerinde olan sıcak su, buhar ve gazlar olarak tanımlanan jeotermal enerji genel olarak çevre yönünden temiz bir enerjidir ve doğal kaynaklar kullanıldığı için dışa bağımlılığı düşüktür. Ülkemiz jeotermal enerji potansiyeli bakımından dünyadaki zengin ülkeler arasında yer almaktadır. Dünyada toplam elektrik kurulu gücü 11014 MW'e iken ülkemizde 114 MW'e'dir.

## **2.5 Biyokütle Enerjisi**

Organik bazlı atık/artıkların oksijensiz ortamda (anaerobik) fermantasyonu sonucu ortaya çıkan renksiz - kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanın ve bileşiminde organik maddelerin bileşimine bağlı olarak yaklaşıklı; % 40-70 metan, % 30-60 karbondioksit, % 0-3 hidrojen sülfür ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımıdır. Biyogazın ıslı değeri; 1 m<sup>3</sup> biyogazın sağladığı ısı miktarı 4700-5700 kcal/ m<sup>3</sup>dir. 1 m<sup>3</sup> biyogaz; 0,62 litre gazyağı, 1,46 kg odun kömürü, 3,47 kg odun, 0,43 kg bütan gazı, 12,3 kg tezek ve 4,70 kWh elektrik enerjisi eşdeğerindedir. 1 m<sup>3</sup> biyogaza 0,66 litre motorin, 0,75 litre benzin ve 0,25 m<sup>3</sup> propan eşdeğer yakıt miktarlarıdır. Ayrıca biyogaz üretimi sonucu elde edilen ferment gübrenin (biyo gübrenin) tarım uygulamalarında kullanılması ile verimin yaklaşıklı olarak % 25 oranında arttığı gözlemlenmiştir. Biyogaz üretiminde kullanılan hayvan gübrelerinin kokusu proses sırasında kaybolduğundan ve insan sağlığını tehdit eden birçok unsur ortadan kalktılarından, biyogaz üretiminin gerçekleştirildiği alanlarda yaşayan insanlara temiz ve sağlıklı bir çevre oluşturacaktır. Dünya enerji ihtiyacının % 12'sinin organik atıkların bileşimlerinin biyokimyasal bozunması ile oluşan gazdan elde ettiği bilinmektedir.

## **2.6 Deniz Enerjisi**

Deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi( boğazlarda) ve medcezir enerjisi olarak ifade edilmektedir. Ülkemiz için üzerinde durulabilecek enerji grubu ise özellikle deniz dalga enerjisidir. Deniz dalga enerjisinin temelinde yine rüzgar enerjisi bulunmaktadır.

## **2.7 Hidrojen Enerjisi**

Doğada bileşikler halinde fazla miktarda bulunan hidrojen serbest olarak bulunmadığından doğal bir enerji kaynağı değildir. Aynı zamanda hidrojen birincil enerji kaynakları ile değişik hammaddelerden üretilebilmekte ve üretiminde dönüştürme işlemleri kullanılmaktadır. Bu yüzden

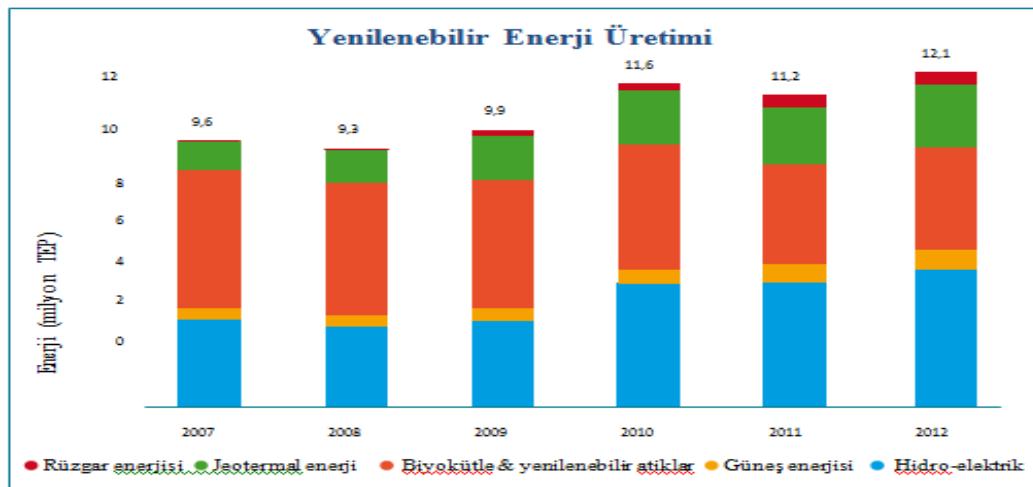
elektrikten neredeyse bir asır sonra teknolojinin geliştirdiği ve geleceğin alternatif kaynağı olarak yorumlanan bir enerji taşıyıcısıdır. Hidrojen karbon içermediği için fosil yakıtların sebep olduğu çevresel sorunlar yaratmaz. Isınmadan elektrik üretimine kadar çeşitli alanların ihtiyacına cevap verebilecektir. Gaz ve sıvı halde olacağı için uzun mesafelere taşınabilecek ve iletimde kayıplar oluşturmayacaktır.

### 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 3.1 Hidro Enerji

Ülkemizde yıllık yağışlar 200-2500 mm arasında değişmektedir ve ortalama yağış (aritmetik) 642,6 mm'dir. Bu yıllık ortalama 501 milyar  $m^3$  yağış miktarına karşılık gelir ve yılda ülkemiz yüzeyine düşen bu miktar suyun yaklaşık 186 milyar  $m^3$ 'luk kısmı akış haline geçer. Akarsularımızın, rejimlerini kontrol altına almak, dolayısıyla taşın zararlarını önlemek ve depolanan sulardan içme suyu, sulama suyu yararları sağlamak ve enerji elde etmek amacıyla günümüzde kadar bir çok baraj ve hidroelektrik santralları yapılmıştır. Barajların tamamlanması ile ülkemizde 7254454 ha arazinin sulanması, 704868 ha arazinin taşkından korunması, 130.326 ha arazinin kurutulması, 9856.3  $hm^3$  suyun içme suyu olarak şehir ve kasabalara iletilmesi, 34728.7 MW toplam güçte yapılacak 485 adet hidroelektrik santral vasıtasiyla 123.040 GWh enerji üretilmesi, yapılan ettlere göre mümkün görülmektedir.

**Yenilenebilir enerji üretimi Kaynak: Eurostat**



**Tablo 1. Yenilenebilir Enerji Üretimi (milyon ton eşdeğer petrol)**

Güneş Enerjisi	Biyokütle & Yenilenebilir Atıklar	Jeotermal Enerji	Hidro-Elektrik Enerjisi	Toplam Rüzgar Enerjisi
2007 0,4	5,0	1,0	3,1	0,0 9,6
2008 0,4	4,8	1,2	2,9	0,1 9,3
2009 0,4	4,6	1,6	3,1	0,1 9,9
2010 0,4	4,5	2,0	4,5	0,3 11,6
2011 0,6	3,6	2,1	4,5	0,4 11,2
2012 0,8	3,6	2,2	5,0	0,5 12,1

**3.2 Güneş Enerjisi:** Türkiye, güneş potansiyeli açısından oldukça zengin bir ülkedir. Yıllık ortalama güneş enerjisi  $1315 \text{ kWh/m}^2$  dir. Türkiye'nin tüm yüzeyine gelen enerji miktarı  $1025 \cdot 1012 \text{ kWh}$  civarındadır. Bu miktar Türkiye'nin 1996 yılında ürettiği toplam elektrik enerjisinin yaklaşık 11000 katına denk gelmektedir. Ülkemizdeki toplam kurulu güneş pili gücü 2000 yılı içinde 250 kWp kadardır.

**Tablo 2.** Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

Bölge	Yıllık Güneşlenme Süresi (saat)	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> -yıl)
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	2993 saat	1460
Akdeniz Bölgesi	2956 saat	1390
Ege Bölgesi	2738 saat	1304
İç Anadolu Bölgesi	2628 saat	1314
Doğu Anadolu Bölgesi	2664 saat	1365
Marmara Bölgesi	2409 saat	1168
Karadeniz Bölgesi	1971 saat	1120

**3.3 Rüzgâr Enerjisi:** Türkiye Rüzgâr Atlası (REPA)'nda yer seviyesinden 50 metre yükseklikteki rüzgâr potansiyelleri incelendiğinde Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz bölgelerinin yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir. 7 m/s'den büyük rüzgâr hızları göz önüne alınarak Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 47.849 MW olarak belirlenmiştir. Türkiye'de şebekeye bağlı rüzgâr enerjisi ile elektrik üretimi 1998 yılında başlamış ve özellikle 2005 yılından itibaren özellikle 5346 sayılı Yenilenebilir Elektrik Kanunun çıkışmasından sonra kurulu güç ve enerji üretiminde her yıl yüzde yüzün üzerinde artış göstererek kısmen veya tamamen işletmede olan 39 adet rüzgâr santrali ile 2010 yılı sonunda 1329 MW'a, 2011 Mayıs ayı itibarıyle ise mevcut santrallerdeki kapasite artırımları ve eklenen üç yeni santralle 1405.95 MW'ye ulaşmıştır. Marmara bölgesinde Balıkesir, İstanbul, Çanakkale, Ege bölgesinde İzmir, Manisa, Doğu Akdeniz çevresinde Hatay rüzgâr santrallerinin yoğun olarak yer aldığı illerdir.

**3.4 Jeotermal Enerji:** Türkiyede toplam 1000 civarında sıcak ve mineralli su kaynağı ve jeotermal akışkan çıkan kuyu noktası vardır. Bilinen jeotermal alanların %95'i ısıtmaya uygun durumdadır. Türkiye'de az sayıda da olsa yüksek entalpili jeotermal alanlar da bulunaktadır. Fakat ülkemizde jeotermale dayalı elektrik üretimi yeterli seviyeye ulaşamamıştır. Bugün arama yapılmış sahalar içinde, yeni teknolojileride kullanarak 10 kadar jeotermal sahadan elektrik üretmek mümkündür. Bunlar; Kızıldere (Denizli), Germencik (Aydın), Salavathı (Aydın), Yılmazköy (Aydın), Tuzla (Çanakkale), Caferbeyli (Manisa), Salihli-Göbekli (Manisa), Simav (Kütahya), Seferihisar (İzmir), Dikili (İzmir). Halen 20.4 MWe brüt kurulu gücü sahip (242 rezervuar sıcaklığı olan) Denizli-Kızıldere santrali zaman zaman 15 MWe üretim kapasitesinemasına rağmen, iç kullanım hariç net ortalama 12 MWe elektrik üretmektedir. Aydin-Germencik'te (232 rezervuar sıcaklığına sahip) ise aşamalı olarak yaklaşık 100 MWe gücüne ulaşacak taşınabilir üniteler için Yap-İşlet modeline göre santral kurma işlemleri sürdürülmemektedir. Ülkemizde on yerleşim biriminde toplam 24200 adet konutun jeotermal enerji ile ısıtılmaması sağlanmaktadır. Bu on yerleşim yerindeki kurulu güç kapasitesi 52550 konuttur. Ayrıca birçok irili ufaklı termal turizm tesisi jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır.

**3.5 Biyokütle Enerjisi:** Biyokütle enerjisi ülkelerin enerji ihtiyacının ulusal kaynaklarından karşılandığı, büyük üretim potansiyeline sahip, sürekli üretimin mümkün olduğu yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Nitekim dünyada biyokütlede elde edilebilecek yıllık enerji, 1.120.000 MW'ı samandan, 500.000 MW'ı hayvan atıklarından, 1.360.000 MW'ı orman atıklarından, 2.400.000 MW'ı çöplerden ve 17.700.000 MW'ı şeker kamişi, odunsu bitkiler gibi enerji tarlalarından olmak üzere yaklaşık toplam 23.100.000 MW gibi büyük bir potansiyele sahiptir. Bu büyük potansiyelin yanı sıra biyokütlenin ekonomik, bölgesel ve çevre dostu oluşu gibi özeliklerde göz önüne alındığında, biyokütle enerjisine ilgi giderek hızla artmaktadır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları açısından büyük bir potansiyele sahip olmasına karşın, yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerji üretimindeki payı oldukça düşüktür. Ancak, yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle enerjisi, toplam enerji üretimindeki payının oldukça yüksek olmasından dolayı büyük bir öneme sahiptir. Nitekim ülkemizin 77.044 MTEP/yıl'lık enerji gereksinimi ve 2010 yılında 175.054 MTEP (milyon ton eşdeğeri petrol) enerji talebinin yenilenebilir enerji potansiyelinden düşük olduğu görülmektedir.

**3.6 Deniz Enerjisi:** Ülkemizin Marmara hariç olmak üzere açık deniz kıyı uzunluğu 8210 km civarındadır. Bunun turizm, balıkçılık kıyı tesisleri gibi sebeplerle en fazla beşte birlik kısmı kullanılabilir ve yıllık olarak 18.5 TWh/yıl seviyesinde bir enerji elde edilebilir.

**Gelgit** enerji kaynaklarının ve zamanlamasının yüksek tahmin edilebilirliğine rağmen, uzun yapım aşaması, yüksek maliyeti ve düşük yükleme faktörleri, yakın bir gelecekte gelgit teknolojilerindeki önemli fiyat düşmesi ihtimalini de geçersiz kılmaktadır.

**Deniz akıntı** enerjisini, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre; küresel olarak deniz akıntısı kaynak potansiyeli büyük olması, daha yüksek enerji yoğunluklarına, yüksek tahmin edilebilirlikte güç çıktılarına sahip olması, ekstrem atmosferik dalgalarlardan bağımsız olması ve görsel etkileri olmaması gibi avantajları vardır.

**3.7 Hidrojen Enerjisi :** Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir. 1 kg hidrojen 2,1 kg doğal gaz veya 2,8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir. Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama %33 daha verimli bir yakıttır. Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir.

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Hidroelektrik santrallerde çevre üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. Hidroelektrik santraların kurulma aşamasında toz ve egzos gazları vb. ile kısa dönemde hava kirlenmesine yol açmaktadır, su kalitesini düşürmektedir ve sudaki canlı hayatı zarar vermektedir. Termik santrallerde ise en önemli sorun ise, yanma sonucunda oluşan CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, ağır metallerden Ag, Pb, Sg, U ve daha birçok zararlı maddelerin çevreye verilmektedir. Petrol savaşlarının artarak süregelen günümüzde iç kaynakların en uygun koşullarda kullanılmasına, bu kaynakların doğaya en az zarar vermesine ve ekonomiye maksimum katkı sağlamaına dayalı yeni bir enerji politikasının belirlenmesi, Türkiye için bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu nedenle yenilenebilir ve çevresel zararları en az olan ve ülke içinde bol olarak bulunan enerji kaynaklarına yönelik, Türkiye'yi hem enerji darboğazından kurtaracak hem de dışa bağımlılığı azaltacaktır. Yerli kaynak olması, yakıt maliyeti içermemesi, boyut seçimiine bağlı olarak çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin fosil yakıtlara göre çok daha sınırlı olması ve enerji kaynaklarında dışa bağımlılığı azaltması açısından yenilenebilir enerji kaynaklarından daha etkin yararlanma yollarına gidilmesi gerekmektedir. Doğal olarak bu kaynakların en uygun koşullarda aranması, işletilmesi ve kullanılabilmesi için bir jeotermal yasası oluşturulmalıdır. Biyokütle enerjisinin Türkiye için önemli bir enerji potansiyelidir. Bir çok ülkede olduğu gibi, anaerobik arıtım yöntemlerinin ülkemizde de yaygınlaştırılması, çevresel değerlerin yanı sıra ülke ekonomisine de enerji üretimi bazında çok önemli katkılar sağlayacak ve ülkemiz gerçeklerine uygun, sürdürülebilir bir enerji politikasının önemli bir ayağını oluşturacaktır.

Çevrenin korunması ile ilgili getirilen ulusal ve uluslararası yükümlülükler yenilenebilir ve hidrolik kaynaklardan elektrik enerjisi üretiminin artırılmasını gerektirmektedir. Özellikle enerji ithaline zorunlu olan ülkemizde bu kaynak çok önemlidir. Türkiye'de güneş pili teknolojisinde yerli üretim imkanları organize edilmelidir. Türkiye'de rüzgar enerjisi kullanımının gelişimi için ulusal rüzgar enerjisi kullanım programı oluşturulmalı ve uygulamaya konmalıdır. Rüzgar potansiyeli saptanması, yer seçimi, rüzgar çiftliği tasarımları ve rüzgar enerjisi çevrim sistemleri imalatı üzerine yapılacak AR-GE çalışmaları, teknoloji geliştirici yönde devletçe desteklenmeli ve yerli sanayimiz yönlendirilmelidir.

#### KAYNAKLAR

Acaroğlu, M., Öğüt H., Çarman K., "Biyokütle enerjisinin yakıt olarak Türkiye'ye sağlayacağı ekolojik ve ekonomik potansiyelin belirlenmesi", NEU-CEE 2001 Electrical, Electronic and Computer Engineering Symposium, 37-40, Lefkoşa TRNC, 2001.

Biyogaz :2012, <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx>

Biyokütle Enerjisi: 2015 <http://www.marmore.com.tr/kutuphane-yenilenebilir-enerji-ve-biyokutle>

Froggatt, A. "The liberalisation of Europe's electricity markets – Is the Environment Paying the Price for Cheap Power?", Greenpeace, s. 13, Mayıs 2000.

Güneş Enerjisi:2015, [https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F\\_enerjisi](https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F_enerjisi)

Hidro Enerji: copyright@2016, <http://www.saraenerji.com.tr/index.php/tr/hes-projeler-4>

Hidrojen Enerjisi: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrojen-Enerjisi>

Erdem Koç, Arş. Gör. Mahmut Can Şenel, Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Durumu Genel Değerlendirme Makalesi 2012

Tavman, İ. H., Önder,T.K., "Türkiye'de rüzgar enerjisi potansiyeli ve kullanımı". Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, s. 316-323, İzmir, 2001.

TMMOB Türkiye Enerji Sempozyumu , 2015.

Türkiye'de Güneş Enerjisi: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, 2011 <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>

Zerrin Taç Altuntaşoğlu, Haziran 2011, 'Mühendis ve Makine dergisi' Türkiye'de Rüzgar Enerjisi, Mevcut Durum, Sorunlar makalesi.

## METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ ATIKSULARINDAN KİMYASAL ÇÖKTÜRME YÖNTEMİYLE AĞIR METAL GİDERİMİ

Betül Seçilmiş, Hamza Navruz, Şükrü Dursun

Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya  
betul.secilmis@gmail.com, hamza.navruz@koski.gov.tr, sdursun@selcuk.edu.tr

**ÖZET:** Günüümüzde nüfustaki hızlı artış, enerji ve besin yetersizliği, düzensiz kentleşme, ilerleyen teknoloji ve gelişen sanayi çevre kirliliğine neden olmaktadır. Ekolojik dengeyi bozarak çevre problemlerine yol açan insan, bu sorunların kendisine dönmesi ve sağlığını olumsuz yönde etkilemesi üzerine çevre bilincinin önemini kavramıştır. Su kirliliği ise bu bilincin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Küresel ısınma, israf, düzensiz kentleşme ve daha birçok nedenle su kaynaklarının tüm dünyada azalması mevcut atık suların arıtımının önemini hızla artırmaktadır. Sularda bulunan civa, bakır, demir, kurşun, krom gibi ağır metal iyonları bu suları kullanan ve yaşayan canlılar için toksik etkiler yaratabilirler. Ağır metaller, metabolik reaksiyonları yavaşlatır ve canlı organizmalar için aşırı derecede zehir etkisi yapmaktadır. Tüm bu olumsuz etkileri ortadan kaldırılmamak için son yıllarda atık sulardaki kirliliklerin uzaklaştırılması yoğun bir ilgiyle karşılanmıştır. Atık sulardan ağır metallerin giderilmesi için iyon değişim, kimyasal çöktürme, filtrasyon ve elektrokimyasal gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında solvent ekstraksiyon, biyosorpsiyon, ve ultrafiltrasyon gibi daha gelişmiş yöntemler olan yöntemler daha pahalı oldukları için veya yüksek kirlilik seviyelerinde yeterli sonuç veremedikleri için henüz yeterli kullanıma erişmemiştirlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal giderimi, krom giderimi, nikel giderimi, bakır giderimi.

### REMOVAL OF HEAVY METAL WASTEWATER OF THE METAL COATINGS INDUSTRY CHEMICAL PRECIPITATION METHOD

**ABSTRACT:** Today, the rapid increase in population, energy and nutrient deficiency, irregular urbanization, advancing technology and growing industry leads to environmental pollution. Human who leads to environmental problems by disrupting the ecological balance has realized the importance of environmental awareness because these issues return to himself and have the negative impact on his health. Water pollution is an important part of this consciousness. Global warming, waste reduction irregular urbanization and decreasing water resources on all over the world are increasing the importance of the treatment of water resources existing waste so rapidly. Mercury in the water, copper, iron, heavy metal ions such as chromium can cause toxic effects for living creatures and the ones using these waters. Heavy metals make metabolic reactions slow and have extremely toxic effects on living organisms. To be able to remove all these negative effects, it has been an intense interest of the removal of impurities in the waste water for the last years. To remove of heavymetals on waste water, ion exchange , chemical deposition, methods such as filtration and electrochemical are widely used. Besides, because the more advanced methods such as solvent extraction, biosorption, and ultra-filtration are more expensive and do not give adequate results in high pollution levels, they have not been used widely yet.

**Keywords:** Heavy metal removal, removal of chromium, nickel removal, copper removal.

### 1. GİRİŞ

Endüstri alanında meydana gelen gelişmeler, bir yandan insanların yaşam düzeyinin yükselmesini sağlarken diğer yandan doğal dengelerin bozulmasına, kaynakların yok olmasına, hava, su ve toprak kirliliğinin insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmasına yol açmıştır. Metaller atıksularda çoğu zaman; çözünebilen, çözünemeyen, inorganik, indirgenmiş, okside olmuş, çökeltilmiş, adsorbe olmuş veya serbest metal formlarında bulunurlar. Çizelge 1'de bazı endüstriyel sektörler ve ağır metal kaynakları verilmiştir. Çizelge 1'den de görüldüğü üzere, endüstriyel atıksularda en fazla bulunan metallerin; bakır, kurşun, krom, kadmiyum, nikel, civa ve çinkodur. Ağır metal kirliliği, hem su ortamında hem de toprakta sık rastlanılan bir sorundur. Çevresel açıdan toksik özellik taşıyan ağır metal içerikli atıksuların kaynağında bertaraf edilmesi oldukça büyük önem taşımaktadır.

**Ağır metaller:** Ağır metaller periyodik cetvelde geçiş metalleri, bazı yarı metaller, lantanitler ve aktinitleri kapsamaktadır. Toplamda 70'e yakın ağır metal bulunmaktadır. Yerkabuğunda doğal olarak bulup, bozulmaz ve yok edilemezler. Vücudumuza gıdalar ve hava yoluyla az miktarda taşınırlar. Z elementler gibi bazı ağır metaller (bakır, selenyum, çinko gibi) insan vücutu için gereklidir. Ancak yüksek konsantrasyonlarda kontamine olmuş içme suyundan (örneğin kurşun borular) veya gıda

zinciri yoluyla vücuda geçtiklerinde toksik olabilirler. Biyobirikime (zamanla biyolojik bir organizmada kimyasal bir konsantrasyonun, kimyasalın doğadaki konsantrasyonuyla kıyaslandığında artışı) eğilimli oldukları için tehlikelidirler. Ağır metallerin büyük bir çoğunluğu toksik özellik göstermektedir. Bunlardan bazıları: Alüminyum, altın, antimon, arsenik, bakır, baryum, bizmut, cıva, galyum, gümüş, kadmiyum, kalay, krom, kursun, lantan, manganez, nikel, platin, talyum, zirkonyumdur (URL1).

#### Çizelge 1. Bazı Endüstriyel Ağır Metal Kaynakları [1].

KAYNAK	METAL
Krom Sanayi	Krom
Ahşap Kaplama	Krom, Kadmiyum
Boya ve Pigment Sanayi	Krom, Bakır, Kurşun, Kadmiyum
Pil Üretimi	Kadmiyum, Civa, Nikel
Kağıt Sanayi	Kadmiyum
Demir Ürünleri Sanayi	Kadmiyum
Boru Üretimi	Kurşun
Akü Üretimi	Kurşun

#### Krom

Atom numarası 24, atom ağırlığı 52 g/mol olan oda sıcaklığında gümüşümsü metalik katı halde bulunan bir metaldir. Krom en önemli ağır metallerdendir. Bunun sebebi gelişmekte olan ülkelerdeki geniş kullanım alanı ve devrede edilemeyen yapısından kaynaklanmaktadır. Canlı sistemdeki toksik etkilerine bağlı olarak US EPA krom için maksimum kontaminant konsantrasyonları belirlemiştir (Bueno et al 2008). Vücutta insülin hareketini sağlayarak karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını etkileyen krom, doğada her yerde bulunan bir metal olup havada  $> 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve kirlenmemiş suda ortalama 1  $\mu\text{g}/\text{L}$  bulunur. İlk kez 1789 da Fransız L. N. Vauquelin tarafından üretilmiş ve çok renkliliğinden dolayı yunanca renkler anlamına gelen krom olarak adlandırılmıştır (URL2). Kromun kullanım alanları arasında deri inceltici, korozyon kontrolü, pigment üretimi ve nükleer silah üretimini sayabiliriz. Krom temelde Cr(VI) olarak divalent oksianyon kromat formunda ve Cr(III) olarak trivalent katyon formunda bulunur. Cr(III) normal yağ, asit, glikoz ve kolesterol metabolizmasında temel mikronutrienttir. Cr(VI) ise son derece toksik, organlar üzerinde zararlı etkiye sahip ve kanserojiktir. Mikroorganizmaların yüzeyi anyonik yapıları nedeniyle negatif yükülüdür. Bu da mikroorganizmalara metal katyonlara bağlanma özelliği kazandırmaktadır. Redüksiyon ile hekzavalent Cr(VI) toksik yapısından, elektron fazlalığından kurtularak, toksik olmayan, katyonik ve insan sağlığı için gerekli Cr(III) formuna dönüşür, elektron fazlalığında ise trivalent krom (Cr III) kendi toksik olmayan ve insan sağlığı için gerekli olan yapısına çevrilir. Ağır metallerin redüksiyonu serbest radikallerin oluşumuna sebep olmaktadır (Srivastava & Thakur 2006). Krom içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtların, ağaç ve kağıt ürünlerin yanması neticesinde doğada (hexavalent) altı değerlikli krom olusmaktadır.

Günde ortalama krom alımı (tüm değerliliklerde) ortalama 30-200 mg'dır. Bu oranda alınan kromun toksikolojik bir etkisi yoktur ve yetişkin bir insanda günlük krom ihtiyacını karşılar. Et, hububat, bakliyat ve baharatlar en iyi krom kaynagıdır, süt ürünleri, pek çok sebze ve meyve ise az miktarda krom ihtiyacındır. İnsan vücutundaki krom eksikliği, şeker hastalığı olarak kendini gösterir. Hegzavalent krom Cr(VI) trivalent kroma Cr(III) göre daha toksik olmasından dolayı kimyasal ve biyolojik olarak stabil özellik gösteren Cr(III) oksidant ve tahrip edici değildir, hücre zarına geçmez ve kanserojen bir madde olarak düşünülmemektedir. Ancak Cr(VI) hücre zarından kolaylıkla geçerek Cr(III)'e indirgenir. (URL2). Cr(VI)'nın toksisitesi arıtımını daha gerekli hale getirmiştir. Fakat bu arıtımında da fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar yetersiz kalmaktadır. Biyosorpsiyon bu konuda verimli bir metot olarak görülmektedir (Deepa et al 2006). Endüstriyel aktivitelerin artmasıyla, ekosistemlerde meydana gelen ağır metal kirliliğine bir örnek olarak Cr(VI)'ya maruz kalınması, sindirim sistemi ve akciğerlerde kansere, mide bulantısına, ishale ve kanamalara neden olabilir. Bu yüzden Cr(VI)'nın atık su desarjından önce arıtılması gereklidir (URL2).

#### Bakır

Atom numarası 29, atom ağırlığı 63.546 olan kırmızı-esmer bir elementdir. Bakır en toksik ağır metaller arasındadır ve günümüzde endüstride sıkılıkla kullanılmaktadır. Bakırın en önemli

özelliklerinin arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyona direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir. Küçük ve basit yapılı canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biyosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehri olarak tarım zararlarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır. Bakır eksikliğine bağlı olarak hayvanlarda ve insanlarda büyümeye gecikme, solunum sisteminde enfeksiyonlar, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi rahatsızlıklar kendini gösterirken, bakır bilezikler eklemelerin kireçlenmesine ve romatizmaya karşı kullanılır.

İçme sularında Dünya Sağlık Örgütü tarafından açıklanan sınır değeri  $2\text{mg/L}$ 'dir. Gün içinde alınabilen maksimum bakır değeri kadınlarda  $12\text{ mg/gün}$ , erkeklerde  $10\text{ mg/gün}$ , 6–10 yaş grubu çocuklarda ise  $3\text{ mg/gündür}$  (URL3).

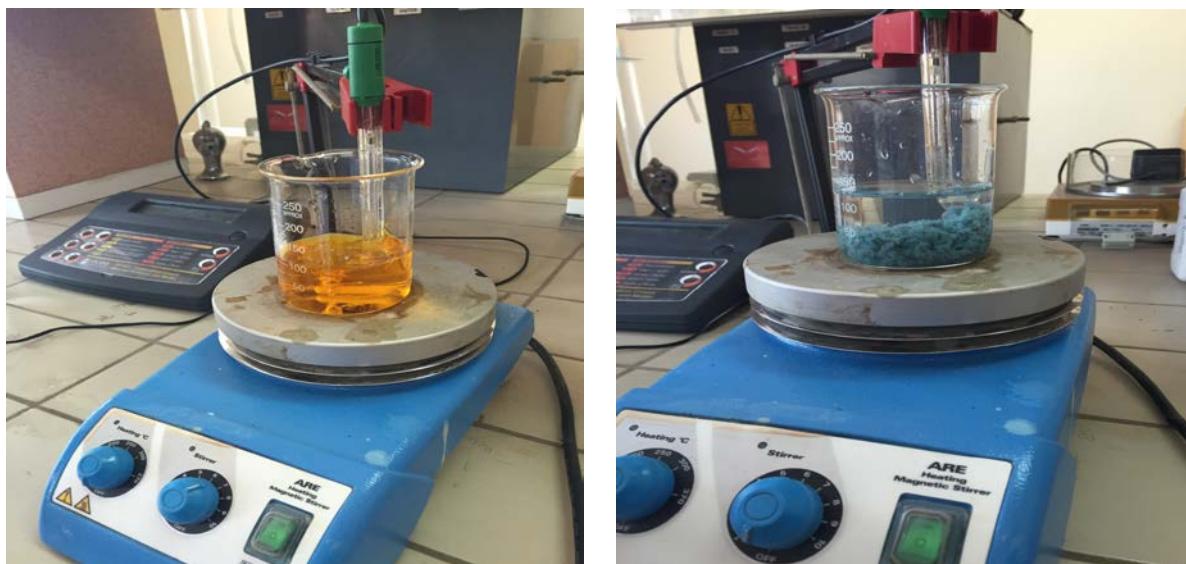
### Nikel (Ni)

Atom numarası 28, atom ağırlığı  $58.6934$  olan parlak, hafif altın rengi ile karışık metalik ve gümüş renkte görünümü olan bir ağır metaldir. Nikelin ana kullanım alanı paslanmaz çelik, bakır-nikel alaşımıları ve diğer korozyona dayanıklı alasım üretimleridir. Nikelin orta seviyede zehirleyici özelliğii vardır. Nikelin zararları ise kanserojen olusu ile solunum sistemi ve deride alerjik etki reaksiyonları vermesidir (URL4).

Ağır metallерden bazıları fiziksel ıslıkları yerine getirmek ve enzimatik-metabolik reaksiyonların devamı için gereklidir. (Mg, Fe, Ni, Mn, Zn, Mo gibi). Ancak bazı metallерin ise (Cd, Cr, Pb, Co, Ag, Se gibi) biyolojik fonksiyonlara fazla katkısı olduğu düşünülmemektedir. Özellikle nikelin omurgalılarda eksikliğinin semptomlara yol açtığı, bakteri ve bitkilerde enzimler üzerine etki ettiği tam anlamıyla belirlenmiştir. Nikel konsantrasyonları ile ilgili olarak eksikliğinde bitki ve siyanobakterlerde üreaz ve hidrojenaz metabolizmasını etkilediği belirlenmiştir. Alglerde de yüksek derecede toksik etki yaptığı belirlenmiştir (Harish 2008). Bu çalışmada krom, nikel ve bakır içeren **atık sudan** kimyasal ilavesi ile ağır metal giderimi amaçlanmıştır.

## 2. MATERİYAL VE METOT

İçeriginde  $6030\text{ }\mu\text{g/l}$  mg/l krom,  $312.9\text{ }\mu\text{g/l}$  nikel ve  $119.8\text{ }\mu\text{g/l}$  bakır olan atıksu numunesinden  $100\text{ ml}$  alındı. Karıştırma düzeneğine yerleştirildi. Su sıcaklığı  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  olarak ölçüldü.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  kullanılarak numune pH=2'ye ayarlandı. Başlangıç mV değeri 282 olarak okundu.  $8\text{ ml}$  sodyummetabisülfit ilave edildi. pH= 2.15 mV=276 olarak okundu. pH yükseltme amacıyla  $14\text{ ml}$  NaOH eklendi pH=10.85 mV= -222 olarak okundu.  $4\text{ ml}$   $\text{Al}(\text{SO}_4)_3$  eklendi, pH=4.44 mV= -28 olarak okundu.  $0.5\text{ ml}$  polielektrolit eklendi, pH=4.45 mV= -28 olarak okundu.



## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Farklı pH aralıklarında aynı deney adımları tekrarlanmıştır. En iyi verimin başlangıç pH=2 ve  $\text{Al}(\text{SO}_4)_3$  eklenmeden önce pH=11 olduğu durumda alındığı gözlemlenmiştir.

**Tablo 1.** kullanılan NaOH miktarına göre pH değişimleri

NaOH miktarı	pH	mV
5 mL	3.47	200
1 mL	4.9	118,4
1 mL	5.6	77
1 mL	6.06	51
1 mL	6.25	40
1.5 mL	6.75	12
1 mL	7.01	-2
1 mL	7.7	-42
1.5 mL	9.86	-166
1 mL	10.85	-222

**Tablo 2:** Ham atıksu ölçüm değerleri

Parametre	Ölçüm Değeri ( $\mu\text{G/L}$ )
Krom	6030
Bakır	119,8
Nikel	312,9

**Tablo 3:** Arıtım sonrası ölçüm değerleri

Parametre	Ölçüm Değeri ( $\mu\text{g/l}$ )
Krom	100,6
Bakır	44,9
Nikel	0 (ölçüm değerinin altında)

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmada ağır metal gideriminde kullanılan sodyummeta bisülfit ve  $\text{Al}(\text{SO}_4)_3$  incelenmiş ve literatür taraması sonucunda maliyet bakımından uygun ve yerel olarak temini kolay sonuçlar ortaya konmuştur. Bu çalışmada incelen her kimyasalın atıksu arıtımında kendine özgü avantajları olduğu belirlenmiştir.

#### 5. KAYNAKLAR

- Bueno, B.Y.M., Torem, M.L., Molina, F. and De Mesquita, L.M.S. 2008 Biosorption of lead(II), chromium(III) and copper(II) by R. opacus: Equilibrium and kinetic studies. Minerals Engineering, 21; 65–75.
- Deepa, K.K., Sathishkumar, M., Binupriya, A.R., Murugesan, G.S., Swaminathan, K. and Yun, S.E. 2006. Sorption of Cr(VI) from dilute solutions and wastewater by live and pretreated biomass of Aspergillus flavus. Chemosphere, 62; 833– 840.
- Harish, Sundaramoorthy, S., Kumar, D. and Vaijapurkar, S.G. 2008. A new chlorophycean nickel hyperaccumulator. Bioresource Technology, 99; 3930–3934.
- Srivastava, S., Thakur, I.S. 2006. Evaluation of bioremediation and detoxification potentiality of Aspergillus niger for removal of hexavalent chromium in soil microcosm. Soil Biology & Biochem., 38; 1904-1911.
- URL1, Anonymous. 2008. Web sitesi. [www.lenntech.com](http://www.lenntech.com), Erişim Tarihi: 16.08.2008
- URL2, Anonymous. 2008. Web sitesi. <http://www.inchem.org>, Erişim Tarihi: 16.08.2008
- URL3, Anonymous. 2008. Web sitesi. [www.cda.org.uk](http://www.cda.org.uk), Erişim Tarihi: 10.08.2008
- URL4, Anonymous. 2008. Web sitesi. [www.portfolio.mvm.ed.ac.uk](http://www.portfolio.mvm.ed.ac.uk), Erisim Tarihi: 10.08.2008

**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANI İÇERİSİNDEKİ GÜRÜLTÜ KİRLİLİK  
DÜZEYİNİN ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Abdu Rahim Jehangiri, Mojebullah Wahidy, Mohammad Nazir Malekzada, Naheda Hameed, Şükrü Dursun

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya  
mohammadnazir906@gmail.com, abdulbaqiqaderi@yahoo.com, sdursun@selcuk.edu.tr

**Özet:** Çevre mühendisliği uygulamaları dersi kapsamında Selçuk üniversitesi kampüsü içerisindeki gürültü düzeyini saptamak üzere kampüs alanı içerisinde 20 farklı noktada Dijital Sonometre cihazıyla gürültü kirlilik değerleri ölçülmüştür. Her noktadan üç farklı değer ölçülmüş ve bunların ortalaması alınıp grafiği oluşturulmuştur. Kaydedilen değerlerin standart sapmaları ortalama değerlere göre hesaplanmıştır. Farklı zaman dilimlerinde ölçülen değerler hafta içi ve hafta sonu olarak iki farklı kategoride değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gürültü düzeyi, sonometre cihazı, Selçuk kampus

**MEASUREMENT AND EVALUATION OF NOISE POLLUTION LEVEL IN SELÇUK UNIVERSITY CAMPUS AREA**

**Abstract:** The scope of environmental engineering applications course to determine noise level of Selçuk University Campus, inside the campus area in twenty different points noise pollution values was measured with Digital Sonometer device. From each point three different values was measured and their average taken and graphic was formed. Standard deviations of the stored values is calculated based on average values. In different time frames measured values was assessed in two different categories as weekdays and weekends.

**Keywords:** Noise level, sonometer device, Selçuk university

**1. Giriş**

Selçuk Üniversitesi kampüs alanının; insan sağlığı ve psikolojisini olumsuz yönde etkileyen; gürültü kirliliğinin ölçülmesi ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi bu çalışmamızın amacıdır. Gürültü: Genel olarak maddenin titresimi ve bu titresimin; hava, su gibi bir ortam aracılığı ile kulağa ilettilmesi ses; hoş gitmeyen ve rahatsız edici seslerde gürültü olarak tanımlanır. Gürültü; iletişim ve uyarı sinyallerini etkileyerek kazalara yol açar, rahatsız edici olur, stres yaratır, konsantrasyonumu bozar ve çalışmaya engel olur, kronik sağlık sorunları yaratır ve hatta işitme duyusunun kaybedilmesine neden olabilir. Ses kirliliği, çevrede, bağışıkları, gereksiz korna çalan birçok sorumsuz kişi dışında, taşıtlardan çıkan fren sesi, motor ve egzoz sesi trafik gürültüsü, demir yolları gürültüsü, uçak gürültüsü, marangoz atölye matkap gürültüleri ses kirliliğine neden olur. Ses kirliliği; insanın işitme sağılığını ve algılama gücünü bozar, psikolojik ve fiziksel dengesi bozulur, iş verimini düşürür ve kişileri sınırlı yapıcı, huzursuz bırakır. dB: Birbirinden seviye farklılıklarını gösteren, nicelikleri anlamlı olarak ifade etmede kullanılan logaritmik bir ölçüye ifade eder. dBA: insan işitme sisteminin düşük şiddetteki seslere karşı en çok hassas olduğu orta ve yüksek frekanslara daha fazla ağırlık veren; A ağırlıklı ses seviyesi olarak tabir edilen ve gürültünün etkilenen değerlendirilmesi ve kontrolünde yaygın olarak kullanılan bir ses seviyesi ölçütüdür.

**Tablo 1:** Önemli gürültü kaynakları

Trafik	% 50
Raylı sistemler	% 18
Uçaklar	% 13
Sanayi	% 8
Komşular	% 3.5
İnşaat	% 3
Açık hava	% 2.5
Diğer kaynaklar	% 4

**2. Materyal Ve Metot**

Gürültü Ölçümü: Sesin şiddeti, gürültü ölçer veya ses ölçer denen, bilimsel olarak adı "sound level meter" olan adlandırılan cihazlarla ölçülür. Sesler, farklı şiddette dir. Örneğin, birisine fisıldamak yerine bağırsızınız sesinizde daha fazla enerji vardır ve daha uzak mesafeye ulaşabilir; dolayısıyla bu sesin şiddeti daha fazladır. Ses şiddetinin ölçüm birimi, desibeldir. Desibel, (dB) insan kulağının en hassas olduğu orta ve yüksek ses dalgalarının ses değerlendirmesini birimdir.

Desibel ölçüği tipik bir ölçek değildir. Logaritmik bir ölçektir. Bu birim, 10 sayısının 10. dereceden kökünün logaritma tabanı olarak alınmasıyla elde edilen düzeyin birimi olarak tanımlanır. Temel olarak bunun anlamı, desibel düzeyindeki küçük bir artışın gürültü düzeyinde aslında büyük bir artış olmasıdır. Örneğin; eğer ses, herhangi bir düzeyde 3 dB yükseltilirse kulakta bu sesin yüksekliği, yaklaşık iki katına çıkmış olur. Benzer şekilde, eğer bir ses 3 dB azaltılırsa kulakta sesin yarı yarıya azaldığı hissedilir. Dolayısıyla 90 dB lik bir sesin, 3 dB artırılarak 93 dB'ye çıkartılması gürültü düzeyinin iki katına çıktığını gösterir. Bununla birlikte herhangi bir düzeyde 10 dB'lık bir artış, (örneğin 80 dB den 90 dB ye) gürültü şiddetinin on katına çıktığı anlamına gelir.

#### Gürültü Seviyesi Ölçüm Aracı

Gürültü seviyesi ölçüm aracı, bir mikrofon ve elektrik devresinden oluşur ve sonucu desibel olarak verir. Elektronik devre gürültünün özellikle işitme ile ilgili etkilerine yönelik bir filtre sistemi oluşturacak biçimde geliştirilmiştir. işe bağlı etkilenmelerin belirlenmesi amacıyla bir ağırlıklı ölçüm ağı geliştirilmiştir. Burada, çok düşük ve yüksek frekanslar baskılanır. 1000–6000 arasındaki ortak frekanslar hafif güçlendirilir. Bunlar, konuşma frekanslarına öncelik veren değerlerdir.

Oktav bandı analiz cihazı, gürültünün frekans dağılıminin özelliğini sihhatli bir şekilde tespite yarar. Bu araçlar, gürültünün oluşumunda belirli frekansları belirleme ve izole edebilme imkânı sağlar. Bu tip özellikler, karmaşık gürültülü ortamların denetiminde önem taşımaktadır. Dozimetre ile ölçme yöntemi, bireye özel koşulları belirlediğinden özeklikle tercih edilen bir yöntemdir. Dozimetreler, genellikle gürültü etkisinde kalan kişinin kulağına yakın yerleştirilen bir mikrofondan kayıt yapan devreden ibarettir. Gürültü Kontrol Cihazı (Sonometre) : Gürültü, yaygın olarak sonometre ile ölçülür. Sonometre, kulağa gelen sesleri kulağın algıladığı gibi ölçmek üzere düzenlenmiştir.



Sonometre

Dozimetre

Dijital sonometre

Şekil 1: Gürültü ölçüm cihazları



Şekil 2: Ölçüm yapılan noktalar

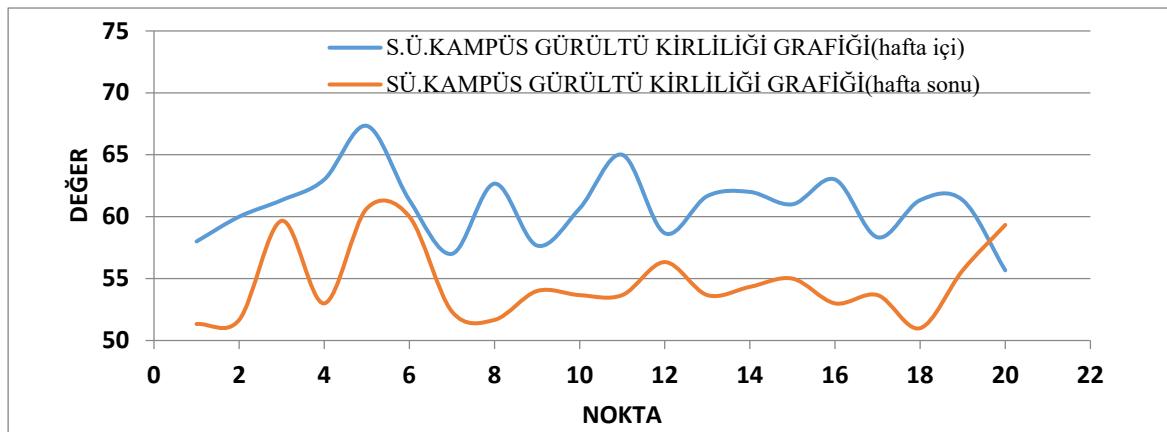
Sonometrenin kullanılmasında dikkat edilecek hususlar (Sonometrenin çalışma prensibi) şunlardır;

- Cihazların toz başlığı ölçüm esnasında ve diğer zamanlarda çıkarılmaz. Çünkü bu ölçüm sonucunu değiştirmez. Balığın amacı, mikrofon hassasiyetini korumaktır.
- Cihaz üzerinde bulunan hızlı ve yavaş ibre salınımı sağlayan anahtar hızlı durumunda, gürültü ölçümü yapılmadır. Bu anahtar, ancak kalibre işlemi yapıldıktan sonra açılır. Aksi takdirde scala ibresi hassasiyetini kaybeder.
- Ölçüm esnasında, ölçüm yerinde ölçen kişi dışında başkası bulunmamalıdır.
- Cihaz uzun süre kullanılmayacaksızı pilleri muhakkak sökülmelidir.
- Cihazlar, çarpmalara ve düşmeye karşı korunmalıdır.

### 3. Araştırma Bulguları

**Tablo 2:** Kampüs içerisinde belirlenen noktalardan yapılan ölçüm sonuçları

Nokta	Hafta İçi Değer (dB(A))			Hafta Sonu Değer (dB(A))			H. İçi. ort	H. Sonu ort
	A	B	C	A	B	C		
1	52,0	58,0	64,0	50,0	51,0	53,0	58,0	51,3
2	49,0	60,0	71,0	50,0	52,0	53,0	60,0	51,7
3	50,0	56,0	78,0	50,0	51,0	78,0	61,3	59,7
4	52,0	66,0	71,0	47,0	52,0	60,0	63,0	53,0
5	58,0	67,0	77,0	50,0	62,0	70,0	67,3	60,7
6	50,0	60,0	74,0	50,0	60,0	70,0	57,0	52,3
7	48,0	54,0	69,0	50,0	53,0	54,0	62,7	51,7
8	52,0	57,0	79,0	48,0	48,0	59,0	57,7	54,0
9	47,0	53,0	73,0	52,0	54,0	56,0	60,7	53,7
10	52,0	60,0	70,0	50,0	53,0	58,0	65,0	53,7
11	55,0	60,0	80,0	51,0	54,0	56,0	58,7	56,3
12	52,0	57,0	67,0	52,0	56,0	61,0	61,7	53,7
13	52,0	57,0	76,0	50,0	51,0	60,0	62,0	54,3
14	50,0	62,0	74,0	53,0	55,0	55,0	61,0	55,0
15	53,0	60,0	70,0	53,0	54,0	58,0	63,0	53,0
16	55,0	65,0	69,0	52,0	53,0	54,0	58,3	53,7
17	50,0	60,0	65,0	53,0	53,0	55,0	61,3	51,0
18	57,0	61,0	66,0	50,0	51,0	52,0	61,3	55,7
19	53,0	61,0	70,0	50,0	52,0	65,0	55,7	59,3
20	45,0	53,0	69,0	54,0	60,0	64,0		



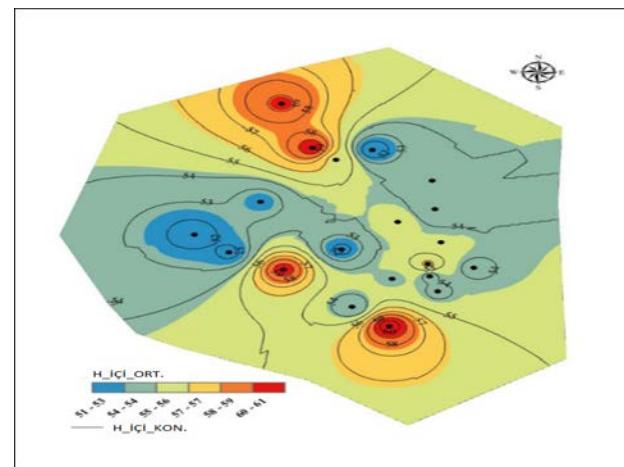
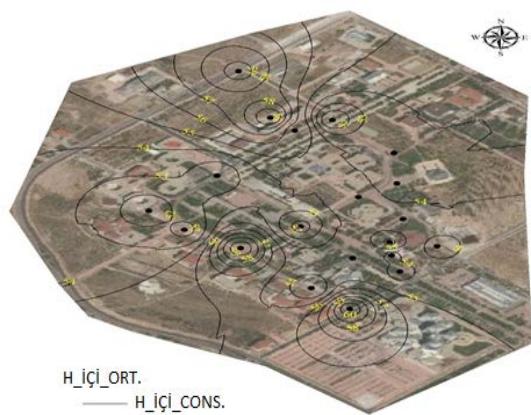
**Şekil 3:** Kampüs içerisinde belirlenen noktalardan yapılan ölçüm sonuçları grafiği değerleri

*Standart Sapma*

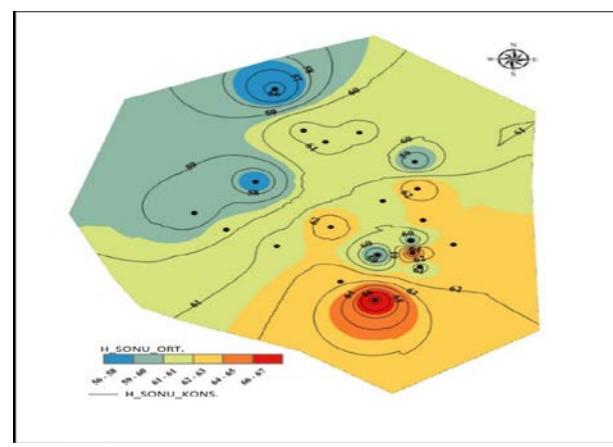
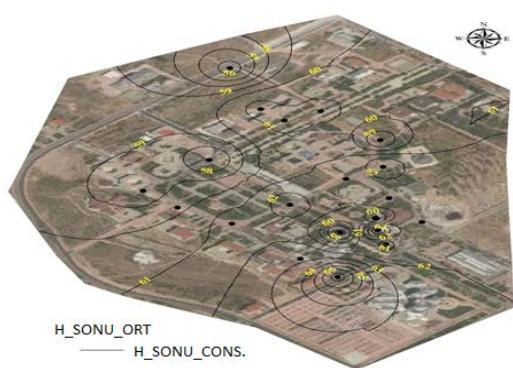
**Tablo 3.** Kampüs içerisinde belirlenen noktalardan yapılan ölçüm sonuçlarının ortalaması degere göre standart sapmaları hesaplanmıştır.

H. İçi Standard sapma			H. Sonu Standard sapma		
A	B	C	A	B	C
4,242641	0	4,242641	0,942809	0,235702	1,178511
7,778175	0	7,778175	1,178511	0,235702	0,942809
8,013877	3,771236	11,78511	6,835366	6,128259	12,96362
7,778175	2,12132	5,656854	4,242641	0,707107	4,949747
6,599663	0,235702	6,835366	7,542472	0,942809	6,599663
8,013877	0,942809	8,956686	7,071068	0	7,071068

6,363961	2,12132	8,485281	1,649916	0,471405	1,178511
7,542472	4,006938	11,54941	2,592725	2,592725	5,18545
7,542472	3,299832	10,8423	1,414214	0	1,414214
6,128259	0,471405	6,599663	2,592725	0,471405	3,064129
7,071068	3,535534	10,6066	1,885618	0,235702	1,649916
4,714045	1,178511	5,892557	3,064129	0,235702	3,299832
6,835366	3,299832	10,1352	2,592725	1,885618	4,478343
8,485281	0	8,485281	0,942809	0,471405	0,471405
5,656854	0,707107	6,363961	1,414214	0,707107	2,12132
5,656854	1,414214	4,242641	0,707107	0	0,707107
5,892557	1,178511	4,714045	0,471405	0,471405	0,942809
3,064129	0,235702	3,299832	0,707107	0	0,707107
5,892557	0,235702	6,128259	4,006938	2,592725	6,599663
7,542472	1,885618	9,42809	3,771236	0,471405	3,299832



**Şekil 4:** Hafta içi Ölçüm değerleri



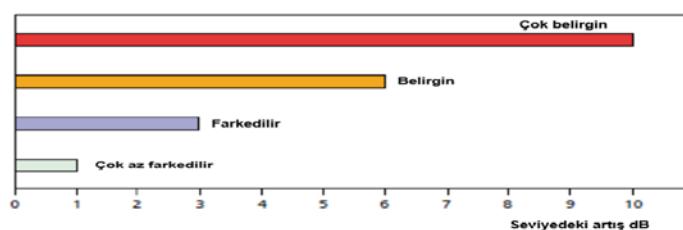
**Şekil 6:** Hafta sonu Ölçüm değerleri

#### 4. Sonuçlar Ve Tartışma

Tablo 4: Sesin insan ve çevreyi etkileme düzeyleri

insanlar üzerindeki etkisi	dB(A) cinsinden ses düzeyi	Sesin kaynağı
Cök zararlı	140	Jet motoru
Zararlı	130	Perçin çekici
	120	Pervaneli uçak
	110	Kaya matkabı
Riskli	100	Zincir testere
Konuşmayı perdeler	90	Ağır kamyon Riskli
	80	Yoğun trafikli sokak
	70	Binek otosu
	60	Normal konuşma
	50	Alçak sesle konuşma
	40	Hafif radyo müziği
Rahatsız edici	30	Fısıldama
	20	Kentte sessiz apartman
	10	Hışırdayan yapraklar
	0	İşitme eşiği

**dB seviyesindeki artışın farkedilebilirliği**



Şekil 8: Gürültünün fark edilebilirlik seviyeleri

Bu çalışma kapsamında ölçülen gürültü kirlilik düzeyleri. Yukarıdaki tablo 4'te verilen değerlere göre ölçülen değerler karşılaştırıldığı zaman hafta içindeki gürültü düzeyinin insanlar üzerindeki etkisi Rahatsız edici ve konuşmayı perdeler düzeyinde ve hafta sonu gürültü düzeyinin insanlar üzerindeki etkisi ise Rahatsız edici düzeyindedir. Hafta içi ölçüm yapılan noktalardan 3,5,6,19 ve 20 noktalarının gürültü düzeyi 58-61dB(A)olup çok belirgin seviyedendir. Nedeni ise bu noktalardaki yoğun trafiktir.4,9,11,12 ve 17 noktalarının gürültü düzeyi 56-58 dB(A)olup belirgin seviyedendir.1,2,7,8 ve 18 noktalarının gürültü düzeyi 53-56 dB(A)olup fark edilir seviyedendir ve 10,13,14,15 ve 16 noktalarının gürültü düzeyi 51-53 dB(A) olup çok az fark edilir seviyedendir. Hafta sonu ölçüm yapılan noktalardan 5.noktanın gürültü düzeyi 64-67dB(A)olup çok belirgin seviyedendir. Nedeni ise bu noktadaki yoğun trafiktir.4,9,10,11,12,13 ve 14 noktalarının gürültü düzeyi 61-64 dB(A)olup belirgin seviyedendir.6,7 ve 20 noktalarının gürültü düzeyi 58-61 dB(A)olup fark edilir seviyedendir ve 1,2,3,8,15,16,17,18 ve 19 noktalarının gürültü düzeyi 56-58 dB(A)olup çok az fark edilir seviyedendir.

#### Kaynaklar

(<http://rozethaber.com/11-01-2016-ses-kirliligini-meydana-getiren-nedenleri-ve-insan-sagligina-zararları-kısaca.html>)

Çankaya Belediyesi El Broşürü Çevre, Ankara 2007.

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği 7. Mart 2008/ 26809.

Çobanoğlu Z. Konut Sağlığı, ISBN 975-6558-24-2 Ankara 2001.

Erdem A.Baki, Çağımız ve Çevre Kirliliği, ISBN 975-95437-0-2 Ankara.

Güler Ç. Cobanoğlu Z. Gürültü ISBN 975-7572-44-6 Ankara, 1994.

<http://www.selcuk.edu.tr/muhendislik/cevre/Web/Sayfa/Ayrinti/40630/tr>

Koç Canan, İŞ Yerinde Gürültü, ISBN92-2-808024-8, Ankara, Uluslararası Çalışma Bürosu, 1997.

Mandıralioğlu A. Endüstri Hijyeni ISBN 975-6556-13-7 Ankara, 2001.

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Çevre Sağlığı Gürültü Kirliliği 850CK0036 Ankara,2011

## GRİ SU UYGULAMALARI İLE YENİDEN KULLANIMI

Ertan ŞAHİN, Murat ÇALIK, Şükrü DURSUN

*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya  
Ertan.sahin@outlook.com, Murat1994calik@windowslive.com, sdursun@selcuk.edu.tr*

**ÖZET:** Yer altı suları içme suyu için öncelikle en önemli kaynaklarımızdır. Bunun için suyumuza verimli kullanarak, doğal su kaynaklarından elde ettigimiz suyun tüketim oranını düşürüp suyumuza korumamız gerekmektedir. Bu nedenle su tüketiminin azaltılmasına yönelik olarak tuvalet rezervuarları, bahçe sulama, çamaşır yıkama ve diğer temizlik işlerinde içme suyunun kullanılması için önlemler alınabilir. Son yıllarda gündeme gelen konulardan evsel atık su bir kirletici değil yeniden değerlendirilerek kullanılabilen bir kaynak haline gelmiştir. Buna göre, evsel atık suların kaynağından, suyun kirlilik seviyelerine göre ayrılarak toplanması ve her bir ayrılan kısmın özelliklerine uygun bir dizi işlemenin geçirilerek tekrar kullanımında değerlendirilmesi gündeme gelmiştir. Tuvalet haricindeki suların oluşan ve en çok organik madde bakımından zengin olan gri su, bu su çeşitlerinden en az kirletici özelliğe sahiptir ve bu akımın gerekli arıtımından sonra sulama ve yer altı suyu beslemesi gibi yollarla su döngüsüne geri verilmesi önerilmektedir. İşlemden geçirilmiş gri suyun kullanım suyu olarak değerlendirilmesi su kaynaklarının korunmasına katkı sağladığı gibi doğadaki su dengesi üzerinde de pozitif etkiler yaratabilir. Ayrıca gri su geri kazanım tesislerinde kullanılan içme suyu miktarını da azaltır. Sonuç olarak, içme suyu çıkışma ve dağıtma süreçlerinin olumsuzlukları da (enerji ve kimyasal gereksinimler, yer altı suyunun seviyesindeki düşüş, vb.) azalmış olacaktır.

*Anahtar Kelimeler: Evsel atıksu, Gri su, su verimliliği, Gri su prosesi, Gri su kullanım yerleri.*

### GREY WATER RE-USE APPLICATIONS

**Abstract:** Any water that has been used in the home, except water from toilets, is called greywater. Dish, shower, sink, and laundry water comprise 50-80% of residential "waste" water. This may be reused for other purposes, especially landscape irrigation. Greywater can replace fresh water in many instances, saving money and increasing the effective water supply in regions where irrigation is needed. Residential water use is almost evenly split between indoor and outdoor. All except toilet water could be recycled outdoors, achieving the same result with significantly less water diverted from nature. Gray water may contain food particles, detergent or soap residue, and possibly some human pathogens. But as a general rule, gray water does not require extensive chemical or biological treatment before being used for landscape irrigation. Gray water can be put to other uses. It is best to use gray water on ornamental plants and lawns, or to irrigate trees, rather than on food plants, especially those that are often eaten raw; such as carrots or lettuce or herbs. Soap and detergent are the components in gray water, which could adversely affect plants the most. The wastewater from the shower or lavatory sink generally contains only a small amount of soap, and has few solid residues. However, re-using water from a clothes washer may be much easier, from a plumbing standpoint. Special detergents can be purchased to lessen any harmful impacts on plants. Gray water may be immediately directed to landscaping, or it may be stored for later use. When stored, filtering the water is more important, to reduce the growth of any pathogens. Gray water should not be used for dust control, cooling, spray irrigation, or any other use that would result in air-borne droplets or mist.

**Key Words:** Domestic waste, greywater, Water, water productivity, Grey water process, Grey water utilization.

### 1.GİRİŞ

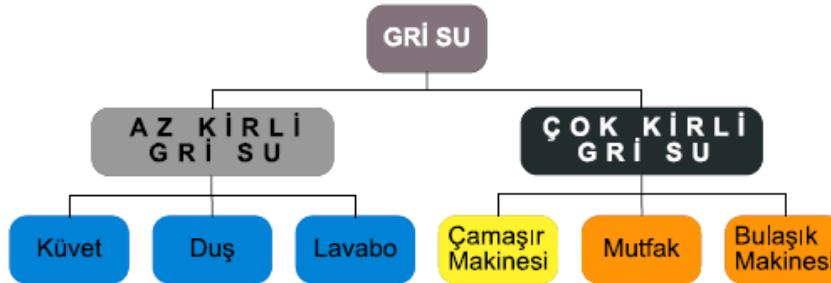
Azalan su kaynaklarına karşı hızla artan su gereksinimlerini karşılayabilmek için; su tasarrufu modellerinin geliştirilmesi, yaygınlaştırılması ve sudan geri dönüşümle yararlanmasıdır. Özellikle az yağış alan bölgeler ile mevcut kaynaklarının kullanılmasının kısıtlı olduğu ya da var olan bölgeler ile mevcut su kaynaklarının yeterli teknolojilerin bulunmadığı alanlarda; su tasarruf modellerinin kullanılarak suyun verimli kullanılmasını ve kullanılmış suların yeniden değerlendirilmesini kapsamaktadır. Gri su tuvalet sularının dışında kalan tüm atıksuları içermektedir. Evsel atıksu fraksiyonlarının içerisinde kirlilik yönünden en düşük seviyede bulunan ve en az kirletici içeren akım gri sudur. Gri su kaynakları mutfak atıksuları, banyo, lavabo ve çeşitli yıkama sularıdır. %75'lik pay ile hacimsel olarak evsel atıksuyun en büyük yüzdesini oluşturan gri suya patojen bulundurma olasılığı düşük olup, bu fraksiyon nütrientler açısından zengin degillerdir. Gri su en çok organik madde açısından zengin olup, bu grup kirleticinin giderilmesini takiben su çevrimine geri verilerek değerlendirilmesi öngörmektedir. Yani kısacası gri su arıtmadaki amacımız su kaynaklarımızın azalması hızlı nüfus artışından dolayı tatlı su kaynaklarının gelecek yıllarda azalması

sebebiyle gri suların (az kirli;küvet,duş,lavabo çok kirli;çamaşır bulaşık makinesi,mutfak)geri çevrime girerek sulama suyu miktarları artırılır.

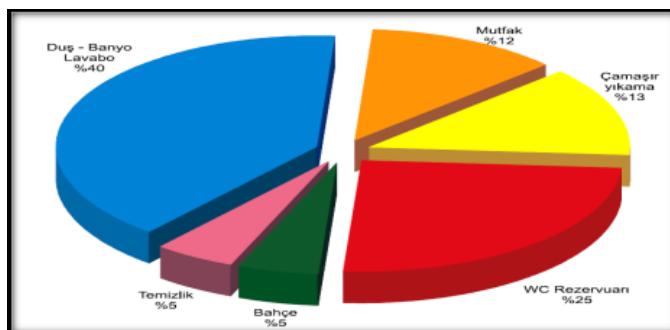
## 2.MATERYAL VE METOT VE ARAŞTIRMA

### 2.1 Gri Su Bileşenleri

Gri su, evlerde kullanılan şebeke suyunun kimyasallarla kirlenmesiyle ve hava şartlarından bağımsız olarak oluşur.Konutlarda kullanılan suyun miktarı,tamamıyla kişinin alışkanlıklarına bağlı olarak farklılık gösterir.Şehirlerde su tüketim oranı kırsal kesimlerdeki su tüketim oranlarından çok daha fazladır.Avrupa'da genel olarak konutlarda ihtiyaç duyulan su miktarı ortalama 129L/(kişi\*gün)dür.Bu miktarlar kullanım yerinin durumuna ve kullanıcı alışkanlıklarına göre farklılık gösterir.



**Şekil1:** Başlıca Gri Su Kaynakları



**Şekil 2.**Evlerde kullanılan Günlük su tüketim oranları

Gri sular, kolayca indirgenebilen maddelerden de meydana gelmektedir.Bu kolay biyolojik indirgenmeye bağlı olarak, eğer gri su işlenmezse,bozulma süreci sülfatlarla sürer buda istenmeyen kokulara sebep olur.Organik maddeler BOİ(Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı) ve KOİ(Kimyasal Oksijen İhtiyacı)parametrelerinin ortalamalarıyla ölçülür. Organik maddelerin içerikleri biriken(toplanan)gri suyun kısmi akışının kaynağına bağlıdır.

**Tablo 1.** Su analiz değerleri karşılaştırması[Disinfection of greywater, 2011]

	Az Kirli Gri Su	Çok Kirli Gri Su
BOİ (mg/L)	59- 424	48 - 890
KOİ (mg/L)	100 - 645	361 - 1815
TOC (mg/L)	40 - 120	84 – 582
AKM (mg/L)	30 - 303	35 - 625
Amonyak (mg/L)	<0.1 – 15.0	<0.1 - 4.6
Bulanıklık (NTU)	23 - 240	103 - 148
pH	6.4 – 8.1	5.2 – 10.0
Toplam koliform bakteri (1/mL)	$10^1$ – $10^5$	$10^2$ – $10^6$
Toplam e-koli (1/mL)	$10^1$ – $10^5$	$10^2$ – $10^6$

Gri su evsel atıksular ile karşılaşıldığında gri su oldukça az besleyici madde(azot/fosfor)ihtiva eder.Fakat biyolojik arıtmadada,yetersiz besin kaynağı nedeniyle olası bir sınırlandırma ortaya

çıkılmamıştır. Geçtiğimiz yıllarda yapılan araştırmaya göre banyodan ve lavabodan gelen sulardaki E.koli miktarının toplam evsel atık sulara göre 100 kat daha az olduğunu göstermiştir.

## **2.2 Turizm Tesisleri Atıksu Miktarı**

Günlük misafir başına oluşan gri su ve evsel miktarları pilot turizm tesisi verilerinin ortalaması ve su tasarruf durumları dikkate alınarak tahmin edilmiş ve Tablo: 2'de verilmiştir. Gri su: Sadece odalarda oluşan duş ve lavabo sularının gri su olarak (mutfak ve çamaşırhane atıksuları yüksek kirlilik içerdiginden dolayı,gri su kapsamı dışında bırakılmıştır).Buna göre,misafir başına oluşan gri su miktarı odalarda toplanan duş ve lavabo sularının kalan misafir sayısına bölünmesiyle hesaplanmıştır.

## Hilton Hotel'leri Gri Suların Geri Kazanımı Projesi

- Türkiye'de İstanbul'da bulunan 5 yıldızlı Hilton hoteli gri sularını yüzeyaltı tip membran ile arıtmaktadır.
  - Geri kazanılan gri su, bahçe sulama ve tuvalet rezervuarlarında kullanılmaktadır.
  - Elde edilen çıktı kalitesi Çevre ve Orman Bakanlığı'nın belirlemiş olduğu bahçe sulama ve rezervuar suyu kriterlerine uygundur desteği vardır.

**Tablo 2 : Hilton Hoteli Gri Su Durumu**

Mevcut Durum	Tam işletme
Müşteri İstanbul Hilton Hotelleri Hizmete Alma	Mayıs 2011'de devreye alınmıştır
İstenen Deşarj Kalitesi	BOİ < 5 mg/l, SS total < 5 mg/l , 0 parazit
Performans	Hizmet alım 1. Ay işletme BOİ < 7 mg/l, AKM < 5 mg/l
Kısa Tanım:	Gri suların tamamen geri kazanıldığı membran projesi

**Proses Tanımı:** Tanklar çelik ve Polipropülen malzemeden imal ve tedarik edilmiştir. Her bir tanka zemin sabitleme işlemi uygulanmıştır. Hotelden gelen gri su hattı ilk önce pit tank olarak adlandırılan beton tankta biriktirilip sabit bir debi ile dengeleme tankına transfer edilir. Dengeleme tankından gelen su MBR tanka alınır. MBR tankına difüzörler vasıtasyyla verilen hava ile tank içerisinde biyolojik arıtma yapılır. Aritilan su geri kullanım için temiz su tankına pompalar vasıtasyyla geçilir. Tesis'de bulunan havalık hattı kokuyu önlemek amacı ile yapılmaktadır. Tesis, otomatik olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

## Tesis Verileri

Maksimum günlük debi	100 m <sup>3</sup> /g	Membran üniteleri	1 x 100 m <sup>3</sup>
Ortalama günlük debi	75 m <sup>3</sup> /g	Membran yüzey alanı	200 m <sup>2</sup>
Pik debi	3,75 m <sup>3</sup> /st	Çamur yaşı	7 gün
MLSS havalandırma tankı	12,000 mg/l	Üretilen çamur	2 m <sup>3</sup> /g

**Mevcut performans:** BOİ <10mg/l AKM <5mg/l

### Tasarım verileri:

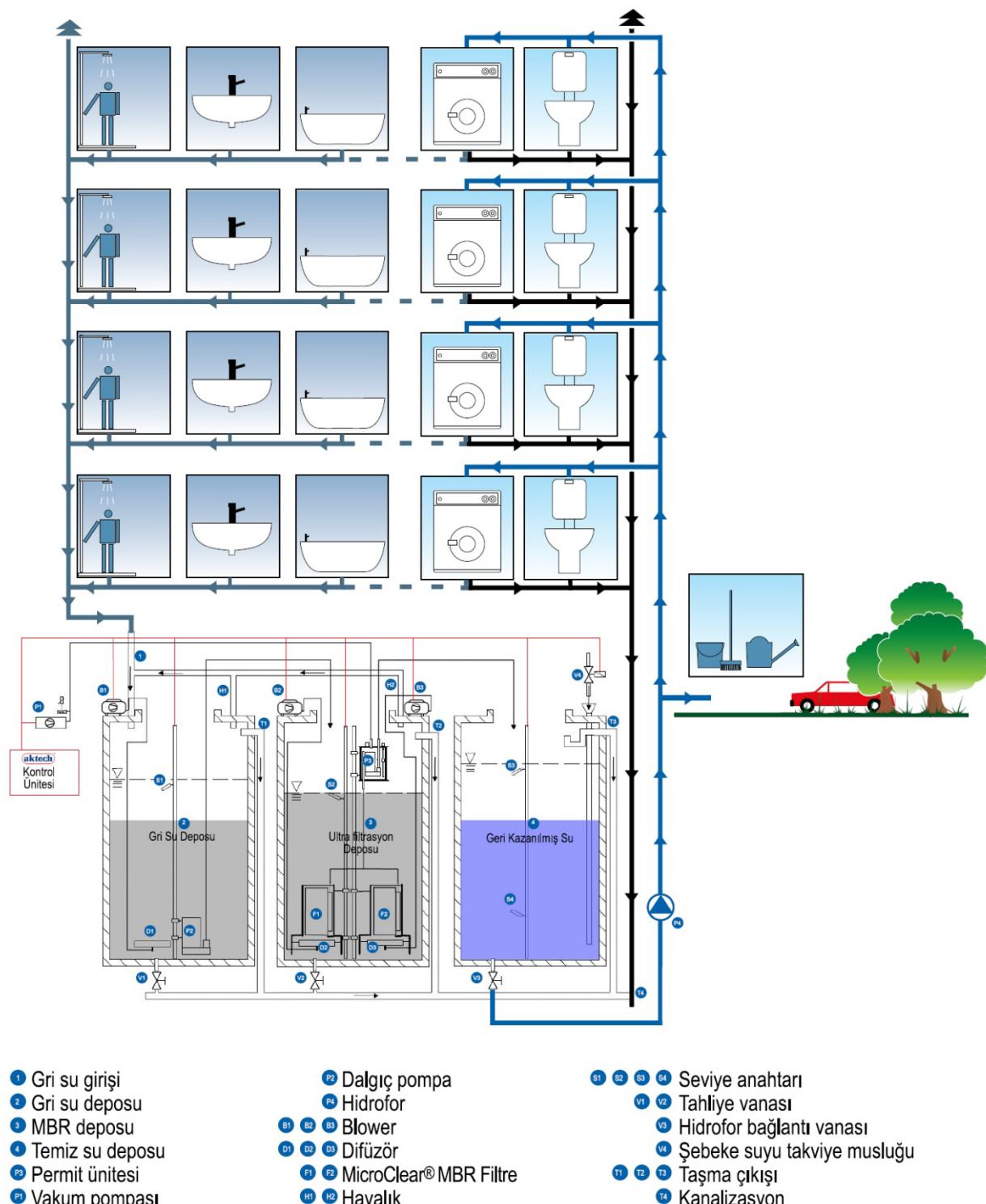
**Tablo 3:** Giriş Yükleri ve Çıkış Standartları

Giriş suyu ortalama yükü :	Çıkış suyu standarı
KOİ 400 mg/l	BOİ: 5mg/l
BOİ 200 mg/l	Toplam N 5mg/l
Toplam AKM:70mg/l	Toplam P 1 mg/l AKM 5 mg/l

#### **Gri Suyun Biomembran ile geri kazanım prosesi :**

**1. Ön Aritma:** Ön arıtma fiziksel arıtma prensiplerine uygun bir biçimde tatbik edilir. Öncelikle hotelden gelen gri su pit tank ve dengeleme tanklarında biriktirilerek, gelen suyun homojen ve sistem tarafından kabul edilebilir duruma gelmesi sağlanır. Su tank öncesi her defasında bu ızgaradan geçirilip, membran yüzeyine zararlı olabilecek katı partikül ve çöplerden temizlenir.

**2. Biyolojik Arıtma:** Hava köprüyü ile tatbik edilen hava sayesinde tank içerisinde biyolojik arıtma gerçekleştirilebilir. Tank içerisinde mevcut olan aktif çamur içeriğindeki mikroorganizmalar sayesinde gri su içerisindeki organik kırleticileri çoğalmaları esnasında tüketir. Böylece biyolojik arıtma gerçekleşmiş olur.



**Şekil 3:Hilton Hotel Gri Su Akım Şeması**

**3. Filtrasyon:** Havalandırma tankı içerisinde biyolojik arıtma tabii tutulan su son olarak gömük membranlarından geçirilerek filtrelenir. Su membran yüzeylerinden, temiz su pompasının emiş gücü sayesinden geçirilerek, membranda filtre edilir. Membran modülünün altından temin edilen hava ise membran yüzeylerinden biriken katıların temizlenmesi maksadı ile dizayn edilmiştir. Bu sayede membranlarda birikme en aza indirgenir.

## 2.3 Gri Su Arıtma Teknolojileri

Gri su arıtma sistemleri uygulamaların özelliğine bağlı olarak düşük maliyetli basit cihazlardan, yüksek maliyetli gelişmiş arıtma sistemlerine doğru sıralanabilir.

Gri suyu arıtmak için en verimli sistemler fiziksel arıtma işlemleriyle birleştirilmiş biyolojik arıtma sistemleridir. Bu sistemlerin başında MBR sistemleri gelmektedir.

Gri su geri kazanımı için teknoloji seçimi çeşitli faktörlere bağlıdır:

- Planlanan mevki
- Uygun alan
- Kullanıcı ihtiyaçları
- Yatırım ve bakım maliyetleri

Gri su geri kazanım sistemi arıtma aşamaları:

- Birincil arıtma / dengeleme deposu
- İkincil biyolojik arıtma / filtrasyon deposu
- Kullanma suyu deposu

Önemli gri su geri kazanım sistemleri:

- Yapay Sulak Alanlar (Wetlands)
- Döner Biyolojik Reaktörler (Rotating Biological Contactors – RBC)
- Ardışık Kesikli Rektörler (Sequencing Batch Reactors – SBR)
- Membran Biyoreaktörler (MBR)

### 2.3.1 Gri su membran arıtmanın önemi

Membran Bioreaktör (MBR) sistemleri şu anda kullanılan en ideal gri su geri kazanım sistemi olarak dünyada kabul görmektedir. Bunun sebebi arıtılan suyun çok yüksek kalitede olması ve sistemin az yer kaplamasıdır. Şayet sistemin kurulacağı mekan çok küçükse membran filtre hacmini artırarak kirli su ve kullanım suyu depolarının hacmini büyük ölçüde küçültür.

Almanya'da Giessen Üniversitesi'nde yapılan araştırmalar sonucunda MicroClear® membran filtreler ile yapılan testlerde alınan sonuçlar şu ana kadar elde edilmiş en iyi sonuçlar olarak gözlemlenmiştir.

**Tablo 4:** Gri su içerisindeki parametlerin standartları

Parametreler	Birim	Sonuç	Parametre	Birim	Sonuç
BOİ	mg/L	< 5	e-koli	1/100ml	bulunamadı
KOİ	mg/L	< 30	Koliformlar	1/100ml	<1
AKM	mg/L	< 1	Virüs engellemeye	%	99.9999

## Gri Su Geri Kazanımının Başlıca Faydaları

- %50'ye varan su tasarrufu
- Kullanım su olarak (şebekе) içme suyunun kullanılmasını önlemek.
- Doğal su kaynaklarımızın daha verimli kullanılması
- Şebekе suyu dağıtım hatlarındaki yoğunluğun azalması
- Gri su özellikle kurak bölgelerde bahçe sulama ve bitki yetiştirmek için değerli bir kaynaktır
- Siyah suya göre çok daha hızlı ve kolay arıtma
- Elde edilen suyun hijyen şartlarını sağlayacak nitelikte olması

## 2.4 Maliyetler

### 2.4.1 Yatırım Maliyetleri

Yatırım maliyetleri işletme büyülüğüne göre farklılık gösterir. Sistem büyükükçe daire başına düşen maliyetler azalır ve amortisman süresi düşer. On beş/Yirmi dairelik binalara sistemin kurulması daire başı yaklaşık 600 Euro'dur. Bu rakam 500 dairenin üzerindeki sitelerde 200 Euro'lara kadar düşmektedir. Ek olarak gri su ve kullanım suyu tesisatlarını ayırmaya işleminin maliyeti bölgesel şartlara göre hesaplanmalıdır.

#### **2.4.2 İşletme Maliyetleri**

İşletme maliyetleri tamir, bakım, kontrol, elektrik tüketimi ve şebeke suyu beslemesinden gelen suyun ücretini kapsar.

#### **2.4.3 Tamir ve Bakım Maliyetleri**

Tamir, bakım ve onarım masrafları seçilen teknolojiye bağlıdır. Basitçe yapılandırılmış bir işletme için genel olarak her yıl ilk yatırım maliyetinin %1 i yeterlidir; makineler/ teknik ekipmanlar için ise her yıl ilk yatırım maliyetinin %4 ü gibi düşünülebilir.

#### **2.4.4 Enerji Tüketimi**

Gri suyu temizlemek için gerekli olan enerji, kullanım suyunun hidroforla sisteme basılması ve şebeke suyu takviyesi dâhil, kullanılan teknolojiye bağlı olarak 1 m<sup>3</sup> kullanım suyu için 1,5 ile 3 kW arasındadır.

### **3. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Öngörüler evsel atıksuyun bir atık değil değerlendirilmesi gereken kaynak olduğu ve nutrient döngülerinin tamamlanmasına yönelik gerekliliklerdir. Bu çerçevede konvansiyonel evsel atıksu sistemlerinde gerek toplama/iletim/taşıma, gerekse arıtım sistemlerine alternatif olarak evsel atıksuyu fraksiyonlarına ayıracak toplama/depolama/taşıma sistemleri ile bu akımları değerlendirecek işleme/arıtma yöntemleri ön plana çıkmaktadır. Bu amaçla gerek araştırma gerek uygulama alanında geniş yelpazede çok açık bir alan bulunmaktadır. Bugün için evsel atıksu altyapısı mevcut ve düzgün çalışan yerlerde, örneğin; büyük kentlerde, var olan sistemlerin tamamen değiştirilip gri su uygulamasının kullanılmasını beklemek gerçekçi görünmese de, sınırları sürekli genişleyen bu tip kentlerde kurulacak yeni yerleşimlerde ve özellikle henüz atıksu alt yapısı olmayan küçük yerleşimlerle kırsal alanlarda öncelikli olarak uygulanmasının teşvik edilebileceği düşünülmektedir.

### **4. KAYNAKLAR**

1. Ayşe D. Allar B, Baykal B. "ECOSAN:Ekolojik Evsel Atıksu Yönetimi" Cilt:17,Sayı:3,3-12 Kasım 2007
2. Polat Ayşe" Su Kaynaklarının Sürdürülebilirliği İçin Arıtılan Atıksuların Yeniden Kullanımı" Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6 (1):58-62,2013 ISSN:1308-0040,E-ISSN:2146-0132, www.nobel.gen.tr
3. Karahan Abdullah "IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Gri Suyun Değerlendirilmesi Seminer Bildirisi", 2009
4. Aktif Çevre ve Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Ltd. Şti. Çevre Müh: Nuray Oruç tut
5. Disinfection of Greywater, Water Science & Technology 63.5 2011 Eran Friedler, Anat Yardeni, Yael Gilboa and Yuval Alfiya
6. Fbr Information Sheet, 2005
7. IKZ Haustechnik, sayı, 5 Mart 2009
8. MBR Atıksu ARITMA Sistemleri ltd.şti
9. Özman Taahhüt ve Ticaret Limited Şirketi
10. Çevre ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı" Sürdürülebilir Su ve Atıksu Yönetimi İçin Su Tasarrufu Modellerinin Geliştirilmesi Projesi"
11. URL-1 [http://tr.wikipedia.org/wiki/Gri\\_su](http://tr.wikipedia.org/wiki/Gri_su)
12. URL-2 <http://www.yesilbinadergisi.com>
13. URL-3 <http://oasisdesign.net/greywater/>

## İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN NEDENLERİ

Tahir BÜYÜKDEMİR, Veli YILMAZ, Şükrü Dursun

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya  
[Buyukdmr@gmail.com](mailto:Buyukdmr@gmail.com), [Velyilmaz89@gmail.com](mailto:Velyilmaz89@gmail.com), [sdursun@selcuk.edu.tr](mailto:sdursun@selcuk.edu.tr)

**ÖZET:** Emisyon senaryoları, sera gazları ve aerosoller gibi yer yüzünün radyasyon dengesini bozan maddelerin gelecekte atmosfere boşalma potansiyellerinin tasvir edilmesidir. Bu tanımlamalar ışığında emisyon senaryosunun gelecek için bir tahmin olmadığı söylenebilir. Fakat, iklim değişikliği çalışmaları için emisyon senaryosu, entegre değerlendirme modellerinde gösterilen sosyoekonomik, çevresel ve teknolojik eğilimler üzerinde yapılan bilimsel çalışmalara dayandırılan gelecekteki emisyonlara ilişkin uzman görüş ve değerlendirmelerini de yansıtır. Bunun yanında, emisyon senaryoları, iklim senaryosunun en önemli bileşenlerinden birini teşkil etmektedir. IPCC'nin Eylül 2007'de düzenlediği geniş katılımlı "Uzmanlar Toplantısı"nda, 5. Değerlendirme Raporu'nda kullanılacak iklim değişikliği senaryoları için yeni bir proses yaklaşımı ve bu kapsamda yeni bir emisyon/konsantrasyon senaryo seti oluşturmaya karar verilmiştir. Çalışmada, halen hazırlıkları süren 5. IPCC Değerlendirme Raporunda yer alacak yeni konsantrasyon senaryoları tanıtılmaya çalışılmış olup gelecekteki iklim değişikliği araştırmalarına rehberlik edecek "Uzmanlar Toplantısı" sonuç raporunun ilgili diğer yayınlarla birlikte genel bir tahlili niteliğindedir.

*Anahtar Kelimeler: Senaryo, iklim senaryosu, uzmanlar toplantısı, RCPs, IPCC Değerlendirme Raporu.*

### CAUSES OF CLIMATE CHANGE

**ABSTRACT:** Emissions scenario is depiction of potential future unloading into the atmosphere of some matters such as greenhouse gases and aerosols which influence the Earth's energy budget. According to these explanations, it can be said that a scenario is not a forecast or a prediction of future. However, emission scenario for climate change research reflects expert evaluations and opinions respecting conceivable future emissions based on researches into socioeconomic, environmental, and technological tendencies pointed out in integrated assessment models. Additionally, the emission scenario is one of the most important component of climate change studies. In the expert meeting of IPCC held in 2007, September in Netherlands, It was decided that new process approach and new emission/concentration scenario set would be developed for building of new climate change scenarios to use in liable 5. IPCC Assessment Report. In this study, we tried to explain the new approach and new concentration scenarios mentioned above. In the final analysis, It might be said that this is a general dissection of "IPCC Expert Meeting Report" and other studies related to new approach of climate change scenarios to guide future studies.

*Keywords: Scenario, climate scenario, expert meeting, RCPs, IPCC Assessment Report*

### 1.GİRİŞ

İklim değişikliği küresel ölçekte bugüne deðin karşılaþılan en büyük sorunlardan biri olarak nitelendirilmektedir. İklim değişikliklerinin eko-sistem üzerindeki etkileri su kaynakları ve kıyı bölgelerinde günümüzde bariz şekilde kendini göstermeye başlamıştır. Aksi yönde ve saygın bilimsel dergilerde yayınlanan görüşler bulunsa da, günümüzde yaygın olarak kabul gören ve dünya politikalarına yön veren görüş son yıllarda ortaya çıkan iklim değişikliklerinin büyük oranda atmosfere insan etkinlikleriyle salınan sera gazlarının neden olduğu küresel ısınmaya bağlı olarak gerçekleştiðidir.

Senaryo, geleceðin hayali olarak canlandırılması veya alternatif gelecek durumların tasvir edilmesidir. Buna rağmen senaryo, tahmin ile karıştırılmaktadır. Senaryo geleceðin tahmini değil, olması muhtemel alternatif durumların ortaya konmasıdır.

Senaryolar, iklim gibi yüksek belirsizlige sahip karmaþık sistemlerin gelecekteki muhtemel gelişiminin anlaşılması ve değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Genel olarak ölçülebilen değişkenlere, fiziksel ve kimyasal süreçlere sahip olması iklimi modellenebilir kılarken, karmaþık bir sistem olması, gelecekte yaşanması muhtemel iklim değişikliklerinin saptanabilmesi için iklimi doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen faktörlerle ilgili senaryolar üretmeyi gerektirmektedir. Örneğin atmosferdeki ısı bütçesi, yani güneþ enerjisi iklimi doğrudan etkilerken, sera gazları bu enerji bütçesini farklı şekillerde etkilediðinden, dolaylı olarak iklimi de etkilemektedir. Sera gazları Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 1. maddesinde "hem doğal, hem de insan kaynaklı olup atmosferdeki, kırmızı ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumları" olarak tanımlanmıştır. Bu gazlar güneþten dünyamıza gelen ısını atmosferde hapsederek sıcaklıkların

yükselmesine, dolayısı ile olması gerekenden farklı bir iklim durumunun oluşmasına neden olmaktadır. Emisyon, sera gazlarının ve/veya bunlara kaynaklık yapan öncül maddelerin belirli bir alanda ve zaman diliminde atmosfere salınması olarak tanımlanmaktadır. Konsantrasyon ise belli bir zamanda atmosferde bulunan sera gazlarının ppm cinsinden oransal değerini belirtir.

*Sera Gazları :*

1. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>)
2. Metan (CH<sub>4</sub>)
3. Azot oksitler (N<sub>2</sub>O)
4. Hidro-floro-karbonlar (HFCs)
5. Perfloro-karbonlar (PFCs)
6. Sülfür hegza florür (SF<sub>6</sub>) olarak sınıflandırılır. (Kyoto Protokolü, 1998)

Yukarıda yapılan açıklamalar doğrultusunda, gelecekteki iklim değişikliğinin etkilerinin saptanması için iklimin duyarlı olduğu sera gazları ve kirleticilerin atmosferdeki konsantrasyonları hakkında bazı ön fikirlerimizin olması gerekmektedir. Bu noktada sera gazı emisyon senaryoları; arazi kullanımı ve arazi örtüsü ile birlikte aerosoller, diğer kirleticiler ve sera gazlarının atmosfere salımları ile ilgili gelecek durumu açıklamaya çalışır ve iklim modellerine girdi sağlar. Emisyon senaryoları gelecekte meydana gelmesi muhtemel ekonomik durum, popülasyon durumu, teknolojik gelişme ve diğer faktörlere göre şekillendirilen varsayımlara dayanmaktadır. Bu yüzden gelecek emisyon seviyeleri yüksek oranda belirsizlik içerir. Dolayısı ile senaryolar, gelecekteki emisyonların nasıl şekilleneceği konusunda tek bir sonuç yerine alternatifli sonuçlar ve projeksiyonlar sunar. Senaryolar, ayrıca, zorlayıcı faktörlerin, gelecek emisyon seviyelerini nasıl etkileyeceği ve bununla ilgili belirsizliklerin nasıl değerlendirileceği ile ilgili uygun bir araç olarak işlev görmektedir. En önemli işlevleri ise, uyum, azaltım ve etki değerlendirme ile iklim modellenmesini de içeren iklim değişikliği analizlerine yardımcı olmalarıdır.

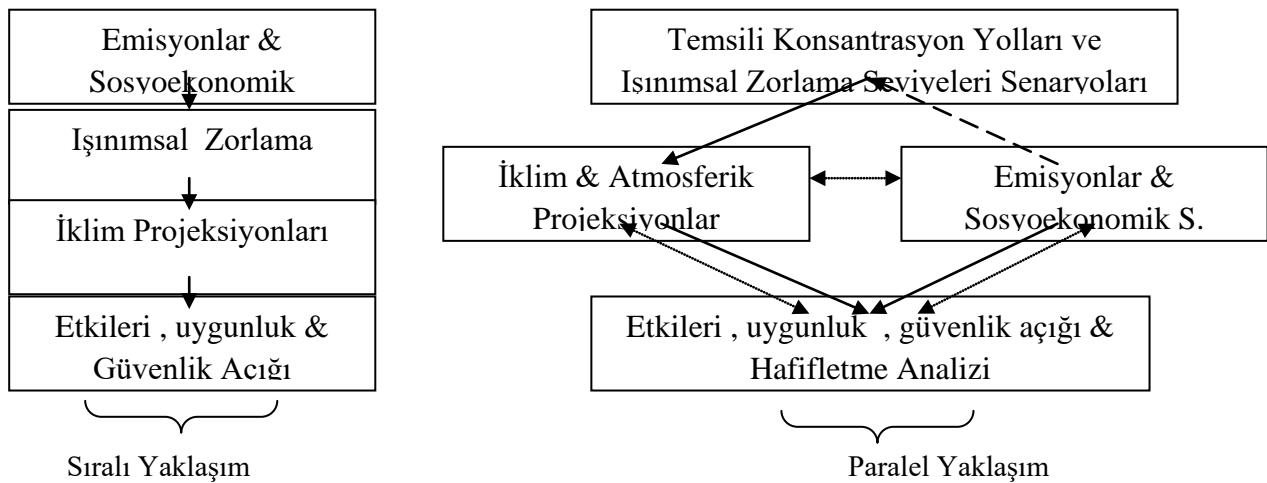
## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

Konu ile ilgili uzmanlar toplantısı 19-21 Eylül 2007 tarihinde Hollanda'da gerçekleştirilmiştir. Bu toplantıda, karar vericileri de içeren resmi ve gayri resmi birçok organizasyonun temsilcileri ile birlikte, Entegre Değerlendirme Model Topluluğu (IAMC), Etki, Uyum ve Etkilenebilirlik Topluluğu (IAVC) ve İklim Modelleri Topluluğu (CMC) temsilcileri yer almıştır. Bu geniş katılımla birlikte yeni oluşturulacak değerlendirme sürecinde ihtiyaç duyulacak senaryolar hakkında önemli bilgiler ortaya konulmuştur. Sonuç olarak yukarıda zikredilen topluluklar ile karar vericiler arasında maksimum etkileşimin sağlanacağı, dolayısı ile en iyi şekilde iklim değişikliği değerlendirmelerine imkan sağlayacak "entegre iklim değişikliği senaryosu oluşturma prosesi" oluşturulmasına karar verilmiştir. Oluşturulacak yeni iklim senaryolarının kullanıcıları, son kullanıcılar (politika üreticiler, karar vericiler) ve ara kullanıcılar (araştırma toplulukları) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Senaryoların potansiyel son kullanıcıları olarak aşağıdaki gruplar belirlenmiştir.

- Uluslararası kuruluşlar (UNFCCC, Biyolojik Çeşitlilik Anlaşması vb.)
- Küresel kamu ve hükümetler arası organizasyonlar (FAO, WHO, UNEP, IEA vb.)
- Çok uluslu bölgesel karar verici yapılar (Avrupa Birliği vb.)
- Ulusal hükümetler
- Bölgesel ve yerel yönetimler
- Farklı ölçekte özel sektör organizasyonları
- Sivil toplum kuruluşları (CSOs) ve gayri-resmi organizasyonlar (NGOs)
- Yerel topluluklar
- Geniş anlamda araştırma grupları (iklim değişikliği topluluğu dışında)
- Diğer değerlendirme grupları ve uygulayıcı gruplar

Katılımcı gruplarla yapılan değerlendirme sonucunda saptanan "ihtiyaçlar ve ilgi alanları" doğrultusunda küresel senaryoların periyotları "yakın vadeli" ve uzun vadeli olarak belirlenmiştir. Ulusal ya da bölgesel ölçekteki kısa vadeli sosyo-ekonomik senaryolar, bir bakıma küresel senaryolarla paralel olmasına karşın, kendine has lokal şartları yansıtması bakımından, özellikle bölgesel ve yerel uyum ve azaltım uygulamalarının (acil risklerin tanımlanması, uyum kapasitesinin artırılması, etkilenebilirliğin azaltılması, iklim değişikliği ile mücadele için daha efektif yatırımların

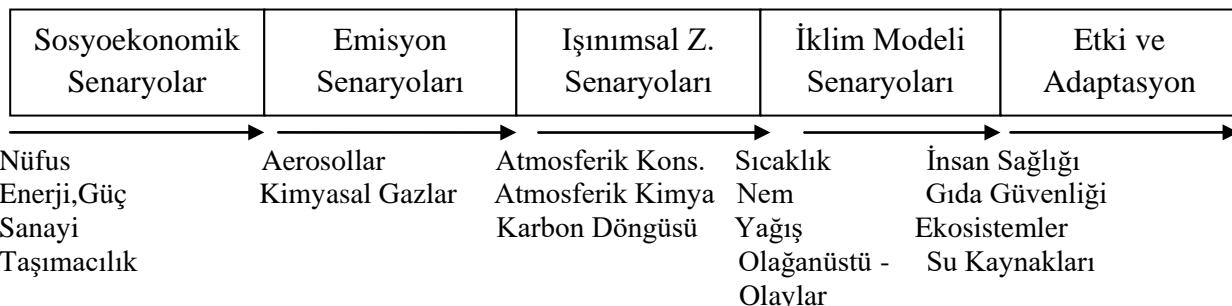
yapılması, düşük emisyon teknolojileri için yatırımların yapılması, enerji verimliliği) planlanması ile iklim değişikliği risk yönetimine entegre edilmesi bağlamında, oldukça büyük önem arz etmektedir.



Yukarıdaki şekilde sıralı ve paralel yaklaşım modelleri belirtilmiştir. Paralel yaklaşımında iklim modelleri ve entegre değerlendirme modellerinin çalışma fazları eş zamanlı olarak ilerlemektedir. Düz oklar bilgi akışını simgelerken, kesikli ok RCP seçiminini, noktalı oklar ise bilgi akışını ve entegrasyonunu simgelemektedir.

## 2.1. Sıralı Yaklaşım

Sıralı iklim değişikliği değerlendirme prosesi, birbirini takip eden fazlar şeklindeki bir süreçtir. Bu yaklaşımın öncelikle sosyo-ekonomik senaryolar oluşturulmakta, sonrasında sosyo ekonomik gelişmelerin neden olacağı emisyon salımlarına göre salım senaryoları oluşturulmaktadır. Ardından da emisyon seviyelerine göre, emisyonların neden olacağı radyo-aktif zorlamalar hesaplanmakta ve girdi olarak iklim modellerinde kullanılmaktadır.



Bu yaklaşım, sıralı fazlardan oluştugundan emisyon senaryolarının oluşturulması ile etki değerlendirme modelleri sonuçlarının elde edilmesi arasında geçen süre çok uzun olmaktadır. Bu yaklaşım IPCC 3. ve 4. Değerlendirme Raporları'nda SRES senaryoları ile iklim değişikliği senaryoları oluşturulurken kullanılmıştır. Bu senaryolar 1997'de oluşturulmaya başlandı ve tamamlanması yaklaşık 3 yıl sürdü. İlk model sonuçları ise 2001'de IPCC 3. Değerlendirme Raporu'nda kullanılmasına rağmen, ayrıntılı değerlendirmeler ancak 2007'deki IPCC 4. Değerlendirme Raporu'nda görülebildi.

## 2.2. Paralel Yaklaşım

Yeni iklim değişikliği senaryolarının oluşturulmasında, eski nesil senaryolardaki sıralı değerlendirme metodu yerine paralel değerlendirme metodu kullanılmaktadır. Emisyon senaryolarının geliştirilmesi ve iklim model sonuçlarının etki değerlendirme araştırmalarında kullanımı arasındaki zamanı kısaltmak için yeni bir değerlendirme yaklaşımı oluşturmak amacıyla etki araştırma çevreleri ile entegre model ve iklim araştırma çevreleri iş birliği yaptılar. Bu yeni yaklaşımın paralel fazında iklim modelleri, sosyo-ekonomik ve emisyon modelleri sıralı olarak değil, eş zamanlı çalışmaktadır. Böylece, sıralı yaklaşımın farklı olarak zaman açısından ciddi bir kazanım sağlanmaktadır.

### **2.3. Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs)**

RCP'ler, sera gazlarının toplam emisyon ve konsantrasyonu, arazi kullanımı ve arazi örtüsü, kimyasal olarak aktif gazlar, ve aerosoller için oluşturulan veri setleridir. "Representative" kelimesi *temsili* olarak çevrilmiştir ve her RCP'nin söz konusu spesifik Radiative zorlama özelliklerini göstermesi muhtemel birçok senaryo içerisinde yalnızca birini temsil ettiğini ifade etmektedir. "Pathway" sözcüğü ise *rota* olarak çevrilmiş olup, sadece uzun bir periyot sonunda ulaşılacak konsantrasyon seviyesini değil, aynı zamanda seviyeye gelinceye kadar konsantrasyonların izleyeceği rotayı da kapsamaktadır.,

### **2.4. Temsili Konsantrasyon Rotası (RCP) Tiplerinde İstenilen Özellikler**

Yapılan çalışmalar sonunda hem son kullanıcılar hem de araştırma çevrelerinin ihtiyaç duyduğu senaryo setlerinin hangi özellikleri taşıması gerektiği belirlenmiştir. Bu özellikler gruplandırılarak aşağıda verilmiştir.

### **2.5. Konsantrasyon Rotaları**

Farklı kullanıcıların farklı istekleri ve ihtiyaçları doğrultusunda, bilimsel literatürde çalışmaları yapılmış düşük, orta ve yüksek seviye Radiative zorlama özelliğine sahip farklı konsantrasyon rotaları oluşturulmuştur. Literatürdeki en düşük seviye radyo aktif zorlama rotası önce zirve yapmakta ve sonra düşmektedir. Bu yükselme ve düşüşün seviyesi kadar yükseliş ve düşüş biçimini de önemli bir noktayı teşkil etmektedir. Orta seviye rotalar, Radiative zorlamadan hem iklimi hem de buzulları nasıl etkileyeceğinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Yüksek seviye zorlama/konsantrasyon rotaları ise, yüksek seviye zorlamada iklim sisteminin dinamiklerinin araştırılmasında iklim modeli çevrelerine (CM community), yüksek etki senaryoları oluşturulmasında da "etki-uyum-etkilenebilirlik" (IAV) topluluklarına imkan vermektedir.

#### **2.1.2. Konsantrasyon Rotalarının Sayısı**

Senaryo setinde bulunacak senaryo sayısının, düşük, orta ve yüksek seviye senaryolar arasında oluşabilecek doğal doğrusal ilişkiden kaçınmak için 2'den büyük bir çift sayı olması, hesaplamalarda ve modellerin çalıştırılmasındaki ihtiyaçlar göz önüne alınarak tercihen 4 olmasının uygun olacağını kanaatine varılmıştır. Bu seçim mantığı daha önceki senaryolarda yani SRES 'da uygulanmıştır.

#### **2.1.3. Konsantrasyon Rotalarının Ayrımları ve Formları**

Saptanmaya çalışılan iklim değişikliği sinyali, iklim değişkenliği belirtilerine nazaran büyük olduğunda, atmosfer-okyanus genel sirkülasyon model AOGCM uygulama sonuçlarının yorumlanmasında en etkili yöntemdir. Modellerin çalıştırılması ile elde edilen iklim değişikliği çıktılarında senaryoların ayrımlarının kolayca görülebilir olması istenmiştir.

#### **2.1.4. Güçlü Konsantrasyon Rotaları**

İklim modeli çalışmalarının gerektirdiği kaynakların yeterli şekilde sağlanıyor olması RCP'lerin ve senaryoların bilim camiası tarafından "güçlü" olarak nitelendirilmesini sağlamıştır. Bu açıdan "güçlü" tanımlaması "iyi desteklenmiş" anlamında kullanılmış olup senaryonun teknik olarak güvenilir olduğunu göstermektedir. Güçlü senaryoda güvenilir varsayımlar, mantık ve hesaplamalar yer almaktadır. Ayrıca Radiative zorlamadan birbirinden bağımsız modeller tarafından tekrar elde edilebileceğini göstermektedir.

#### **2.1.5. Konsantrasyon Rotalarının Kapsadığı Periyot**

Antropojenik iklim değişikliği, iklim sisteminin Radiative zorlanmaya maruz kalmasına sebep olan bütün faktörler tarafından desteklenmektedir. Bu faktörlerin hepsi birbirleri ile bağlantılıdır. RCP senaryolarında bu faktörlerin hepsi, 2300 yılına kadar uzanan veri setlerinde, iklim modelcilerine girdi oluşturulması amacıyla modellenmiştir. 21. yüzyıl ötesini de içine alan iklim senaryoları ile ilgili yayınlanmış fazla çalışma bulunmadığından, RCP'ler bu anlamda da önemli bir aşama olarak kabul edilmektedir.

### 2.1.6. Senaryoların Yakın Periyottaki Çözünürlüğü

Araştırma ve kullanıcı gruplarının talepleri doğrultusunda RCP'lerden bir tanesinin, 2035'e kadar iklim değişikliği projeksiyonu üretmek için, 1° ya da daha büyük bir çözünürlükte örneğin 0.5° çalıştırılması kararlaştırılmıştır. Yüksek çözünürlükte simülasyonlarla şunlar amaçlanmıştır:

- İklim değişikliğinin hava kalitesi ve bölgesel iklim üzerine etkisinin anlaşılması
- Ekstrem hava olaylarının olasılıklarının ve eğilimlerinin anlaşılması
- Orta vadeli (20-30 yıllık) doğal *iklim değişkenliği* tahminini etkileyebilen gözlemlenmiş iklim ile iklim modellerinin nasıl başlatılacağınnın belirlenmesi,
- Özellikle IAV grupları tarafından bölgesel iklim analizleri için bir çerçeve belirlenmesi
- Yakın gelecek için iklim değişikliği etkileri ve uyum uygulamaları konusunda daha iyi bilgiler sağlayarak iklim politikaları seçenekleri oluşturulması

### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Benimsenen yeni yaklaşım ve kabul edilen yeni senaryolar doğrultusunda ülkemizde yapılacak iklim değişikliği çalışmaları eski çalışmalar ile birleştirilmeli ve yeni iklim projeksiyonları ve sosyoekonomik projeksiyonlar üretilmelidir. Yapılacak bu tür çalışmalar, öncelikle, UNFCCC tarafından düzenlenen uluslararası iklim değişikliği müzakerelerinde ülkemizin benimseneceği politikaların belirlenmesinde çok önemli rol oynayacaktır. Diğer yandan, özellikle iklim değişikliğini farklı açılarından ele alan kamu kurumlarımızın bahsi geçen yeni dönem iklim değişikliği çalışmalarına başlamaları ülkemizin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı başarılı uyum çalışmaları yürütmesinde temel teşkil edecektir.

### KAYNAKLAR

- Gregory,W.L. and Duran, A., 2001. "Scenarios and acceptance of forecasts". Principles of forecasting: A handbook for reaearchers and practitioners, edited by J. Scott Armstrong. 2001 Springer Science, New York.  
<http://unfccc.int/2860.php>  
<http://wcrp-cordex.ipsl.jussieu.fr/>  
<http://www.earthsystemmodeling.org/>  
<http://www.epa.gov>  
<http://www.ipcc.ch>  
<http://www.medcordex.eu/simulations.php>  
<http://www.mgm.gov.tr/index.aspx#sfU>  
<http://www.pik-potsdam.de/~mmalal/rcps/>
- IPCC, 2000. Special Report on Emissions Scenarios. Cambridge University Press.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001, Scientific Basis, Appendix II. Cambridge University Press.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001, Synthesis Report.
- IPCC, 2007. "Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, impacts, and Response
- IPCC, 2010. "IPCC Workshop on Socio-Economic Scenarios: Workshop Report." Nowember, 2010, Germany.
- IPCC,1990. CLIMATE CHANGE:The IPCC Response Strategies , by Working Group III.
- Leggett J., Pepper W.J., Swart R.J. ,1992. "Emissions Scenarios for the IPCC: an Update", Climate Change 1992: The Supplementary Report to The IPCC Scientific Assessment, Cambridge University Press, UK, pp. 68-95.
- Meinshausen M. vd., 2011. "The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300". Climatic Change (2011) 109:213–241.DOI 10.1007/s10584-011-0156-z.
- Morgan, M. G. and Henrion, M.,1990. "A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis",Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- Moss, R. H. Vd., 2010. "The next generation of scenarios for climate change research and assessment". Nature,2010:Vol 463j11 February 2010doi:10.1038/nature08823.
- Moss, R.H. vd., 2008. "Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies", Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Riahi, K. vd., 2011. "RCP 8.5: A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions".Climatic Change (2011). 109:33–57 DOI 10.1007/s10584-011-0149-y.
- Strategies: IPCC Expert Meeting Report." September, 2007, the Netherlands.
- Thomson A. M. vd., 2011. RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. Climatic Change,DOI 10.1007/s10584-011-0151-4.
- UN,1998. "Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention On Climate Change", Annex- A, Greenhouse Gases.

## GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ VE TERMİK SANTRALLERİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ VE KÜRESEL ISINMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Seda BOLU, Hüseyin COŞAR , Seçil ÜNAL, Mehmet Emin ARGUN

*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği, Selçuklu/KONYA [argun@selcuk.edu.tr](mailto:argun@selcuk.edu.tr), [seda.bolu1@hotmail.com](mailto:seda.bolu1@hotmail.com)*

**ÖZET:** Günümüz yöntemleriyle enerji üretim ve tüketimi ekosisteme kalıcı zararlar vermektedir. Bundan dolayı insanlar mevcut üretim yöntemlerini iyileştirmek ve alternatif enerji üretim yöntemlerini aramaktadır. Bu yöntemlerin üretim, ulaşım, tüketim ve bertaraf süreçlerinde çevreye verdikleri zararları anlamak bütüncül bir yaklaşım açısından önemlidir. Bu zararları belirlemek için bir takım çalışmalar geliştirilmiştir. Bu işlemlerin tamamı yaşam döngüsü analizi (YDA) adı altında toplanır.

**Anahtar Kelimeler:** *Yaşam döngüsü analizi, Çevresel etki potansiyeli, Yenilenebilir enerji, Fosil yakıtlar, Sürdürülebilirlik.*

### Life Cycle Assessment of Solar And Fossil Fuel Energy Sources And Determination of Global Warming Potential

**Abstract:** Classical energy production methods and increasing consumption causes permanent damage to the environment. Therefore, governments are seeking alternative energy production methods and to improve existing production methods. It is important to understand the environmental impact of these methods including production, transportation, consumption and disposal processes. Life cycle assessment (LCA) was developed to determine these damages as an integrated approach.

**Keywords :** *Life cycle assessment, environmental impact potential, renewable energy, fossil fuels, sustainability.*

## 1.GİRİŞ

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımının dayandığı yanma tepkimelerinin sonucu olan CO<sub>2</sub> emisyonu sonucunda, atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarı, 21. yüzyıl ilk çeyreğinde yaklaşık 1,3 kat artmıştır. Gelecek elli yıl içerisinde bu oran 1,4 kat da artma riski vardır (Şen, 2002; Ültanır, 1996). Atmosferdeki CO<sub>2</sub> ‘nin sebep olduğu sera etkisi, geçtiğimiz yüzyıl içinde dünya ortalama sıcaklığını 0,7 °C yükselmiştir. Bu sıcaklığın 1°C yükselmesi durumunda, dünya iklim kuşaklarında gözle görülür değişimlere, 3°C yükselmesi durumunda, kutuplardaki buzulların erimesine, denizlerin yükselmesine ve tarımsal kuraklığa neden olabilecektir. Bu yüzden bizi bekleyen riskleri en aza indirmek için kullandığımız enerji kaynaklarının çevresel etkilerini azaltacak tedbirler alınmalı veya yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artırılmalıdır.

Bacalardan çıkan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> ortalama bir hafta içerisinde atmosfere ulaşırlar. Bu süre içerisinde atmosferdeki bileşenlerle reaksiyona girerek sülfürik asit ve nitrik asit oluşturarak asit yağmurlarına neden olurlar. Asit yağmurları sadece canlılar ve tarım arazileri için değil, taş yapılar için de ciddi bir tehdit oluşturmaktadır ([www.ttb.org.tr](http://www.ttb.org.tr)).

Termik santraller için bu etkilerin dışında soğutma sularının deşarj edildiği su ortamındaki normal sıcaklık derecesinin zamanla artması ve çözünmüş oksijen miktarının azalması ile sudaki canlıların olumsuz etkilenmesi söz konusu olabilmektedir (Kültür,2004).

## 2. Yaşam Döngüsü Analizi (YDA)

Bu çalışmanın amacı; Türkiye'de Konya Karapınar'da kurulması planlanan termik santral ve güneş enerji sistemlerinin oluşturacağı çevresel etkilerinin yaşam döngüsü perspektifinden incelenmesidir.

Yaşam döngüsü analizi yöntemi herhangi bir ürünün hammadde olarak çıkartılmasını, ürünün elde edilmesini, kullanılmasını ve kullanılmış ürünlerin bertaraflarını kapsayan yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki çevresel etkilerini belirlemek ve belgelemek için kullanılır (Şekil 1).



Şekil 1. Yaşam döngüsü analizi aşamaları (EPA, 2006)

## 3. Araştırma Bulguları

### 3.1 Güneş enerjisinin CO<sub>2</sub> emisyon eşdeğeri

Güneş enerjisi bakımından ülkemiz oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metre karesinden ortalama 1.500 kWh'lık güneş enerjisi üretilebilir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini gösteren bölgesel değerler tabloda gösterilmiştir (Şen, 2004).

Güneş paneli üretimi için kullanılan malzemelerin CO<sub>2</sub> emisyonları YDA aşamaları için önem arz eder (Jinqing vd., 2013). Bu malzemeler CO<sub>2</sub> emisyonları ile birlikte Tablo 1'de ifade edilmiştir. Ayrıca, PV sistemlerinin Türkiye'de üretilmesi veya Çin'den ithal edilmesi durumunda taşımadan kaynaklanacak CO<sub>2</sub> emisyonu aşağıda hesaplanmıştır.

### Güneş panellerinin kurulacağı alana taşınmasında ortaya çıkacak CO<sub>2</sub> emisyonu:

İstanbul'da üretilerek Konya-Karapınar'a getirilmesi halinde ;

Aradaki mesafe = 730 km

Taşıyan aracın yaptığı salınım = 0,1565 kgCO<sub>2</sub>/km ([www.anahtar.sanayi.gov.tr](http://www.anahtar.sanayi.gov.tr))

Taşımada olacak salınım = 730 km \* 0,1565 kgCO<sub>2</sub>/km = 114,245 kgCO<sub>2</sub>

Çin'den Konya-Karapınar'a gelmesi halinde; Önce Çin'den deniz yoluyla gemi ile Mersin limanına, oradan da kamyon ile Konya Karapınar'a getirilecektir.

Aradaki mesafe = Deniz yoluyla Çin'den Mersin'e 7500 km , Mersin'den Karapınar 250km  
Taşıyan aracın yaptığı salınım = 0,1565 kgCO<sub>2</sub>/km

Taşıyan geminin yaptığı salınım = 0,0435kgCO<sub>2</sub>/km (İnsel vd., 2012)

Taşımada olacak toplam salınım = 7500 km \* 0,0435 kgCO<sub>2</sub>/km + 250 km \* 0,1565kgCO<sub>2</sub>/km = 365,37 kgCO<sub>2</sub>

**Tablo 1.** Fotovoltaik sistem (PV)'in yaşam döngüsünde CO<sub>2</sub> emisyonu (Hou vd., 2016)

PV sistem bileşenleri	Emisyon (kgCO <sub>2</sub> /MWh)	Oran (%)
Quartz madenciliği (Ham Si)	0,2	0,33
Nakliyat	1,15	1,91
Matalurjik kalitede Silisyum (UMG-Si) için Redox reaksiyonu	0,40	0,67
UMG-Si üretimi	2,88	4,79
PV kalitesinde Silisyum (SoG-Si) üretimi	21,3	35,42
Kalın külçeler halinde kalıplama	1,3	2,16
Levha şeklinde dilimleme	3,38	5,62
Hücre üretimi	6,32	10,51
Modül üretimi	6,32	10,51
Sistem entegrasyonu	7,91	13,15
<b>Üretim aşaması toplamı</b>	<b>51,16</b>	<b>85,08</b>
PV sisteminin (GES) çalışması	0,05	0,08
PV'den üretilen elektriğin taşınması	3,11	5,17
PV sisteminin sökülmesi	5,81	9,66
<b>Yaşam dönüsü sırasında toplam emisyon</b>	<b>60,13</b>	<b>100</b>

### 3.2 Termik santralin CO<sub>2</sub> emisyon eşdeğeri

Termik santraller kömür, doğalgaz ve fueloil gibi yenilenemeyen yakıtlardan elde ettikleri ısı ile suyun ısıtılarak yüksek basınçlı buhar haline dönüştürülmesi ve buhar vasıtasyyla jeneratörlerde elektrik enerjisi üretimi esasına dayanır. Madencilik faaliyetleri ile yakının çıkartılmamasından itibaren, zenginleştirme, rafinasyon, yakma, oluşan külün ve baca gazi arıtma çamurlarının depolanması gibi birbirine bağlı bir çok prosesle insan, hayvan, bitki, toprak ve tarihi yapılar için önemli problemler oluşturabilmektedirler. Termik santrallerde kullanılan bazı ekipmanlar ve enerji eşdeğerleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** 1 MW termik santral inşası sırasında kullanılan malzemenin envanteri ([www.emo.org.tr](http://www.emo.org.tr)).

Malzeme	Miktar	Üretimlerinde kullanılan enerji
Cimento	351 metreküp	2MJ/kg
Demir-cubuk	46 ton	30MJ/kg
Celik malzeme	25 ton	34 MJ/kg
Buyuk caplı borular	8 metre	
Kucuk caplı borular	13 metre	
Kablo	67 metre	100MJ/kg
Kablo borusu	370 metre	
Toplam harcanan enerji		40-90 PJ

### Kömürün Taşınması Sırasında Çevreye Olan Etkiler

Kömür taşımاسının çevresel etkileri; hava kirliliği, su kirliliği, katı atık oluşumu, gürültü oluşumu, güvenlik ve trafik problemleri şeklinde sıralanabilir. Doğrudan çevresel etkiler ocağın içinde kömürün belirli noktalara sevk edilmesi, yükleme ve boşaltma yapılması sonucunda, dolaylı çevresel etkiler ise taşıma esnasında kullanılan yakıtların yanması sonucunda oluşmaktadır. Kömür taşımاسının en önemli çevresel etkisi partikül madde problemidir. Kömü-

rün ve yolların sulanması partikül madde oluşumunu engelleyebilmektedir. Tozlanmayı önlemek amacıyla bazı kimyasallar kömüre katılabilmektedir. Türkiye'de termik santraller maden sahası civarında kurulduğundan ve sadece çıkıştırma bölgesinden santral kapısına kadar taşıma söz konusu olduğu için Türkiye'de taşıma kaynaklı etki azdır (Bayrak, 2014). Diğer durumlarda CO<sub>2</sub> emisyonları Tablo 3'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Termik Santral Yaşam döngüsündeki CO<sub>2</sub> emisyonu bileşenleri (Yujia vd., 2014)

	<b>kgCO<sub>2</sub>/MWh</b>	<b>Pay, %</b>
Yanma (Enerji üretilmesi aşaması)	881,6	89,1
İnşaat ve sistemin sökülmesi	1,1	0,1
Kömür çıkarma ve ulaşım	8,1	0,8
Materyal üretimi ve taşıma	34,0	3,5
Metan sızıntısı	64,8	6,5
<b>Toplam</b>	<b>989,7</b>	<b>100,0</b>

#### **4.SONUÇLAR ve TARTIŞMA**

Her enerji üretim ve taşınması esnasında çevreyi etkileyebilmektedir. Genellikle kullanılan yenilemeyen kaynaklarla enerji üretiminin, havaya, iklime, suya, toprağa ve canlılara zarar verdiği açıktır. Yenilenebilir teknolojiler, büyük ölçekte birçok ciddi çevresel ve sosyal problemlere yenilenemeyen kaynakların alternatif olarak güvenli çözüm önerisini sunmakla birlikte onların da çevresel etkileri bulunmaktadır.

Güneş paneli almısında üretici firmanın Türkiye içinde (İstanbul) olması halinde taşımadan kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu 114,25 kg CO<sub>2</sub> iken Çin'den bir firma seçilmesi halinde ise 365,37 kg CO<sub>2</sub> olacaktır. Bu yüzden PV sistemlerinin Türkiye'de üretilmesi sadece ekonomik açıdan değil, aynı zamanda çevre açısından da uygundur.

Tablo 4'te görüldüğü gibi termik santraller çevre açısından oldukça büyük bir risk arz etmektedir. Ancak, enerji ihtiyaçları göz önünde bulundurulduğunda bu kaynaklardan vazgeçilmeyeceğinden çevresel etkilerinin en az düzeye indirilmesi için mühendislik çözümleri üretilmelidir. Uzun vadede ise daha iyi bir çevre için çok daha az CO<sub>2</sub> emisyonu içeren yenilenebilir kaynaklara yönelmek gerekmektedir.

**Tablo 4.** PV ve Termik santral için yaşam döngüsündeki CO<sub>2</sub> emisyonlarının karşılaştırması.

	<b>Güneş Enerjisi</b>	<b>Termik Santral</b>
CO <sub>2</sub> emisyonu (kgCO <sub>2</sub> /MWh )	60,0	989,7

#### **5. KAYNAKLAR**

Bayrak F., 2014, Elektrik Üretiminde Kullanılan Linyitin Madencilik Aşamasına Ait Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, S. 13.

İnsel M., 2012, Deniz Ulaşımında Enerji Verimliliği, Emisyonlar ve Yeni Kurallar (sunum), [www.denizticaretodasi.org.tr/Shared%20Documents/.../EEDI\\_MINSEL2012.ppt](http://www.denizticaretodasi.org.tr/Shared%20Documents/.../EEDI_MINSEL2012.ppt) (erişim tarihi: 09.05.2016).

Hou G., Sun H., Jiang Z., Pan Z., Wang Y., Zhang X., Zhao Y., Yao Q., 2016, Life cycle assessment of grid-connected photovoltaic power generation from crystalline silicon solar modules in China, *Applied Energy*, 164, 882–890.

Peng J., Lv L., Yang H., 2013, Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems., Renew Sustain Energy Rev, 19, 255–274.

Kültür, Ö.F., 2004, Enerji ve Çevre İlişkisi, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33.

Şen Z., 2004, Türkiye'nin Temiz Enerji imkanları, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33.

Şen Z., 2002, Temiz Enerji ve Kaynakları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

U.S. Environmental Protection Agency, 2006. Life Cycle Assessment: Principles and Practice, EPA/600/R-06/060, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, USA.

Ültanır, M.Ö., 1996, 21. Yüzyılın Eşiğinde Güneş Enerjisi, Bilim ve Teknik, 340, 50-55.

Yujia W., Zhaofeng X., Zheng L., 2014, Life Cycle analysis of coal fired power plants with CCS in China, Energy Procedia, 63, 7444-7451.

[www.ttb.org.tr/eweb/yatagan/2.html](http://www.ttb.org.tr/eweb/yatagan/2.html)

[www.anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/kara-ulasim-araclarinin-karbondioksit-co-2-emisyonlarina-eko-verimlilik-yaklasimi/165](http://www.anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/kara-ulasim-araclarinin-karbondioksit-co-2-emisyonlarina-eko-verimlilik-yaklasimi/165)

[www.emo.org.tr/ekler/3f445b0ff5a783e\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/3f445b0ff5a783e_ek.pdf)

## KONYA ATIKSU ARITMA TESİSİNİN BAZI EKİPMANLAR ACISINDAN ENERJİ HARCAMALARININ HESAPLANMASI VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ ACISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Büşra KURU<sup>1</sup>, Dilek GÜLER<sup>1</sup>, Mehmet Ali ERKİREMİTCİ<sup>1</sup>, Mehmet Emin ARGUN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Konya, Türkiye

[argun@selcuk.edu.tr](mailto:argun@selcuk.edu.tr), [erkiremitcimehmetali@gmail.com](mailto:erkiremitcimehmetali@gmail.com),

**ÖZET:** Bu çalışmada, Konya Büyükşehir Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi (A.A.T.)'ndeki bazı ekipmanların (Giriş Pompası, Dekantör, Blower, Geri devir Pompası, Havalandırma Havuzu Mikseri, Çürüttüçü Mikseri, İçsel Geridevir Pompası) miktarları ve güçleri göz önünde tutularak enerji tüketim miktarları (kWh/yıl) olarak hesaplanmıştır. Bu veriler ışığında tesiste uygulanabilecek tedbirler araştırılmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının arıtma tesislerine uygulanabilirliği incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atıksu Arıtma Tesisi, Enerji Tüketimi, Ekipman, Yenilenebilir enerji

### Energy Consumption of Konya Waste Water Treatment Plant And Determination of Energy Efficiency

**Abstract:** In this study, energy consumption (kWh/year) of some equipments in Konya Metropolitan Municipality Wastewater Treatment Plant (pumps, decanter, blower, recycle pump, aeration mixer, digester mixer) is calculated with the assumption of their amounts and powers. In this contest, some precautions have been suggested. Also, the applicability of renewable energy resources on waste water treatment plant were investigated.

**Key Words:** Wastewater Treatment Plant, Energy Consumption, Equipment, Renewable energy

### GİRİŞ

Endüstrileşme ve şehirleşme ile birlikte oluşan atıksular ve içerdikleribiyolojik ve kimyasal kirletici konsantrasyonları da artmaktadır. Atıksu arıtma tesisleri ise bu kirleticilerin zararlarının azaltılması yönünde önemli bir role sahiptir. Belirlenen bazı parametreler çevre ve halk sağlığı açısından göz ardı edilemeyecek kadar önemli seviyededir. Kirleticilerin sudan ayrılması için çevre ve halk sağlığının korunması açısından her geçen gün ilerleyen teknolojiden faydalанılmaktadır. Teknolojinin ilerlemesi sonucunda ise insan gücüne ihtiyaç azalırken enerjiye olan ihtiyaç artmaktadır. Dünyada ve Türkiye'de hızla önem kazanan enerji sektörü ve buna paralel olarak büyüyen piyasa ve ihtiyaçlar doğrultusunda ülkemizde son yıllarda enerji ile ilgili araştırmalar artmıştır. Yapılan çalışmaların bir kısmı enerji elde etmek üretmek ve çeşitlendirmek yönünde yapılrken bir kısmı da elde edilen enerjinin doğru ve yerinde kullanılması adına olmaktadır.

Aritma tesislerinde enerji tasarrufu ile ilgili olarak yapılan bazı çalışmalar Tablo 1'de özetlenmiştir. Bu kapsama örneğin Hindistan da yapılan bir enerji model analizinde 25 m<sup>3</sup>/gün debide 12 saat çalıştırılan bir tesiste tesisin birim enerji ihtiyacı belirlenmiş ve çözüm önerileri bildirilmiştir (Singh vd.,2012). Yine İtalya da yapılan bir çalışmada tesiste enerji

verimliliğinin değerlendirilerek her bir prosesin enerji tüketimi ve tasarruf tedbirleri belirlenerek bazıları uygulamaya geçirilmiştir (Panepintovd., 2015). Türkiye de yapılan araştırmada ise Hollanda da yapılan bir proje kapsamında Ankara mevcut arıtma tesisi, Ankara'nın güneyindeki Temelli Atık Su Arıtma Tesisi ve Kızılcahamam için planlanan arıtma tesislerindeş değer nüfus üzerinden enerji tüketiminin en aza indirilmesinde için çözüm önerileri sunulmuştur (Geilvoet vd., 2010)

Konya Atık Su Arıtma Tesisi, 1.000.000 eşdeğer nüfusa karşılık gelen 200.000 m<sup>3</sup>/gün debi esas alınarak tasarlanmıştır olup, kısmi azot ve karbon giderimin sağlayacak şekilde inşa edilmiştir([www.koski.gov.tr](http://www.koski.gov.tr)). çıkış suları UV dezenfeksiyon sisteminden geçirilerek Tuz Gölü'ne ulaşan Keçili Kanalın adı şerj edilmektedir. Dolaylı yoldan Tuz Gölü'ne ulaşan arıtılmış su bu bölgenin sulama suyunun bellirli bir kısmını sağlamak dışında insan ve çevre şartlarının iyileşmesinde katkıda bulunmaktadır. Ayrıca tesiste şebekeden çekilen elektrik ve tesisin işletme maliyetine katkıda bulunan biyogaz enerjisi elde edilmektedir. Arıtma tesisinin işletilmesinde kullanılan bazı ekipmanlar aşağıda sıralanmıştır:

1. Giriş Pompası: 4 + 4 toplam 8 tane pompa ve her biri 160 kW güç sahiptir.
2. Blower: 3+2 toplam 5 tane bulunmaktadır ve her biri 560 kW güç sahiptir.
3. Dekantör: 3+1 toplam 4 tane bulunmaktadır ve her biri 50 kW güç sahiptir.
4. Gerideviro Pompası: 4 + 4 toplam 8 tane bulunmaktadır ve her biri 35 kW'tır.
5. Havalandırma Havuzu Mikseri: toplam 26 tane bulunmaktadır ve her birinin gücü 5kW'tır.
6. Çürütücü Mikseri: toplamda 4 adet bulunmaktadır ve her biri 15 kW güç sahiptir.
7. İçsel Geri devir Pompası: 6 + 4 toplam 10 tane bulunmaktadır ve her birinin gücü 15 kW'tır.

**Tablo 1: Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Verimliliği İle İlgili Çalışmalar**

Çalışma Konusu	Hizmet Kapasitesi	Tesis Toplam Enerji İhtiyacı	Çözüm Önerileri	Yapılan Çalışmalar	Amaç	Kaynak
İtalya'da Büyük Bir Atıksu Arıtma Tesisinin Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi	615000 m <sup>3</sup> /gün	66.78 GWh/yıl (Arıtma için birim enerji talebi 0.3 – 2.1 kWh/m <sup>3</sup> )	Elektromekanik cihazların detaylı bakım planı ve eski cihazların yenileriyle değiştirilmesi Binaların yalıtımı ve aydınlatmadada kullanılacak düşük enerjili ampuller Pompa çalışma aralıklarının optimizasyonu ve inverter kullanımı Havalandırma Tanklarında otomatik kontrol sistemi Biyogazdan enerji eldesinde kojenerasyon (CHP) motoru kullanımı	Tüm elektromekanik cihazların envanteri Bu cihazların elektrik enerjisi kullanım hesabı Toplam enerji bedeli tespiti ve kaybolan veri tespiti İşletim verimliliğinin cihazlar için değerlendirilmesi Elektrik enerjisi talebinin eştişrel değerlendirilmesi Tesis termal enerji talebinin değerlendirilmesi ve genel enerji dengesi Enerji verimliliğinin artırılması	Atık su arıtma tesisi enerji giderlerinin belirlenmesi ve tasarruf için çözüm önerileri	Panepinto vd., 2015
Yeşil Enerji Kaynağı İçeren Bir Belediye Atıksu Arıtma Tesisinin Enerji Bağımsızlığının Tahmini	30000 m <sup>3</sup> /gün	%50 bağımsız enerji ve 907 GWh/yıl enerji üretimi	Termal enerji atıksu arıtma tesisi için kullanılabilir Yeşil enerji kaynağı için güneş paneli kullanılabilir. Binalar ve AAT'de 817 m <sup>2</sup> çatı alanı ile panellerle 100 kW enerji elde edilebilmekte.	BIPV güneş enerji sistemi kurulması Isıl pompadan termal enerji üretimi	Aritma Tesisisinde kullanılan yenilenebilir enerjinin %50 sine ulaşmak. Pompalama ve havalandırmayı iyi duruma getirmek.	Chae ve Kang , 2013

**1. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu  
(UÇMÖS-16 Konya)**

Bir Atıksu Arıtma Tesisinin Modelleme Analizi	25 m <sup>3</sup> /gün (günde 12 saat işletiliyor)	Tesis birim enerji ihtiyacı 1,046 kWh/m <sup>3</sup>	AATnin enerji ihtiyacının incelemesi	Elektrik enerjisi, manuel enerji, yakıt enerjisi, kimyasal enerji kullanımlarının bulunması tabloya dökülmesi ve proseslerin yüzde olarak kullandığı enerji miktarları hesaplanması	Atıksu arıtma tesisinde enerji analizi	Singhvd., 2012				
Enerji Verimliliği “Atık Su Arıtma Tesisi Örneği”	6627393 m <sup>3</sup> /ay N:1132912 kişi	1044551 kWh	Ülkemizdeki atıksu arıtma birimlerinden fosil yakıtlardan gelen karbon (CO <sub>2</sub> ) açısından stabil bir yapıya kavuşturulmasıdır. Isı enerjisi geri kazanan gelişmiş cihazlar kullanılmalıdır. Son teknoloji ekipman ve aletlerin kullanıldığı proseslerde fazla masraf analizine yoğunlaşılmalı. Pompa, havalandırmamotorları vb. alternatif enerji kaynaklarının kullanım imkanları irdelenir.	Tesisteki enerji tüketiminin belirlenmesi. Atık su miktarının arıtımında kullanılan enerji. Üretilen biyogaz enerjisi oranı. Şebekeden alınan ve oluşan enerji.	Enerji verimliliğini artırmak	Yelmen, 2015				
Atıksu Arıtma Tesislerinde Tasarruf Potansiyeli			Kaba bir tahmin ve sürekli bir gelişim daha az temel verilere dayalı enerji kontrollerinin düzenli uygulanmasını önermektedir.			Haider ve Praxmarer, 2014				
ATIKSU ARITIMINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ PROJESİ- SONUÇ RAPORU-		Eşdeğer nüfus başına yılda 27 kWh/PE-r'dır.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px; text-align: center;">Genel Önlemler</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px; text-align: center;">Çürütmede Alınacak Önlemler</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px; text-align: center;">Susuzlaştırımda Alınacak Önlemler</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px; text-align: center;">Nütrient Gideriminde Alınacak Önlemler</td> </tr> </table>	Genel Önlemler	Çürütmede Alınacak Önlemler	Susuzlaştırımda Alınacak Önlemler	Nütrient Gideriminde Alınacak Önlemler	Önlemlere Karar Vermede Kullanılacak Yöntem (Karar Ağacı). Hollanda da bir atıksu arıtma tesisinde enerji kullanımı izlenmektedir. Bu amaçla, farklı su idarelerince elde edilmiş olan bulgular, eşik değerlerle incelenerek karşılaştırılmakta ve atıksu arıtma tesislerinin enerji tüketimine dair sayısal genel veriler bu şekilde elde edilmektedir.		Geilvoet vd., 2010
Genel Önlemler										
Çürütmede Alınacak Önlemler										
Susuzlaştırımda Alınacak Önlemler										
Nütrient Gideriminde Alınacak Önlemler										

*Aritilan debi başına tüketilen elektrik enerjisi tahmini;*

$$E_p = \frac{P \times T}{Q} \quad (1)$$

P-Pompa gücü(kW),

T-Operasyon süresi(sa/gün),

Q-Debi(m<sup>3</sup>/gün)

E<sub>p</sub>-Elektrik Enerjisi (kW/sa)

Motor verimi %80 olarak kabul edilmiştir.

Elde edilen bilgiler ve yapılan hesaplamalar tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2: Konya Atıksu Arıtma Tesisi Bazı Ekipmanlar Ve Tüketilen Enerji Miktarları**

EKİPMANLAR	GÜÇ (kW/adet)	Çalışan Pompa Sayısı (adet)	Çalışma Saati (saat)	Tüketilen Birim Enerji (kWh/m <sup>3</sup> )
<b>GİRİŞ POMPASI</b>	160	4	24	0,3072
<b>BLOWER</b>	560	3	14	0,353
<b>DEKANTÖR</b>	46	3	8	0,017
<b>GERİ DEVİR POMPASI</b>	31	4	8	0,02
<b>HAVALANDIRMA</b>				
<b>HAVUZU MİKSERİ</b>	4,3	26	12	0,174
<b>ÇÜRÜTÜCÜ MİKSERİ</b>	15	4	8	0,003
<b>İÇSEL GERİ DEVİR POMPASI</b>	13	6	10	0,023

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji verimliliği sağlamak maksadıyla Konya Atıksu Arıtma Tesisi üzerinde yapılan bu çalışmada bazı çözüm önerilerine varılmıştır. Bu çalışmada mevcut bulunan tesisteki enerji tüketim miktarını azaltmak amacı olduğu için inşaat aşamasında tasarrufun mümkün olmadığı ve proses değişikliğine gidilmesi zor bir durum olduğu göz önüne alınarak bazı ekipmanların değiştirilmesiyle bu öneriler sunulmuştur.

Elektro mekanik cihazların bakım onarım planının çizelge haline getirilmesi varsa tambur elek, filtre pres plakaları, izgara ve buna benzer ekipmanların düzenli kontrolü ve bakımı, ömrünü tamamlamış cihazların değişimi veya daha gelişmiş aynı işlevi yapacak ekonomik, ömrü uzun başka bir ekipman yerleşimi yapılarak enerji tasarrufuna gidilebilmektedir (Chae ve Kang, 2013). Tesisin idari bina ve ekipman binalarının aydınlatılmasında kullanılan ampul veya florasan gibi aydınlatıcı cihazların yerini daha az enerji tüketen led aydınlatma veya daha az enerji tüketimi sağlayacak cihazlarla yer değiştirilip kullanılması (Chae ve Kang, 2013). Kullanılan pompa ve motorların yeni nesil enerji tüketimi az olanlarla yer değiştirmesi. Ayrıca her pompa ve motorun gücünü ihtiyaç duyulan enerjiye göre ayarlayan inverter kullanılarak fazla enerji kullanımının engellenmesi. Atıksu arıtma tesislerinde genelde enerji tüketiminin büyük çoğunluğu blowerlardan kaynaklanmaktadır. Bu sebepten dolayı sudaki çözünmüş oksijen miktarını anlık ölçen ve

gerekli düzeye getirmesini sağlayan otomatik kontrol sistemi kullanılarak enerji tüketiminin azaltılması planlanabilmektedir. Genel olarak alınabilecek önlemler tablo 3'de gösterilmiştir.

Bütün bu yapılabilecek çalışmalar dışında ilk yatırım maliyeti yüksek olup ve kısa zamanlarda kendini amorti eden yenilebilir enerji kaynaklarına da başvurulabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinden faydalanılıp güneş tarlası oluşturularak tesisin şebeke enerjisinden bağımsız olarak enerji tüketimi sağlanabilir. Bir başka yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgâr türbinleri kullanılarak şebekeden bağımsız olarak enerji üretilip tesisin belirli bir kısmının enerji ihtiyacı karşılanabilmektedir. Ancak bunların uygulanabilmesi için tesisin kurulduğu yerin bu kaynakları kullanılabilirliği açısından önemli bir yer teşkil etmektedir. Tesiste bu enerji tüketimini azaltmak için mevcut bulunan metan gazından elektrik üretimi yapılarak enerji faydası ve tesisin enerji verimliliğine katkıda sağlamaktadır. Bu sistemde enerji verimliliği yapılmak istenirse mevcut olan sistemin iyileştirilmesi konusunda çalışmalar yapılmalıdır.

**Tablo 3: Enerji Verimliliği Sağlamada Alınacak Genel Önlemlerden Bazıları**

GENEL ÖNLEMLER	
Yüzey havalandırma	Noktasal havalandırma yerine kabarcıklı havalandırma Yüzey havalandırma yapılarında su derinliğini ayarlama
Havalandırma kontrolü	Çamur yaşına göre işletme Oksijen konsantrasyon ayar değerinin azaltılması Beklenmeyen düzeyde yüksek havalandırma oranlarının raporlanması
Tesis tasarıımı	Konfigürasyonun optimizasyonu Üretilen yerde arıtma Isıl enerji değişimi
Kabarcıklı havalandırma	Havalandırmada plaka kullanılması Kompresör tipinin değiştirilmesi
Ekipman	Ekipmanların istenmeyen ayar değerlerinde çalışmasını önlemek Ekirmanın sık aralıklarla ON/OFF yapılmaması
Karıştırma ve tahrik	Karıştırma ve tahrik için yüksek verimli mikserler Havalandırmada kullanılan pervane seçimi ve konumu
Hidrolik sistem	Hidrolik sistem optimizasyonu Sızıntının engellenmesi. Yağmur suyu bağlantısının kesilmesi Cazibeli iletim
Hava Çekimi	Hava miktarı kullanımının azaltılması Kullanılan havanın H <sub>2</sub> S miktarı göz önüne alınarak ayarlanması

## KAYNAKLAR

Chae K.J., Kang J.,2013, Estimating the energy independence of a municipal wastewater treatment plant incorporating green energy resources, Energy Conversion and Management 75, Republic of Korea, 664–672.

Geilvoet S.,Geraats S.G.M.,Schelleman F.J.M.,Teunissen M.,Ekim 2010, Atıksu Arıtımında Enerji Verimliliği Projesi Sonuç Raporu, Ankara.

Gude V.G., 2015, Energy and water autarky of wastewater treatment and power generation systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews 45,USA,52–68.

Haider S., Praxmarer F., 2014, Energieoptimierung auf Kläranlagen –Sichtbarmachen, Analyse und Umsetzung von Energieeinsparpotenzialen auf Kläranlagen, Österreich Wasser- und Abfallw (2014) 66,Wien, Österreich,90–102

Panepinto D.,Fiore S.,Zappone M.,Genon G.,Meucci L.,2016, Evaluation of the energy efficiency of a large wastewater treatment plant in Italy, Applied Energy 161,Italy,404–411.

Singh P., Carliell-Marquet C., Kansal A.,2012, Energy pattern analysis of a wastewater treatment plant, Appl Water Sci 2, New Delhi, India,221–226.

Venkatesh G.,Elmi R.A., 2013, Economiceenvironmental analysis of handling biogas from sewage sludge digesters in WWTPs (wastewater treatment plants) for energyrecovery: Case study of Bekkelaget WWTP in Oslo (Norway), Energy 58, Oslo, Norway,220-235.

Yelmen B., 2015,Enerji Verimliliği“Atık Su Arıtma Tesisi Örneği”, 5.Enerji Verimliliği Kalitesi Sempozyumu Ve Sergisi, Sakarya Üniversitesi Kongre Merkezi

[http://www.koski.gov.tr/mAtıksuAritma/atikSuAritma-Genel.php?pd=73||65& \[ Ziyaret Tarihi: 28 Nisan 2016\]](http://www.koski.gov.tr/mAtıksuAritma/atikSuAritma-Genel.php?pd=73||65& [ Ziyaret Tarihi: 28 Nisan 2016])

## **EKOKÖY ÖRNEKLERİNİN İNCELEMESİ VE KONYA İLİ KIRSALINDA UYGULANABİLİRLİĞİ**

Kamil Çinan, Halimenur Kazak, Mehmet Emin Argun  
*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, KONYA*

**ÖZET:** Beşeri kaynakların doğaya olan zararını minimize etmek amacıyla yapılan bu ekoköy çalışması çerçevesinde; dünyada bulunan ekolojik köyler, sürdürülebilir bir çevre politikası başlığı altında genel hatları ile incelenerek, doğa dostu inşaat malzemeleri, atık bertarafı, enerji ihtiyaçları ve bilinçli su tüketimi gibi konulardaki uygulamalar belirlenmiştir. Bu bilgiler kapsamında dünya genelinde uygulama ve sürdürülebilirliği başarılı olmuş örnekleri ile ekolojik köylere deðinilmiş ve Konya'nın bir köyünde uygulanabilirliği incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Biyogaz, Enerji Kaynaðı, Atık Bertarafı, Yeþil Tasarım

### **Investigation of Ecovillage Models And Determination of Application Potential In Konya Rural Area**

**Abstract:** Worldwide ecovillages were investigated in this study. Ecovillages are generally constructed in order to minimize the damage of human beings on to the natural sources. Environmentally friendly policies may provide sustainable development by using environmentally friendly building materials, recycling of waste, renewable energy usage and reuse of treated wastewater. In this contest, a village of Konya city was selected for investigating ecological sustainability application.

**Keywords:** Biogas, Energy resource, Waste disposal, Green Design

### **GİRİŞ**

Ekoköyler, yeni ve özel bir amaç için bir araya gelmiş bilinçli topluluklardan oluşmaktadır. Dünyayı etkileyen çevre hareketlerinin önünde yer alır ve yapılarında şu iki önemli gerçeği taşırlar: En nitelikli yaşam biçimi, insanların birbirine destek olduğu topluluklarda geliştirilebilir ve sürdürülebilir bir yaşamın yolu geleneksel hayat şekillerinin yeniden canlandırıp iyileştirilmesinden geçmektedir (Dawson, 2006).

1996'da İstanbul'daki Birleşmiş Milletler HABİTAT Konferansı'nda Küresel Ekoköyler Ağı (GEN: Global Ecovillage Network) kurularak dünya üzerindeki ekoköyler bir çatı altında toplanmış böylece eko-köylerde yaşayan halk bilinçlendirilerek sürdürülebilir çevre için alt yapılarının oluşması desteklenmiştir (Dawson, 2006).

Ekoköyler genel anlamı ile insan etkilerinin zararsız bir şekilde doğa ile bütünleştiği, sağlıklı insan gelişimini destekleyen ve başarılı bir biçimde kesintisiz olarak sürebilecek, insan ölçüğündeki tam teþekkülü yerlesimlerdir.

Çalışmanın bu kısmında başarılı ekoköy örnekleri aşağıda verilen maddeler ışığında incelenmiştir. Dünyada kurulu ekoköyler hakkında aşağıda verilen bilgilerin dışında bazı teknik özellikleri Tablo 1 ve Tablo 2'de özetlenmiştir (Ulus, 2009; Adalılar, 2012; Külçe, 2013).

- Mümkin olduğunda ekoköy topluluğunun tarımsal faaliyet alanları içerisinde organik gıdaların yetiştirilmesi,
- Doğal, yerel ve geri kazanılmış atıklardan oluşan malzemelerin kullanıldığı, yerel mimari geleneklerinin uygulandığı yaşam alanlarının oluşturulması,
- Ekolojik tabanlı yenilenebilir entegre enerji sistemlerinin kullanılabilirliği,
- Elverişli enerji ve atık yönetimi uygulanarak suyun, havanın ve toprağın temiz kalması,
- Biyolojik çeşitliliğin korunup, teşvik edilmesi.

#### Auroville Ekoköyü / HİNDİSTAN:

En başarılı ve tanınmış ekoköylerden Auroville, Güney Hindistan'ın Tamil Nadu eyaletindeki Pondicherry şehri yakınlarında bulunmaktadır. Kurucusu Hint bilge Sri Aurobindo'nun ruhani partneri olan ve ekoköyde 'Ana' olarak da bilinen Fransız Mira Alfassa'nın bir vizyonu sonucunda oluşmuştur.

Auroville, başlarda üzerinde hiçbir bitki örtüsü bulunmayan zayıf yüzey toprağı, sık sık tekrarlanan fırtına ve muson yağmurlarının oluşturduğu sellerin etkisi altında kalan çorak toprakları iyileştirme amacıyla kurulmuştur. Halk tarafından ilk yapılan işler su bentlerinin inşası ve ağaçlandırılmıştır.

#### Mbam ve Faoune Ekoköyleri / SENE GAL:

Mbam ve Faoune, Senegal'in başkenti Dakar'ın güneyindeki kırsal alanda yer alan iki topluluktur. Mangrov ormanları, Sine – Saloum deltasındaki hassas ekosistemin sürdürülebilirliği için çok önem teşkil etmektedir. Mangrov diğer kara bitkileri arasında çok nadir rastlanan tuzlu suda yaşayabilme özelliğine sahip olan bitki tuz filtersi olarak öyle etkilidir ki yakınlarında bulunan toprakları bile büyük oranda tuzdan arındırır. Tuzdan arındırılmış bu topraklarda pirinç yetiştirilir. 1980'lerde yaşanan kuraklık bu bitkilerin yok olması gibi kötü sonuçlar doğurmuştur. Bu olaydan sonra bölgede yaşayan halkın GEN Senegal şubesine başvurması sonrasında fon desteği ile ekoköy kurulmuştur.

**Tablo 1: Ekoköylerin Nüfusu, Oluşum Amaçları ve Genel bilgileri**

Ekoköy Adı	Nüfus (Kişi)	Oluşum Amacı	Genel Bilgiler (Ekolojik Yaşam)
Auroville HİNDİSTAN	1700	Çorak toprakları iyileştirme	*Fon desteği ile kurulmuş, Tohum bankası kullanımı var ve çiftçilikle geçimlerini sağlıyorlar.
Mbom/ Foune SENEGAL	-	Mangrov ormanlarını iyileştirme	*Fon desteği ile kurulmuştur *Pirinç ve susam yetiştirciliği yapılmaktadır.
Sieben, ALMANYA	300	Sürdürülebilir kalkınma	*Gıda ihtiyaçlarının %75 ini organik tarım ile karşılıyorlar, Yeni bir yerleşim alanı için 22 hektarlık arazi satım alınmış.
İthaca ABD	240	Gönüllü kişiler tarafından kurulmuştur.	*Organik tarım ile gıda ihtiyaçlarını karşılıyorlar, araç havuzları bulunuyor, kendi müfredatlarında "sürdürülebilirlik bilimi" başlığı ile dersler verilmekte.
Ekoovilla BREZİLYA	110	Gönüllü kişiler tarafından kurulmuştur.	*8 mimar ile hayatı geçirilmiştir. * Organik tarım ile gıda ihtiyaçlarını karşılıyorlar.
Damonhur İTALYA	-	Gönüllü kişiler tarafından kurulmuştur.	*İleri teknolojiye yüklü miktarda yatırım yapan ilk ekoköy. *Biyodizel yakıt üretimi yapılıyor.
Sulheimer İZLANDA	-	Ülkedeki tek organik ormanı korumak	*Kağıt, sabun, şampuan ve losyon gibi ürünlerini kendileri imal ediyorlar, Organik tarım ve hayvancılık yapıyor.
Findhorn İTALYA	450	Gönüllü kişiler tarafından kurulmuş.	*Yerel organik gıda üretimi yapılıyor. *Üretilen fazla enerjiyi şebeke hattına satıyor.
İmeceevi TÜRKİYE	Turistik	Gönüllü kişiler tarafından kurulmuş.	*Sabunlarını kendileri imal ediyorlar, bulaşıkları odun külliyeyle yıkıyor, organik tarım yapılıyor.

**Tablo 2: Ekoköylerin Atık Berterafı, Enerji Kaynağı ve Yeşil Tasarım Malzemeleri**

Ekoköy Adı	Atık Berterafı	Enerji Kaynağı	Yeşil Tasarım Malzemeleri
Auroville HINDİSTAN	*Kompost tuvalet uygulamaları ve foseptik çukurları vardır.	* Güneş enerjisi (250kw) *Rüzgar enerjisi (800kw, 6 adet türbin bulunmaktadır).	* Yapı malzemesi olarak kerpiç kullanılıyor.
Mbom / Foune SENEGAL	*Foseptik çukurları vardır	*Biyogaz	* Yapı malzemesi olarak kerpiç ve saman kullanılıyor.
Sieben Lindon ALMANYA	*Kompost tuvalet uygulamaları vardır. *Arıtımı doğal olarak kamış yatakları ile sağlanıyor.	*Elektrik enerjisi fotovoltaik panaller ile karşılanıyor. ( Yıllık ihtiyacının %65 ini karşılıyor-bir hane 50kwh) *Isınma odun ile sağlanıyor. *Sicaksu güneş panallerinden karşılanıyor.	*3 katlı saman evler bulunuyor. *Isı yalıtımı doğal malzemeler ile yapılıyor. * Yapı malzemesi olarak kerpiç ve ahşap kullanılıyor.
İthaca ABD	*Kuru kompost tuvalet uygulamaları ve az su kullanan sifon uygulaması var.	*Pasif güneş enerjisi kullanımı var (150kw) *Sıcak su güneş panallerinden karşılanıyor.	* Yapı malzemesi olarak kerpiç,kil tuğlalar ve ahşap kullanılıyor. *Merkezi ısıtma kullanılıyor. (odun ile)
Ekoovilla BREZİLYA	*Biyolojik arıtma olan doğal ( sazlıklar ) arıtım ile atıksularını arıtıyorlar. *Arıtılan su bahçe sulamasında kullanılıyor.	*Güneş enerjisi kullanımı vardır. *Sicaksu güneş panallerinden karşılanıyor.Çok az miktarı gazlı ısıtıcı ile karşılanıyor.	* Yapı malzemesi olarak kerpiç,kil tuğlalar ve bambu kullanılıyor. *Çatıların üzeri çimler ile kapatılıyor. *Evler yer altı bölmeleriyle ve yüzeydeki kanallardan geçen hava akımı ile soğutuluyor.
Damonhur İTALYA	* İleri teknoloji kullanılıyor.	*Sicaksu güneş panallerinden karşılanıyor. *Küçük HES, Rüzgar türbini ve 20 fotovoltaik güneş panelleri ile enerji ihtiyaçlarını karşıyorlar . *Biyodizel yakıt üretimi yapılmıyor ve fazlası satılıyor.	* Yapı malzemesi olarak kerpiç,kil tuğlalar ve ahşap kullanılıyor.
Sulheimer İZLANDA	*Havalandırmalı kompost tuvalet uygulamaları bulunmaktadır. *Oluşan çamuru sman ve ağaç yongaları ile gübre haline getirerek tarlalarda kullanıyorlar.	* Rüzgar türbini ve fotovoltaik güneş panelleri ile enerji ihtiyaçlarını karşıyorlar.	* Yapı malzemesi olarak kerpiç ve saman kullanılıyor *Yer döşemesinde geri kazanılmış araba lastikleri kullanılıyor. *Duvarlarda koyun tüyleri ile ısı yalıtımları sağlanıyor. *Çatılarda geri kazanılmış kağıtlar kullanılıyor.
Findhorn İTALYA	*Biyolojik arıtma ( $A^2O$ prosesi, çöktürme, çamur arıtma uygulaması) ve dezenfeksiyon	*Rüzgar türbini ile enerji ihtiyaçlarını karşıyorlar. (750kw ve yatırım maliyeti 605000 euro dur.)	* Yapı malzemesi olarak ahşap kullanılıyor.
İmeceevi TÜRKİYE	Atıksularını olduğu gibi araziye veriyorlar	*Isınma odun ile sağlanıyor. *Fotovoltaik güneş panelleri ile enerji ihtiyaçlarını karşıyorlar.	* Yapı malzemesi olarak kerpiç ve saman kullanılıyor.

### **ARAŞTIRMA BULGULARI: Ekoköy İçin Hayvan Gübresinden Biyogaz Eldesi**

Konya ili Sarayönü ilçesi Gözülü mahallesinde ekoköyün uygulanabilirliği, hayvancılıkta oluşan gübrelerden biyogaz, elektrik enerjisi ve stabilize gübre eldesi açısından aşağıda incelenmiştir.

**Kabuller :**

- $1 \text{ m}^3$  biyogaz = 4,7 kWh elektrik enerjisi eşdeğeri (Gümüşçü ve Uyanık ,2010; Öztürk, 2005)
- $275 \text{ m}^3$  biyogaz/ton organik katı madde (Gümüşçü ve Uyanık ,2010)
- Şebekeden alınacak elektrikten kazanç; 1 kWh enerji = 0,2537 TL ile halkın kullanımına sunulmaktadır (EPDK, 2016).
- Şebekeye satılacak elektrikten kazanç; 1 kWh enerji = 18.9 Cent (<http://www.biyogaz.web.tr/>)

**Minimum Gübre Oluşumu ile Enerji Eldesi :**

Küçükbaş hayvan için:

$1,5 [\text{kg}/(\text{gün} * \text{hayvan})] * 49000 \text{ adet hayvan} = 73500 \text{ kg ham gübre / gün}$

- ✓ % 40 katı içeriği kabulü ile ;  
 $73500 \text{ kg / gün} * 0,4 = 29400 \text{ kg katı madde / gün}$
- ✓ Üretilen biyogaz ;  
 $29400 \text{ kg katı madde / gün} * 0,275 \text{ m}^3 \text{ biyogaz / kg K.M} = 8085 \text{ m}^3 \text{ biyogaz / gün}$
- ✓ Elektrik enerjisi eşdeğeri;  
 $8085 \text{ m}^3 \text{ biyogaz / gün} * 4,7 \text{ kWh} = 37999,5 \text{ kWh / gün}$   
Aylık Üretim ;  
 $37999,5 \text{ kWh / gün} * 30 = 1139985 \text{ kWh / ay}$   
Yıllık Üretim ;  
 $1139985 \text{ kWh / ay} * 12 = 13679820 \text{ kWh / yıl}$

Büyükbaş hayvan için:

$20[\text{ kg }/(\text{gün} * \text{hayvan})] * 10000 \text{ adet hayvan} = 200000 \text{ kg ham gübre / gün}$

- ✓ % 15 katı içeriği kabulü ile ;  
 $200000 \text{ kg / gün} * 0,15 = 30000 \text{ kg katı madde / gün}$
  - ✓ Üretilen biyogaz ;  
 $30000 \text{ kg katı madde / gün} * 0,275 \text{ m}^3 \text{ biyogaz / kg K.M} = 8250 \text{ m}^3 \text{ biyogaz / gün}$
  - ✓ Elektrik enerjisi eşdeğeri ;  
 $8250 \text{ m}^3 \text{ biyogaz / gün} * 4,7 \text{ kWh} = 38775 \text{ kWh / gün}$   
Aylık Üretim;  $38775 \text{ kWh / gün} * 30 = 1163250 \text{ kWh / ay}$   
Yıllık Üretim;  $1163250 \text{ kWh / ay} * 12 = 13959000 \text{ kWh / yıl}$
- NOT: olusabilecek en yüksek hayvansal gübre hesaplamalarında küçükbaş hayvan için  $2,5 \text{ kg}/(\text{gün} * \text{hayvan})$ , büyükbaş hayvan için ise  $35 \text{ kg}/(\text{gün} * \text{hayvan})$  alınmıştır.

**Tablo 3 : Max. Gübre Oluşumu ile Enerji Eldesi**

	Küçükbaş Hayvan	Büyükbaş Hayvan
Katı Madde İçeriği (kg/Gün)	49000	52500
Üretilen Biyogaz Miktarı (m <sup>3</sup> /kg)	13475	14437,5
Günlük Enerji Eldesi (kwh)	63332,5	67856,25
Aylık Enerji Eldesi (kwh)	1899975	2035687,5
Yıllık Enerji Eldesi (kwh)	22799700	24428250

**Tablo 4 :Yıllık Min. ve Max. Gübre oluşumuna göre enerji eldesi**

	Küçükbaş Hayvan		Büyükbaş Hayvan	
	Min. Gübre Miktarı	Max. Gübre Miktarı	Min. Gübre Miktarı	Max. Gübre Miktarı
<b>Oluşan Gübre (ton/yıl)</b>	26 460	44 100	72 000	126 000
<b>Oluşan Biyogaz (*10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/yıl)</b>	2 910,6	4 851	2 970	5 197,5
<b>Elde Edilen Enerji (kwh/yıl)</b>	13 679 820	22 799 700	13 959 000	24 428 250

**Uygulanacak Köyun Yıllık Elektrik İhtiyacı :**

1 ev yıllık 2844 kWh elektrik tükettiği kabulu ile mahallenin toplamında ;  
 $500 \text{ hane} * 2844 \text{ kWh / yıl} = 1.422.000 \text{ kWh / yıl}$

Yapılacak tesise köydeki bütün hayvan gübrelerinin toplanması durumunda ve yarısı toplanması durumunda elde edilecek kazanç Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir;

**Yapılacak tesisin kurulu gücü;** Tablo 6'da verilen maksimum elektrik üretimi üzerinden hesaplandığında 2,7 MW olarak bulunmuştur.

**Tablo 5 : %100 Gübre Toplandığında Yıllık Elektrik Enerjisi Fazlası**

	Min. Gübre Oluşumu	Max. Gübre Oluşumu
<b>Üretilen Elektrik Enerjisi (kWh)</b>	27 638 820	47 227 950
<b>Tüketilen Elektrik Enerjisi (kWh)</b>		1 422 000
<b>Açığa Çıkan Fazla Elektrik Enerjisi (kWh)</b>	26 196 820	45 785 950

**Tablo 6 : %50 Gübre Toplandığında Yıllık Elektrik Enerjisi Fazlası**

	Min. Gübre Oluşumu	Max. Gübre Oluşumu
<b>Üretilen Elektrik Enerjisi (kWh)</b>	13 819 410	23 613 975
<b>Tüketilen Elektrik Enerjisi (kWh)</b>		1 422 000
<b>Açığa Çıkan Fazla Elektrik Enerjisi (kWh)</b>	12 397 410	22 191 975

**Tablo 7 : Şebekeye Satılan Elektrikten Elde Edilecek Kar**

	Min. Gübre Oluşumu	Max. Gübre Oluşumu
<b>Açığa Çıkan Fazla Elektrik Enerjisi (kWh)</b>	12 397 410	22 191 975
<b>Elektrigin Birim Fiyatı (18,9 CENT=0,064 TL)</b>		0,064
<b>Elde Edilen Kar (TL)</b>	793 434,24	1 420 286,4

## **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Ekoköy çalışması yapılacak olan gözlu mahallesinde halkın çoğunluğu devlet destekli olarak hayvancılık ve tarım ile uğraşmaktadır. Buğday, arpa, mısır, patates ve hayvan yemi olarak da yonca üretimi mevcuttur. Arazisi kuyu ve atıksu ile sulanmakta, kanalizasyon sistemi bulunmamaktadır.

Elektrik tüketimi hane başına aylık 40-80 TL

Su tüketimi hane başına 10 aylık bazda 150 TL civarındadır.

İncelenen köy ile ilgili ekoköy uygulamasının hayatı geçirilebilmesi için;

- Sosyokültürel avantajları hakkında halk bilinçlendirilmelidir.
- Yöre halkın ekonomik durumuna katkı sağlama açısından tarım veya hayvancılık gibi çalışma alanlarının daha verimli hale getirilmesi hedeflenmelidir.
- Bu açıdan köyün kendi elektrik ihtiyacını karşılaması ve fazlasından gelir elde edilebilmesi açısından yenilenebilir enerji kaynağı olan hayvansal gübre ile biyogaz üretilecek olması önemlidir.
- Köyde oluşan atıksular, biyogaz eldesi için hayvansal atıklarla karıştırılabilceği gibi doğal bir arıtmadan geçirildikten sonra tarımsal faaliyetler için de kullanılabilir.
- Yapı malzemesi olarak yeşil tasarım ürünlerini olarak tanımlanan kerpiç, saman, ahşap veya kil tuğlalar kullanılabılır ve ısı yalıtımı için geri kazanılmış ürünler tercih edilebilir.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmada bilgilerine başvurduğumuz Gözlu mahallesi muhtarı ve halkına teşekkür ederiz.

## **KAYNAKLAR**

Adalılar, Ş., 2012, Bir Turistik Çekim Merkezi Olarak Ekoköyler ve Ekoköylere Tüketiciler Yaklaşımını Belirlemeye Yönerek Bir Araştırma, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme ABD.

Dawson, J., 2006, Ekoköyler Sürdürülebilirliğin Yeni Ufukları kitabı.

Elektrik Piyasası Düzenleme Kurulu, 2016

Gümüşçü ,M., Uyanık , S,,2010,Güneydoğu Anadolu Bölgesi Hayvansal Atıklarından Biyogaz ve Biyogübre Eldesi

Külçe, G., 2013, Evaluation Of Organic Farming As A Sustainability Indicator For The Akyaka Region, Submitted To The Institute Of Environmental Sciences In Partial Fulfillment Of The Requirements For The Degree Of Master Of Science In Environmental Sciences, B.S. In Landscape Architecture, Ankara University

Öztürk, M.,2005, ‘Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi’, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Müsteşarlığı, Ankara

ULUS, C., 2009, Mimarlıkta Ekolojik Tasarım Taklaşımları ve Vauban Modeli – Toplumsal Boyut Entegrasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Tüzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

TOLAY ,M., Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi

[www.biyogaz.web.tr](http://www.biyogaz.web.tr) (20 Nisan, 2016)

[www.aeop-auroville.com](http://www.aeop-auroville.com) ( 7 Mart, 2016 )

[www.architekt-scharmer.de](http://www.architekt-scharmer.de) (12 Nisan, 2016 )

[www.biomatixwater.com/helix-flow-reactor.com](http://www.biomatixwater.com/helix-flow-reactor.com) (12 Nisan, 2016 )

[www.ecovillagefindhorn.com](http://www.ecovillagefindhorn.com) (14 Mart, 2016 )

[www.ithacaecovillage.com](http://www.ithacaecovillage.com) (14 Mart, 2016 )

[www.minvayu.org](http://www.minvayu.org) (12 Nisan, 2016 )

[www.sunlitfuture.in](http://www.sunlitfuture.in) (13 Nisan, 2016 )

[www.siebenlinden.de](http://www.siebenlinden.de) (7 Mart, 2016 )

[www.worldhabitatawards.org](http://www.worldhabitatawards.org) ( 20 Nisan, 2016 )

## KONYA/SELÇUKLU İLÇESİNDE EVSEL KAYNAKLI KIZARTMALIK YAĞLARIN TOPLANABİLİRLİĞİ BIYODİZEL BIYOGİLİSERİN VE BIYOGAZ ÜRETİM POTANSİYELLERİ

Umut Bekir HAKTANIYAN, Büşra YILMAZ, Hanife Nur DURMUŞ, Mehmet Emin ARGUN  
*Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*

**ÖZET:** Kızartmalık atık yağlar çevreyi kirletmekte ve canlıların hayatını olumsuz etkilemektedirler. Ayrıca kanalizasyon şebekelerinde tikanıklara ve atık su arıtma tesislerinde problemlere sebep olmaktadır. Atık yağların ekolojiye ve ekonomiye zarar vermesini engellemek amacıyla geri dönüşüm büyük önem arz eder. Bu çalışmada evsel atık yağların Konya/Selçuklu bölgesinde bir anket çalışması ile toplanabilirliği ve halkın farkındalığı ölçülmüştür. Toplanan atık yağlar ile biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir. Biyodizel üretimi sırasında açığa çıkan yan ürün olan biyoglicerinin verimli bir amaç için kullanılması hedeflenmiştir. Sızıntı suyu ve anaerobik çürüttüçü çamuru karışımına gliserinin besiyeri olarak eklenmesi durumunda üretilebilecek biyogaz potansiyeli değerlendirilmiştir.

### Collection Potential of Waste Cooking Oils From Konya/Selcuklu District And Determinatinon Of Bioglycerine And Biogas Production

**Abstract:** Waste cooking oils cause to the environmental pollution and adverse effect on ecology. Also, clogging of sewer systems and decreasing of treatment efficiency of wastewater can be carried out by waste oils. Recycling of waste oil has great importance in order to prevent damages to the ecology and economy. In this study, a survey was applied on the awareness and collectability of domestic waste oils from Konya/Selçuklu district. Biodiesel produced from collected waste oils. Also, bioglycerine which is a byproduct of biodiesel production was evaluated to discover the effectiveness on biogas production.

### GİRİŞ

Kullanılmış atık yağların bir litresi bir milyon  $m^3$  içme suyunu kirletmektedir. Kullanılmış bitkisel ve hayvansal yağlar, atık su kirliliğinin %25 lik kısmını oluşturmaktadır ve ekotoksik özelliğe sahip oldukları için bulunduğu ortamlardaki canlı türlerinin yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir (<http://www.mmo.org.tr>).

Kullanılmış bitkisel ve hayvansal yağlar, atık su kirliliğinin %25 lik kısmını oluşturmaktadır. Aritılması zor olan suların içerisindeki atık yağlar, doğaya yani denizlere, akarsulara ve göllere döküldüğünde suyu kirletir ve sudaki oksijeni azaltır. Bu nedenle de ortamındaki su canlıları başta balıklar çok büyük zarara uğrar. Bu olayların en aza indirilmesi veya engellenmesi için atık yağların geri dönüşümü oldukça önemlidir (<http://www.albiyobir.org.tr>).

Atık yağlar geri dönüştürülerek biyodizel ve bunun yan ürünü biyoglycerin oluşur. Bunun sonucunda da biyogaz üretimi gerçekleştirilmektedir.

**Biyodizel;** ‘Yeşil Dizel’ olarak adlandırılır. Bitkisel ve hayvansal atık yağların alkol ile reaksiyona girmesi sonucu meydana gelir. Yakıt olarak verimli bir şekilde kullanılmaktadır. En büyük faydası ve avantajı petrol sıkıntısına çözümüdür. Motorinden daha ucuz ve yararlı

bir yakıttır. En önemlisi de çevre dostudur. Bu alternatif enerji kaynağı tek başına kullanıldığı petrodizel ile karıştırılarak günümüzde kullanımı mevcuttur (Tillem, 2005).

**Biyogliserin** biyodizel oluşumundaki reaksiyonun adı kimyasal bir süreç olan trans esterleşmedir (Ölçüm,2006). Biyodizelin açığa çıkması sonucunda iki yan ürün oluşmaktadır. Bu ürünler metil ester ve gliserindir. Gliserin değerli bir yan ürün olup genellikle sabun üretiminde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra gliserinin diğer kullanım alanları ise; içecek ve gıda maddelerinin içerisinde ilave edilerek net tutma, tatlandırıcı ve çözücü gibi roller oynar. Kivam sağlama özelliği ile dondurmalarda ve likörlerde kullanılır (<http://www.makaleler.com>). Gliserinin safsızlığından dolayı diğer kullanım alanlarına nazaran biyogaz üretiminde kullanılması daha mantıklıdır.

**Biyogaz** Organik bazlı artıkların oksijensiz ortamda (anaerobik) mikrobiyolojik faaliyetler sonucunda bulunan bir gazdır. Rengi ve kokusu olmayan, havanın ağırlığından daha da az ağırlıkta, mavimsi şekilde alevlenen ve içerisinde yaklaşıklı; % 30-65 CH<sub>4</sub> , % 25-55 CO<sub>2</sub> , % 0-3.5 H<sub>2</sub>S ile eser oranda N ve H bulunduran bir gazdır.

### **Biyodizelin avantajları** (Kiani,2014).

1. Yanma sırasında oluşan karbondioksit miktarından dolayı çevreye daha az zarar vermektedir.
2. Yeni bir petrol türevi olduğundan dışa bağımlılığı azaltır.
3. Kendi başına yakıt olarak kullanılabildiği gibi diğer yakıtlarda karıştırılıp kullanılabilir.
4. Diğer dizellere nazaran daha güvenlidir.
5. Biyodizel yenilenebilir bir enerji kaynağıdır

### **Biyodizelin Dezavantajları** ([www.biyokure.org](http://www.biyokure.org))

1. Hiçbir şey kusursuz olmadığı için biyodizelinde zayıf yanları vardır. Problemlerden biri biyodizel emisyonlarında artan nitrojen oksittir.
2. Dizel yakıt üretiminde genellikle emisyondaki katı parçacıklar azaltıldığında buna bağlı olarak nitrojen oksit miktarında artış olur.
3. Nitrojenoksit azatlımı devam etmektedir.
4. Diğer bir problem ise biyodizelin bir çözücü olarak davranışasıdır. Bu özellik iki tarafı keskin kılıç gibidir.
5. Bazı eski model dizel araçlarda ( 1992' den önceki ) yüksek konsantrasyonlu biyodizel kullanımını motorda tikanmaya yol açabilir.

## **YÖNTEM**

Toplanılan 15 Litre atık yağ Laboratuvara getirildi. Getirdiğimiz atık yağın yoğunluğu; 0,916 kg/m<sup>3</sup> sıcaklığı da 20,9 °C dir. Getirdiğimiz atık yağların 10 Litresi çift filtre ile süzülerek temizlendi. Süzülen 10 Litre atık yağ biyodizel üretim reaktörünün içine boşaltıldı (Şekil 1). Bu arada farklı bir yerde 10 litre yağın %20 si kadar yani 2 litre metanol ve litre başına 7 gram yani 70 gram KOH (potasyum hidroksit) karıştırıldı ve metoksit oluşturuldu.

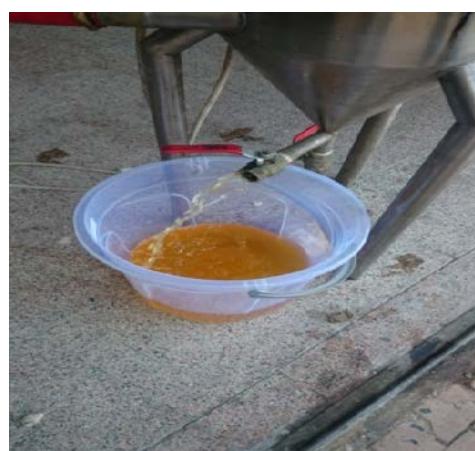


**Şekil 1.** Biyodizel ve Gliserinin oluşum reaksiyonu

Hazırlanan metoksit 70°C de reaktörde ısnan atık yağ ile karıştırıldı. Reaktör tekrar çalıştırıldı. Reaktördeki karıştırma işlemi 60-65 °C de 1 saat sürdü. 1 saat beklenmesinin sebebi; gliserinin çökmesi için gereken süre olmasıdır. 1 saat sonra gliserin alttaki vanadan ayrı kaba alındı (Şekil 2). Biyodizel ise üst vanadan ayrı kaba alındı. Çıkan biyodizelden 1 litre alındı behere konuldu. Üzerine 1 litre saf su eklendi ve karıştırıcıya konuldu. Suyun yoğunluğu biyodizelden fazla olduğu için su aşağıda biyodizel yukarıda kalır. Yukarı kalan biyodizel numune olarak alındı. Ayrı olarak reaktörden çıkan biyodizelden 1 litre daha alındı. İçinde alkol ya da su kalmış olma ihtimaline karşı ısıtıcıya konuldu. Buharlaşması için 100°C'de 1 saat bekletildi.



**Şekil 2.** Süzülen atık yağın reaktöre bosaltılması



**Şekil 3.** Bir Saat bekletildikten sonra  
biyodizelin alınışı

Üretilen biyogliserin ve sızıntı suyu anaerobik çamur çürütücü çamuru ile aşılanarak KOİ, UYA, sülfat ve fosfat deneyleri yapılım üzere sıcaklık kontrollü reaktörlere konuldu. Belirli zaman aralıklarında biyogaz üretimleri ölçüldü.

SONUCLAR

Konya/Selçuklu bölgesinde 100 eve aşağıda soruları verilen anket uygulanmış ve sonuçları Tablo 1 ve Şekil 4'de özetlenmiştir. Anket yapılırken evlerden toplanan atık yağılarla yapılan biyodizel çalışmasında 15 L atık yağ kullanılmış olup 1 L biyogliserin ve 500 mL biyodizel elde edilmiştir. Biyodizel çalışmalarında genellikle klasik yöntem olarak atık yağın içine

kimyasal madde karıştırıp daha sonra ısıl işlem uygulanmaktadır. Ancak bu çalışmada önce atık yağı ısıtılmış daha sonra kimyasal madde eklemesi yapılarak biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir.

### Konya Selçuklu Bölgesinde Yapılan Anket Soruları

#### **1-Evinizde haftalık olarak kaç su bardağı yağ atıyorsunuz?**

- a)1-3 bardak      b)3-5 bardak      c)5 ve üzeri

#### **2-Kullandığınız bir yağı kaç defa daha kullanıyorsunuz?**

- a)1-3 defa      b)3-5 defa      c)5 ve üzeri

#### **3-Yağların birden fazla kullanımının insan sağlığı açısından önemi hakkında bilginiz var mı?**

- a)Hayır      b)Kısmen      c) Evet.

#### **4-Atık yağlarınızı ne yapıyorsunuz?**

- a)Çöpe döküyorum      b)Lavaboya döküyorum      c)Geri dönüşüm için saklıyorum.

#### **5- Atık yağların çevre kirliliğine etkisi hakkında bilginiz var mı?**

- a)Hayır      b)Kısmen      c)Evet.

#### **6- Atık yağların geri dönüşümü hakkında bilginiz var mı?**

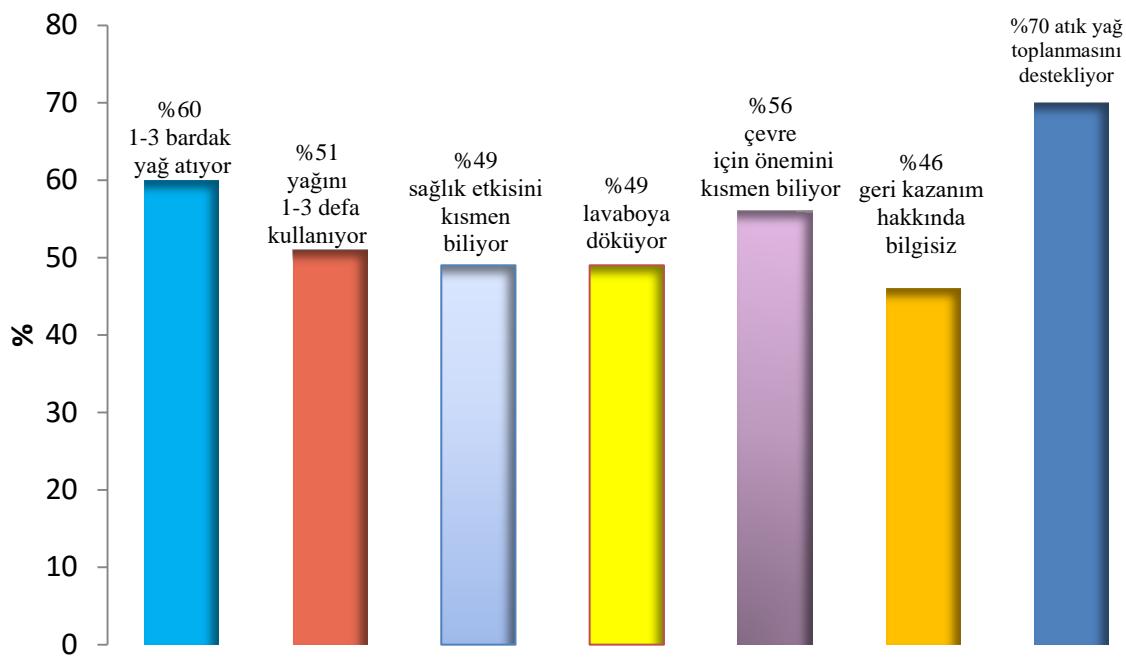
- a)Hayır      b)Kısmen      c)Evet.

#### **7-Marketlerde bir atık yağ toplama kutusu yapılsa aktif bir şekilde buna destek verip, kullanır misiniz?**

- a)Evet      b)Hayır.

Tablo 1. Anket sorularına verilen cevapların yüzdelik dağılımları

<b>Birinci soru için</b>	%60 1-3 bardak, %30 3-5 bardak, %10 5 ve üzeri
<b>İkinci soru için</b>	%51 1-3 defa, %37 3-5 defa, %12 5 ve üzeri
<b>Üçüncü soru için</b>	%49 Kısmen, %20 Hayır, %31 Evet
<b>Dördüncü soru için</b>	%49 Lavaboya döküyorum, %39 Çöpe döküyorum, %12 Geri dönüşüm için saklıyorum
<b>Beşinci soru için</b>	%56 Kısmen, %25 Evet, %19 Hayır
<b>Altıncı soru için</b>	%46 Hayır, %37 Kısmen, %17 Hayır
<b>Yedinci soru için</b>	%70 Evet, %30 Hayır



**Şekil 4. Anket sonuçlarına göre en çok seçilen cevaplar**

Yapılan anket sonucundaki oranlara göre; %60 lik kesimin haftalık olarak 1-3 bardak yağ attığı belirlendi. Bu da haftalık olarak 600 mL'ye eş değerdir. Yine %49'luk kesimin atık yağılarını lavaboya döktüğü ortaya çıkmıştır. Halkın % 70'inin atık yağıların toplanmasına destek vereceğini belirtmesinden, toplama işleminin düzenli yapılamaması sebebi ile insanların mecburen yağılarını lavaboya döktüğü sonucu çıkarılabilir. Ayrıca atık yağıların geri dönüşümü hakkında bilinçlendirme ve eğitim çalışmalarının da artırılması gereği ortaya çıkmıştır.

Bu verilerden yola çıkarak Konya Selçuklu bölgesinin hane sayısının 152 bin civarında olduğu bilgisi ile toplamda 22,800 L atık yağ toplanabilir ve 760 L biyodizel, 1520 L biyoliserin elde edilebilir. Anket sonuçlarına göre de oluşan yağıların % 49 u lavaboya dökülmekte olup yaklaşık olarak  $1,12 \times 10^{10} \text{ m}^3$  su kirlenmektedir. Evlerden gelen atık suların içeriği atık yağıların fazla olması nedeniyle arıtımı oldukça zordur. Ayrıca yağ-gres arıtımı için AAT'lerinde ilave yatırımlar gereklidir. Arıtma işlemi yapılmayan atık suların içindeki bitkisel ve hayvansal atık yağılar; denizlere, göllere ve akarsulara döküldüğü zaman suyun kirlenmesi ve sudaki oksijenin azalması sonucu başta balıklar olmak üzere canlılar üzerinde olumsuz etkilere yol açar. Bu çalışmada biyogliserin ilavesinin biyogaz oluşumunu kontrol numunesine göre 20 günlük deney süresinde hılı bir şekilde artırdığı, yirminci günden sonra kontrol numunesinde de biyogaz oluşumunun arttığı gözlenmiştir. Buna göre biyogliserin ilavesinin biyolojik parçalanma hızını ve biyogaz miktarını artırdığı söylenebilir. Oluşan biyogliserin hayvancılık katkıları, sizıntı suları, gıda endüstrisi atıkları ile karıştırılarak biyogaz elde etmek için kullanılabilir (<http://megep.meb.gov.tr>).

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmamızda biyodizel üretimi için bizimle laboratuarını ve engin bilgilerini paylaşan sayın Prof.Dr. Mustafa ACAROĞLU'na ve laboratuar ortamında yapılan deneylerde bizimle birlikte çalışan sayın Gizem YILMAZ'a teşekkür ederiz.

## **KAYNAKLAR**

Kiani Sina,2014 Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretimde Yüzey Aktif Maddelerin Etkisi Yüksek Lisans Tezi *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Erzurum 2014.*

Tillem İ., 2005, Dizel Motorlar İçin Alternatif Yakıt Olarak Biyodizel Üretimi Ve Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi*

Ölçüm T., 2006, Biyodizel Teknolojisi Yüksek Lisans Tezi *Yıldız Teknik Üniversitesi*

Acaroğlu M., 2013, Alternatif Enerji Kaynakları (erişim tarihi: 21.04.2016)

[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf)( erişim tarihi: 26.04.2016)

<http://www.makaleler.com/gliserin>( erişim tarihi: 17.04.2016)

<https://tr.wikipedia.org/wiki/Biyodizel> ( erişim tarihi: 11.04.2016)

<http://www.ukmk11.ogu.edu.tr/arsiv/ukmk7/sunular/CD05.swf>( erişim tarihi: 28.03.2016)

[http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler](http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler)( erişim tarihi: 17.03.2016)

## **KONYA VE ÇEVRESİNDE OLUŞAN TEHLİKELİ ATIKLARIN TESPİTİ VE ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRİMESİ**

Habibe IŞIK, Mehmet Emin ARGUN

*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

**ÖZET:** Günümüzde sanayileşmenin ve nüfus sayısının bir hayli artması sebebiyle kimyasal maddelerin kullanım yüzdeleri de artmıştır. Kimyasal maddelerin kullanımı sonucunda ortaya çıkan tehlikeli ve zararlı atıkların yönetiminde çevresel risk değerlendirme açısından en önemli faktör insana yönelik doğrudan veya dolaylı etkilerdir. Tehlikeli ve zararlı atıkların güvenli ve ekonomik biçimde yok edilmesine yönelik uygulamaların önemi her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada, Konya ve çevresinde oluşan tehlikeli ve zararlı atıkların miktarları ve hangi tür endüstrilerden kaynaklandığı belirlenmiş, bunlardan miktarca fazla ve tehlike açısından önem arz eden iki atığın (organik çözücü ve ağır metallerle kirlenmiş atıklar) özellikleri, insan ve çevre sağlığı üzerine olan riskleri ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Tehlikeli Atık, İnsan Sağlığı, Çevresel Risk, Ağır Metal, Organik Çözücü

### **Detection of Hazardous Waste Amounts In Konya City and Environmental Risk Assessment**

**Abstract:** Nowadays, chemical usages have increased due to increasing population and industrialization. Various type of hazardous wastes have formed from these chemical substances. Direct or indirect effects to peoples are the most important factors for the environmental risk assessment. Safety concerns and economic disposal of hazardous wastes have an increasing importance for environmental issues. In this work, hazardous wastes produced in Konya city were determined in quantities and kind of industry. the more produced two wastes (organic solvent and heavy metals) were investigated in terms of hazard properties, effects on human health and environmental risks.

**Keywords:** Hazardous waste, Human health , Environmental risk, Heavy metals, Organic solvent

## **GİRİŞ**

Tehlikeli ve zararlı atıklar insan ve ekosisteme akut veya kronik zarar verme potansiyeline sahip yanıcı, aşındırıcı, reaktif ve zehirli olabilen, içerdeği madde miktarları, fiziksel formları, çevrede dağılım, yayılım ve kullanım şekilleri ile çevreye yine insan faaliyetleri ile giren ve bu nedenlerle konvansiyonel arıtma ve uzaklaştırma yöntemlerinden farklı olarak ve çevresel sistemin politik, sosyal ve ekonomik değerleri ile yönetilmeyi gerektiren özelleştirilmiş ve listelenerek saptanmış atıklardır (Talaklı, 1995). Tehlikeli atıkların çevre ve insan sağlığı açısından etkisiz hale getirilebilmesi için bir takım işlemelere tabi tutulması gerekmektedir. Ülkemizde bu işlemleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından lisanslandırılmış tesisler gerçekleştirmektedir. Tehlikeli ve zararlı atıklar "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" ve "Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik" ile yönetilmekte olup, atık oluşturan tesisler yirmi ana başlık altında toplanmıştır. Tehlikeli olan veya olması muhtemel atıklar için

atık listesinde A ve M sembollerini yer almaktadır. Konya ve çevresinde araştırılan tehlikeli atık türlerinden 01 (maden aranması), 03 (ahşap işleme ve mobilya üretimi), 05 (petrol rafinasyonu), 09 (fotoğraf endüstrisi) ana kaynakları hariç diğer tüm kaynaklardan tehlikeli atık oluşabilmektedir. Tehlikeli kimyasalların dünya çapında incelenmesi ve risk değerlendirmesini Entegre Risk Sistemi (EPA-IRIS) yapmaktadır. EPA'nın IRIS programı çevrede bulunan kimyasalların sağlık tehlikelerini karakterize etmektedir. Konya ve çevresindeki endüstrilerden kaynaklanan tehlikeli atıkların miktarca fazla olduğu kaynaklar Tablo 1' de verilmiştir.

**Tablo 1.** Konya kentinde oluşan endüstriyel kaynaklar ve önemli tehlikeli zararlı atık miktarları

Atık kodu	Miktar (kg)	Oluşan Atığın Adı
<b>070204</b>	<b>6160</b>	Plastiklerin, sentetik kauçuk ve yapay elyafların imalat, imalat, formülasyon, tedarik ve kullanımından kaynaklanan diğer organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözücüler
<b>080121</b>	<b>10100</b>	Boya ve verniğin İFTK kaynaklanan boyaya ya da vernik sökücü atıklar
<b>100104</b>	<b>24700</b>	Enerji santrallerinden ve diğer yakma tesislerinden kaynaklanan uçucu yağ kulu ve kazan tozları
<b>110105</b>	<b>162580</b>	Metal ve diğer malzemelerin kimyasal yüzey işlemi ve kaplanması işlemlerinden kaynaklanan sıyırmaya asitleri (parlatma asitleri)
<b>120106</b>	<b>66920</b>	Metallerin ve plastiklerin fiziki ve mekanik yüzey işlemlerinden ve şekillendirilmesinden kaynaklanan halojen içeren madeni bazlı işleme yağları
<b>130208</b>	<b>187090</b>	Yağ atıkları ve sıvı yakıt atıklar, diğer motor, şanzıman ve yağlama yağları
<b>150110</b>	<b>723889</b>	Atık ambalajlar ile başka bir şekilde belirtilmemiş emiciler, silme bezleri, filtre malzemeleri ve koruyucu giysiler tehlikeli mad. kalıntılarını içeren yada kontamine olan atıklar

Yukarıda belirtilen tehlikeli atıklar içerisinde miktarca daha fazla bulunan ağır metal ve organik çözücü içeren atıklar seçilmiştir. Seçilen maddeler; kurşun, civa, kadminyum ve asetondur. Bu maddelerin insan sağlığı üzerine etkileri ve çevresel risk değerlendirmesi araştırılmıştır.

## RİSK DEĞERLENDİRİMESİNDE KULLANILAN METODLAR

Risk, zarara uğrama ihtimali olarak tanımlanır. Eğer zarara uğrama ihtimali ölçülebilen bir özellik ise (örneğin kaybedilen iş günü sayısı ve yaralanan insan sayısı gibi), risk zararın şiddeti ile olayın meydana gelme ihtimali ile çarpılarak hesaplanabilir. (LaGrega ve Buckingham, 1994)

$$\text{Risk} = \text{Olasılık} \times \text{Şiddet} \quad (1)$$

**Kanserojen (Hayati) Risk :** US EPA tarafından kirletici bileşenlerin sebep olabileceği risktir.

$$\text{Kanserojen (Hayati) Risk} = \text{CDI} \times \text{PF} \quad (2)$$

CDI: Kirleticinin uzun süreli (70 yıl) alınan dozu (mg/kg.gün)

PF: Risk faktörü ( $\text{mg/kg.gün}$ )<sup>-1</sup>

### Tehlikeli atıklar için kullanılan bazı risk ibarelerinin tanımları (Sulak, 2014)

#### LD50

Öldürücü Doz (Lethal dose) = Bir defada alınan ve 14 günlük gözlem sonucu deney hayvanlarının %50sinin ölmesine neden olan ve vücut ağırlığının kg'ı başına verilen dozdur.

#### LC50

Öldürücü Konsantrasyon (Lethal Conc.) = Zehirleyici kimyasalın hava veya su içerisindeki konsantrasyonudur ki, bu deney hayvanlarının 4 saat içinde %50 sinin ölmesine neden olur.

#### Referans Doz (RfD)

Kanserojenik olmayan maddeler için kullanılır. Yaşam boyu tüketilen bir maddenin yaşlı, genç, çocuk gibi en hassas popülasyonlar dahil insanların yaşamları süresince alındığında herhangi bir toksik etki göstermeyeceği varsayılan günlük dozdur. Birimi: mg/kg.gün

#### Eşik Limit Değer (TLV)

Günde 8 saat veya haftada 40 saat çalışma süresi için defalarca maruz kalındığında o kimyasal maddenin yan etki göstermeyen konsantrasyonudur. Birimi: mg/m<sup>3</sup>

#### Eğim Faktörü (Kanser slope faktörü)

Bir bireyin ortalama 70 yıllık ömrü boyunca bir kimyasala maruziyeti sonucu kanser oluşturacağı tahmin edilen üst sınırı temsil eder. Birimi: mg/kg.gün

Kanserojen olmayan kimyasallar için referans konsantrasyon, kanserojen olan kimyasallar için ise eğim faktörleri (slope factors) belirlenir.

#### Risk Karakterizasyonu

##### Kanserojen olanlar için riskin belirlenmesi

Kanserojen risk kronik günlük alınan doz ile ( $I_C$ ) kanserojenlik eğim faktörünün (SF) çarpımı ile elde edilir ve ölüm riskini oransal olarak ifade eder.

$$\text{Risk} = I_c \times SF \quad (3)$$

$I_C$  = kronik günlük kanserojen madde alımı [mg/(kg.gün)]

SF = kanserojenlik eğim faktörü [(kg.gün)/mg]

##### Kanserojen olmayanlar için riskin belirlenmesi

Kanserojen olmayan kimyasallar için risk, tehlike indeksine bağlı olarak karakterize edilir. Bu indeks, günlük alınan tahmini dozun referans konsantrasyon düzeyine bölünmesi ile bulunur.

$$HI = I_N / RfC \quad (4)$$

HI = Tehlike indeksi

$I_N$  = Kronik günlük alım [mg/(kg.gün)]

RfC = Referans konsantrasyon [mg/(kg.gün)]

Bir tehlikeli atık sahası etki alanında bulunan alıcıların vücutlarına alacakları kimyasalın dozu genel olarak aşağıdaki eşitlikle belirlenir.

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (5)$$

I = Alınan miktar (mg/kg vücut ağırlığı, gün)

C = Maruz kalınan noktadaki konsantrasyon (mg/L su veya mg/m<sup>3</sup> hava)

CR = Temas oranı (L/gün veya m<sup>3</sup>/gün)

EF = Maruz kalma sıklığı (gün/yıl)

ED = Maruz kalma süresi (yıl)

BW = vücut ağırlığı (kg)

AT = Ortalama süre (gün)

Kimyasala ait tozların solunum yoluyla almında eşitlik, aşağıdaki şekilde değiştirilir.

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED \times RR \times Abs}{BW \times AT} \quad (6)$$

RR = Alikonma süresi

Abs = Kana karışma oranı

### Toplam riskin belirlenmesi

Kanserojen olan ve kanserojen olmayan her kimyasal için ayrı ayrı hesaplanan risk ve indeks değerleri toplanarak kimyasallardan kaynaklanan toplam riskler belirlenir.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

### a-) Ağır Metaller

Belirlenen ağır metallerin insan sağlığı üzerinde kanserojenik ve toksik etkileri belirlenmiştir. Aşağıdaki tabloda belirlenen ağır metallerin, kta içi su kaynaklarına göre kalite kriterleri Tablo 2'de verilmiştir (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2008).

**Tablo 2.** Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri

Ağır metaller	I. sınıf su kalitesi	II. sınıf su kalitesi
Kurşun	10 µg/L	20 µg/L
Civa	0,1 µg/L	0,5 µg/L
Kadminyum	3 µg/L	5 µg/L

Metal ve diğer malzemelerin kimyasal yüzey işlemi ve kaplanması işlemlerinden kaynaklanan sıyırmaya asitleri atıklarının içinde kurşun ağır metali yaklaşık oranı %25, civa oranı %20 ve kadminyum oranı %10 olarak öngörlülmüştür. Ağır metallerin karıştığı suları kirletme potansiyelleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde ki su kalite kriterleri ve yaklaşık oranları Tablo3'te özet olarak gösterilmiştir (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2008).

**Tablo 3.** Ağır Metallerin Su Kirletme Potansiyelleri ve Yaklaşık Oranları

Ağır metaller	Miktar (kg)	Atık içindeki oranı (%)	Su kirletme potansiyeli (I.sınıf)	Su kirletme potansiyeli (II.sınıf)
Kurşun	162580	~%25	$4664,5 \times 10^6 \text{ m}^3$	$2032,3 \times 10^6 \text{ m}^3$
Civa	162580	~%20	$325160 \times 10^6 \text{ m}^3$	$65032 \times 10^6 \text{ m}^3$
Kadminyum	162580	~%10	$5419,3 \times 10^6 \text{ m}^3$	$3251,6 \times 10^6 \text{ m}^3$

Tablo 4'te ise ağır metallerin en çok kullanım alanları ve insan sağlığı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Ağır metallerin kullanım alanları ve sağlık üzerindeki etkileri

	Kullanım alanları	Sağlık üzerindeki etkiler
Pb	Akümulatör, seramik, kauçuk end. kurşunlu boyalar, kurşunlu borular, kurşun içeren besinler kablolalar vs.	İşitme bozukluğuna, sinir iletim sisteminde ve hemoglobinde düşmeye, kansızlığa, mide ağrısına, böbrek ve beyin iltihaplanması , kısırlığa vs. neden olmaktadır.
Hg	Maden yatakları, fosil kaynaklı katı ve sıvı yakıtların yakılması, boyalar, elektrikli cihazlar, dış dolgusu,laboratuar malzemeleri vs..	Nörolojik bozukluklara, merkezi sinir sisteminin tahribine ve kansere, böbrek , karaciğer, beyin dokularını tahribine vs..neden olmaktadır.
Cd	Elektrikle kaplama ve galvanizleme proseslerinde, boyalı pigmenti ve plastiklerde, nikel-kadmiyum pillerinde, seramik ve cam yapımında, sigara içerisinde vs.	Kemiklerde osteoporoz veya osteomalasia, öksürük, göğüs ağrısı, terleme, titreme ,çarpıntı ,mide bulanması ,baş dönmesi, sindirim bozukluklarına vs. neden olmaktadır.

### b-) Organik çözücü

Boya ve verniğin sökülmüşinden kaynaklanan atıklar içerisinde yüksek oranda organik çözücü madde içeren tinerin incelenmesi yapılmıştır.Tinerin içerisinde yaklaşık %50 oranında aseton, %20 oranında benzen %15 oranındatoluen ve diğer maddeler bulunmaktadır. Aseton bir çözücü madde olarak endüstriyel alanlarda sıkça kullanılmaktadır. Eksojen aseton kolayca soluma, yutma ve dermal (deri) maruziyet yollarıyla vücuta alınabilir. Asetonun hem su içerisindeki çözünürlüğü, hem de uçuculuğu yüksektir. Vücudun uçucu organiklere maruz kalmasıyla; baş dönmesi ve baş ağrıları, denge bozuklukları, kalp krizi, solunum durması, böbrek, testis, hematolojik ve nörolojik sistem bozuklukları, mide bulantısı vs. oluşabilmektedir.

#### Toksikolojik bilgiler (Borealis MSDS, 2013)

##### Aseton (CAS no: 67-64-1)

Akut toksisite: LC50 (sığan, soluma, 4 h) : 76 mg/l

Akut toksisite: LD50 (tavşan, dermal) : > 15800 mg/kg

Akut toksisite: LD50 (sığan, ağız) : > 5800 mg/kg

##### Risk Durumları ( R )

**R-11 :** Kolay alevlenebilir

**R-36 :** Gözleri tıraş eder

**R-66 :** Tekrarlanan maruz kalmalarda deride kuruluğa ve çatlaklara neden olabilir.

**R-67 :** Buharları uyuşukluğa ve baş dönmesine neden olabilir

Yapılan bu araştırmada kullanılan metodlar ışığında ağır metaller için su kirletme potansiyelleri

belirlenmiştir. Organik çözücü olan aseton için ise Yalçındağ ve Geçgel (2014) tarafından yapılan çevresel risk değerlendirmesinde risk değerlendirme oranının % 32 olduğu bulunmuştur.

## KAYNAKLAR

- Anonim 1, 2015, (<http://cevreonline.com/tehlikeli-atik-ureten-endustriyel-tesislerin-sorumlulukları/>), 30.04.2016
- Anonim 2, 2015, (<http://www.mdnmuhendislik.com/?Syf=5&Id=113479>), 01.05.2016
- Anonymous, 2008, Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik, ([www.resmigazete.gov.tr](http://www.resmigazete.gov.tr))
- Anonymous, 2013, Boraalı msds aseton, ([www.borealisgroup.com](http://www.borealisgroup.com))
- Anonymous, Entegre Risk Sistemi (EPA-IRIS –<https://www.epa.gov>)
- Anonymous, 1994, Hazardous Waste Management , LaGrega, Buckingham..
- Anonymous, 2014, Sulak Meral, Kimyasal risk etmenleri, ([www.tiyh.gov.tr/Eklenti/2691,kimyasal-risk-etmenleri.pptx?0](http://www.tiyh.gov.tr/Eklenti/2691,kimyasal-risk-etmenleri.pptx?0))
- Anonymous, Konya büyükşehir belediyesi ([www.selcuklu.bel.tr](http://www.selcuklu.bel.tr)) , 05.05.2016
- Anonymous, Tehlikeli ve Zararlı Atıkların Kontrolü ve Yönetimi Ders Notları
- Öksüz, Ç., 2014, Tehlikeli Kimyasal Maddelerle Yapılan Çalışmalarda Maruziyet Risk Değerlendirmesi ve Bir Uygulaması, İstanbul
- Talaklı, İ. , 1995 ([polen.ITU.edu.tr](http://polen.ITU.edu.tr)) , 30.04.2016
- Taşyürek, M., ([http://www.isguvenligi.net/kanser\\_yapıcı\\_mesleki\\_etkenler/](http://www.isguvenligi.net/kanser_yapıcı_mesleki_etkenler/)), 08.05.2016
- Topuz, E., 2009, İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Yalçındağ, S., Geçgel, E., 2014, Konya Atıkların Modelleme Yolu İnsan ve Çevre Sağlığına Etkilerinin Belirlenmesi, Konya
- Yazgan,M.,2009 İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

## ANAEROBİK ÇAMUR ÇÜRÜTÜCÜLERDE H<sub>2</sub>S OLUŞUMU VE UKM GİDERİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

Meryem TAN, Hilal ALPARSLAN, Necip Yiğit SARAÇ, Dilek ERDİRENCELEBİ  
*meryem.tan.mt@gmail.com, hilal.alparslann@gmail.com, necipyigitsarac@hotmail.com*

**ÖZET:** Bu çalışmada bir kentsel atıksu arıtma tesisinin 2011 yılına ait atık aktif çamur (AAÇ) yükü, ön çökeltim çamuru (ÖÇÇ) yükü, çamur besleme debisi, yoğunlaştırıcı çıkış UKM ve sıcaklık değerlerinin, çürüttüçü çıkış UKM ve biyogaz H<sub>2</sub>S konsantrasyonu üzerine etkisini belirlemek için modelleme yapılmıştır. Doğrusal regresyonla modelleme için istatistik programından faydalанılmıştır. Model başarıları ve etkili giriş parametrelerinin belirlenmesi için R, R<sup>2</sup>, RMSE ve MAPE değerleri elde edilmiştir. Çürüttüçü UKM konsantrasyonunu belirleyen en etkili parametrelerin AÇÇ yükü ve yoğunlaştırıcı çıkış UKM konsantrasyonları olduğu belirlenirken, giriş parametrelerinin biyogaz H<sub>2</sub>S oluşumu üzerine etkisi ihmal edilir seviyede gerçekleşmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Anaerobic Çürüttüçü, Biyogaz, Regresyon, Modelleme, UKM.

### DETERMINATION OF EFFECTIVE PARAMETERS ON BIOGAS H<sub>2</sub>S AND VS REDUCTION IN AN ANAEROBIC SLUDGE DIGESTER

**Abstract:** In this study, modeling with linear regression was performed on the data of primary sludge (PS) load, waste activated sludge (WAS) load, feed sludge, digester temperature and thickened sludge VS concentration to model digester VS and biogas H<sub>2</sub>S in a municipal WWTP. For model achievements and determination of effective input parameters, R, R<sup>2</sup>, RMSE and MAPE values were obtained. Most effective parameters on the digester VS was determined as WAS load and thickened sludge VS concentration. Input parameters' effect on the biogas H<sub>2</sub>S concentration was found at a negligible level.

**Keywords:** Anaerobic Digester, Biogas, Linear Regression, Modeling, VS.

### GİRİŞ

Anaerobik çürütmeye arıtma çamurlarının stabilizasyonunda uygulanan en yaygın ve eski prosesdir. Anaerobik arıtma sistemleri arıtma çamurlarının stabilizasyonunda, çöp sızıntı sularının ve endüstriyel atıksuların arıtımında kullanılmaktadır. Evsel atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların anaerobik çürüttülmesi sırasında üretilen biyogaz, bu tesislerin birçoğunun işletilmeleri sırasında gerekli enerji ihtiyacını karşılamaya yeterli olabilmektedir. Üretilen biyogazın miktarı sisteme giderilen organik yükle ilişkilidir. Biyogaz miktarının düşmesi sistemin uçucu katı giderme veriminin düşüğünü gösterir. Birim uçucu katı madde (UKM) giderimi başına üretilen gaz hacmi 0.75-1.12 m<sup>3</sup>/kg UKM olarak kabul edilebilmektedir (Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 2010). Fakat beslenen çamurda gözlenen değişken UKM konsantrasyonları ve çürüttüçüdeki biyolojik aktiviteye bağlı olarak gaz üretimi, çok geniş bir aralıktaki salınım gösterebilmektedir.

Anaerobik çürütmeye sırasında üç tip biyokimyasal reaksiyon meydana gelmektedir (Filibeli, 1996). Bunlar, hidroliz, asit üretimi (fermentasyon) ve metan üretimidir. Fermentasyonda çözünmüş organik bileşikler ve kısa zincirli yağ asitleri oluşurken metan üretimi safhasında

organik asitlerin metan ve karbondioksite kadar bakteriyel çevrimi gerçekleşmektedir. Havasız çürütmedeki en önemli çevresel faktörler, çamur yaşı, hidrolik bekleme süresi, sıcaklık, alkalinite, pH, inhibitörlerin ve zehirli maddelerin varlığı, nütrientlerin ve eser elementlerin varlığı olarak sıralanmaktadır (Debik, 2008). Çürüme işlemi hava girişinin önlendiği kapalı bir reaktörde gerçekleştirilir. Sürekli olarak veya ara ürün olarak oluşan çamur, çeşitli süreler içinde reaktörde alikonulur. Stabilize olan çamur ise reaktörden sürekli olarak veya kesikli olarak çekilir (Öztürk, 2007).

Çürüttülerin boyutlandırılmasında en fazla başvurulan yaklaşım, yükleme faktörü seçilerek çürüttü hacminin hesaplanmasıdır. Bunun için hacimsel UKM yükü kullanılmaktadır ve uygun aralık 1.6-4.8 kg UKM/m<sup>3</sup>.gün olarak verilmektedir (Öztürk, 2010). Metan gazının standart sıcaklık ve basınç altında net ısıl değeri 35.800 kJ/m<sup>3</sup>'dir. Çürüttü gazi yaklaşık olarak %65 oranında metan içerdiginden, çürüttü gazın ısıl değeri bu değerden daha düşüktür (yaklaşık olarak 22.400 kJ/m<sup>3</sup>). Büyük tesislerde, çürüttü gazi kazanlar ve içten yanmalı motorlar için yakıt olarak kullanılabilir. Atıksu pompajında, blovırların işletilmesi ve elektrik üretiminde de kullanılmaktadır. Çürüttü gazi hidrojen sülfür, partikül maddeler ve su buharı içerdiginden içten yanmalı motorlarda kullanımından önce yaş veya kuru yöntemlerle desülfürize edilmelidir.

Anaerobik çürüttülerde oluşan gaz, hacimsel olarak % 65-70 CH<sub>4</sub>, % 25-30 CO<sub>2</sub> ve düşük miktarlarda N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, su buharı ve diğer gazlardan meydana gelmektedir. Çürüttü gazının özgül ağırlığı havaya göre yaklaşık olarak 0.86'dır. Toplam gaz oluşumu genellikle uçucu katı madde giderme yüzdesinden tahmin edilir. Tipik değerler 0.75 ile 1.12 m<sup>3</sup> gaz/kg giderilen uçucu katı madde olarak verilmektedir. Gaz oluşumu, çamurun uçucu katı madde içeriğine ve çürüttüdeki biyolojik aktivitete bağlı olarak geniş bir aralıktır. Çürüttülerin UKM giderimi, biyogaz ve enerji eldesini artttırığı için maksimize edilmelidir.

Biyogaz, bileşimindeki metanın yanıcı etkisi yüzünden enerji açısından değerli bir gazdır. Yine içerisindeki hidrojen sülfürün su ile karışımı sonucunda oluşan asidin korozif etkisinden dolayı üretim tesislerinde dikkat edilmesi gereken bir gazdır. Metan gazı normalde renksiz ve kokusuz bir gaz olmasına rağmen biyogaz içeriğindeki hidrojen sülfürden dolayı çürük yumurta gibi kokar. Biyogaz içeriğindeki hidrojen sülfürün oranı artıkça bu koku keskinleşmektedir. Bu yüzden desülfirizasyon yapılması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında bir kentsel atıksu arıtma tesisi anaerobik çamur çürüttüsüne ait 2011 yılı verileri doğrusal regresyon metodu kullanılarak biyogaz H<sub>2</sub>S ve Çürüttü UKM çıkış değerlerine etki eden parametreler belirlenmeye çalışılmıştır.

## MATERYAL METOT

Kentsel atıksu arıtma tesisi (AAT) anaerobik çamur çürüttü biyogaz H<sub>2</sub>S konsantrasyonu ve UKM gideriminin modellemesi AAT'nin 2011 yılına ait 933 adet veri üzerinde IBM SPSS Statistics 23 programı kullanılarak yapılan regresyon ve korelasyon ile yapılmıştır. SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), ilk sürümü 1968 yılında piyasaya verilmiş istatistiksel analize yönelik bir bilgisayar programıdır. SPSS programı baz kısmında istatistiksel analiz yanında "veri yönetimi (hal seçimi, yeniden dosya şekillendirme,

**Tablo 1.** Giriş ve çıkış parametreleri

<b>Giriş parametreleri</b>		<b>Çıkış parametreleri</b>	
<b>Parametre</b>	<b>Birim</b>	<b>Parametre</b>	<b>Birim</b>
Atık Aktif Çamur (AAÇ)	kg/gün	Biyogaz H <sub>2</sub> S	ppm
Ön Çökeltim Çamuru (ÖÇÇ)	kg/gün	Çürüttüçü UKM <sub>çıkış</sub>	mg/L
Sıcaklık (T)	°C		
Çürüttüçülere Beslenen Çamur Debisi (Q <sub>c</sub> )	m <sup>3</sup> /gün		
Çamur Yoğunlaştırıcı Çıkış UKM (UKM <sub>yoğ</sub> )	mg/L		

türetilmiş veri yaratılması" ve "veri dokümantasyonu (bir veri dosyası içinde bir "meta-veri" sözluğunun depolanması)" işlemlerinin yapılması da bu yazılımın önemli niteliklerindendir (Erman, 2007).

Modellemesi yapılan kentsel AAT anaerobik çamur çürüttüçü için kullanılan giriş ve çıkış parametreleri Tablo 1'de belirtilmiştir.

Giriş parametrelerinin 1'li, 2'li, 3'lü, 4'lü ve 5'li kombinasyonları oluşturularak doğrusal regresyon uygulanmıştır. Biyogaz H<sub>2</sub>S ve çürüttüçü UKM çıkış parametrelerini en iyi tahmin edebilen modeller R ve R<sup>2</sup>, Sigma ve F gibi hata değerleri ile değerlendirilmiştir. Bu adım ilk olarak çürüttüçü UKM çıkış parametresi olmadan yalnızca biyogaz H<sub>2</sub>S çıkış parametresi için, daha sonra çürüttüçü UKM çıkış parametresi için uygulanmıştır. Sonuçlar mevcut parametrelerin H<sub>2</sub>S üzerine etkisinin bulunmadığını göstermiştir. Bu sebeple yalnızca çürüttüçü UKM çıkış parametresine göre modelleme çalışması ilterletilmiştir.

Korelasyon iki değişkenli (bivariate) seçenek ile gerçekleştirılmıştır. Çürüttüçü çıkış UKM parametresi için; öncelikle 5 girişli normalize edilmiş ve gerçek değerler ile modelleme yapılmıştır. Normalize edilmiş değerler ile gerçek değerler karşılaştırıldığında çok fazla fark olmadığı gözlemlendiği için normalize edilmiş değerler dikkate alınmamıştır. Daha sonra gerçek değerler ile 4 tane 1 girişli (AAÇ, ÖÇÇ, UKM<sub>yoğ</sub>, Sıcaklık), 3 tane 2 girişli (AAÇ+UKM<sub>yoğ</sub>, AAÇ+Sıcaklık, UKM<sub>yoğ</sub>+Sıcaklık), 2 tane 3 girişli (AAÇ+Q<sub>c</sub>+UKM<sub>yoğ</sub>, AAÇ+UKM<sub>yoğ</sub>+Sıcaklık), 2 tane 4 girişli model (AAÇ+ÖÇÇ+UKM<sub>yoğ</sub>+Sıcaklık, AAÇ+ Q<sub>c</sub> + UKM<sub>yoğ</sub> + Sıcaklık) ve 1 tane 5 girişli (AAÇ+ÖÇÇ+Q<sub>c</sub>+UKM<sub>yoğ</sub>+Sıcaklık) olmak üzere toplamda 12 adet doğrusal model çalışması yapılmıştır.

Modelleme sonuçlarının korelasyon katsayılarına ve diğer değişkenlere göre en etkili giriş parametreleri belirlenmiştir. Oluşturulan modelin çıkış değerleri hesaplanarak gerçek UKM çıkış değerleri ile Excel üzerinde eşleşme eğrisi oluşturularak karşılaştırılmıştır. Doğruya uzak olan noktalar çıkartılarak modellerin öngörü doğruluğunun ölçümünde kullanılan Ortalama Karesel Hata (Root Mean Squared Error - RMSE) ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error - MAPE) değerleri hesaplanmıştır. Bu istatistiksel hataların formülleri aşağıda (Denklem 1-2) verilmiştir (Wikipedia).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}} \quad (\text{Denklem 1})$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{y_t}}{n} \quad (\text{Denklem 2})$$

$e_t$ : Çürüttüçü çıkış UKM değerleri (model)

$y_t$ : Çürüttüçü çıkış UKM değerleri

n: Veri sayısı

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Doğrusal regresyon ile modelleme sonuçlarına göre, anaerobik çürüttüçü çıkış UKM parametresine etkili parametrelerin AAÇ,  $UKM_{yoğ}$  ve sıcaklık olduğu, ÖÇÇ ve Qç'nin ise bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Bu parametrelerle oluşturulan modellerin karşılaştırılması sonucu sıcaklığın model başarısını arttırmadığı görülmüştür. Korelasyon katsayılarının (R) 1'e yakınlığına ve diğer değişkenlere bakılarak en etkili model olarak 2 girişli model (AAÇ+  $UKM_{yoğ}$ ) seçilmiştir (Tablo 2).

Oluşturulan modelin verdiği değerler ile gerçek değerlerin Excel ortamında oluşturulan dağılım grafiğinde regresyon doğrusuna uzak değerlerin (42 adet) silinmesiyle R ve  $R^2$  değerlerinin 0,41 ve 0,1647 değerlerinden 0,51 ve 0,253 değerlerine arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 1).

En başarılı modelin doğrusal denklemi  $y=9604,107+0,044*AAÇ+0,153*UKM_{yoğ}$  ve RMSE ve MAPE değerleri sırasıyla 2158 ve %12,3 olarak elde edilmiştir. Model giriş parametreleri olarak AAÇ ve  $UKM_{yoğ}$  'nın  $UKM_{çıkış}$  üzerinde etkin faktörler olduğu belirlenmiştir. MAPE'nin %12 ortalama hatayla gerçek değerlere yaklaşması, modelin gerçek değerlerdeki yükselme ve alçalma trendlerini oldukça iyi seviyede yakalayabildiğini göstermiştir.

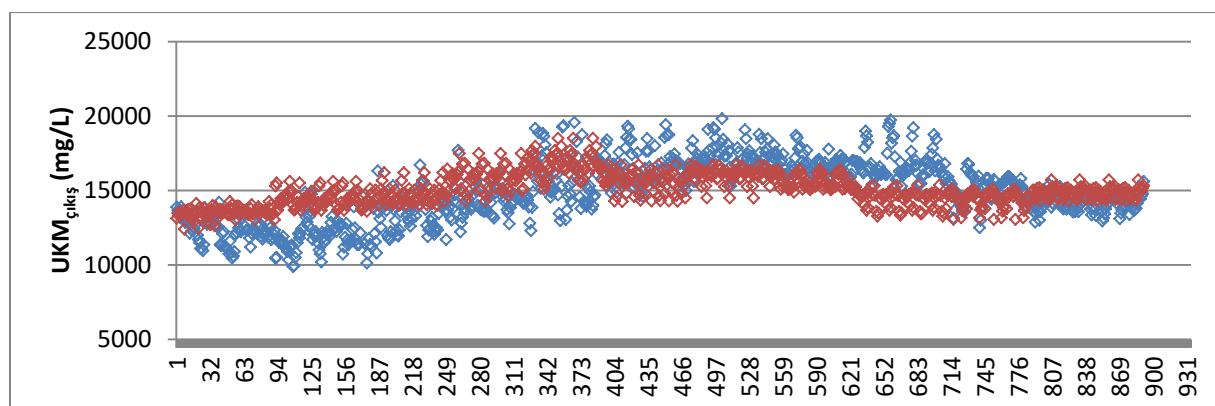
**Tablo 2.** Modellerin karşılaştırılması

UKM	INPUT	R	$R^2$	SIG. (<,05 anlamlı)	B ( $UKM$ 'yi artırma oranı)
1 GİRİŞLİ	AAÇ	0,379	0,144	0,000 <sup>b</sup>	0,056
1 GİRİŞLİ	$UKM_{yoğ}$	0,343	0,118	0,000 <sup>b</sup>	0,213
1 GİRİŞLİ	Sıcaklık	0,204	0,041	0,000 <sup>b</sup>	292,9
2 GİRİŞLİ	AAÇ+ $UKM_{yoğ}$	0,445	0,198	0,000 <sup>b</sup>	AAÇ:0,044 $UKM_{yoğ}$ : 0,153
2 GİRİŞLİ	AAÇ + Sıcaklık	0,383	0,147	0,000 <sup>b</sup>	AAÇ: 0,052 T (°C) : 82,9
2 GİRİŞLİ	$UKM_{yoğ}$ +Sıcaklık	0,350	0,123	0,000 <sup>b</sup>	$UKM_{yoğ}$ :0,194 T (°C): 109,9
3 GİRİŞLİ	AAÇ+ $UKM_{yoğ}$ + Sıcaklık	0,446	0,199	0,000 <sup>b</sup>	AAÇ: 0,045 $UKM_{yoğ}$ : 0,158 T (°C): -38,30

Çürüttüçü UKM konsantrasyonunu etkileyen diğer faktörlerin de mevcut olduğu anlaşılmaktadır. AAÇ'un UKM konsantrasyonunu arttırmasından, anaerobik çürütüşlebilirlik performansını sınırlayıcı olan çamur bileşeni olduğu belirlenmektedir. ÖÇÇ'nun bu durumda daha kolay parçalanabilir yapıda olduğu kabul edilebilir.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kentsel AAT anaerobik çamur çürüttüçü UKM verileriyle yapılan doğrusal regresyon çalışmasında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:



**Şekil 1.** Modelin (AAÇ+UKM<sub>yog</sub> – UKM<sub>çıklı</sub>) gerçek değerle eşleşme grafiği

1. Diğer ilgili parametreler arasından AÇÇ ve UKM<sub>yog</sub> parametrelerinin, çürüttüçü UKM seviyesini artırdığı, sıcaklık, ÖÇÇ ve besleme debisinin UKM gideriminde etkili ve sınırlayıcı olmadığı gözlenmiştir.
2. Elde edilen bu sonuç, anaerobik çürütme prosesinde ÖÇÇ'nun organik içeriğinin daha basit yapıda olduğu ve daha kolay metana dönüştüğünü göstermiştir. Biyolojik fazla çamurun anaerobik ayırsabilirliğinin ise daha düşük olduğu gösterilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 2010, Çevre ve Orman Bakanlığı, Resmi Gazete, Sayı: 27527.
- Debik, E., Manav, N., Coşkun, T., 2008, Biyolojik Temel İşlemler Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Erman, U., 2007, *SPSS Kullanma Kılavuzu*, Eymen İstatistik Merkezi, Yayın No: 1., Ankara.
- Filibeli, A., 1996, Arıtma Çamurlarının İşlenmesi Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:255, İzmir.
- Öztürk, İ., 2007, Anaerobik Arıtma ve Uygulamaları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Öztürk, M., 2010, Atıksuların Havasız Şartlarda Arıtımı Esasları, Ankara.
- Vikipedi: Özgür Ansiklopedi, [tr.wikipedia.org](http://tr.wikipedia.org)

## ANAEROBİK ÇAMUR ÇÜRÜTÜCÜLERDE BİYOGAZ ÜRETİMİNİN MODELLEMESİ

Sofia SAFİ, Neslihan ÖZTÜRK MEN, Hafize HACIMAHMUTOĞLU, Dilek Erdirençelebi

**ÖZET:** Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinden alınan 2012 yılına ait biyogaz ve anaerobik çürüttücüyü etkileyen parametrelerin biyogaz oluşumu üzerinde etkileri, 1-, 2-, 3-, 4-, 5- ve 6-'lı giriş kombinasyonlarıyla modeller oluşturularak incelenmiştir. İnceleme yapılan parametreler atık aktif çamur yükü (AAÇ), ön çökeltim çamur yükü (ÖÇÇ), çamur besleme debisi (Qç), giriş uçucu katı madde (UKM) konsantrasyonu, çürüttüyü sıcaklık ve UKM konsantrasyonudur. Giriş (input) parametreleri farklı kombinasyonlarda İstatistik Programı kullanılarak doğrusal regresyon denklemleri elde edilmiş ve en başarılı modeller ve biyogaza etki eden parametreler belirlenmiştir. Model başarıları R, R<sup>2</sup>, karesel ortalama hata (RMSE) ve mutlak hata (MAPE) değerleri ile karşılaştırma yapılarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyogaz debisi, regresyon, modelleme, anaerobik çamur çürüttücüii.

## MODELING OF BIOGAS IN ANAEROBIC SLUDGE DIGESTERS USING LINEAR REGRESSION

**Abstract:** Models of 1-, 2- 3-, 4-, 5-, 6- input combination scenarios are produced from biogas and anaerobic digester related parameters obtained in a large scale wastewater treatment plant to determine their effects on biogas production. Input parameters were: waste activated sludge (WAS), primary sludge, sludge feeding flow rate, digester's influent volatile solid concentration, temperature and volatile solid concentration. Most effective input parameters on the biogas production were determined after many combinations using linear regression analysis according to model R, R<sup>2</sup> Root Mean Squared Error (RMSE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) values.

**Keywords:** Biogas production, regression, modeling, anaerobic sludge digester.

### GİRİŞ

Anaerobik arıtma, kısaca, organik ve inorganik maddelerin, oksijenin yokluğunda mikroorganizmaların yardımıyla parçalanarak CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S ve NH<sub>3</sub> gibi nihai ürünlere dönüşmesini kapsar. Özellikle enerji maliyetlerinin önemli bir problem olduğu günümüzde, aerobik arıtma nazaran daha az enerji gerektirmesi ve hatta proses sonucu ortaya çıkan metanın enerjiye dönüştürülebilmesi anaerobik arıtmanın daha da yaygın bir şekilde kullanılmasına neden olmuştur. Anaerobik arıtma sistemleri biyolojik ve fiziksel arıtmalarda oluşan çamurların stabilizasyonunda uygulandığı gibi evsel nitelikli, yüksek organik yükü olan endüstriyel atıksuların ve çöp sızıntı sularının arıtımında da kullanılmaktadır (Debik ve d., 2008). Biyogaz, anaerobik prosesten ortaya çıkan ve ana bileşenleri CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> olan bir gaz karışımıdır. Bu iki gazın toplam biyogaz içindeki miktarı %98 iken H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> gibi metan harici diğer gazlar biyogazın %2'lik kısmını teşkil ederler (EIA, 2000). Biyogazın üretimi üç aşamada meydana gelmektedir. Birinci aşamada, uzun zincirli organik

moleküller asidojenik bakteriler tarafından ferment edilip parçalanarak organik asitlere dönüştürülür ve işlem sırasında hidrojen ve karbon dioksit gazları açığa çıkar. Organik atıkların büyük bölümü, bu başlangıç aşaması sırasında suda çözünür hale gelir. İkinci aşamada organik asitler acetogenic bakteriler tarafından acetate ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), hidrojen ( $\text{H}_2$ ) ve karbon dioksit ( $\text{CO}_2$ ) dönüştürülür. Ancak, oluşan hidrojenin ortamdan uzaklaştırılması ile bu tepkime gerçekleştirilebilir duruma gelmektedir. Bu işlem, metabolizmalarında hidrojen kullanan metan arke bakterilerince yapılır. Üçüncü aşama asıl olarak arkebakteri olan metanojenik mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Bu mikroorganizmalar özel hücre yapılarına bağlı olarak diğer birçok canlıının yaşayamayacağı sıcaklıklarda da yani  $70^\circ\text{C}$ 'nın üzerindeki sıcaklıklarda varlıklarını sürdürmektelardır.

Havasız arıtma sistemlerinde ilk yatırım ve işletme maliyeti ciddi seviyelere çıkmakta arıza durumlarında zaman ve para kayipları yaşanmaktadır (Öztürk, 2007). Proses sırasında oluşan ve kontrolü gereken ürünler, ekipman hassasiyeti atıksu karakterindeki baskın faktörler sebebiyle tasarımin dışında oluşan durumlar ve işletme zorlukları görülmektedir. Anaerobik tankta olumsuz çevre şartlarında, sistemde biyokütle kaybı yaşandığında sistemin eski haline dönmesi ve sistemin başlangıcında denge sağlanması uzun bir zaman kaybına neden olur. Havasız proseslerde biyolojik büyümeye hızı ve ilave besi maddesi ihtiyacı da aerobik sistemlere göre daha azdır (%5-15). Bu durum, arıtma sonrasında biyolojik çamur bertarafının aerobik sistemlere göre daha kolay ve düşük maliyetli olacağını göstermektedir. Havasız arıtma esnasında metan gazının oluşması sistemin diğer bir üstünlüğüdür. Metan elektrik veya ısı enerjisi üretimi için kullanılabilir enerji kaynağıdır ve enerji değeri standart şartlarda ( $0^\circ\text{C}$ , 760 mmHg basıncı) 35,8 kJ/L'dir.

Kentsel atıksu arıtma tesislerinde (AAT) anaerobik çürütücülerin biyogaz üretim performansı tesisin ekonomisinde önemli bir faktördür, bu yüzden biyogaz üretimine etki eden faktörlerin belirlenmesi için modeller kullanılabilir. Bu çalışma kapsamında, doğrusal regresyon uygulanarak anaerobik çürütücülere beslenen katı, debi ve uygulanan sıcaklık parametrelerinin biyogaz üretimine etkileri belirlenmeye çalışılmış ve farklı kombinasyonla oluşturulan modellerin başarıları karşılaştırılmıştır.

## MATERIAL VE METOT

Biyogaz modellerinin oluşturulmasında bir kentsel AAT'ye ait anaerobik çamur çürütücülerinin 2012 yılına ait biyogaz, atık aktif çamur yükü (AAÇ), ön çökeltim çamur yükü (ÖÇÇ), çamur besleme debisi (Qç), çamur yoğunlaştırıcı çıkış uçucu katı madde ( $\text{UKM}_{\text{yoğ}}$ ) konsantrasyonu, çürütücü sıcaklık ve  $\text{UKM}_{\text{çürütücü}}$  konsantrasyon değerleri arasında ölçülmeyen değerler çıkartılarak düzenleme yapılmıştır. Düzenlenen veriler ile SPSS programında 1-, 2-, 3-, 4-, 5- ve 6-'lı giriş kombinasyonlarıyla modeller oluşturuldu ve R,  $R^2$  değerlerine göre model başarıları belirlendi. Tüm verilerin korelasyonu yapıldığında oluşan biyogaz debisini artırıcı yönde olan parametreler; Fazla Aktif Çamur (FAÇ), Besleme Debisi, Çamur Yoğunlaştırıcı Çıkış UKM değeri ve Çürütücü Çıkış UKM olarak gerçekleşmiştir.

SPSS programında bütün modellerin Korelasyon değerleri, Anova Katsayıları elde edilmiştir. Korelasyon tablosunda, tüm parametrelerle aralarındaki ilişki/etkileşim seviyesi

elde edilmiştir. Anova tablosunda anlamlılık katsayısı olan sigma değerine bakılmıştır. Son olarak katsayı tablosu ile de oluşturulan modelin denklemi için gereken katsayılar ve sabitler bulunmuştur.

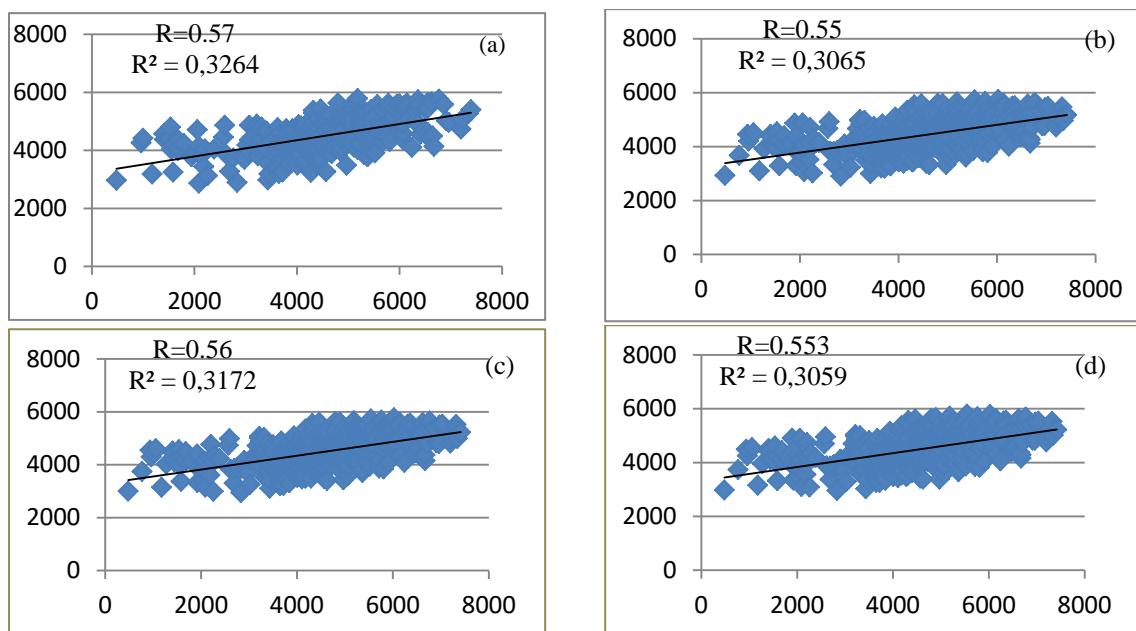
Kombinasyonlarda giriş parametrelerinin 1-li, 2-li, 3-lü, 4-lü ve 5-li olarak biyogaz oluşumuna etkileri incelenmiştir. Tüm bu yapılan işlemler Çürüttü Çıkış UKM ( $UKM_{çıkış}$ ) parametresi çıkarılarak da toplam 5 parametre ile yapıldı. R bazında en iyi modeller belirlenerek RMSE (karesel ortalama hata, Root Mean Squared Error)(denklem 1) ve mutlak hata MAPE (hata yüzdesi) hesaplanarak (denklem 2) en başarılı model seçilmiştir.

$$RMSE = \sqrt{\sum((\text{gerçek biyogaz değeri} - \text{modelle bulunan değer})^2) / \text{veri sayısı}} \quad (\text{denklem 1})$$

$$MAPE = \left( \frac{|\text{gerçek biyogaz debisi} - \text{modelle bulunan değer}|}{\text{gerçek biyogaz debisi}} \right) \times 100 \quad (\text{denklem 2})$$

2)

Şekil 1 a-d'de modeller ile gerçek değerler arasında bir uyum gözlenmektedir. Bu uyumu bozan birkaç üç değerinin çıkarılmasıyla  $R^2$  değeri, en yüksek değerine Model 1'de ulaşmıştır (0,3264).



Şekil 1. En başarılı model sonuçlarının gerçek değerle uyumu (a) Model1, (b) Model2, (c) Model3, (d) Model4

## BULGULAR

En iyi modellerin seçilip incelenmesi sırasında biyogaz debisini azaltıcı (-) yönde olan parametreler ÖCÇ yükü ve sıcaklık olarak görülmüştür. Biyogaz oluşumu üzerinde sıcaklığın

pozitif etkisi bilindiği için elde edilen sonuç, sıcaklığın belirgin miktarda değişmediği için aslında etkisiz kaldığı veya doğru ölçülmemiş şeklinde değerlendirilmiştir.

Parametrelerin biyogaz oluşumuna tek tek etkileri incelendiğinde en etkili parametrenin besleme debisi olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Modelin yaklaşımında  $R= 0.366$  ve  $R^2=0.134$  olarak bulunmuştur. Diğer parametrelere göre daha büyük olduğundan ve  $\text{sig}<0.05$  olduğundan en etkili parametre olarak değerlendirilmiştir.

İkili kombinasyonlar arasında  $Q_c$  ve  $\text{UKM}_{yoğ}$ 'nin  $R=0.441$  ve  $R^2 = 0.194$  olarak önceki başarı seviyesini artırdığı gözlenmiştir.  $Q_c$  ve  $\text{UKM}_{yoğ}$  girdilerine sıcaklığın eklenmesi ile  $R$  değeri 0.505'e yükselerek modelin başarısını artırmıştır. Bu modele  $\text{UKM}_{çıkış}$  parametresinin de eklenmesi ile  $R$  değeri 0.513'e yükselerek daha başarılı bir model elde edilmiştir. En son olarak 5'li kombinasyonda bütün girdilerin kullanılması ile modelin başarısı artmıştır. Sigma katsayısının 0.05 ten küçük çıkması modelin anlamlılığını göstermektedir ve bulgular sonucunda 4 model içinde 0.05 ten küçük olduğu söylenebilir. Tüm yapılan işlemlerden sonra en iyi 4 model seçilmiştir.

Giriş parametrelerden çürüttüçü çıkış  $\text{UKM}_{çıkış}$ , parametresi çıkarıldığında elde edilen kombinasyonlarda elde edilen model başarılarının arttığı gözlenmiştir. En etkili parametrenin  $R= 0.335$  ile çamur besleme debisi olduğu görülmüştür (Tablo 2). İkili kombinasyonlar incelendiğinde  $\text{UKM}_{yoğ}$ 'nın eklenmesinin model başarısını yükselttiği ( $R= 0.465$ ) gözlenmiştir. Üçlü kombinasyonlarda  $Q_b$ ,  $\text{UKM}_{yoğ}$  ve sıcaklık parametreleri ile oluşturulan model3'ün  $R=0.527$  ile gerçek değere yaklaşımı artmıştır. 4'lü kombinasyonda ise  $\text{ÖÇÇ}$ ,  $Q_b$ ,  $\text{UKM}_{yoğ}$ , sıcaklık ile oluşturulan modelin başarısı ( $R=0.528$ ) aynı seviyede kalmıştır.

$M1$  in MAPE değeri % 14 iken diğer modellerin daha yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 3). MAPE değerleri hesaplanırken görülmüştür ki model 1900-6000  $\text{m}^3/\text{gün}$  debi aralığında daha başarılıdır. Bu göz önüne alınarak veriler arasında 1900  $\text{m}^3/\text{gün}$  ün altında olan değerler silinip tekrar düzenlenerek hesaplanan MAPE değeri kabul edilmiştir.

Buna göre model ile gerçek biyogaz debisi arasındaki ilişki 1900'ün altında olanlar silinmiş ve silinmemiş olarak Şekil 2 a/b'de gösterilmiştir.

## SONUÇLAR

- En başarılı model biyogaz üretimi,  $M1= 4372,988+ (0.007 \times \text{FAÇ}) - (0.001 \times \text{ÖÇÇ}) + (7.536 \times Q_b) + (0.062 \times \text{UKM}_{yoğ}) - (132.141 \times T (\text{°C})) + (0.054 \times \text{UKM}_{çıkış})$

Tablo1. En başarılı modellerin korelasyon ve sigma katsayıları

Model	Denklem	R	Sigma
<b>M1</b>	Biyogaz üretimi= $4372,988+ (0.007 \times \text{FAÇ}) - (0.001 \times \text{ÖÇÇ}) + (7.536 \times Q_b) + (0.062 \times \text{UKM}_{yoğ}) - (132.141 \times T (\text{°C})) + (0.054 \times \text{UKM}_{çıkış})$	0.553	0.000
<b>M2</b>	Biyogaz üretimi = $3819,610+ (0.003 \times \text{FAÇ}) - (0.000 \times \text{ÖÇÇ}) + (7.435 \times Q_b) + (0.071 \times \text{UKM}_{yoğ}) - (101.015 \times T (\text{°C}))$	0.529	0.000
<b>M3</b>	Biyogaz üretimi = $4040.619+ (\text{UKM}_{yoğ} \times 0.068) - (102.300 \times T (\text{°C})) + (7.589 \times Q_b)$	0.527	0.000
<b>M4</b>	Biyogaz üretimi = $3833.436+ (0.070 \times \text{UKM}_{yoğ}) - (100.471 \times T (\text{°C})) + (0.004 \times \text{FAÇ}) + (7.470 \times Q_b)$	0.528	0.000

Tablo 2. Giriş parametrelerinin 1-li kombinasyon sonuçları

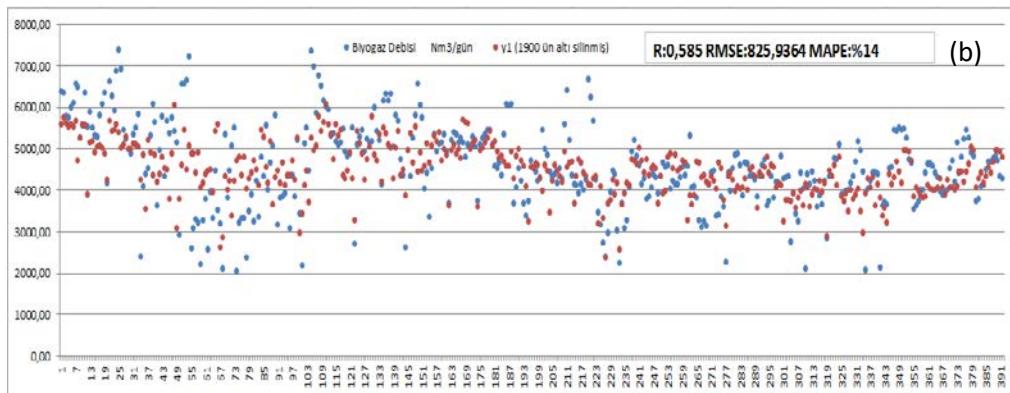
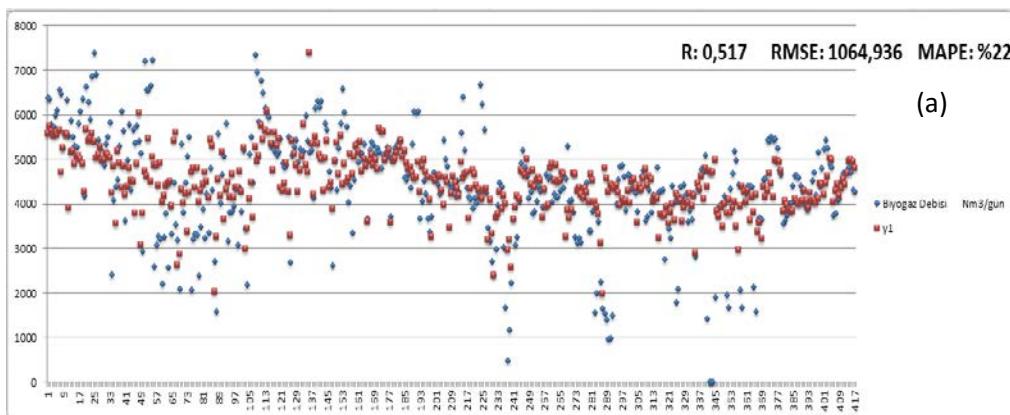
Giriş parametreleri	R	R <sup>2</sup>	Sig.	Denklem	Yorum
FAÇ	0.067	0.004	0.067	y=4277.969+(0.006x FAÇ)	Sig>0.05 ve R <sup>2</sup> çok küçük olduğundan çok etkili değildir.
ÖÇÇ	0.027	0.001	0.461	y=4547.651- (0.001x ÖÇÇ)	Sig>0.05 ve R <sup>2</sup> çok küçük olduğundan çok etkili değildir
Q <sub>b</sub>	0.335	0.113	0.000	y=2208.102+(6.823x besl. Debisi)	R <sup>2</sup> si diğer parametrelere göre daha büyük olduğundan ve sig<0.05 olduğundan en etkili parametredir.
UKM <sub>yoğ</sub>	0.272	0.074	0.000	y=2838.688+(0.063x ÇYÇ UKM)	
T (°C)	0.287	0.082	0.000	y=8924.514-(117.541x Çür.Sıcaklık)	

doğrusal regresyon denklemi ve FAÇ, ÖÇÇ, UKM<sub>YOĞ</sub>,UKM<sub>ÇIK</sub>, Q<sub>b</sub>, T(°C) ile 5-li kombinasyonda elde edilmiştir.

- M1'in R<sup>2</sup> değeri 0.306 iken; M2, M3, M4 ün R<sup>2</sup> değerleri sırasıyla 0.279, 0.277, 0.279 olarak elde edilmiştir. RMSE değeri en düşük M4'te ve en yüksek M1 de (1064,9361) elde edilmiştir. Buna karşın mutlak hata MAPE değeri en düşük M1'de %14 olarak gerçekleşmiştir. Yapılan işlemler sonucunda tüm bu değerlerde göz önüne alındığında mutlak hata oranı en düşük olan M1 modeli, RMSE değeri yüksek olmasına rağmen R<sup>2</sup> ve MAPE değerleri dikkate alınarak en başarılı model olarak belirlenmiştir.

Tablo 3. En başarılı modellerin hata değerleri

MODEL	R	R <sup>2</sup>	RMSE	MAPE
M1 (FAÇ,ÖÇÇ,UKM <sub>YOĞ</sub> ,UKM <sub>ÇIK</sub> , Q <sub>b</sub> , T(°C))	0.553	0.306	1064,9361	%14
M2 (FAÇ,ÖÇÇ,UKM <sub>YOĞ</sub> , , Q <sub>b</sub> , T(°C))	0.529	0.279	962,06	%21
M3 (UKM <sub>YOĞ</sub> , Q <sub>b</sub> , T(°C))	0.527	0.277	961,31	%21
M4 (FAÇ, UKM <sub>YOĞ</sub> , , Q <sub>b</sub> , T(°C))	0.528	0.279	960,07	%15



Şekil 2: Gerçek değerler ile model sonuçlarının eşleşmesi: (a) Bütün gerçek değerlerle model sonuçlarının eşleşmesi, (b) 1900  $\text{m}^3/\text{gün}$  altındaki değerlerin çıkarılması ile elde edilen eşleşme

## KAYNAKLAR

Debik, E., Neslihan,M., Tamer, C., 2008, Biyolojik Temel İşlemler Ders Notları, İstanbul, 121.

IEA Raporu, 2000, Task24- Energy From Biological Conversion of Municipal Solid Waste.

Öztürk, I., 2007, Anaerobik Arıtma ve Uygulamaları, Su Vakfı Yayıncılığı, İstanbul.

## ANAEROBİK ÇAMUR ÇÜRÜTÜCÜLERDE BİYOGAZ ÜRETİMİNE ETKİ EDEN PARAMETRELERİN LİNEER REGRESYON İLE BELİRLENMESİ

Fatma Nur AKGÜL, Beyza ÇINGİL, Nesrin TÜRKMAN, Dilek ERDİRENÇELEBİ

**ÖZET:** Bir kentsel Atıksu Arıtma Tesisi'nin anaerobik çamur çürütticisine ait 2011 verileri kullanılarak (atık aktif çamur (AAC), ön çökelme çamuru (ÖCC), çamur besleme debisi, çamur yoğunlaşturma çıkış uçucu katı madde (UKM) konsantrasyonu, çürüttüçü sıcaklık) 1-, 2-, 3-, 4- ve 5-'li kombinasyonlarla istatistik programı kullanılarak doğrusal regresyon modelleri oluşturulmuş ve giriş parametrelerinin biyogaz debisi üzerine etkileri araştırılmıştır. R,  $R^2$  ve diğer istatistik değerleri ile model başarıları incelenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda parametrelerle biyogaz üretimi arasında korelasyon değerinin ( $R$ ) 1'e yakınlığı baz alınarak belirlenen en başarılı modellerin tahmin değerlerinin ortalaması karesel hata (RMSE) ve mutlak yüzde hatası (MAPE) hesaplanmış ve MAPE değerlerinin aynı çıkması dolayısıyla RMSE değerine göre en başarılı model belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** biyogaz üretimi, regresyon, modelleme, RMSE, MAPE, anaerobik çamur çürüttüçü.

**Abstract:** Anaerobic sludge digester related data of a municipal Wastewater Treatment Plant were modelled using linear regression with combinations as 1-, 2-, 3-, 4- and 5- input where parameters were waste activated sludge, primary sludge, sludge feed flow, thickened sludge volatile solid concentration and digester temperature and the output was the biogas production. Influential input parameters on the biogas production were determined according to model success levels with R,  $R^2$ , RMSE and MAPE values.

**Keywords:** Biogas production, regression, modelling, RMSE, MAPE, anaerobic sludge digester.

### GİRİŞ

Endüstriyel ve evsel atık suların arıtımında kullanılan anaerobik arıtma teknolojisi yaklaşık yüz yıldır kullanılan yaygın bir teknolojidir. Atıktaki enerjinin geri kazanımına olan ilginin artması ve aerobik arıtma sırasında ortaya çıkan çamurun fazla olması ve bunun yarattığı çevre sorunları, anaerobik biyoteknolojiye olan ilginin artmasına neden olmuştur. Başta tarımsal ve gıda endüstrisi atıkları olmak üzere biyolojik olarak parçalanabilir maddeler ihtiyaç eden karbonlu atıkların anaerobik olarak arıtılması mümkündür. Kompleks organik maddelerin anaerobik koşullarda parçalanması çok kademeli birbirini izleyen reaksiyonlar dizisi ile tanımlanabilir (Bayrak ve d., 2014).

Oksijensiz biyogaz üretim süreçlerinde karmaşık organik bileşiklerin metan gazına dönüştürülmesinde, çeşitli tür ve özellikte mikroorganizma grupları yer almaktadır. Bu karmaşık organiklerin oksijensiz ortamda ayrıştırılması; hidroliz, asit üretimi ve metan üretimi olmak üzere üç aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşama olan **hidroliz** kademesinde, katı veya çözünmüş halde olan yağ, polisakkarit, protein ve nükleik asit gibi karmaşık organik maddeler daha basit yapıya dönüştürülür. Hidroliz hızını etkileyen en önemli faktörler pH ve sıcaklıktır. Yağ, selüloz ve lignin gibi hidroliz hızı yavaş olan maddeler içeren organik hammaddenin oksijensiz ortamda parçalanmasında hidroliz kademesi hız sınırlayıcıdır. **Asit** üretimi olan ikinci kademe ise asetojenik bakteriler birinci kademe hidroliz ürünlerini

asetik, bütirik, izobütirik, valerik ve izovalerik asit gibi ikiden daha fazla karbonlu yağ asitlerine dönüştürürler. Üçüncü aşama olan **metan** üretimi kademesinde de diğer iki kademe ile oluşan ürünler metan üreten bakterilerce metan gazına dönüştürülür. Metan üretimi yavaş bir süreç olup oksijensiz parçalamada hız sınırlayıcı safhadır. Metan, asetik asidin parçalanması ve/veya H<sub>2</sub> ile CO<sub>2</sub>'in sentezi sonucu üretilir (Öztürk, 2005).

Anaerobik reaktörler kentsel AAT'lerde atık biyolojik ve ön çöktürme çamurlarının stabilizasyonunda, çöp sızıntı sularının arıtımında ve yüksek organik yükü olan endüstriyel atıksuların arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Atıksudaki organik maddenin hem yüksek hem de kompleks yapıda olması anaerobik çürütmemi zorunlu kılmaktadır.

Anaerobik çamur çürütme tasarımları UKM giderimi üzerinden yapılmaktadır. Kentsel AAT'lerde bütün tesisin enerji ihtiyacının yaklaşık %70'i çamur çürütücülerden elde edilen biyogazla geri kazanılır. İşletim sırasında gerçekleşen aksaklıklara en kısa zamanda çözüm bulunmaya çalışılmaktadır. Bu yüzden biyogazın kararlı bir şekilde üretimi gereklidir. Bu nedenle biyogazın maksimum üretimi bir tesis için büyük öneme sahiptir. Dolayısıyla biyogaz üretimi üzerinde etki eden parametrelerin incelenerek anaerobik çürütücülerin modellenmesi günümüzde önem kazanmaktadır. Biyogaz eldesinde önemli olan parametreler; çamur besleme debisi (Q<sub>c</sub>), ön çöktürme çamur yükü (ÖÇÇ), atık aktif çamur (AAÇ) yükü, çürütücü sıcaklığı ve giriş UKM konsantrasyonudur. Parametrelerin değişimine göre biyogaz üretiminin nasıl etkilendiğini daha detaylı incelemek amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Bu parametrelerin birbirleri ile olan ilişkilerinin biyogaz üretimi üzerine etkisi incelenmiştir.

## MATERIAL VE METOT

AAT 2011 yılı anaerobik çamur çürütücü verileri ham olarak 1400 adet, düzenlenmiş hali ise 706 adet olmak üzere modellemeye uygun olarak 5 giriş (AAÇ, ÖÇÇ, Q<sub>c</sub>, UKM ve T(°C)) ve 1 çıkış (biyogaz üretimi) olarak Tablo 1'de gösterilmiştir. Veriler SPSS programına aktarıldıkten sonra parametrelerin 1-, 2-, 3-, 4- ve 5-'li kombinasyonları doğrusal regresyonla oluşturulmuş ve R, R<sup>2</sup> ve diğer istatistik terimleri elde edilmiştir. R +1'e en yakın dört model belirlenmiştir. Bu modellerin verdiği sonuçlar hesaplanarak gerçek değerlerle birlikte grafiklere aktarılmıştır. Oluşturulan grafiklerin üzerinde verilerin doğrusallığı olan yakınlığı kontrol edilmiştir. Model çıktıları ile gerçek değerlerin arasındaki RMSE ve MAPE hataları hesaplanmıştır (Wikipedia).

SPSS bilgisayar programı (Statistical Package for the Social Sciences), ilk sürümü 1968 yılında piyasaya verilmiş istatistiksel analize yönelik bir bilgisayar programıdır. SPSS özellikle "Sosyal Bilimler" dalında istatistiksel analiz için çok geniş olarak kullanılmaktadır. İncelenen parametrelerin biyogaz üretimi üzerindeki başarı durumu detaylı bir şekilde yorumlanarak en başarılı model seçilmiştir.

Ortalama karesel hata (**RMSE**) ve mutlak hata (**MAPE**) aşağıdaki formüllere (Denklem 1-2) göre hesaplanmıştır (Wikipedia).

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad \text{(Denklem 1)} \quad M = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|, \quad \text{(Denklem 2)}$$

**Tablo 1:** Giriş ve Çıkış Parametreleri ve Birimleri

Giriş parametreleri	Birim
Atık Aktif Çamur (AAÇ)	kg/gün
Ön Çökeltme Çamuru (ÖÇÇ)	kg/gün
Çamur Besleme Debisi ( $Q_C$ )	$m^3/\text{gün}$
Çamur Yoğunlaştırıcı Çıkış Uçucu Katı Madde (UKM)	mg/L
Çürüttüçü Sıcaklık (T)	°C
<b>Çıkış parametresi</b>	
Biyogaz Debisi ( $Q_{CH_4}$ )	Nm <sup>3</sup> /gün

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Anaerobik çamur çürüttüçülerde AAÇ, ÖÇÇ,  $Q_C$ , UKM<sub>giriş</sub> ve çürüttüçü sıcaklık ölçütleri gibi önemli giriş parametrelerinin biyogaz debisi üzerine etkileri 1-, 2-, 3-, 4- ve 5-'li giriş kombinasyonlarında SPSS programı kullanılarak doğrusal regresyon modelleri oluşturulmuş ve R,  $R^2$  ve diğer istatistik terimleri incelenerek model başarıları belirlenmiştir (Tablo 2).

Çamur besleme debisinin biyogaz üretimine etkisi tekil olarak, en etkili parametre olduğunu göstermiştir ve Model 1 olarak incelenmiştir. Besleme debisinin biyogaz üretimi değişkeninin üzerindeki varyansı ( $R^2$ ) 0,405 olarak diğer bir ifade ile besleme debisinin biyogaz üretiminin modellemede yaklaşımı % 40,5 olarak elde edilmiştir. Bu değişkenlere ait ortalamaların arasındaki fark (F change) 477,524 olarak elde edilmiştir ve bu farkın anlamlı olup olmadığı Sig F Change (F'in anlamlılık testinin p değeri) değerine bakılarak karar verilmektedir (Erman, 2007). Tablo 2'deki anlamlılık Sig F Change sütunundaki değer ise söz konusu değişkenler arasında ki ilişkinin  $p < 0,01$  düzeyinde istatiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla MODEL 1'in anlamlı olduğu gözlemlenmiştir. Model 1'in standart sapması (953) ile gerçek değerlerin standart sapmasının (1153) birbirine yakın olduğu fakat model sonuçlarının daha az salınımlı ve kararlı seviyede kaldığı gözlemlenmiştir.

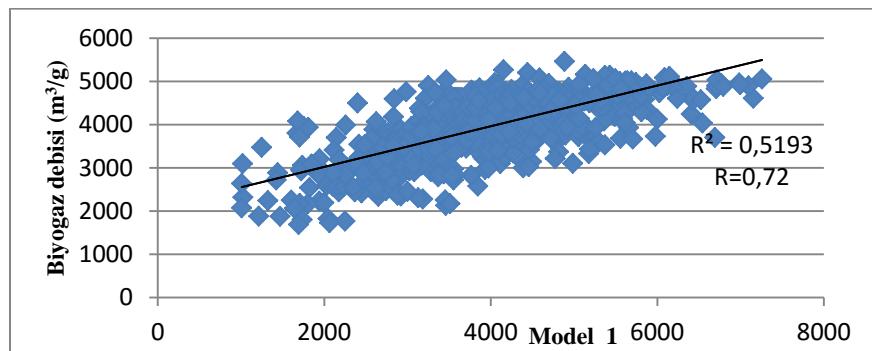
Model 1 sonuçları ile gerçek değerlerin Excel ortamında oluşturulan dağılım grafiğinde regresyon doğrusuna uzak değerlerin (16 adet) silinmesi ile R ve  $R^2$  değerlerinin 0,636 ve 0,405 seviyesinden 0,720 ve 0,5193 seviyelerine arttığı gözlenmiştir (Şekil 1).

Üçlü kombinasyonların (AAÇ,  $Q_C$ , T(°C)) sonucunda elde Model 2 için varyans ( $R^2$ ) 0,44 seviyesinde elde edilmiştir. Bu değişkenlere ait ortalamaların arasındaki fark (F change) 183,646 olarak elde edilmiştir ve MODEL 2'nin anlamlı olduğu gözlemlenmiştir. Model 2'in standart sapması (926) ile gerçek değerlerin standart sapmasının (1153) birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Model 2 ve gerçek sonuçların Excel ortamında oluşturulan dağılım grafiğinde regresyon doğrusuna uzak değerlerin (16 adet) silinmesi ile R ve  $R^2$  değerlerinin 0,663 ve 0,440 seviyesinden 0,749 ve 0,5622 seviyelerine arttığı gözlenmiştir (Şekil 3).

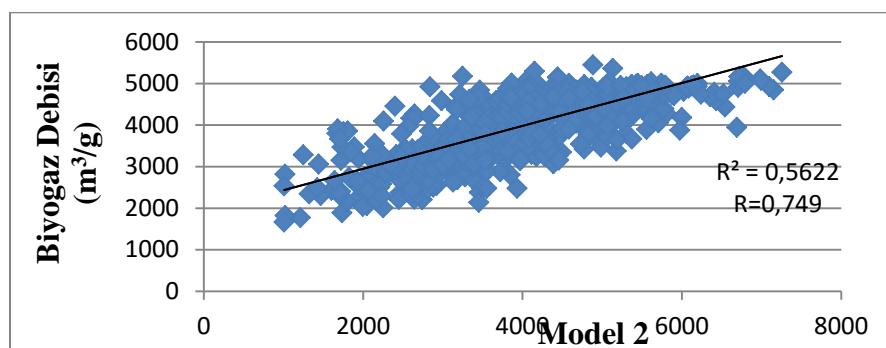
**Tablo 2:** Oluşturulan kombinasyonlar ve elde edilen istatistiksel sonuçlar

INPUT	OUTPUT	R	R SQUARE	ADJ. R SQUARE	STD. ERROR OF THE ESTIMATE	R SQUARE CHANGE	F CHANGE	$d_{f_1}$	$d_{f_2}$	SIG F CHA NGE
1	6	0,180	0,032	0,031	1215,77196	0,032	23,545	1	703	0,000
2	6	0,195	0,038	0,036	1211,42936	0,038	27,624	1	702	0,000
3	6	0,636	0,405	0,404	953,77501	0,405	477,524	1	703	0,000
4	6	0,233	0,054	0,053	1202,00450	0,054	40,283	1	703	0,000
5	6	0,333	0,111	0,110	1165,44420	0,111	87,649	1	703	0,000
1-2	6	0,214	0,046	0,043	1207,40140	0,046	16,750	2	701	0,000
<u>1-3</u>	6	<u>0,653</u>	0,427	0,425	936,59493	0,427	261,115	2	702	0,000
<u>3-5</u>	6	<u>0,657</u>	0,432	0,430	932,11047	0,432	267,019	2	702	0,000
4-5	6	0,326	0,106	0,104	1169,32959	0,106	41,702	2	702	0,000
<u>3-4</u>	6	<u>0,642</u>	0,412	0,410	948,59977	0,064	23,978	2	702	0,000
1-5	6	0,310	0,096	0,094	1175,80171	0,096	37,390	2	702	0,000
1-4	6	0,253	0,064	0,061	1196,6408	0,064	23,978	2	702	0,000
<u>2-3</u>	6	<u>0,644</u>	0,415	0,413	945,45620	0,415	248,439	2	701	0,000
2-4	6	0,272	0,074	0,071	1189,25135	0,074	28,046	2	701	0,000
2-5	6	0,326	0,106	0,104	1168,32699	0,106	41,726	2	701	0,000
1-2-3	6	0,653	0,426	0,424	936,85623	0,426	173,321	3	700	0,000
1-2-4	6	0,274	0,075	0,071	1189,44746	0,075	18,947	3	700	0,000
1-2-5	6	0,326	0,106	0,103	1169,14817	0,106	27,784	3	700	0,000
2-4-5	6	0,341	0,116	0,113	1162,57444	0,116	30,745	3	700	0,000
2-3-5	6	0,660	0,436	0,433	929,10185	0,436	180,140	3	700	0,000
1-3-5	6	0,663	0,440	0,438	926,17226	0,440	183,646	3	701	0,000
1-4-5	6	0,328	0,107	0,104	1169,40569	0,107	28,100	3	701	0,000
3-4-5	6	0,658	0,433	0,430	932,29804	0,433	178,180	3	701	0,000
1-2-3-4	6	0,654	0,427	0,424	936,76468	0,427	130,302	4	699	0,000
1-2-3-5	6	0,664	0,441	0,438	925,28754	0,441	137,917	4	699	0,000
2-3-4-5	6	0,662	0,438	0,435	927,65894	0,438	136,320	4	699	0,000
1-2-3-4-5	6	0,664	0,441	0,437	925,95009	0,441	110,176	5	698	0,000
Çürücü çıkış (UKM)	6	0,106	0,011	0,009	1241,94226	0,011	6,025	1	527	0,000



**Şekil 1.** Model 1 ( $Q_{\text{ç}} - Q_{\text{CH}_4}$ ) için gerçek değerle eşleşme grafiği

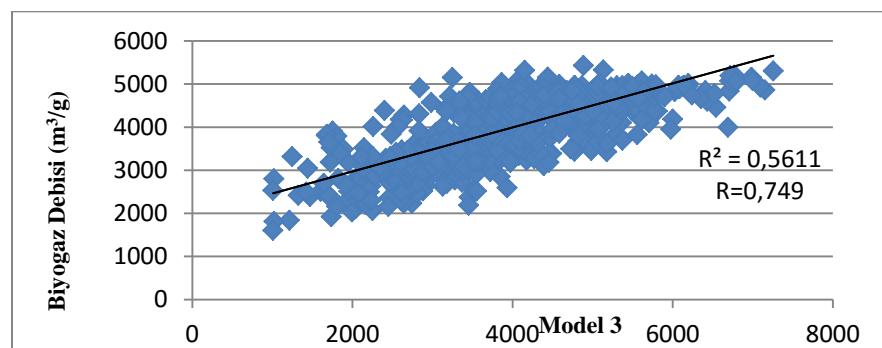
Model 2 için AÇÇ ile gelen bakteri yükü ve reaktör sıcaklığının biyogaz oluşumunda çamur besleme debisine göre başarı seviyesine ilave etkisi %2,7'de kalmıştır. Aktif çamurla gelen bakteri ve reaktör sıcaklığının da biyogaz üretimi üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir.



**Şekil 2:** Model 2 (giriş AAC, QC, T(°C) -  $Q_{\text{CH}_4}$ ) için gerçek değerle eşleşme grafiği

Dörtlü kombinasyonların (AAC, ÖÇÇ,  $Q_{\text{ç}}$ ,  $T(^\circ\text{C})$ ) sonucu elde edilen en başarılı model olan Model 3 için üzerinde varyansı ( $R^2$ ) 0,441 seviyesinde diğer bir ifade ile besleme debisinin biyogaz üretiminin modellemeye yaklaşımı % 44,1 olarak elde edilmiştir. Bu değişkenlere ait ortalamaların arasındaki fark (F change) 137,917 olarak elde edilmiştir ve Model 3'in standart sapması (925) ile gerçek değerlerin standart sapmasının (1153) birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Model 3 sonuçları ve gerçek biyogaz değerlerinin Excel ortamında oluşturulan dağılım grafiğinde regresyon doğrusuna uzak değerlerin (16 adet) silinmesi ile R ve  $R^2$  değerlerinin 0,664 ve 0,441 seviyesinden 0,749 ve 0,5611 seviyelerine arttığı gözlenmiştir (Şekil 4).

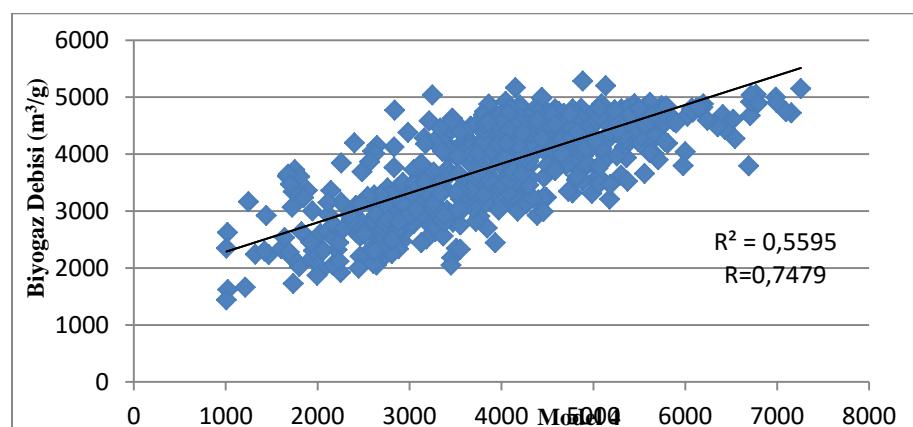
AÇÇ ve ÖÇÇ içeriğinde çürüttücyü beslenen KM yükünün biyogaz Model 1'e ilave katkısı %2,8 'de kalmıştır. Aslında organik maddenin artmasıyla bu yüzde değerin artması beklenir. Bunun nedeni olarak anaerobik çürüttücyünün katı madde yükü bakımından kapasitesinin üstünde çalıştığı sonucuna varılmıştır. Bundan dolayı besleme debisinin biyogaz üretimi üzerindeki etkide en etkin olduğu sonucuna varılabilir.



**Şekil 3.** Model 3 (giriş AAÇ, ÖÇÇ, QÇ, T( $^{\circ}\text{C}$ ) –  $Q_{\text{CH}_4}$ ) için gerçek değerle eşleşme grafiği

Beşli kombinasyon (AAÇ, ÖÇÇ, Qç, UKM, T( $^{\circ}\text{C}$ )) sonucu elde edilen Model 4 için değişkeninin üzerinde varyansı ( $R^2$ ) 0,441 seviyesinde elde edilmiştir. Bu değişkenlere ait ortalamaların arasındaki fark (F change) 110,176 olarak elde edilmiştir ve Model 4'ün anlamlı olduğu gözlemlenmiştir. Model 4'ün standart sapması (925) ile gerçek değerlerin standart sapmasının (1153) birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Model 4 ve gerçek sonuçların Excel ortamında oluşturulan dağılım grafiğinde regresyon doğrusuna uzak değerlerin (16 adet) silinmesi ile R ve  $R^2$  değerlerinin 0,664 ve 0,441 seviyesinden 0,7479 ve 0,5595 seviyelerine arttığı gözlenmiştir (Şekil 4). Model 3'ten farklı olarak UKM'nin de eklenmesi ile bu parametrelerin biyogaz üretimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı gözlenmiştir. Bunun nedeni anaerobik çürütücüün tam karışıklı ve kararlı konumda çalışıyo olması olarak kabul edilebilir.



**Şekil 4.** Model 4 (AAÇ, ÖÇÇ, Qç, UKM, T( $^{\circ}\text{C}$ ) -  $Q_{\text{CH}_4}$ ) için gerçek değerle grafiği

Seçilen en başarılı dört modelden her model için ayrı ayrı RMSE ve MAPE hesaplamaları yapılmıştır (Tablo 3). Modellerin MAPE değerleri aynı seviyede elde edilmiştir. Bu nedenle RMSE değerleri dikkate alınarak en başarılı model belirlenmiştir. RMSE değerlerinden en düşüğü modelin uygulanabilirliği bakımından diğerlere kıyasla daha iyi olduğunu gösterdiği için, yapılan çalışmada en düşük RMSE değere sahip MODEL 2 olarak elde edilirken AAÇÇ, çamur besleme debisi ve sıcaklık parametrelerinin biyogaz debisi üzerine etkisinin diğer parametrelerden daha yüksek olduğu olduğu belirlenmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3:** Çalışmada elde edilen en başarılı model denklemleri, RMSE ve MAPE değerleri

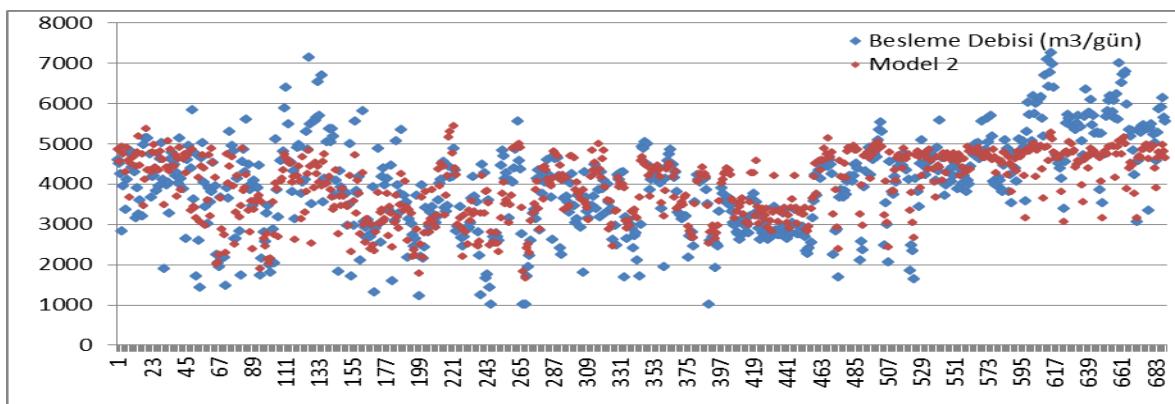
Model Girdileri ve Denklem		RMSE	MAPE
<b>MODEL 1</b>	$Q_C$ ve $Q_{CH_4}$	<b>Denklem 1 =</b> $1682,356 + (Q_C * 7,864)$	802,7807
<b>MODEL 2</b>	$AA\dot{C}$ , $Q_C$ , $T(^{\circ}C)$ ve $Q_{CH_4}$	<b>765,7437</b>	<b>16,971</b>
		<b>Denklem 2 =</b> $5292,697 - ( AA\dot{C} * 0,007 ) + ( Q_C * 7,445 ) - ( T(^{\circ}C) * 95,125 )$	
<b>MODEL 3</b>	$AA\dot{C}$ , $\ddot{O}C\dot{C}$ , $Q_C$ , $T(^{\circ}C)$ VE $Q_{CH_4}$	767,2896	17,1989
		<b>Denklem 3 =</b> $5606,692 + ( Q_C * 7,304 ) - ( AA\dot{C} * 0,005 ) - ( \ddot{O}C\dot{C} * 0,001 ) - ( T(^{\circ}C) * 102,292 )$	
<b>MODEL 4</b>	$AA\dot{C}$ , $\ddot{O}C\dot{C}$ , $Q_C$ , $UKM$ , $T(^{\circ}C)$ VE $Q_{CH_4}$	782,1164	16,3847
		<b>Denklem 4 =</b> $5606,990 - ( \ddot{O}C\dot{C} * 0,001 ) + ( Q_C * 7,303 ) - ( T(^{\circ}C) * 102,253 ) - ( UKM * 6,644E-5 ) - ( AA\dot{C} * 0,005 )$	

Gerçek değerin salınımını hem de en iyi modelin gerçek değeri ne kadar yakaladığını görmek amacıyla Şekil 6 oluşturulmuştur. Gerçek değer ile en iyi modelin ( Model 2) karşılaştırılması sonucu biyogaz üretiminin 2000-5000 Nm<sup>3</sup>/g arasındaki değişimini yakalayabildiği gözlenmiştir. Fakat 5000-7000 Nm<sup>3</sup>/g değerlerinde etkin bir modelleme elde edilememiştir. Bu veriler, giriş parametreleri ile biyogaz üretiminin belirli bir aralıktaki ilişkisi içinde olduğunu göstermektedir.

## SONUÇLAR

Anaerobik çürütücü verileriyle yapılan doğrusal regresyon çalışmasında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Model 1 (giriş parametresi: $Q_C$ ) için verilerin düzenlenmesi ile RMSE değeri 802 ve MAPE değeri %17,8 bulunmuştur.



**Şekil 6.** Gerçek değer ile en iyi modelin (Model 2) karşılaştırılması

2. Model 2 (giriş parametreleri: AAÇ, Q<sub>c</sub>, T(°C)) için verilerin düzenlenip Model 1'e ilave olarak AAÇ ve sıcaklık parametrelerinin de eklenmesiyle RMSE değerinde 765'ye düşüş ancak MAPE değerinde belirgin bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir.
3. Model 3 (giriş parametreleri: AAÇ, ÖÇÇ, Q<sub>c</sub>, T(°C)) için verilerin düzenlenip Model 2'ye ilave olarak ÖÇÇ parametresinin de eklenmesiyle RMSE değerinin 767'ye çıktıığı ancak MAPE değerinde belirgin bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir.
4. Model 4 (giriş parametreleri: AAÇ, ÖÇÇ, Q<sub>c</sub>, UKM, T(°C)) için verilerin düzenlenip Model 3'ye ilave olarak UKM parametresinin de eklenmesiyle RMSE değerinin 782'ye çıktıığı ancak MAPE değerinde belirgin bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir.
5. Hesaplanan MAPE değerlerinin birbirine çok yakın çıkması nedeni ile modellerin uygulanabilirlik açısından değerlendirilmesi RMSE değerlerine göre yapılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda en başarılı modelin Model 2 olduğu sonucuna varılmıştır.
6. Sadece Q<sub>c</sub> ile en başarılı modele göre benzer seviyede başarı elde edildiği, aslında biyogaz üretiminin on-line olarak sadece beslenen çamur debisi ile izlenebileceği gözlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Bayrak, E. H., Yokuş, S. K., Pehlivani, E., 2014, Ülkemizde Evsel Atıksu Arıtma Çamurlarında Biyogaz Üretimi, *Elektronik Mesleki Gelişim ve Araştırma Dergisi (EJOİR)*, 2(1), 232.
- Erman, U., 2007, *SPSS Kullanma Kılavuzu*, Eymen İstatistik Merkezi, Yayın No: 1., Ankara.
- Öztürk, İ., 2005, Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi, Çevre ve Orman Bakanlığı yayınları, Ankara, 85.
- Vikipedia, [tr.wikipedia.org](http://tr.wikipedia.org)

## **BİR ANAEROBİK ÇAMUR ÇÜRÜTÜCÜDE UKM GİDERİMİ VE BIYOGAZ H<sub>2</sub>S KONSANTRASYONUNA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ**

Atilla Kuş, Dilek Erdirençelebi

*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 101221036 KONYA  
atila.kus@ogrenci.selcuk.edu.tr*

### **ÖZET**

Araştırmada bir kentsel Atıksu Arıtma Tesisine ait anaerobik çamur çürüttüçü çıkış uçucu katı madde (UKM) ve biyogaz H<sub>2</sub>S konsantrasyonları üzerinde etkin parametrelerin belirlenmesi için bağımsız değişken giriş parametreleri fazla aktif çamur (FAÇ) yükü, ön çökeltme çamuru (ÖÇÇ) yükü, çamur besleme debisi, çürüttüçü giriş UKM konsantrasyonu ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Tek ve çok girişli kombinasyonlarla oluşturulmuş doğrusal modeller R ve R<sup>2</sup> değerlerine göre değerlendirilmiş ve model başarı seviyesine göre etkin giriş parametreleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Anaerobic çürütmeye, modelleme, biyogaz, H<sub>2</sub>S, uçucu katılar.

### **DETERMINATION OF EFFECTIVE INPUT PARAMETERS ON VOLATILE SOLID REMOVAL AND H<sub>2</sub>S PRODUCTION IN AN ANAEROBIC SLUDGE DIGESTER**

#### **Abstract**

Effective input parameters on an anaerobic digester's volatile solid reduction and H<sub>2</sub>S production in a municipal wastewater treatment plant were determined using linear regression of various input parameters. Primary sludge load, waste activated sludge load, sludge feed flow rate, volatile solids entering the digester and temperature data were evaluated.

**Keywords:** Anaerobic digestion, modelling, biogas, H<sub>2</sub>S, volatile solids.

### **GİRİŞ**

Evsel atıksuların arıtımında klasik aktif çamur sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, özellikle son çökeltim havuzlarında oluşan çamurun stabilizasyonu ayrı bir önem taşımaktadır. Anaerobik çürüttüçüler, arıtma çamurlarının biyolojik stabilizasyonunda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu sistemlerde organik maddeler mikroorganizmalar tarafından metan, karbondioksit ve düşük oranlarda hidrojen sülfür ve hidrojen gazlarına dönüştürülmektedir (Hickey ve d., 1991). Anaerobik çamur çürüttüçülerde çamur stabilize edilmiş ve kokusuzdur. Üretilen metan gazından elektrik enerjisi üretilir ve tüm tesisin enerji ihtiyacının çoğu bu yolla karşılanabilir (Öztürk, 2007).

Hidrojen sülfür aşırı derecede zehirli, renksiz, yanıcı bir gazdır. Havadan ağırdır ve herkes tarafından algılanabilen, çürüük bir yumurtanın kokusuna haizdir. Metallere korozif etkisi olan, suda çözünebilen toksik bir gazdır. Çürüttüçülerde meydana gelen hidrojen sülfür bir işletim problemi olarak karşımıza çıkmaktadır ve biyogazdan giderilmeden elektrik motoruna verilmesi uygun değildir.

Anaerobik çamur çürütmeye esas amaç uçucu katı madde (UKM) giderimidir ve genellikle %40-%60 arasında bir arıtım verimi vardır. Yüksek UKM giderimi yüksek metan ve stabilize çamur eldesi sağlar.

Bu çalışmada çürüttüçü çıkış UKM ve biyogaz H<sub>2</sub>S gazının oluşumunda etkili parametrelerin belirlenmesi için doğrusal regresyon metodu kullanılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Kentsel atıksu arıtma tesisinden elde edilen 2012 yılına ait 1 yıllık fazla aktif çamur (FAÇ) yükü, ön çökeltme çamuru (ÖÇÇ) yükü, çamur besleme debisi, çamur yoğunlaştırıcı çıkış UKM, çürütücü sıcaklık, çıkış UKM ve biyogaz H<sub>2</sub>S verileri modelleme amaçlı kullanıldı (Tablo 1). İstatistik programı olan IBM-SPSS Statistic-22 programı doğrusal regresyon amaçlı kullanıldı. Çalışma, 1073 veriden uygun olmayan 686 veri elendikten sonra geriye kalan 387 veri ile yürütüldü. Programda önce çürütücü çıkış UKM ve H<sub>2</sub>S ile tüm giriş parametrelerinin korelasyonunu elde edildi. Çıkış UKM ve biyogaz H<sub>2</sub>S için 1'li, 2'li, 3'lü, 4'lü ve 5 girişli olarak lineer regresyon modelleri oluşturuldu. Bu modellerin R, R<sup>2</sup>, F ve sigma değerleri elde edildi. R bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasındaki ilişki kuvvetini göstermektedir. R<sup>2</sup> belirtme katsayısıdır. F ise değişken sayısının artması ile F değerinin azalması modelin anlamlılığını göstermektedir. Sigma'nın 0,05'ten küçük olması modelin anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo1. Giriş ve Çıkış Parametreleri

Giriş parametreleri	Birim	Kısaltması
Fazla aktif çamur toplam KKM	kg/gün	FAÇ
Ön çökeltme çamuru toplam KKM	kg/gün	ÖÇÇ
Besleme debisi	m <sup>3</sup> /gün	Q <sub>c</sub>
Çamur yoğunlaştırıcı çıkış UKM	mg/L	UKM <sub>giriş</sub>
Çürütücü sıcaklık	T°C	T°C
Çıkış parametreleri		
Çürütücü çıkış UKM	mg/L	UKM <sub>çıkış</sub>
Biyogaz H <sub>2</sub> S	ppm	H <sub>2</sub> S

## ARAŞTIRMA BULGULARI

UKM<sub>çıkış</sub> için tek girişli değişkenlerle yapılan değerlendirmeler sonucunda R ve R<sup>2</sup> değerleri 0,10 ile 0,18 aralığında düşük seviyede gerçekleşerek bu çıktıyı etkileyen başka faktörler olduğunu göstermiştir (Tablo 2). En başarılı modeller, FAÇ ve ÖÇÇ'nin en etkili giriş parametreleri olduğunu göstermiştir. Modelin en anlamsız olduğu sonuçlar ise F değerinin en yüksek çıktığı Q<sub>c</sub>, T°C ve UKM<sub>giriş</sub> girişli modellerde elde edilmiştir.

İki bağımsız değişkenle yapılan modellerde R ve R<sup>2</sup> değerlerinde bir miktar artış gerçekleşmiştir. Burada en başarılı modeller sırasıyla ÖÇÇ ve UKM<sub>giriş</sub> (R:0,28), FAÇ ve UKM<sub>giriş</sub> (R:0,25) ve FAÇ+ T°C (R:0,23) olarak elde edilmiştir. Üç bağımsız değişkenli modellerde R için 0,21 ile 0,30 arasında değişim görüldü. FAÇ+UKM<sub>giriş</sub>+ÖÇÇ birlikte değerlendirildiğinde 0,25 olan R değerinin 0,30'a çıktığı görüldü. ÖÇÇ+ Q<sub>c</sub> iki girişi R değeri 0,18 iken UKM<sub>giriş</sub> ile modellendiğinde R değerinin 0,29'a çıktığı görüldü.

Dört bağımsız değişken ile belirlenen sonuçlarda R değeri 0,31 e çıkmıştır. Bu değer fazla aktif çamur, ön çökeltme çamuru, besleme debisi ve UKM<sub>giriş</sub> konsantrasyonunun birlikte değerlendirildiği modeldir. 4 girişli diğer iki modelde ise R: 0,25 ve 0,21 değerlerinde kalmıştır. Beş bağımsızın kullanılarak elde edilen model sonuçlarında ise R değeri en yüksek seviyesi olan 0,34 değerine ulaştığı görülmüştür. Ancak tüm verilerin kullanılmasına rağmen

Tablo 2. Çürüttüçü çıkış UKM için modelleme sonuçları

Kombinasyon	Giriş Parametreleri	R	R <sup>2</sup>	F	SİGMA
1'li	<b>FAÇ</b>	<b>0,180</b>	<b>0,032</b>	<b>12,675</b>	<b>0,000</b>
	<b>ÖÇÇ</b>	<b>0,160</b>	<b>0,026</b>	<b>10,092</b>	<b>0,002</b>
	Q <sub>c</sub>	0,129	0,017	6,565	<u>0,011</u>
	UKM <sub>giriş</sub>	0,104	0,011	4,220	<u>0,041</u>
	T <sup>0</sup> C	0,123	0,015	5,90	<u>0,016</u>
2'li	FAÇ+ÖÇÇ	0,193	0,037	7,415	0,001
	FAÇ+ Q <sub>c</sub>	0,203	0,041	8,193	0,000
	<b>FAÇ+ UKM<sub>giriş</sub></b>	<b>0,245</b>	<b>0,060</b>	<b>12,267</b>	<b>0,000</b>
	FAÇ+ T <sup>0</sup> C	0,234	0,060	12,267	0,000
	ÖÇÇ+ Q <sub>c</sub>	0,185	0,034	6,785	0,001
	<b>ÖÇÇ+ UKM<sub>giriş</sub></b>	<b>0,275</b>	<b>0,076</b>	<b>15,687</b>	<b>0,000</b>
	ÖÇÇ+ T <sup>0</sup> C	0,191	0,037	7,297	0,001
	Q <sub>c</sub> + UKM <sub>giriş</sub>	0,178	0,032	6,291	0,002
	Q <sub>c</sub> + T <sup>0</sup> C	0,182	0,033	6,585	0,002
	UKM <sub>giris</sub> + T <sup>0</sup> C	0,164	0,027	5,277	0,005
3'lü	FAÇ+ÖÇÇ+ Q <sub>c</sub>	0,211	0,044	12,382	0,001
	<b>FAÇ+ÖÇÇ+ UKM<sub>giriş</sub></b>	<b>0,298</b>	<b>0,089</b>	<b>12,382</b>	<b>0,000</b>
	FAÇ+ÖÇÇ+ T <sup>0</sup> C	0,237	0,056	7,586	0,000
	ÖÇÇ+ Q <sub>c</sub> + UKM <sub>giriş</sub>	<b>0,290</b>	<b>0,084</b>	<b>11,725</b>	<b>0,000</b>
	ÖÇÇ+ Q <sub>c</sub> + T <sup>0</sup> C	0,216	0,047	6,251	0,000
	Q <sub>c</sub> + UKM <sub>giriş</sub> + T <sup>0</sup> C	0,222	0,049	6,620	0,000
	FAÇ+ Q <sub>c</sub> + UKM <sub>giriş</sub>	0,268	0,072	9,868	0,000
	FAÇ+ Q <sub>c</sub> + T <sup>0</sup> C	0,253	0,064	8,721	0,000
4'lü	FAÇ+ÖÇÇ+ Q <sub>c</sub> + UKM <sub>giriş</sub>	<b>0,309</b>	<b>0,096</b>	<b>10,081</b>	<b>0,000</b>
	FAÇ+ÖÇÇ+ Q <sub>c</sub> + T <sup>0</sup> C	<b>0,254</b>	<b>0,065</b>	<b>6,570</b>	<b>0,000</b>
	ÖÇÇ+ Q <sub>c</sub> + UKM <sub>giris</sub> + T <sup>0</sup> C	0,216	0,047	6,251	0,000

R değeri hala düşük değer göstermiştir. Bunun sonucunda çürüttüçü çıkış UKM değerini etkileyebilecek başka etkenlerin olabileceği sonucuna varılmıştır.

Biyogaz H<sub>2</sub>S konsantrasyonun tek girişli bağımsız değişkenlerle yapılan değerlendirmeleri sonucunda ise R ve R<sup>2</sup> değerleri 0,24 ile 0,70 arasında değiştiği görüldü. Biyogaz ile ilişkisi en düşük veri besleme debisidir (R=0,24). En fazla etkileyen veri ise ÖÇÇ (R=0,70) ve UKM<sub>giriş</sub> (R=0,52) olarak belirlendi. Biyogaz için iki bağımsız değişkenlerle yapılan değerlendirmeler sonucu ise R ve R<sup>2</sup> değerleri artmış olup 0,43 ile 0,73 değerleri arasındadır. Burada en başarılı model ÖÇÇ ve T<sup>0</sup>C 'nin birlikte olduğu model görüldü ( R=0,73). ÖÇÇ tek başına R=0,67 değerini verirken T<sup>0</sup>C ile beraber bu değerin R=0,73'e çıktığı görüldü. Sıcaklığın H<sub>2</sub>S gazının oluşumunda pozitif yönde etki yaptığı görüldü. Biyogaz için üç bağımsız verinin beraber kullanıldığı modellerin sonucunda R değerleri 0,61 ve 0,75 arasında değiştiği görüldü. En başarılı model FAÇ, ÖÇÇ ve T<sup>0</sup>C nin beraber olduğu modeldir(R=0,75). R=0,74 ile diğer başarılı model ÖÇÇ, Q<sub>c</sub> ve T<sup>0</sup>C modelidir. Bu iki başarılı modelde ortak olan veriler ÖÇÇ ve T<sup>0</sup>C verileridir. 4 bağımsız değişken verinin birlikte kullanılmasıyla ortaya çıkan R değer aralıkları 0,71 ve 0,76 arasındadır. ÖÇÇ,Qc ,UKM-ÇYÇ ve FAÇ+ÖÇÇ+ T<sup>0</sup>C modelinde R=0,745 iken bu modele Qc eklendiğinde sonuç R=0,750 olmuştur. Yani burada besleme debisinin olumlu yada olumsuz bir etkisi görülmemiştir. ÖÇÇ+Qc+ T<sup>0</sup>C modelinde ise R değeri 0,738 iken bu modele UKM-ÇYÇ eklendiğinde R değeri 0,765 olmuş ve bir miktar artış göstermiştir. Son olarak beş bağımsız değişken verinin birlikte kullanıldığı modelde ise R değerinin en yüksek sonucuna ulaşılmıştır (R=0,78).

**Tablo 4. Biyogaz H<sub>2</sub>S için modelleme sonuçları**

Kombinasyon	Giriş	R	R <sup>2</sup>	F	SİGMA
1'li	FAÇ	0,428	0,183	86,086	0,000
	<b>ÖÇÇ</b>	<b>0,679</b>	<b>0,461</b>	<b>328,991</b>	<b>0,000</b>
	Q <sub>c</sub>	0,237	0,056	22,936	0,000
	<b>UKM<sub>giriş</sub></b>	<b>0,525</b>	<b>0,276</b>	<b>146,663</b>	<b>0,000</b>
	T <sup>0</sup> C	0,351	0,276	54,063	0,000
2'li	FAÇ+ÖÇÇ	0,682	0,465	166,292	0,000
	FAÇ+ Q <sub>c</sub>	0,455	0,207	49,894	0,000
	FAÇ+ UKM <sub>giriş</sub>	0,595	0,354	104,915	0,000
	FAÇ+ T <sup>0</sup> C	0,598	0,357	106,338	0,000
	ÖÇÇ+ Q <sub>c</sub>	0,682	0,466	167,403	0,000
	<b>ÖÇÇ+ UKM<sub>giriş</sub></b>	<b>0,706</b>	<b>0,498</b>	<b>190,614</b>	<b>0,000</b>
	<b>ÖÇÇ+ T<sup>0</sup>C</b>	<b>0,732</b>	<b>0,536</b>	<b>222,065</b>	<b>0,000</b>
	Q <sub>c</sub> + UKM <sub>giriş</sub>	0,552	0,304	84,054	0,000
	Q <sub>c</sub> + T <sup>0</sup> C	0,431	0,186	43,92	0,000
3'lü	UKM <sub>giris</sub> + T <sup>0</sup> C	0,623	0,388	121,742	0,000
	FAÇ+ÖÇÇ+ Q <sub>c</sub>	0,685	0,469	112,537	0,000
	<b>FAÇ+ÖÇÇ+ UKM<sub>giris</sub></b>	<b>0,708</b>	<b>0,502</b>	<b>128,102</b>	<b>0,000</b>
	<b>FAÇ+ÖÇÇ+ T<sup>0</sup>C</b>	<b>0,745</b>	<b>0,556</b>	<b>159,299</b>	<b>0,000</b>
	<b>ÖÇÇ+ Q<sub>c</sub> + UKM<sub>giris</sub></b>	<b>0,709</b>	<b>0,503</b>	<b>129,309</b>	<b>0,000</b>
	<b>ÖÇÇ+ Q<sub>c</sub> + T<sup>0</sup>C</b>	<b>0,738</b>	<b>0,544</b>	<b>152,584</b>	<b>0,000</b>
	Q <sub>c</sub> + UKM <sub>giris</sub> + T <sup>0</sup> C	0,650	0,422	93,166	0,000
	FAÇ+ Q <sub>c</sub> + UKM <sub>giris</sub>	0,607	0,369	90,155	0,000
	FAÇ+ Q <sub>c</sub> + T <sup>0</sup> C	0,618	0,382	92,147	0,000
	<b>FAÇ+ UKM<sub>giris</sub> + T<sup>0</sup>C</b>	<b>0,708</b>	<b>0,521</b>	<b>110,55</b>	<b>0,000</b>
4'lü	<b>FAÇ+ÖÇÇ+ Q<sub>c</sub> + UKM<sub>giris</sub></b>	<b>0,711</b>	<b>0,506</b>	<b>97,528</b>	<b>0,000</b>
	<b>FAÇ+ÖÇÇ+ Q<sub>c</sub> + T<sup>0</sup>C</b>	<b>0,750</b>	<b>0,563</b>	<b>122,502</b>	<b>0,000</b>
	<b>ÖÇÇ+ Q<sub>c</sub> + UKM<sub>giris</sub> + T<sup>0</sup>C</b>	<b>0,765</b>	<b>0,586</b>	<b>135,156</b>	<b>0,000</b>

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmalarda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Çürütücü çıkış UKM için en iyi yaklaşım olan model 5 bağımsız değişkenin de birlikte olduğu modeldir. Bütün giriş parametreleri en yüksek ilişki derecesini vermiştir. En düşük etkili parametre giriş UKM konsantrasyonu olmuştur.
- Biyogaz H<sub>2</sub>S için tüm giriş parametreleri ile R:0.77 elde edilirken FAÇ, ÖÇÇ ve T<sup>0</sup>C kullanılarak R:0.75 ve ÖÇÇ-T<sup>0</sup>C girişli modelleme ile R:0.73 elde edilmiştir. Bu durumda biyogaz H<sub>2</sub>S'i tahmin edebilmek için ÖÇÇ-T<sup>0</sup>C değişkenlerini izlemek yeterli olacaktır. Tüm sigma değerleri 0.05 in altında olduğu için tüm modeller anlamlı seviyede gerçekleşmiştir.

## KAYNAKLAR

Hickey, R.F., W.M. Wu, M.C. Veiga and R.Jones, Start-up, operation, monitoring and control of high-rate anaerobic treatment systems, Water Science and Technology, 24,8,213-225, 1991.

Öztürk, İ., 2007, Anaerobik biyoteknoloji ve atık arıtımındaki uygulamaları, Su Vakfı Yayımları, İstanbul.

## **FARKLI ORGANİK ATIK TÜRLERİNİN BİYOKOMPOST ELDESİNDEKİ ETKİNLİĞİ**

Hüseyin ILGAZ, Arzu Betül SARIKAYA, Sevgi YILMAZ Merve SOĞANCIOĞLU, Esra YEL  
*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya,  
e-posta:aaa.cevre.aaa@gmail.com, [merves@selcuk.edu.tr](mailto:merves@selcuk.edu.tr), etarlan@selcuk.edu.tr*

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı, toprağa karıştırılan farklı organik atık türlerinin biyokompost eldesindeki etkinliğinin araştırılmasıdır. Çalışma kapsamında üç farklı aerobik biyokompost, bir anaerobik biyokompost hazırlanmıştır. Aerobik biyokompost için  $0,8\text{m} \times 0,8\text{m}$  alanı ve  $0,4\text{m}$  derinliği olan üç çukurun birinde evsel organik atıklar (mutfak atıkları), ikincisinde zeytin pirinasi ve üçüncüsünde talaş kullanılarak kompost karışımıları hazırlanmıştır. Anaerobik kompost ağızı kapalı bir reaktör içerisinde evsel organik atıklar (çay posası, sebze meyve atıkları, yumurta kabukları) konularak hazırlanmıştır. Aerobik kompostlar haftada en az 3 kere 20 dakika karıştırılarak karışımın havalandırılması sağlanmıştır. Nem içeriğinin düşmesi durumunda komposta su ilavesi yapılmıştır. Nem içeriğinin artması durumunda (yağmur) kuru toprak ile karıştırılmıştır. 6 hafta sonunda elde edilen biyokompost örneklerinin organik madde içeriği, nem içeriği, toplam karbonu, toplam azotu, C/N oranı ve elementel bileşimleri ( $\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Zn}$  vs.) analiz edilerek biyokompostların kompozisyonları kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda organik madde, azot, ve diğer minor besin elementleri açısından zengin kompostlar elde edilmiştir. Aerobik ve anaerobik yöntemlerle benzer kalitenin elde edilebildiği gözlenmiştir.

*Anahtar Kelimeler:Aerobic, anaerobic, compost, organic, zeytin pirinasi,*

### **Effectiveness of Varying Organic Wastes in the Production of Biocompost**

**Abstract:** The purpose of this study is to investigate the effectiveness of varied organic wastes on biocompost production. Three aerobic biocomposts and one anaerobic biocompost were prepared. Trench composting was applied for aerobic biocomposts in the holes of  $0,8\text{m} \times 0,8\text{m}$  area and  $0,4\text{m}$  depth. The holes were buried with domestic organic wastes, olive pit, and the last one was withsawdust. Anaerobic compost consisted of domestic organic wastes (such as tea pulp and eggshells). For ventilation of aerobic composts were turned three times a week for 20 minute. In case of drying, water was added while in case of wetting (rain) the compost was blended with dry soil. After 6 weeks organic matter, humidity, total carbon, total nitrogen, C/N ratio, and elemental composition of biocompost samples were determined and compared. Organics-, nitrogen-, and minor nutrients-rich composts were obtained. Aerobic and anaerobic methods had similiar effects on the compost quality.

*Keywords: Aaerobic, anaerobic, compost, olive pomace, organics*

### **1.GİRİŞ**

Kompostlama; organik maddelerin aerobik veya anaerobik koşullarda mikroorganizmalar vasıtısı ile kararlı hale getirildiği bir işlemidir. Kompostlamada organik maddeler ayrışırken, mikroorganizmalar oksijeni tüketirler. Aktif kompostlama esnasında fazla miktarda ısı ve karbon dioksit ( $\text{CO}_2$ ) üretilir ve su buharı havaya karışır (Yüksel, 2006). Kompostlama böylece ham maddeleri değerli toprak şartlandırıcısına dönüştürürken onların hem hacmini hem de ağırlığını azaltır (Öztürk ve Bildik, 2005).

Kompostlama ayırma, parçalama, fermentasyon ve olgunlaştırma aşamalarından oluşur. Mikroorganizmaların büyümesi için uygun koşullar sağlandığında ve bu koşullar muhafaza edildiğinde çok hızlı gerçekleşir. Kompostlama için en önemli şartlar;

- Uygun karbon ve azot (C:N) oranı da dahil olmak üzere, mikrobiyal aktivite ve büyümeye için gereken besin maddelerini sağlamak için organik maddelerin karıştırılması,
- Aerobik mikroorganizmalar için yeterli oksijen,

- Havalandırmayı engellemeden biyolojik aktiviteyi sağlayan yeterli nem içeriği,
- Kuvvetli mikrobiyal aktiviteyi sağlayan termofilik sıcaklıklar (Öztürk ve Bildik, 2005).

Kompostun oluşmasında biyoçöpün içinde bulunan azot ve karbonun birbirine oranı, ayırmada aktif rol alan mikroorganizmaların besin maddesi ihtiyaçlarının karşılanması için önemlidir. Çeşitli atıklardaki bu oranı ideal karışımı oluşturmak veya oranı sağlamak açısından gereklidir (Erdin, 2005).

Kompostlamanın üç sıcaklık evresi; ilk mezofilik evre, termofilik evre ve iyileştirme (soğuma) evresi olarak adlandırılabilir. Sıcaklık 30°C'ye erişene kadar küf mantarları, bakteriler, protozoalar ve nematodlar aktif rol oynarlar. 30-40°C arasında asıl humuslaştırıcı organizmalar olan actinomisetler egemen olmaya başlarlar ve ortamdan topraksı koku yayılır. Bunlar humik asidi çıkarmakta antibiyotik etki maddeleri üretmekte ve patojenlerin ölmesini sağlamaktadırlar. Sıcaklık 40-50°C'ye ulaştığında kompostlamayı başlatan organizmaların yerini 70°C sıcaklığa kadar dayanabilen ve ısı üretebilen termofilik bakteriler alır. Ayrıca 40-50°C sıcaklıkta gelişen bakteri ve actinomisetler katı atıkların içindeki zor parçalanabilir maddeleri ayırtırmaktadırlar. Kompostun 60-70°C sıcaklığı ulaşan kısmında, birkaç sporan dışında temel olarak bütün patojenik organizmalar 1-2 saat içinde ölürlü. Termofilik bakteriler kendileri için mevcut besini tüketiklerinde ısı üretmeyi durdururlar ve kompost soğumaya başlar. Soğuyan komposta, son özelliklerini veren; ölü bakterileri de içeren geriye kalan besinle beslenen, genellikle mantar ve actinomisetlerden oluşan yeni bir grup mikroorganizma çoğalır (Erdin, 2005).

Aerobik kompostlaştırma, uygun organik maddeler bir araya getirildiğinde başlar. Ham maddeler önce karıştırılarak işlemin başlaması için yeterli miktarda hava verilir. Mikroorganizmalar oksijeni hızlı bir şekilde harcarlar ve çökelmiş maddeler havayı gözenek boşluklarından dışarı atarlar (Öztürk ve Bildik, 2005). Gerekli havalandırma sağlanmazsa aerobik bozunma yavaşlar ve işlem durur.

Anaerobik kompostlaştırma, organik maddelerin anaerobik ortamda biyolojik olarak ayırmasıdır. Anaerobik ayırmadan metabolik son ürünleri metan, karbondioksit ve düşük molekül ağırlıklı organik asitler gibi çok sayıda ara ürünlerdir. Anaerobik çürütme proseslerinde, kompleks organik maddelerin metan gazına dönüştürülmesinde çeşitli tür ve özellikle mikroorganizma grupları yer almaktadır (Öztürk ve Bildik, 2005).

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **2.1 Kompost Materyalleri**

Bu çalışmada kompost hazırlanırken atık pirina, talaş, çay posası, sebze, meyve artıkları, yaprak, çim vb yeşil atıklar toplanmıştır. Atıklar, öğütülgerek ve fiziksel işlem (elle parçalama) ile küçük parçalara ayrılmış ve tartılarak bilinen miktarlarda karıştırılmıştır. Bazı özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan temel materyallerin içeriği

Atık Cinsi	C/N	Azot (%)	Nem (%)
Testere talaşı	500:1	0,11	35
Meyve sebze atıkları	20:1	2	70
Zeytin pirinası	46:1	9	65
Taze çimen	15:1	4	50

Zeytin pirinası, Akdeniz bölgesindeki bir zeytin fabrikasından elde edilmiştir. Pirinalı kompostun oluşumunda ise; 1500 g zeytin pirinası, 500 g çim ve 500 g çay posası koyulmuştur. Daha sonra ilave olarak 150 g çim ve 150 g çay posası ilave edilmiştir.

Talaş fakültenin marangozhanesinden elde edilmiştir. Talaşlı kompostun oluşumunda 1500 g talaş tozu, 500 g çim ve 500 g çay posası konulmuştur. Pirinalı kompostta olduğu gibi daha sonradan 150 g çim ve 150 g çay posası ilave edilmiştir. Kompostun bulunduğu bölgeden toprak kazılarak solucanlar alınmıştır.

Evsel atıklar evde ayrı bir kova içerisinde toplanarak elde edilmiştir. Bu kovada; çay posası, sebze ve meyve atıkları (portakal, elma, marul, patates, domates, soğan, salatalık vs.) toplanmıştır. Evsel çöp içerikli kompostun oluşumunda ise 300 g yaprak, 600 g karton, 600 g talaş ve 800 g sebze ve meyve atıkları kullanılmıştır. Daha sonra ilave olarak 200 g sebze ve meyve atığı ve 50 g yaprak ilave edilmiştir.

Anaerobik kompostun içerisindeki yumurta kabukları, çay posası ve yeşillik, evde biriktirilen kova içerisinde alınmıştır. Talaşlı kompost için bulunan solucanların bir kısmı ise anaerobik kompost için kullanılmıştır. Burada 25 g yumurta kabuğu, 300 g çay posası, 200 g yeşillik ve bir kaç adet solucan kullanılmıştır.

## 2.2 Kompostların Hazırlanması

Pirinalı kompost: Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bahçesinde 0.8 m x 0.8 m'lik ve derinliği 0,4 m'lik bir çukur açılmıştır. Toprağın içerisinde kompost oluşumunu yavaşlatacak maddeler (çivi, tuğla, taş, bez vs.) temizlenmiştir. Topraktaki hava akımını sağlamak için üç adet dal toprağa dik olarak yerleştirilmiştir. Karbon kaynağı olarak 1500 g zeytin pirinası konulmuştur. Daha sonra azot kaynağı olarak pirinanın üzerine 500 g yeşil çim eklenmiştir. En üst kısmda ise toprağın yüzeyini tamamen kapatacak şekilde 500 g çay posası ilave edilmiştir. Kompost oluşumunun yavaş ilerlemesinden dolayı ilave olarak 150 g çim ve 150 g çay posası eklenmiştir.

Talaşlı kompost: Pirinalı kompost ile aynı yöntemle hazırlanmıştır. Karbon kaynağı olarak talaş tozu eklenmiştir. Azot kaynağı olarak çim eklenmiştir. Pirinalı kompostta olduğu gibi ilerleyen zamanda 150 g çim ve 150 g çay posası eklenmiştir.

Evsel atıklı kompost: Diğerleriyle aynı şekilde hazırlanmış, içerisinde karbon kaynağı olarak talaş ve karton parçaları yerleştirilmiştir. Üzerine toplanılan meyve ve sebze atıkları ilave edilip kompostun üzeri yaprak ile kapatılmıştır. İllerleyen zamanlarda kompost oluşumunun yavaş olmasından dolayı 200 g sebze ve meyve atıkları, 50 g yaprak ilave edilmiştir.

Anaerobik kompost: Anaerobik kompost ağızı kapalı bir reaktör içerisinde hazırlanmıştır. Reaktörün içerisinde yaklaşık olarak 20 cm kalınlığında toprak serilmiştir. Daha sonra sırasıyla 25 g yumurta kabukları, 300 g çay posası, 800 g yeşillik (evsel atık) ve bir kaç adet solucan ilave edilmiştir. İlave edildikten sonra tekrardan 10 cm toprak ile örtülüp reaktörün kapağı kapatılmıştır.

### **2.3 Kompost Oluşum Sürecinde Düzenli Yapılan Ölçümler**

Kompostların koku ve nem takibi yapılmıştır. Kompostların kokması durumunda havalandırma işlemi yapılmıştır. Kompostların nem miktarını belirlemek için 2 haftada bir kompostların içerisinde numune alınarak su muhtevası ve kuru madde tayini yapılmıştır (<http://hbogm.meb.gov.tr>). Nem ayarlaması için hesaplanan mikarda su ile beslenmiştir. Nem içeriğinin fazla çıkması durumunda ise bölgede bulunan kuru toprak kompost ile karıştırılarak nem içeriği ayarlanmıştır. Kompostların sıcaklıklarını belirlemek için haftada 2 veya 3 kez termometre ile kompostların sıcaklık ölçümleri yapılmıştır.

### **2.4 Oluşan Kompostun Bileşen Analizleri**

Kompostlardaki nem tayini kompost oluşum sürecindeki işlemlerde kullanılan metotla aynı şekilde yapılarak nem içeriği tayin edilmiştir. Kompostların içerisindeki organik madde tayini yakma yöntemine göre yapılmıştır (Kaçar, 2012).

Kompostların toplam karbon ve toplam azot miktarı analizatör cihazında yüzde olarak okunmuştur. Bu metot ile elekten geçirilen kompost numuneleri tartılmış ve üzeri alüminyum folyo ile kaplanarak analizatör cihazına konulmuştur. Sonuçlar bilgisayar ortamında okunmuştur.

Elementel analizler Varian ICP-AES cihazında yapılmıştır. İlk olarak etüvde kurutulan kompostlar elekten geçirilip tüp şişe içerisinde konularak 5 ml nitrik asit, 5 ml hidroklorik asit üzerine eklenerek 1 saat bekletilmiştir. Bekletilen numuneler yakma işlemi için Cem Mars 5 markalı mikrodalga fırında yakılmıştır. Mikrodalgadan çıkarılan numuneler su ile seyreltilip süzülmüştür. ICP-AES cihazında element okumaları mg/kg (ppm) cinsinden yapılmıştır.

### **3.BULGULAR**

#### **3.1 Kompostların Oluşum Süresi**

Aerobik kompostların oluşumu 6 hafta (40 gün) içerisinde gerçekleşmiştir. Aerobik kompostun oluşum süresi literatürde 20 ile 30 gün arasındadır (Tosun, 2003). Sürecin gecikmesinde, düşük hava sıcaklıkları ve yağan yağmur etkili olmuştur. Kompostun oluşumda en önemli etkenlerden birisi ise bulunduğu ortamdaki sıcaklıktır. Mikroorganizmaların faaliyetlerini gerçekleştirmesi için belirli derecede sıcaklığa ihtiyaç duyulur. Kompostların oluşum sürecindeki hava sıcaklıkları Tablo 2'de görüldüğü gibi özellikle gece saatlerinde oldukça düşüktür. Kompostların üzeri kağıtla örtülse de sıcaklık düşüşlerinden etkilenmiş ve reaksiyon süresi uzamıştır. Kompostların içerisindeki atık materyalin 18-20 günlük bir süre içerisinde kaybolduğu gözlenmiştir. Normalde literatüre göre 1 hafta-10 günlük bir süre içerisinde atıklar kaybolmaktadır. Aerobik kompostun oluşum süreci, literatürdeki aralık değerde değildir. Bu duruma neden olan faktör toprakta bulunan çürüme işlemini gerçekleştiren mikroorganizmaların gerekli sıcaklığa ulaşamamasıdır. Havaların soğuk ve yağışlı olması bu durumu oluşturan en önemli etkendir.

Tablo 2. Kompostların reaksiyon sürecinde hava sıcaklıkları ([www.mgm.gov.tr](http://www.mgm.gov.tr))

Hafta (tarih)	Gündüz Ortalama Sıcaklık	Gece Ortalama Sıcaklık
1 (23-31 Mart 2016)	16°C	2°C
2 (1-6 Nisan 2016)	21.5°C	4.5°C
3 (7-14 Nisan 2016)	20.5°C	7°C
4 (15-21 Nisan 2016)	25°C	6°C
5 (22-30 Nisan 2016)	21°C	7°C
6 (1-8 Mayıs 2016)	19°C	7°C

Anaerobik kompostun oluşum süresi 35 gündür. Literatürdeki değer aralığı ise 30 ile 40 gün arasındadır (Tosun vd, 2003). Anaerobik kompost literatürdeki değer aralığına uymaktadır. Bunun sebebi oda koşullarında oluşturulup dış ortamdaki sıcaklıktan etkilenmemesidir. Anaerobik kompostun içerisindeki atıkların 3 haftalık süreçte kaybolduğu gözlenmiştir. Literatür değerlerinde ise 2-4 hafta arasındadır. Anaerobik kompostun oluşum süreci, literatürdeki değer aralığındadır.

#### **3.2 Kompost Kalitesi ve Bileşimi**

Hazırlanan dört farklı kompost numunesinin nem içeriği, organik madde içeriği, karbon, azot ve diğer elementleri Tablo 3'de sunulmaktadır. Tablonun son sütununda sunulan toprak kirlleticilerinin sınır değerleri Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Ek-1A bölümünden alınmıştır. Yönetmelikte organik madde içeriği en az %25'tir. Kompostların analizi sonucunda bulunan organik madde değerleri bu beklenkiye yakındır. Bütün numunelerde

%20'nin üzerinde organik madde bulunmaktadır. Nem oranı yönetmelik değerlerine göre % 50'den düşük olması gerekmektedir. Kompostların nem oranı yönetmelikte verilen değerin altındadır. Azot oranının yönetmelikte değeri % 1,1'dir. Kompostların azot oranı bu değerin üzerindedir. Azotça zengin fakat karbon oranı yönetmeliğe kıyasla daha düşük kompostlar elde edilmiştir. Buna bağlı olarak C/N oranı literatürde 10-30 arasında iken; oluşturulan kompostlarda karbon oranının düşük olmasından dolayı C/N oranları 5-6 arasındadır.

Kompostun içerisindeki ağır metaller literatürdeki sınır değerlerin altındadır. Bu sebepten dolayı kompostlar ağır metaller konusunda sorun teşkil etmemektedir. Diğer elementler de düşük miktarlarda da olsa mevcuttur. Na, K, Ca, Mg gibi toprakta bitki gelişimi açısından önem taşıyan alkali elementler yüksek miktarlardadır (Tablo 3).

Tablo 3. Hazırlanan kompostların karakteristikleri

Parametreler	Talaşlı Kompost	Pirinalı Kompost	Evsel Atıklı Kompost	Anaerobik Kompost	Toprak Kirleticilerinin Sınır Değerleri
Organik Madde(%)	20.9	21.5	24.2	22.6	> 25
Nem İçeriği(%)	18	18.1	21.4	23.1	<50
Azot oranı(%)	1.840	1.765	1.855	1.833	1.1
Karbon oranı(%)	10.2	10.1	10.3	10.9	15
C/N oranı	5.55	5.73	5.55	5.96	10-30
Co (mg/kg)	0.366	0.670	0.608	0.828	-
Mo(mg/kg)	0.948	0.816	0.311	0.807	-
Ca(mg/kg)	99403	100127	108963	96654	-
Cd(mg/kg)	0.159	0.218	0.093	0.177	<1
Cr(mg/kg)	30.737	34.085	27.448	49.376	<100
Cu(mg/kg)	16.320	15.341	15.081	19.498	<50
Fe(mg/kg)	13018.2	13263.7	11591.4	13583.6	-
K(mg/kg)	5309.8	6091.4	5775.2	6667.6	-
Mg(mg/kg)	3715.3	3801.8	3631.9	3962	-
Mn(mg/kg)	364. 2	400	349.3	387.8	-
Na(mg/kg)	558.3	525.9	821.6	569.8	-
Ni(mg/kg)	25.40	26.98	26.65	43.42	<30
P (mg/kg)	545.7	574.8	565.7	1039.8	-
Pb (mg/kg)	9.831	10.589	9.880	11.893	<50
S (mg/kg)	319.88	288.21	355.59	484.75	-
Se	3.821	1.719	2.296	2.410	-
Zn	53.587	51.792	49.727	80.593	<150

#### **4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ**

Talaşlı kompost; talaş tozu, çim artıkları ve çay posasından, pirinalı kompost; talaş tozu, zeytin pirinası ve çim artıklarından oluşmaktadır. Pirinalı kompostun organik madde içeriği %21.5, nem oranı %18.1 ve C/N oranı 5.7 bulunmuştur. Talaşlı kompostun organik madde içeriği %20.9, nem oranı %18 ve C/N oranı 5.55 bulunmuştur. Bu iki komposttan verimli olan pirinalı komposttur. Pirinalı kompost, talaşlı kompost ve evsel atıklı kompost kıyaslandığında, evsel atıklı kompostun organik madde içeriği %24.2, nem içeriği %21.4 ve C/N oranı %5.5 bulunmuştur. Bu üç komposttan deneysel sonuçlara göre evsel kompostun organik madde içeriği pirinalı ve talaşlı kompostun organik madde içeriğine göre daha yüksektir. Nem içeriği üç komposttan en yüksek olan evsel komposttur. C/N oranı talaşlı kompostta diğerlerinden yüksektir. Anaerobik kompostun organik madde içeriği %22.6, nem içeriği %23.1 ve C/N oranı 5.96 bulunmuştur. Anaerobik kompostun organik madde içeriği, talaşlı kompost ve pirinalı kompost ile kıyaslandığında anaerobik kompostun organik madde içeriği, nem içeriği ve C/N oranı daha yüksektir. Anaerobik ve evsel kompost organik madde içeriği bakımından kıyaslandığında evsel kompostun organik madde içeriği daha yüksek, nem içeriği bakımından kıyaslandığında anaerobik kompost yüksektir ve C/N oranına göre anaerobik kompost daha yüksektir. Kompostların element analizi sonucunda iz elementler bulunmamaktadır.

Konya ilinin toprağının organik madde içeriği 1-2 değerlerindedir. (Zengin ve Gezgin, 2011). Bitkilerin yaşamları için 140 elementten sadece 16 tanesi bitkiler için mutlak gereklidir. Bunlardan 3 tanesi organik maddenin bünyesinde bulunan karbon, hidrojen ve oksijendir. Bunların dışında makro ve mikro besin elementleri vardır. Makro besin elementleri, mikro besin elementlerine göre miktar olarak daha çok kullanılırlar. Makro besin elementleri; N, P, K, S, Ca ve Mg 'dir (<http://www.birlesimtarim.com>). Kompostların analizleri sonucunda azot miktarı en yüksek evsel komposttur. Fosfor miktarı en yüksek anaerobik komposttur. Potasyum miktarı yüksek anaerobik komposttur. Küükürt miktarı yüksek olan anaerobik komposttur. Kalsiyum miktarı yüksek olan evsel komposttur. Magnezyum miktarı en yüksek olan anaerobik komposttur. Kompostların analiz sonucunda organik madde, karbon, azot değerleri ve makro ve mikro elementler bakımından zengin içerikte olduğu saptanmıştır. Aerobik ve anaerobik karşılaştırmasından aerobik kompost yapımı tercih edilmesi daha uygundur. Aerobik kompostlardan çıkan sonuçlara göre evsel kompost tercih edilmesi uygundur.

#### **KAYNAKLAR**

- Erdin, E. 1977. Katı Artıkların Kompostlaştırılması ve Kullanılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Buca /İzmir.
- Erdin, E.,2005. "Atıkların Kompostlanması", D.E.Ü. Müh. Fak. Çevre Müh. Böl. Ders Notları, İzmir, 2005, <http://hbogm.meb.gov.tr> (Web bilgi indirme tarihi Mayıs 2016)
- <http://www.birlesimtarim.com>, Birleşim Tarım, Bitki beslemede gerekli olan bitki besin elementleri, Genel Bilgiler, Konya (Web bilgi indirme tarihi Mayıs 2016).
- Kaçar, B. 2012. Bitki toprağının kimyasal analizleri 3.

- Karagöz, M.Ö., 1989. Toprakların Bazı Kimyasal Özelliklerinin (pH, karbonat, tuzluluk, organik madde, total azot, yararlanılabilir fosfat) Analiz Yöntemleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, SeriB, 39(3), 70
- Öztürk, M. ve Bildik, B., 2005. Hayvan Çiftliklerinde Kompost Üretimi. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 160 s.
- Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Ek-1A, Toprak Kirlilik Parametreleri Sınır Değerleri, Çevre ve Orman Bakanlığı, 10.12.2001 tarih ve 24609 sayılı Resmi Gazete,
- Tosun, İ., Gönüllü, M.T., Günay, A. 2003 "Gül Posasının Kompostlaştırılmasına Gözenek Malzemesi ve Aşının Etkisi", Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi, ISSN:1300-2120, 2,93-102.
- Yüksel, A. 2006. İki Farklı Yetişirme Ortamında Değişik Kompost Uygulamalarının Üçgül ve Soğan Bitkilerinin Gelişimi, Besin Elementleri Alımı ve Mikoriza İnfeksiyonu Üzerine Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 101 s. Adana.
- Zengin, M., Gezgin, S., 2011. "Konya ilinde toprak ve gübreleme sorunları", Konya kent sempozyumu, Konya, 373

## İÇME SUYU KOAGÜLASYONUNDA KOAGÜLAN MADDE TÜRÜ VE DOZUNUN SUDA KALINTI METAL BIRAKMA POTANSİYELİ

Seda ACAR<sup>1</sup>, Hasan GÜNEY<sup>1</sup>, Merve SOĞANCIOĞLU<sup>1</sup>, Esra YEL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, KONYA,  
sedacar@msn.com,hgunay4224@gmail.com ,merves@selcuk.edu.tr,etarlan@selcuk.edu.tr*

**ÖZET:** İçme ve kullanma sularında insan sağlığına direk olumsuz etki yaptığı için sınır değerleri belirlenmiş kirlenticiler birincil, estetik, işletme, dağıtma açısından problem yaratabileceği için sınır değerlerinin çok üzerinde etki gösteren parametreler ise ikincil kirlenticilerdir. İçme suyu arıtımında bulanıklık gideriminde sıkça kullanılan koagülasyon-flokülasyonda kullanılacak kimyasalın genellikle türü, dozu ve pH optimize edilir. Ancak reaksiyon sonrasında bu kimyasalların suda bıraktığı kalıntılar üzerinde fazla durulmaz. Bu çalışmada farklı koagülen maddeler için ham sudan bulanıklık gideriminde dozun etkisi ve eklenen doz ile sudaki kalıntı metal iyonunun değişimi ortaya konulmuştur. Konya Akyokuş İçmeSuyu Arıtma Tesisi giriş suyuna değişen dozlarda Alum, FeCl<sub>3</sub>, PACs eklenecek jar-test yapılmış ve çıkış suyunun, bulanıklık ve kalıntı metal değerleri ölçülmüştür. Ham su bulanıklığını 5 NTU altına düşürmek için 30 mg alum /L, 50 mg FeCl<sub>3</sub>/L, 0.2 mL PACS dozlarının yeterli olabileceği, FeCl<sub>3</sub> kullanılması durumunda kalıntı demir için bir önleme gerek olmadığı, alum ve PACS kullanılması durumunda kalıntı alüminyum için önlem alınması gerektiği, belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** *İçme Suyu, Koagülen Madde, Metal, Koagülasyon, Flokülasyon.*

### Metal Residual Potential of Type and Dosage of Coagulant in Drinking Water Coagulation

**Abstract:** Drinking water pollutants having limit values due to their direct negative effect on human health are primary contaminants while those having aesthetic and problematic effects well above the limit are secondary contaminants. In coagulation-flocculation, frequently used process for the removal of turbidity in drinking water treatment, generally type, dose and pH are optimized. However, metal residuals after the reaction is not focused generally. In this study, effects of dosage on turbidity removal and change of residual metal concentration with dosage were investigated for different coagulants. Varying doses of alum, FeCl<sub>3</sub>, PACS were added to Konya Akyokuş Drinking Water Treatment Plant influent, jar-test experiments were performed and effluent turbidity and residual metal values were measured. To reduce the turbidity below 5 NTU, required doses were 30 mg/L alum, 50 mg/L FeCl<sub>3</sub>, 0.2 mL PACS. While FeCl<sub>3</sub> resulted in residual iron concentration well below the limits, alum and PACS resulted in aluminum residues for which measures should be taken.

**Keywords:** *Drinking water, Coagulant, Metal, Coagulation, Flocculation*

## 1. GİRİŞ

Sularda bulanıklık suda bulunan koloid maddelerin ışığın geçirimliliğini engellemesidir. Bulanıklık içme ve kullanma sularında üç ana nedenle önemlidir. Estetik, filtre edilebilirlik ve dezenfeksiyon. Estetik açıdan, herhangi bir atık karışması ihtimalini akıllara getirmesi sebebiyle psikolojiktir. Suyun berraklaştırılması için filtre edilmesi gerekmektedir, bulanık sularda dezenfektan kullanımı daha fazla olacaktır bu da dezenfeksiyonu masrafı hale getirmektedir. Bütün bu sebepler göz önüne alındığında içme sularında bulanıklık gideriminin önemi ortaya çıkmaktadır (Samsunlu, 2011, s165) Bulanıklık gideriminde en sık kullanılan yöntemlerden biri koagülasyon-flokülasyon ve çöktürme işlemidir (Berktay vd, 1997). Suya koagülen eklenip hızlı karıştırılarak kolloidler destabilize edilir, destabilize olmuş katılar yavaş

karıştırılarak birleştirilir ve daha hızlı çökebilen büyük flokların oluşması sağlanır (Vesilind vd., 2011, s315) Koagulan madde olarak Alum,  $\text{FeCl}_3$ , PACS gibi inorganik metal tuzları kullanılmaktadır. Bu işlem başlıca 4 mekanizma ile gerçekleştirilir. İyonik tabaka sıkıştırma, adsorpsiyon ve yük nötralizasyonu, süpürme ve köprülemedir. İyonik tabaka sıkıştırmada izoelektrik noktanın yüzeye yakın hale gelmesi sağlanır. Adsorpsiyon ve yük nötralizasyonunda eklediğimiz kimyasalla kolloidin yüzeyi birbirine tutunarak adsorpsiyon işlemini gerçekleştir bu da yüzey yükünü nötralize eder. Bu iki mekanizma koagulan maddeler tarafından sağlanır. Süpürme iri taneciklerin aşağı doğru çökerken ufakları da beraber götürmesi işlemidir. Köprüleme iki ayrı flokun polimerik malzeme ile sağlanan köprü ile çökmesidir. Bu iki mekanizma ise daha çok fiziksel olduğundan flokülant tarafından sağlanmaktadır. (Reynolds ve Richards, 2011, s175).

Koagülasyon reaksiyonları sonucu, kimyasal maddelerin kullanılmayan kısımları çıkış suyunda kalıntı metal oluşturmaktadır. Alüminyumun geniş kullanım alanlarına karşılık ağız yoluyla vücuda almında akut toksik etkisiyle ilgili çok az bulgu mevcuttur. (Oğuz, 2015) Alüminyum miktarının fazla olmasının sağlık açısından en önemli etkisi, alüminyumun nörotoksik bir madde olmasından dolayı sinir sistemi üzerindedir. Beynin alüminyum kaynaklı hasara yatkın olduğu ve alüminyum düzeyi yüksek olan suların tüketilmesi durumunda Alzheimer Demansı gelişimine etkili olabileceği yapılan epidemiyolojik çalışmalarla gösterilmiştir. 1988 yılında yaşanan bir olayda içme suyu arıtma tesisisinde kullanılan alüminyum sülffattan dolayı çıkış suyunda oluşan fazla alüminyuma 5 gün boyunca maruz kalan halk üzerinde, baş dönmesi, kusma, ishal, ağız ülseri, deri ülseri, deri kaşıntısı ve eklem ağrıları tespit edilmiştir. (WHO, 2010, s9) Ayrıca alüminyumun yüksek seviyelerde alınması sonucunda Alzheimer hastalığına sebep olabilme ihtimaline yönelik çalışmalar da mevcuttur. (Oğuz, 2015) Fakat bu bulguların doğru olmadığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Sağlık açısından limit değeri, 0.9 mg/L olarak belirlenmiştir. (WHO, 2011, s311) İçme sularında alüminyum konsantrasyonu için TS-266 standartlarında belirlenen değer ise, 0.2 mg/L'dir. Demir özellikle Demir(II) Oksit formundayken insan sağlığı için gereklidir. 3 mg/L üzerine çıkmadığı durumlarda insan sağlığına olumsuz bir etki yapmamaktadır. Ancak tat eşik değeri olan 0.3 mg/L (TS-266) bu değerin çok altında kalması nedeniyle insan sağlığı açısından limit değer belirtilmemiştir.

## **2.MATERYAL VE METOT**

### **2.1 Ham Su**

Konya Akyokuş İçme Suyu Arıtma Tesisinin giriş ham suyu numunesi alınmıştır. Tesisin suyu Altınapa barajından gelmektedir. Tesisin normal şartlarda kapasitesi  $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$  iken kurak periyotlarda göl hacminin azalması halinde  $0.33 \text{ m}^3/\text{s}$ 'ye düşürülmektedir.

Tesiste kullanılacak kimyasal dozlarına, ham su karakteristiklerine ve bulanıklık değerlerine bağlı olarak yapılan jar testleri ile karar verilmektedir. Konya İçme Suyu Arıtma Tesisinde

ham suya pihtilaştırcı olarak önceden Alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) kullanılmaktaydı. Son yıllarda yeni bir koagulan malzeme olan PACS ( $\text{Al}(\text{OH})_a\text{Cl}_b(\text{SO}_4)_c$ ) kullanılmaya başlamıştır. Pihtilaştırcı yardımcı olarak da polielektrolit kullanılmaktadır. PACS ve polielektrolit hızlı karıştırma tankının son savağından dozlanıp karıştırıcı içerisinde suya karışmaları sağlanmaktadır. Ham suyun bulanıklığı 35 NTU'dur.

## **2.2 Deneysel Çalışmalar**

Laboratuvar ölçüğünde jar-test deneyleri yapılmıştır. 250 mL'lik numunelerin üzerine 10, 20, 30, 40, 50 mg/L dozu sağlayacak şekilde stok koagulan çözeltilerinden eklenmiştir. 2 dakika 125 rpm'de hızlı karıştırma ardından 20 dakika 30 rpm'de yavaş karıştırma işlemi uygulanmış en son oluşan flokların çökelmesi için 30 dakika çöktürme yapılmıştır. PACS ise alum ve  $\text{FeCl}_3$ 'ün tersine sıvı formda bir koagulan olmasından dolayı 250 mL'lik numunelerin üzerine KOSKİ Akyokuş İçme Suyu Arıtma Tesisinden temin edilen çözeltiden sırasıyla, 0.2, 0.5, 1, 1.5, 2 mL eklenerek alum ve  $\text{FeCl}_3$  için yapılan işlemlerin aynısı uygulanmıştır. Jar-test deneylerinde çökelme aşamasından sonra berrak üst suyundan alınan numunelerde bulanıklık ve metal tayini yapılmıştır.

## **2.3 Analizler**

Bulanıklık ölçümleri spektrofotometrede 375 nm dalga boyunda absorbans ölçümlü gerçekleştirmiştir.  $\text{Abs}=0.0017*\text{NTU}$  kalibrasyon denklemi ile NTU bulanıklık değerlerine çevrilmiştir.

Alüminyum tayininde, Eriochrome Cyanine R Metodu kullanılmıştır (APHA/AWWA/WEF, 2005). Hazırlanan standart çözeltinin 1/2, 1/5, 1/10, 1/50, 1/100 oranlarında seyreltilmesi sonucu elde edilen 25mL'lik alüminyum standartlarına 1 mL 0.02N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ve 1 mL askorbik asit eklenerek karıştırılmış üzerlerine 100 mL tampon çözelti ardından 5 mL Eriochrome Cyanine R boyalı çözeltisi eklenip üzeri distile suyla 50 mL'ye tamamlanmıştır. 10-15 dakikalık temas süresi sağlandıktan sonra spektrofotometrede 535 nm dalga boyunda okunan absorbans değerlerine göre kalibrasyon eğrisi oluşturulup kalibrasyon denklemi,  $y=0.0084x+0.0159$  olarak elde edilmiştir. Numunelere de aynı işlemler uygulanarak spektrofotometrede 535 nm dalga boyunda okumalar yapılmış ve kalibrasyon denklemi kullanılarak alüminyum konsantrasyonları belirlenmiştir. Spektrofotometre okumalarında iki ayrı şahit numune kullanılmıştır. Bunlardan biri safsu kullanılarak, diğer ise EDTA kullanılarak hazırlanan ve numunelerle aynı kimyasalların eklendiği çözeltilerdir. EDTA kullanımı numunedeki flor ve fosfat girişimini önlemek içindir. Bu çalışmada yapılan analizlerde her iki şahitle de okumalar yapılmış ve böylece suda flor ve fosfatın olup olmadığı da bulguların yararlanılarak yorumlanmıştır.

Demir analizinde Fenantrolin metodu uygulanmıştır (APHA/AWWA/WEF, 2005). Çökelme sonunda numunelerin üst sularından 100'er mL alınarak üzerine 1 mL hidroksilamin

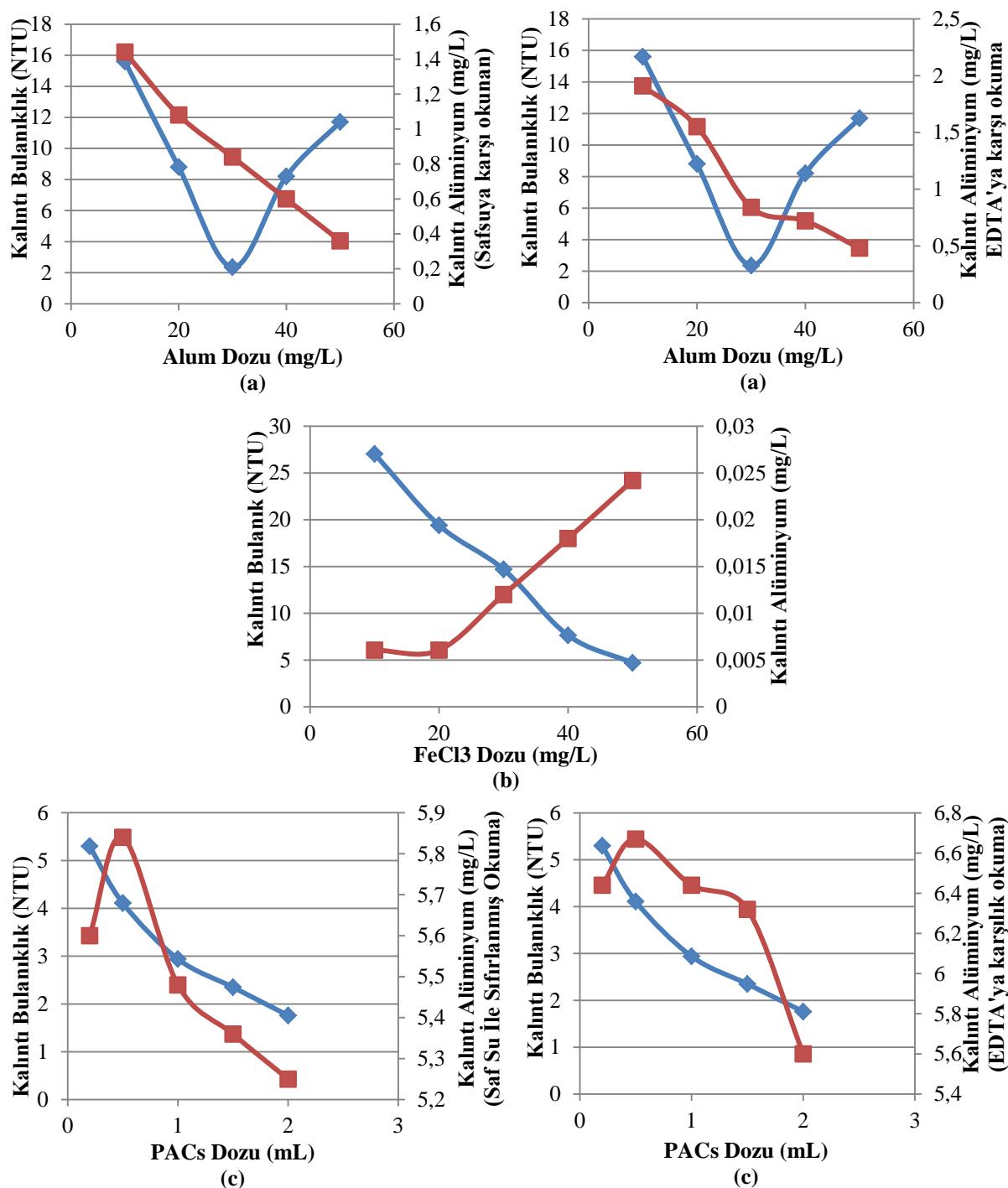
hidroklorür, 10'ar mL fenantrolin çözeltisi eklenecek birkaç dakika temas süresi sonunda spektrofotometrede 510 nm dalga boyunda her bir numune için absorbans değerleri okunmuştur.  $y=0.165x$  kalibrasyon eğrisi denklemine göre numunelerdeki demir konsantrasyonları belirlenmiştir.

### **3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**

Koagülasyon-flokülasyon çıkış suyunda, sonraki ünite olan filtrasyon girişinde istenen 5 NTU'luk değerin (Reynolds ve Richards, 2011) bu çalışmada alum kullanıldığından 25-35 mg/L dozları arasında sağlanabildiği belirlenmiştir (Şekil 1.a). İçme Suyu Arıtma Tesisi Proses şartnamesinde arıtım için kullanılabilecek alum dozları minimum 15 mg/L, ortalama 25 mg/L, maksimum ise 50 mg/L olarak verilmiştir. Çalışmamızda optimum alum dozu ise 30 mg/L olarak belirlenmektedir. Bu doz şartnamede verilen aralıklarda olup içme suyu arıtımında kullanım için uygundur. Optimum doz değerine karşılık gelen giriş alüminyum değeri 2.43 mg/L iken kalıntı alüminyum değeri, 0.84 mg/L olup TS-266'da belirtilen 0.2 mg/L'lik değerin yaklaşık 4 katının üzerinde olduğu görülmektedir. Artan dozlarda kalıntı alüminyumda bir azalma gözlene de çalışılan tüm alum dozlarında ölçülen kalıntı Al değerleri 0.2 mg/L'nin üzerindedir (Şekil 1.a). Ölçümler sırasında cihaz sıfırlaması saf su ile hazırlanan çözelti ve EDTA ile hazırlanan çözelti ile ayrı ayrı yapılmış, sonunda okunan absorbans değerleri arasında az fark olmasından numunelerde flor ve fosfatın 1 mg/L'den az olduğu sonucu çıkartılmıştır (APHA,2005). Kalıntı Al konsantrasyonuna ilişkin bulgular aynıdır.

Koagulan olarak  $\text{FeCl}_3$  kullanıldığından artan doz ile kalıntı bulanıklık azalmış ve 5 NTU'luk kalıntı bulanıklığa 50 mg/L koagulan dozunda ulaşılabilmiştir. Bu doz içme sularında kullanım için İçme Suyu Arıtma Tesisi Proses Şartnamesinde belirtilen maksimum 35-65 mg/L dozlarına uygundur. Artan  $\text{FeCl}_3$  dozlarında kalıntı demir miktarının da arttığı gözlemlenmektedir (Şekil 1.b). Bu çalışmada kullanılan en yüksek doz olan 50 mg/L'lik dozda bile TS-266'da belirtilen 0.3 mg/L'nin altında kalıntı demire ulaşılmıştır.

PACS kullanılması durumunda çalışılan en düşük doz olan 0.2 mL'de dahi 5 NTU'luk değere ulaşılabilmiştir. Doz arttıkça kalıntı bulanıklık azalmaktadır. PACS'ın molekül ağırlığı ve yoğunluk bilgilerinden yararlanılarak (7.99 g/mol ve  $1.40 \text{ g/cm}^3$ ) 0.2 mg/L'lik dozda giriş alüminyum değeri 17.76 mg/L iken, kalıntı alüminyum değeri 6.44 mg/L bulunmuştur. Bu değer TS-266'daki 0.2 mg/L'lik değerinin yaklaşık 30 katı üzerindedir. Kalıntı alüminyum değeri artan doz ile birlikte azalmaktadır. PACS kullanılarak yapılan Jar test numunelerinde de alüminyum tayini sırasında alumda olduğu gibi cihaz hem saf suyla hem de EDTA ile hazırlanan çözelti ile sıfırlanmıştır. Çıkan absorbans değerlerinin birbirine yaklaşık 1 mg/L farklılık göstermesi numunelerde az miktarda flor ve fosfat bulunduğu yönünde daha önce alum kullanılan numunelerdeki bulguya doğrulamaktadır.



Şekil 1. Uygulanan koagulan dozu ile suda elde edilen sonuç bulanıklığın ve kalıntı metalin değişimi (a) Alum kullanıldığında (b) FeCl<sub>3</sub> kullanıldığında (c) PACS kullanıldığında

—◆— Kalıntı Bulanıklık —■— Kalıntı Alüminyum

#### 4. SONUÇLAR

İçme ve kullanma sularının arıtımı sırasında koagülasyon-flokülasyon işleminde kullanılacak koagulan dozunun ayarlanması hem sağlık hem de işletme bakımından önem taşımaktadır

Optimum dozun belirlenmesi tesiste kimyasalların maliyeti, depolaması, taşınması, çözeltilerinin hazırlanıp dozlanmasında bir azalma sağlayacağından önemlidir (Eroğlu, 2008). Yapılan çalışmalarla tesiste alum kullanılması durumunda şartnamede verilen dozlara göre uygun bir optimum doz belirlenmiştir. Fakat alumun içinde bulunan alüminyum miktarı girişte 2.43 mg/L, çıkışta 0.84 mg/L olarak belirlenmiş olup, %65'lük bir alüminyum kullanılmıştır ve çıkış değeri TS-266 standartlarını sağlamamaktadır. Bu sebeple tesiste alum kullanılması durumunda ya pH ayarlaması yapılmalı ya da alüminyum metalinin giderimi için bir proses eklenmelidir. PACS'ta da aynı şekilde giriş alüminyum değeri 17.76 mg/L iken kalıntı alüminyum 6.44 mg/L olarak belirlenmiş olup, %64'lük alüminyum kullanımı sonunda TS-266 standartlarında belirlenen değerin 30 katı üzerinde alüminyum kalıntı kalmaktadır. Bu alüminyum değeri halk sağlığı açısından ciddi sorunlara yol açabileceğinden kalıntı alüminyum için tesiste pH veya proses ekleme gibi düzenlemeler yapılmalıdır. PACS ile alumun karşılaştırılmasında alum'un 30 mg/L'lik dozuyla yapılan çalışmada 7.5 mL stok alum eklenirken PACS'da 0.2 mL'lik hacimde 5 NTU'ya ulaşılmıştır. PACS'in alüminyum içeriği alumun yaklaşık 7 katından fazla olması sebebiyle PACS'in kalıntı alüminyum miktarı da alumun 8 katı kadardır. PACS kullanılması durumunda kalıntı alüminyumlara ilgili daha ciddi sorunlar yaşanacak olup önlemler ona göre alınmalıdır. İyi işletilen bir tesiste kalıntı alüminyumlarda 0.1 mg/L veya daha az konsantrasyonlara ulaşılabilir.

FeCl<sub>3</sub> ile yapılan koaglasyon-flokülasyon sonucunda kalıntı demir miktarı en yüksek dozda bile TS-266'da belirtilen standartlara uygun olduğundan tesiste FeCl<sub>3</sub> kullanılması durumunda kalıntı metalle ilgili önlem alınması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- APHA, AWWA, WEF, 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th Ed.; American Public Health Association, Washington D.C., USA, (2005).
- Berkay A., Aydin M.E., Pektaş M., 1997. İçme suyu arıtımında kimyasal madde kullanımı ve optimizasyonu, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 3(1), 255-260.
- Eroğlu V., 2008. Su Tasfiyesi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Yayınları, Ankara
- Oğuz T.C., 2015. İçme suyu arıtımında yaygın olarak karşılaşılan su kalite problemleri ve arıtımı için çözüm önerileri, Uzmanlık tezi, Ankara
- Reynolds T.D., Richards P.A, 1996. Çevre mühendisliğinde temel işlemler ve süreçler(Unit operations and processes in environmental engineering-second edition), çeviren Ü.B. Öğütveren, Efil Yayınevi, No :9/7, Ankara
- Samsunlu A., 2011. Çevre mühendisliği kimyası, bırsen yayinevi, No:29/13, İstanbul
- Vesilind P.A., Heine L.G., Morgan S.M. 2011. Çevre Mühendisliğine Giriş (Introduction to Environmental Engineering) Çeviren Taröz İ., Nobel Yayınevi, No:2/A, Ankara
- WHO-World Health Organization, 2010. *Aluminium in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

## ZEYTİN KARASUYUNUN FİZİKOKİMYASAL YÖNTEMLERLE ARITILABİLİRLİĞİ

Sinem Çolak, Elif Nur Özçelik, Merve Soğancioğlu, Esra Yel

*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya.*

*snmclk15@gmail.com, elfnrzclk@gmail.com, merves@selcuk.edu.tr, etarlan@selcuk.edu.tr*

**ÖZET:** Bu çalışmada zeytin ve zeytinyağı üretiminin kaynaklanan zeytin karasularının ardışık olarak oksidasyon, kimyasal çöktürme ve adsorpsiyon uygulaması ile arıtılabilirlikleri araştırılmıştır. Zeytin ve zeytinyağı üreten fabrikadan alınan atıksu numunesinin karakterizasyonu yapılmış ve laboratuvar ölçüğünde arıtma yöntemleri arka arkaya uygulanarak herbir aşamada arıtma verimleri ve uygun arıtım koşulları belirlenmiştir. İlk işlem olan oksidasyonda Fenton, US/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Sonofenton prosesleri çalışılmıştır. Bunların sonuçlarından başarılı bulunan uygulamanın çıkış suyuna alum ile kimyasal çöktürme işlemi yapılmıştır. Bu ikinci aşamada seçilen uygun alum dozuyla yapılan arıtımın çıkış suyuna aktif karbon ile adsorpsiyon çalışılmıştır. Arıtım performansı belirlenirken KOİ giderimi esas alınmıştır. Oksidasyon işleminde sono fenton uygulaması en başarılı oksidasyon seçeneği olarak belirlenmiştir. SonoFenton prosesinde KOİ 22259 mg/L'den 3008 mg/L'ye düşürülmüş, %86 verim elde edilmiştir. Kimyasal çöktürmede KOİ 2707 mg/L'ye düşürülmüştür. Adsorpsiyon prosesinde ise KOİ 510 mg/L'ye düşürülmüş olup toplamda %97 verim elde edilmiştir.

*Anahtar Kelimeler: :Fenton,sono fenton,zeytin,karasu*

## TREATABILITY OF OLIVE PROCESSING WASTEWATER BY PHYSICOCHEMICAL METHODS

**Abstract:** In this study, wastewaters from olive and olive oil production were treated by sequential oxidation, chemical precipitation and adsorption processes. Wastewater obtained from an olive processing plant was characterized and the treatment processes were applied sequentially in lab-scale. The treatment efficiencies and the appropriate treatment conditions were determined. In the first step, oxidation processes, Fenton, US/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Sonofenton were studied. To the effluent of the most appropriate of these, i.e.sonofenton, chemical precipitation process with alum was applied. Finally, activated carbon adsorption was applied to the effluent of chemical treatment with selected alum dose. Treatment performances and selections were based on COD. Sonofenton decreased COD from 22259 mg/L to 3008 mg/L then chemical precipitation decreased it to 2707 mg /L and finally by adsorption, COD could be reduced to 510 mg/L with totally 97% efficiency.

*Keywords:* Fenton, sono fenton, olive, wastewater

### 1. GİRİŞ

Zeytin, yağ üretimi, meyvesi ile atıklarının değerlendirilmesi açısından son derece önemli ekonomik değere sahip tarımsal ürünlerden biridir. Zeytin meyvesi yaklaşık %40 oranında zeytin özsuyu ve %20 oranında zeytinyağı ve %30 oranında çekirdek ve kabuktan oluşmaktadır. Üretim sırasında eklenen su ile birlikte çıkan zeytin özsuyu ve su karışımına zeytin karasuyu denilmektedir. Karasuyun bileşimi, içerisindeki yağ ve etrafaya yaydığı koku sebebiyle çevre açısından önemli bir kirlilik potansiyeli oluşturmaktadır (Şengül vd, 2003). Zeytinyağı işletmesinden kaynaklanan karasuyun özellikleri, zeytinin yetişirildiği bölgenin toprak ve iklim özelliklerine, ayrıca işletmede kullanılan suyun kimyasal özelliklerine bağlı olarak büyük farklılıklar göstermektedir. KOİ/BOİ<sub>5</sub> oranı 2,5–5 arasında ve KOİ değeri 220 g/L'ye kadar çıkabilmektedir (Çelik vd, 2008). pH'ları 3–5,9 arasında değişir, yüksek polifenol içerikli (3–80 g/L), yüksek katı madde içeriklidir (20 g/L'ye kadar). Önemli miktarda potasyum, magnezyum ve fosfat tuzları, lipid içerir, karbonhidratça zengindir (Çelik vd, 2008). Zeytin karasuyu arıtımında çeşitli fizikokimyasal prosesler uygulanabilmektedir.

Bunlar arasında kimyasal oksidasyon, koagülasyon-flokülasyon ve adsorpsiyon yer almaktadır. Bu çalışmada oksidasyon proseslerinden Fenton, Ultrases (US) ve peroksit, Sonofenton alternatifleri, alum koagülasyonu ve aktif karbon adsorpsiyonu üzerinde durulmuştur.

Fenton oksidasyonu, demir(II) tuzları (genellikle  $\text{FeSO}_4$ ) ve hidrojen peroksitin birlikte bulunduğu ortamda reaksiyon ile meydana gelen hidroksil radikalleri ile sudaki organik kirleticileri mineralize etmeye dayanır. Bu prosesse  $\text{Fe}^{+2}$  ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  konsantrasyonu, pH ve reaksiyon süresi önemli parametrelerdir (Gregor, 1994). Fenton reaktiflerinin kullanımı önemli avantajlara sahiptir. Demirin sadece katalitik miktari kullanılır, kullanılmayan  $\text{Fe}^{2+}$  çözeltiden kolaylıkla uzaklaştırılabilir. Ultrasonik arıtma uygulamasıyla sıvı fazda oluşan kabarcıklar belirli bir büyülükle ulaştıktan sonra şiddetli bir şekilde sönmektedir. Balonların sönmesi bölgесel ısinma, sıvı-gaz ara yüzeyinde yüksek basınç ve sıvı fazda yüksek gerilime neden olmaktadır. Ultrasonik arıtma işleminde hidro-mekanik kesme kuvvetleri, hidrofobik uçucu maddelerin termal birikimi ve ultrasonik radyasyon altında oluşan radikaller olmak üzere üç temel mekanizma bulunmaktadır (Erden ve Filibeli, 2010). SonoFenton prosesinde yeterince büyük şiddetli ultrases dalgaları sıvılarda kabarcıklanma yaratır. Bu yol ile sıvı içerisinde parçalanma sağlanır. Bu işlem ile ultrases cihazında kimyasalların ( $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) dozlanmasıyla belli zaman aralığında parçalama işlemi gerçekleşmiş olur. SonoFenton prosesinin maliyetinin fazla olması bir dezavantaj gibi görülse de çoğu çalışmada daha verimli arımı olduğu görülmüştür (Karadağ, 2010). Kimyasal çöktürme, atıklarda çözünmüş halde bulunan maddelerin, kimyasal madde ilavesiyle suda çözünmeyen bileşikler haline getirilip çöktürülmesidir. Genel olarak kimyasal arıtında  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{FeSO}_4$ , alum gibi kimyasal maddeler kullanılmaktadır (Aktaş vd., 2001; Kestioğlu, 2001). Adsorpsiyon; katı adsorbent yüzeye fizikokimyasal kuvvetler yardımıyla moleküllerin tutundurularak ortamdan ayrılması işlemidir. Bir adsorbentin yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olmasını etkileyen faktörlerden biri büyük yüzey alanına sahip olmasıdır. Sıklıkla kullanılan adsorbent türleri aktif karbon, aktif alumina, silika jel, moleküler elek karbonu, moleküler elek zeolitleri ve polimerik adsorbentlerdir.

Bu çalışmada zeytin karasuyuna arıtılabilirlik denemeleri yapılmıştır. Yaygın literatür çalışmalarında prosesler tek tek çalışılmışken bu çalışmada ardışık uygulama yapılmış ve bir işlemin optimize edilen koşullarında çıkış suyu bir sonraki işleme giriş suyu olarak kullanılmış ve arıtım performansı KOİ üzerinden takip edilmiştir.

## **2. MATERİYAL VE YÖNTEM**

### **2.1. Karasu Numunesi**

Bu çalışmada kullanılan zeytin karasuyu numunesi Mersin'de faaliyet gösteren bir zeytinyağı üretim tesisinden temin edilmiştir. Bu atıksuyun Standart Metotlar'a (2005) göre yapılan analizler sonucu belirlenen karakteristiği Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Ham Zeytin Karasuyunun Karakteristik Özellikleri

Parametre	Değeri
KOİ, mg/L	22259
Yağ-gres, mg/L	600-900
AKM, mg/L	1000-2000
pH	3-6

## 2.2. Kimyasal Oksidasyon Denemeleri

Karasadan alınan numune shot şışesine doldurularak 1 gün süre ile çökelmeye bırakılmıştır. Çökelen numuneden katı maddeler ayrılarak sıvı kısım bir behere alınmıştır. Bu numuneye yağ gres analizi yapılmıştır.

### 2.2.1. Fenton Deneyleri

Bu proseste ilk adım uygun pH'ın, sonra da  $\text{FeSO}_4$  ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  dozlarının belirlenmesidir. Fenton deneyleri KOI ve renk giderimin de en iyi sonuçların alındığı optimum dozların belirlenmesi amacıyla 2-7 arasında farklı pH değerlerinde ve farklı  $\text{Fe}^{2+}$  ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  konsantrasyonlarında gerçekleştirilmişdir. pH ayarlamada 6 N NaOH kullanılmıştır. Konsantrasyonlar sabit tutularak 2000 mg/L  $\text{Fe}^{2+}$  ve 2000 mg/L  $\text{H}_2\text{O}_2$  ilave edilmiştir. Jar test cihazında 120 rpm de 3 dk hızlı karıştırma ve 30 rpm de 45 dk yavaş karıştırma işlemleri uygulanmıştır. Ardından pH 7'ye ayarlanarak 2 saat çökelmeye bırakılmıştır. Süre sonunda numunenin üst suyu ayrı bir behere alınarak KOI analizleri yapılmıştır. En iyi KOI veriminde en uygun pH 4 seçilmiştir. Seçilen pH değerinde 1000-6000 mg/L  $\text{Fe}^{2+}$  ve 1000-6000 mg/L  $\text{H}_2\text{O}_2$  aralığındaki dozlar ile aynı işlemler tekrarlanarak  $\text{Fe}^{2+}$  ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  dozuna karar verilmiştir.

### 2.2.2. US/ $\text{H}_2\text{O}_2$ Deneyleri

Bu prosesde  $\text{H}_2\text{O}_2$  dozunun ve US maruz kalma süresinin etkileri çalışılmıştır. 100 mL numunenin pH 4'e ayarlanmış, 1000-2000 mg/L  $\text{H}_2\text{O}_2$  dozları numunelere eklenerek ultrases cihazına yerleştirilmiştir. 3, 5, 15 dk karıştırılmıştır. pH 7'e ayarlanarak 30 dk çökelmeye bırakılmıştır (ilk deneme 2 saat çöktürülmüş ancak 30 dakika sonra çöken çamur miktarının değişmediği gözlenmiştir). Süre sonunda numunelerin üst suları ayrı bir behere alınarak KOI analizleri yapılmıştır. En iyi KOI veriminde en uygun doz ve süreye karar verilmiştir.

### 2.2.3. SonoFenton Deneyleri

100 mL numuneye  $\text{Fe}^{2+}$  ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  ilave edilmiş ultrases cihazında 3 dk karıştırma işlemi yapılip ardından jar test cihazında 30 rpm'de 45 dk yavaş karıştırma işlemi uygulanmıştır. Karıştırma işlemlerinden sonra numuneler 2 saat çökturmeye bırakılmış ve üstsuyundan

alınan numunelerde KOİ ölçülmüştür. Kimyasal dozları olarak Fenton prosesi bulgularından yararlanılmış ve 1000-2000 mg/L çalışılmıştır.

### **2.3. Kimyasal Çöktürme Denemeleri**

Sono fenton prosesinden çıkan numunenin üst suyu bir behere konulmuştur. pH 4 olarak çalışmaya devam edilmiştir. 100 mL numunenin üzerine 1000-6000 mg/L  $\text{Al}_2\text{SO}_4 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  aralığındaki dozlarda denemeler yapılmıştır. Jar test cihazında 120 rpm de 3 dk hızlı ve 30 rpm de 45 dk yavaş karıştırma işlemleri uygulanmıştır. Ardından pH 7'ye ayarlanarak 2 saat çökelmeye bırakılmıştır. Süre sonunda numunenin üst suyunda KOİ analizleri yapılmıştır. En iyi KOİ veriminde en uygun alum dozuna karar verilmiştir.

### **2.4. Adsorpsiyon Denemeleri**

Kimyasal çöktürme işleminden çıkan suyun 100 mL'sine 0.1 gram aktif karbon eklenmiş ve çalkalayıcıya konulmuştur. 0,5-4 sa zaman aralıklarında reaktörden numune alınmış, karbonu ayırdıktan sonra kalan su numunesinde KOI analizleri yapılmıştır.

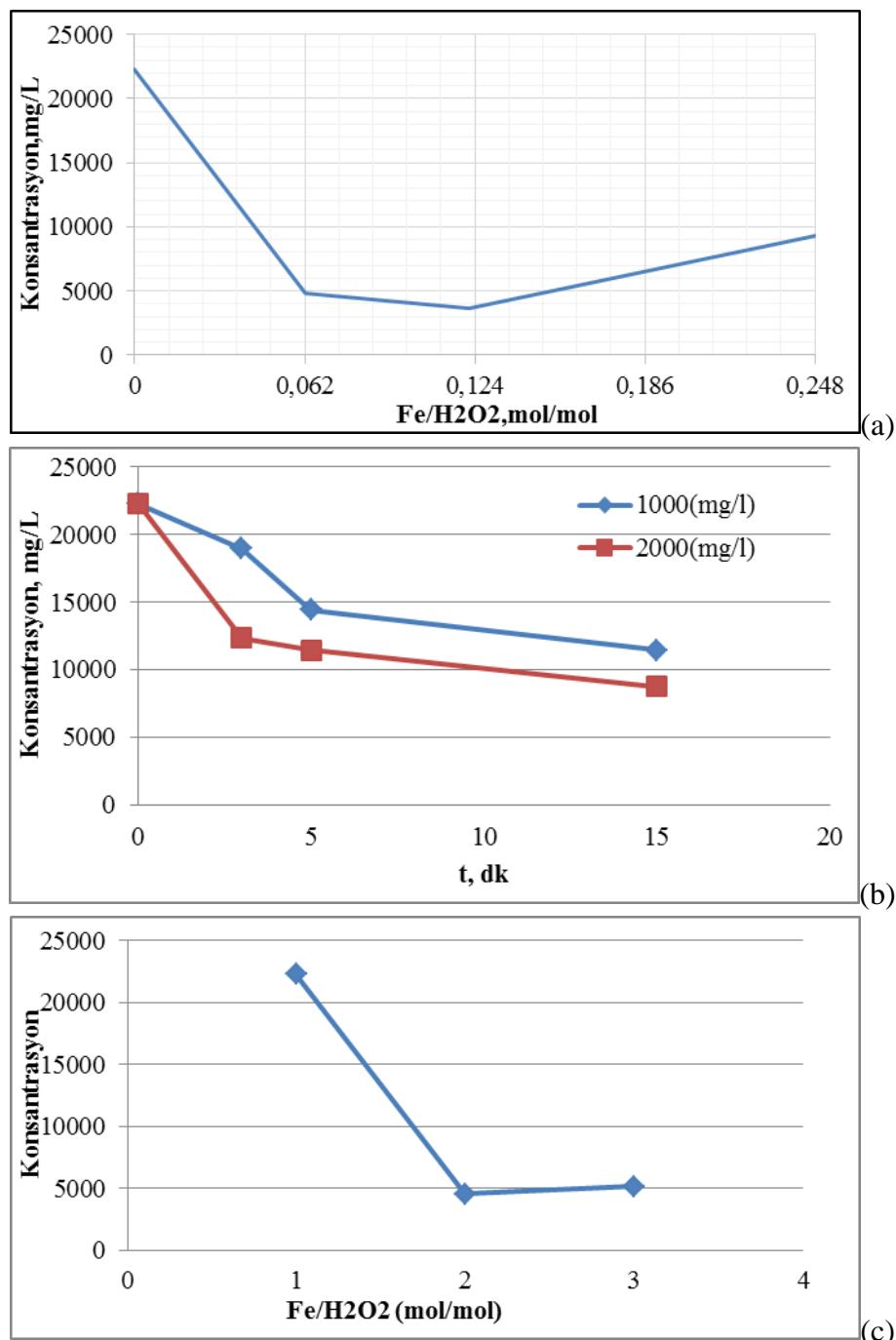
### **2.5. Analizler**

KOI ölçümleri Standart Metotlar (2005) Metot 5220C, Yağ-Gres ölçümleri Metot 5520B ve AKM ölçümleri Metot 2540B ile yapılmıştır.

## **3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE DEĞERLENDİRME**

### **3.1. Zeytin Karasuyunun Kimyasal Oksidasyonu**

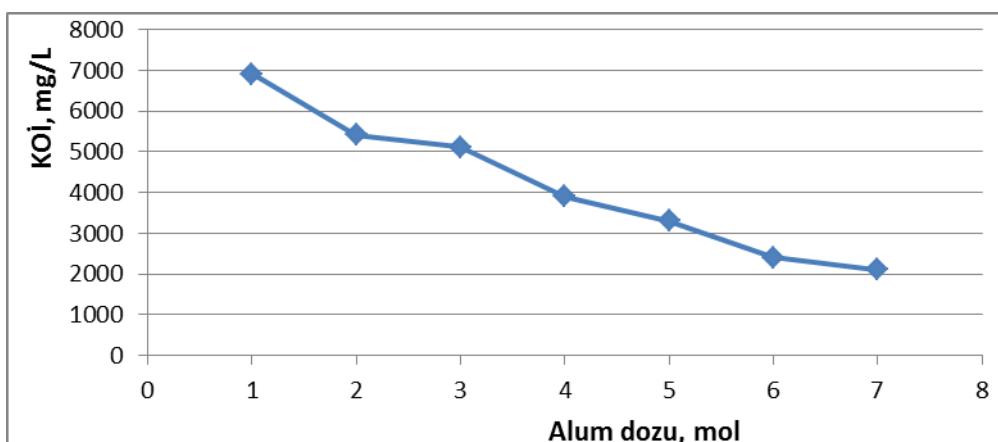
Karasuya uygulanan Fenton,  $\text{US}/\text{H}_2\text{O}_2$  ve SonoFenton oksidasyon işlemlerinin bulguları Şekil 1'de sunulmaktadır. Fenton prosesinde en yüksek KOİ giderimi %85 ile 2000 mg/L  $\text{Fe}^{+2}$  ve 2000 mg/L  $\text{H}_2\text{O}_2$  dozlarında gözlenmiştir (Şekil 1a). Bu prosede oluşan çamur miktarı yaklaşık 136 mL'dir.  $\text{US}/\text{H}_2\text{O}_2$  prosesinde 2000 mg/L  $\text{H}_2\text{O}_2$  dozunda 15 dk US süresinde %60 KOİ verimi gözlenmiştir (Şekil 1b). Bu prosede çamur oluşumu gözle görülmeyecek kadar azdır. Bu iki proseden hem US işleminin hem Fenton reaktifinin bu atiksuda etkili olduğu gözlemlendiğinden üçüncü oksidasyon yöntemi olarak bu ikisinin kombinasyonu olan SonoFenton prosesi çalışılmıştır. 2000 mg/L  $\text{Fe}^{+2}$  ve 2000 mg/L  $\text{H}_2\text{O}_2$  dozlarında %86 KOİ giderimi gözlenmiştir (Şekil 1c) ve oluşan çamur gözle görülmeyecek oranda azdır. Bu durumda tek başına Fenton prosesinin yaklaşık aynı verimde olmasına karşın çamur oluşumu azaltıldığı için SonoFenton daha başarılı bulunmuştur. Bu verilerle en iyi KOİ veriminin yüksek olması ve çamur oluşumunun az olmasının avantajı ile SonoFenton prosesi tercih edilmiştir.



Şekil 1. Karasuyun (a)Fenton, (b)US/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve (c)Sono Fenton oksidasyon işlemleriyle arıtımında KOI değerinin değişimi

### 3.2 . Zeytin Karasuyu SonoFenton Çıkış Suyunun Koagülasyon-Flokülyasyonu

SonoFenton prosesinden çıkan Karasuya değişen kimyasal dozlarında alum kullanılarak koagülasyon-flokülyasyon uygulandığında, Şekil 2'deki bulgular elde edilmiştir. 5000 mg/L alum dozunda toplam KOİ giderim verimi toplam %89'a yükseltilmiştir.

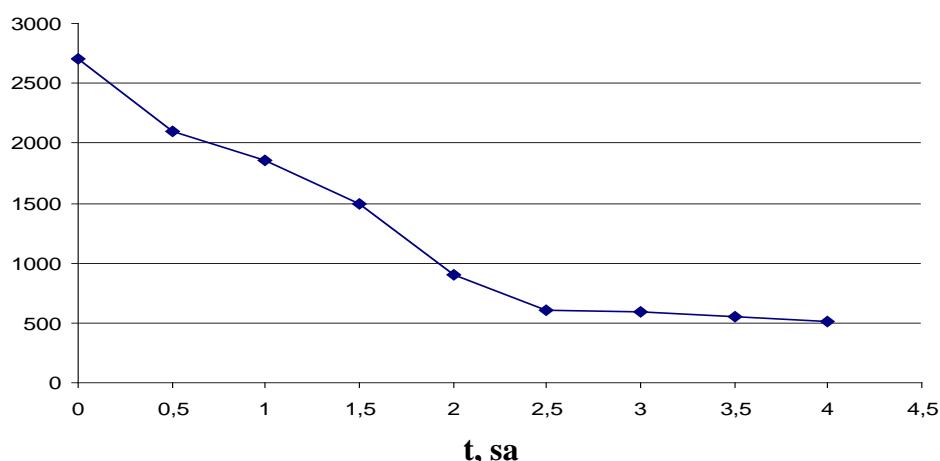


**Şekil 2.** SonoFenton sonrasında Karasuyun kimyasal çöktürme prosesiyle arıtımında KOI değerinin alum dozu ile değişimi

### 3.3 SonoFenton + Koagülasyon-Flokülasyon Çıkış Suyuna Adsorpsiyon Uygulaması

Karasu kimyasal çöktürme prosesinden çıktıktan sonra aktif karbon ilavesi ile yapılan adsorpsiyon çalışmasında Şekil 3'deki sonuçlar elde edilmiştir. 100 mL numuneye 0.1 gram aktif karbon ilavesi yapılarak 2.5 saat sonunda 2707 mg/L'den 510 mg/L'ye toplamda %98 verimle KOİ gideriminde ulaşılmıştır.

KOİ, mg/L

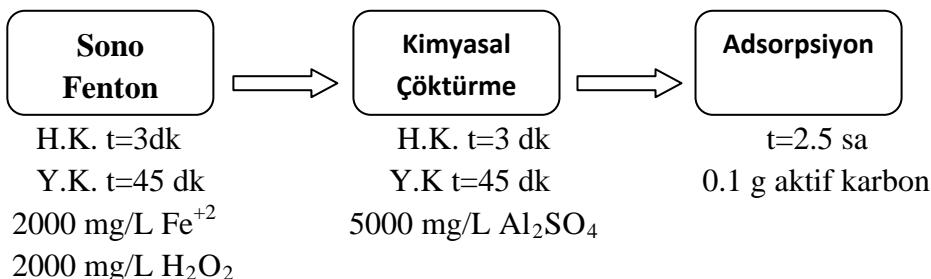


**Şekil 3.** Karasuyun adsorpsiyon prosesiyle arıtımında KOI değerinin süre ile değişimi

## 4.SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada zeytin karasuyunun ardışık fizikokimyasal proseslerle arıtılabilirliği ortaya konmuştur. Arıtılabilirlikte karasudaki en zor arıtılan sorunlu parametre olan KOİ giderimi esas alınmıştır. Çünkü zeytin karasuyunda biyolojik parçalanamayan yüksek miktardaki KOİ sebebiyle biyolojik arıtım başarılı olamamaktadır. Çalışmada uygulanan üç oksidasyon seçeneği arasından sono fenton, ardından kimyasal çöktürme olarak alum ile

koagülasyon-flokülasyon ve son olarak aktif karbon ile adsorpsiyon işlemleri aşağıda gösterildiği gibi bir akım şeması şeklinde uygulanarak %97 verimle arıtım sağlanabilmektedir.



## KAYNAKLAR

- Aktaş, E., Imre, S., Ersoy, L., 2001. Characterization and lime treatment of olive oil mill wastewater, Water Research, 35(9), 2336-2340.
- APHA, AWWA, WEF, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th Ed.; American Public Health Association, Washington D.C., USA, (2005).
- Çelik, G., Seven, Ü ve Güçer, Ş. 2008 "Zeytin Karasuyunun Değerlendirilmesi", I.Uluslararası Zeytin Öğrenci Kongresi 17-18 Mayıs 2008 / Edremit-Balıkesir, 162-167.
- Erden, G., Filibeli, A., 2010 "Kentsel nitelikli arıtma çamurlarının ultrasonik yöntemle ön arıtımı." *İTÜDERGİS/e* 20(1), 39-48.
- Gregor, K.H. 1994. "Oxidative decolorization of textile wastewater with advanced oxidation process" Chemical Oxidation Technologies for the nineties, 2, 161-193, Technical Publishing Co.Inc.
- Kestioğlu, K., 2001. Endüstriyel Atksu Arıtma Tesisi Boyutlandırma Kriterleri, Vipaş AŞ., ISBN 975-564-114-9.
- Mert, B K, Kestioğlu, K, Yalılı, K.M, 2008 "Zeytinyağı endüstrisi atıksularının kimyasal arıtma sonrası evsel atıksularla birlikte arıtılabilirliğinin respirometrik yöntemle araştırılması." *Ekoloji* 17(66): 39-46.
- Şengül, F., 2003. "Zeytin Karasuyu Arıtımı Projesi." *Izmir, Turkey: Department of Environment Engineering, Engineering Faculty, Dokuz Eylül University*.
- Tezcan, H. 2010. *Zeytinyağı atıksalarının Fenton prosesi ile arıtılması*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yalılı, M.K, Kaya, G., Kestioğlu, K. 2009. "Kimyasal, Biyolojik ve İleri Arıtma Yöntemleri İle Zeytin Karasuyunun Arıtımına Yönelik Bir Envanter Çalışması", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 14(2), 183-198.

## DETERJAN ÜRETİMİ ATIKSULARI İLE MERMER İŞLEME ATIKSULARININ HAVA FLOTASYONU SİSTEMİNDE BİRLİKTE ARITILABİLİRLİĞİ

Aslıhan BİLEN, Şirin Gözde OKKAOĞLU, Merve SOĞANCIOĞLU, Esra YEL  
*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya,  
aslibilen0@gmail.com, gozde.okkaoglu@gmail.com, merves@selcuk.edu.tr, etarlan@selcuk.edu.tr*

**ÖZET:** Kolloid içeren endüstriyel atıksuların arıtılmasında flotasyon kullanılan yöntemler arasındadır. Yüzey gerilimi flotasyon verimini etkileyen en önemli faktör olduğundan flotasyon başarısını artırmak için yaygın kullanılan yüzey aktif maddeler arasında deterjan atıksularında da bulanan deterjanlar önemli yer tutmaktadır. Bu sebeple bu çalışmada deterjanlı atıksulardaki yüzey aktif maddelerden hava flotasyonu işleminde yararlanması ve bu uygulamanın deterjan atıksuları ile mermer tesisi atıksularının arıtımına karşılıklı etkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışmada mermer atıksuyunun ve deterjan atıksuyunun tek başına hava flotasyonu, iki atıksuyun karıştırılarak birlikte flotasyonu ve bu karışım flotasyonuna karışım oranı ve süre değişkenlerinin etkileri çalışılmıştır. Arıtma çamurunun fiziksel özellikleri belirlenerek, arıtım uygulamasının çamur üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen çamurun geri kazanılabilirliği ve değerlendirilebilirliği üzerinde durulmuştur. Çalışma sonucunda AKM, KOİ, alkalinité ve yağ gres konsantrasyonlarında önemli azalmalar, fosfor konsantrasyonunda ise bir miktar azalma gözlenmiştir. Flotasyon süresini değiştirmenin AKM, alkalinité ve yağ gres parametrelerinin arıtımında önemli rol oynadığı görülmüştür.

*Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, atıksu, deterjan, flotasyon, mermer.*

### Co-Treatment of Marble Processing Wastewater and Detergent Production Wastewater by Dispersed Air Flotation

**Abstract:** Flotation is one of the methods commonly used for colloid removal from industrial wastewaters. Surface tension is the most important factor affecting the flotation efficiency. Detergent is one of the common important surfactants that improve the flotation. Therefore, this study aimed to reveal the mutual influence of marble processing wastewater and detergent production wastewater in dispersed air flotation treatment. Two wastewater samples were first subjected to dispersed air flotation separately, and then their mixtures were treated at the same system. In the co-treatment, mixing ratio and time were independent variables. Besides treatment performances, the sludge physical properties were determined and the effect of treatment on the sludge and possible recovery potentials of the sludge were evaluated. Study results, significant reductions in SS, COD, alkalinity, oil-gress concentrations together with slight decrease in the phosphorus concentrations were observed. Increasing the flotation time increased SS, alkalinity and oil-grease removal in the co-treatment.

*Keywords: Detergent, flotation, marble, sludge, wastewater,*

## 1.GİRİŞ

### 1.1.Deterjan Üretimi Atıksuları

Deterjan üretimi atıksuları, içerisinde askıda katı madde (AKM), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), fosfor (P) ve yağ-gres bulundururlar (Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Talimatnamesi, 2010). Deterjan aktif maddeleri alıcı sularda 0.5 mg/L'den yüksek derişimlerde köpük oluştururlar (Egemen, 2000). Deterjan aktif maddesi sularda biyokimyasal reaksiyonlarla ayrışma sırasında ortamda çözünmüş oksijeni kullanır, bu da ani oksijen eksikliğine neden olabilir. Deterjanlardan kaynaklanan fosfatın alıcı sulara başlıca etkisi östrofikasyondur. Böyle bir ortamda oksijenin azalması, renk değişimi, bulanıklık, dipte aşırı birikimler, canlı türü sayısında azalma, bozunma ve kokuşma gözlenmekte ve ortam giderek kullanılamaz hale gelmektedir (Egemen,

2000). Literatürde deterjanlı atıksular arıtılırken bünyesindeki yüzey aktif maddelerin flotasyon işleminde ortamdaki katı maddenin yüzdürülmesine katkılarının ortaya konması üzerine bir çalışmaya rastlanmamıştır.

## **1.2. Mermer İşleme Atıksuları**

Mermerler, kalker ve dolomitik kalkerlerin ısı ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak, tekrar kristalleşmesi sonucunda yeni bir yapı kazanmalarıyla meydana gelen kayaçlardır (Yılmaz vd, 2008). Mermer işleme aşamalarından kesme, yıkama, silme ve cilalamadan özellikle partikül ve AKM açısından zengin proses atıksuları oluşturmaktadır (Kavaklı, 2003). Bazı tesislerde arıtılan su sistemde yeniden kullanılmaktadır ve iyi bir arıtma yapılamaması durumunda, sistemde kolloidal partiküler özellikle cilalama işlemlerini olumsuz etkileyebilmekte ve borularda tikanmalara sebep olmaktadır (Acar 2001). Bu tür kolloid zengini atıksulardaki bulanıklığın giderilmesinde koagülasyon-flokülaysyonda genel olarak hızlı bir şekilde çökeltme gerçekleştirebilen ve literatürde de önerilen (Gregory ve Barany, 2011) polielektrolitler tercih edilmektedir. Bu malzemenin maliyetinin yüksek olması, yapışkan özellik taşıması ve hacimce fazla atık oluşumuna sebep olması en önemli dezavantajlarıdır (Yılmaz vd, 2008). Filtrasyon sıvının gözenekli bir ortamdan geçtiği bir katı-sıvı ayırma yöntemidir (Reynolds ve Richards, 1996). Ancak süspansiyondaki mermer kolloidlerinin tane boyutları çok küçük olduğundan verimin yüksek olması için gözenek boyutu küçük filtre kullanılmalıdır. Bu durumda filtrenin tikanma, bakım, geri yıkama zorluğu gibi dezavantajları vardır. Membranlar, seçici ayırmayı ve taşınınım gerçekleştirildiği gözenekli yüzeylerdir. Ayırma işlemi membranın hem kimyasal, hem de fiziksel doğasıyla belirlenmekte ve basınç farkı, derişim farkı, elektriksel potansiyel farkı ve sıcaklık farkının biri veya kombinasyonlarıyla oluşturulan itici kuvvetle gerçekleşmektedir. Bu süreçlerin başlica zorluğu, membranın birim alanı başına kütle kütleye akışının düşük olmasıdır (Reynolds ve Richards, 1996). Aynı zamanda membran proseslerin çok maliyetli olması, tikanma problemi ve bakım süreçleri de bu yöntemin dezavantajlarındanandır.

Flotasyon maddelerin çeşitli yöntemlerle yüzeye çıkarılıp sudan ayrılması işlemidir. Su ve atıksu arıtımında en yaygın kullanılan dispers hava flotasyonu ve çözünmüş hava flotasyonudur. Yüzeye çıkarma işlemi için hava kabarcığı yeteresiz kaldığında kimyasal takviyesiyle yüzdürme güçlendirilir. Literatürde mermer işleme tesisi atıksularındaki süspanse halde kolloidlerin arıtımında yüzey aktif madde ilaveli flotasyon uygulamasına rastlanmamıştır. Bilinen yöntemlerin farklı modifikasyonlarla daha verimli hale getirilebileceğinin öngörülmesi de bu çalışmaya zemin hazırlamıştır.

## **1.3. Arıtma Çamurları**

Endüstriyel atıksuların arıtma çamuru, arıtım sonucu oluşan sıva ya da yarı katı halde; uygulanan arıtma işlemine bağlı olarak ağırlıkça %0.25 ile %12 katı madde içeren atıklardır. Arıtma tipine ve amacına göre arıtma çamurlarının cinsleri farklılık gösterir. Arıtım atığı olan bu materyallerin güvenli bir şekilde stabil hale getirilmesi ve nihai uzaklaştırma yönteminin seçilebilmesi için

çamur özellikleri önem taşımaktadır. Çamurların yoğunluğu, katı madde içeriği, susuzlaştırılabilirliği önemli fizikokimyasal özellikleridir (Filibeli,2002). Flotasyon çamurları; yağ-gres ve AKM gibi yoğunluğu suyun özgül ağırlığından küçük ve organik içeriği yüksek olan yüzücü maddelerdir (Filibeli,2002).

Mermer fabrikası atıksularının içeriği dikkate alındığında arıtma çamurlarının da mermer kolloidlerinden oluşması beklenmektedir. Deterjan üretimi atıksularında organik madde ve yağ-gres de önemli kirleticilerdir ve fizikokimyasal arıtım çamurunda da bunlar yer alacaktır. Flotasyon bir fiziksel işlem olup flotasyon çamurunda en önemli organik içerik kullanılan yüzey aktif maddeler olacaktır.

#### **1.4. Çalışmanın Amacı**

Geleneksel yaklaşımlarda genellikle atıksular ayrı ayrı arıtilır. Ancak iki atıksuyu birleştirerek birlikte arıtımı yaygın denenmemiştir. Bu çalışmada iki atıksu birleşiminin dispers hava flotasyonu ile arıtılabilirliği ortaya konmuştur. Flotasyonda katının kabarcığa tutunmasını sağlayan kuvvet olan yüzey gerilimini değiştiren toplayıcılar ve köpürtücüler surfaktan da denilen yüzey aktif maddelerdir. Yaygın kullanılan yüzey aktif maddeler arasında deterjan üretimi atıksularında da bulanan deterjanlar önemli yer tutmaktadır. Bu sebeple bu çalışmada deterjanlı atıksuların bünyesindeki yüzey aktif maddelerden dispers hava flotasyonu işleminde yararlanması ve bu sayede hem kendisi kısmen arıtılırken bir taraftan da bu yüzey aktif maddelerin ortamda bulunan mermer işleme atıksuyundaki katı maddenin yüzdürülmesine katkılarının ortaya konması amaçlanmaktadır. Yüzey aktif madde olarak sentetik kimyasalın doğrudan kullanımı yerine kendisi de zaten arıtım gerektiren deterjan üretimi atıksuyundan yararlanılmıştır. Böylece iki atık suyun birlikte arıtılması ile avantaj sağlanması hedeflenmiştir. Ayrıca oluşan flotasyon çamurunun fizikokimyasal özelliklerinin araştırılması, çamur kalitesinin incelenmesi ve çamurun susuzlaştırma sonrasında araziye atmak yerine başka hangi alternatif alanlarda değerlendirileceğinin irdelemesi de çalışmanın amaçları arasındadır.

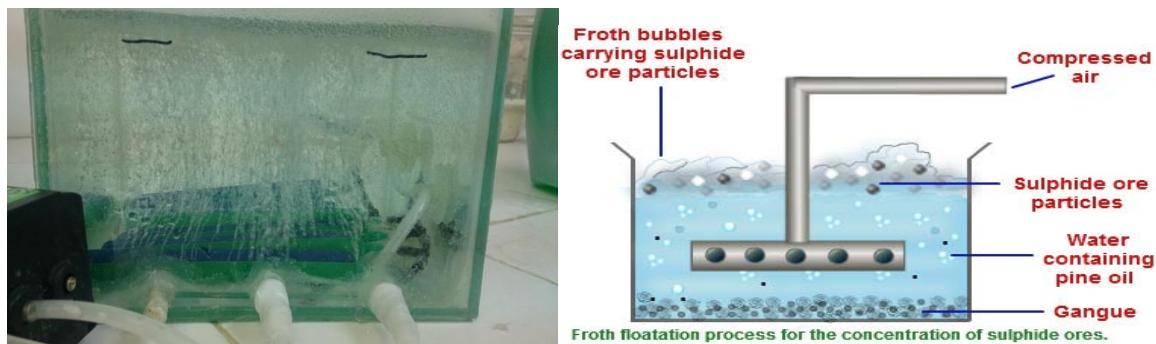
### **2. MATERİYAL VE METOT**

#### **2.1 Atıksular**

Deneysel çalışmalarında bir deterjan üretimi tesisinden temin edilen atıksu ve bir mermer işleme tesisinden temin edilen atıksu kullanılmıştır. Atıksular laboratuvara deney öncesinde +4°C buz dolabında saklanmıştır. Her iki atıksuyun da önce karakterizasyonu yapılmıştır. Deterjan üretimi atıksuyunda bulanıklık, alkalinité fosfor, organik madde (KOİ) ve yağ-gres, mermer işleme atıksuyunda da bulanıklık ve alkalinité analiz edilmiştir.

## 2.2 Flotasyon Deneyleri

Bu çalışma için yüzdürme tankı, difüzör, pompa ve çamur sıyırcıdan oluşan laboratuvar ölçekli düzenek hazırlanmıştır (Şekil 1). 20 cm uzunluğunda ve 20 cm genişliğinde olan cam reaktör tabanına 8 cm uzunluğunda ve 2 cm genişliğinde 8 adet difüzör yerleştirilmiş ve bunlar 2 adet labaratuvar ölçekli pompalara bağlanmıştır. İşlem sonunda çamuru sıyrabilmek için özel olarak uzunluğu 19 cm, genişliği 10 cm, derinliği 12 cm olan pleksiglas çamur sıırma aparatı hazırlanmıştır. Flotasyon denemelerinde tankta 5 litre atıksu hacminde çalışılmıştır. Tanka atıksu doldurulduktan sonra 20 dakika boyunca atmosferik basınç altında hava verilmiştir. Süre sonunda pompalar kapatılmış ve önce yüzeydeki çamur sıyrılmıştır. Alt kısımda kalan berrak sudan numune alınıp AKM, Alkalinite, yağ-gres, KOİ ve fosfor analizleri yapılmıştır. Yüzeyden sıyırcı ile elle toplanan çamurda AKM, UAKM (uçucu askıda katı madde), ıslak yoğunluk, kuru yoğunluk, spesifik kek rezistansı ve katı madde içeriği analizleri yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan hava flotasyonu düzeneği ve şematik gösterimi.

Çalışmalar üç temel aşamadan oluşmuştur. İlk iki aşama kontrol deneyleri niteliğindedir. Her iki atıksuyun hava flotasyonu işleminde arıtım performansları belirlenmiştir. Üçüncü aşamada iki atıksu değişen oranlarda karıştırılarak flotasyon denemeleri ile iki atıksuyu birleştirmenin hava flotasyonu yöntemiyle arıtım performansına etkileri ortaya konmuştur. Deterjanlı atıksuyun oranını artırmak, köpürtücü dozunu artırmak demektir. Bu sebeple deterjanlı atıksu oranı en az %10 mermer atıksuyu oranı %90 olacak şekilde başlanıp, deterjan atıksuyu %60'a kadar karışım oranı denenmiştir. Daha sonra en iyi verim elde edilen karışım oranlarında 40 dk flotasyon süresi denenerek flotasyon süresinin arıtım üzerindeki etkisi çalışılmıştır.

## 2.3 Analizler

Arıtılmış sudan alınan numunelerde AKM, KOİ, P, yüzey aktif madde, yağ-gres, ve alkalinite Standart Metodlara (APHA, 2005) göre ölçülmüştür. pH ölçümü Hanna marka pH metre ile ve bulanıklık ölçümü Hach DR4000 direkt okumalı spektrofotometre ile yapılmıştır.

Herbir arıtım işleminin sonunda reaktör yüzeyinden toplanan çamur numunelerinde AKM ve UAKM Standart Metodlara (APHA, 2005) göre ölçülmüştür. Elde edilen çamurun hacmi ve ağırlığından yararlanarak çamurun kütlesi, ıslak yoğunluğu ve çamur katı madde yüzdesi hesaplanmıştır (Filibeli, 2002). Çamurun özgül filtre direnci için, filtrasyon süresince zamana (t)

karşılık süzülen filtrat hacmi verisi toplanmış, V'ye karşılık t/V grafiğinden Poiseuille ve Darcy kanunlarına göre şu ifadeden yararlanılarak hesaplanmıştır: (Siyasal,2006)

$$r = [(2 \times A^2 \times P) / (\mu \times c)] \times b$$

burada, r: özgül filtre direnci, m/kg, P: filtrasyon basıncı, N/m<sup>2</sup>, A: filtre alanı, m<sup>2</sup>, b: zaman/hacim-hacim eğrisinin eğimi, s(m<sup>3</sup>)<sup>2</sup>,  $\mu$ : filtrat vizkozitesi, N.s/m<sup>2</sup>, c: birim süzüntü hacmi başına biriken katı madde miktarı (kekteki kuru madde konsantrasyonu), kg/m<sup>3</sup>, tür.

### **3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME**

#### **3.1 Mermer İşleme ve Deterjan Üretimi Atıksularının Ayrı Ayrı Flotasyonu**

Mermer işleme tesisi ham atıksuyundaki 6878 mg/L AKM konsantrasyonu 20 dk flotasyon ile ancak 6052 mg/L'ye kadar (Şekil 2a), 65000 mg/L CaCO<sub>3</sub> olan alkalinitet 17500 mg/L CaCO<sub>3</sub>'a inmiştir (Şekil 2b). Deterjan atıksuyunda bulunan 5000 mg/L AKM'nin flotasyon işlemi sonucunda 3150 mg/L'ye (Şekil 2a), 33088 mg/L olan KOİ'nin 24064 mg/L'ye (Şekil 2c), 1000 mg/L olan yağ-gres değerinin 400 mg/L'ye indiği (Şekil 2e), ancak 2500 mg/L CaCO<sub>3</sub> olan alkalinitet ve 3,4 olan fosfor değerinin aynı kaldığı gözlenmiştir (Şekil 2b,d). Ham atıksulara ayrı ayrı uygulanan flotasyon işlemi bazı parametreleri bir miktar azaltsa da, arıtma fazla bir katkısının olmadığı gözlenmiştir.

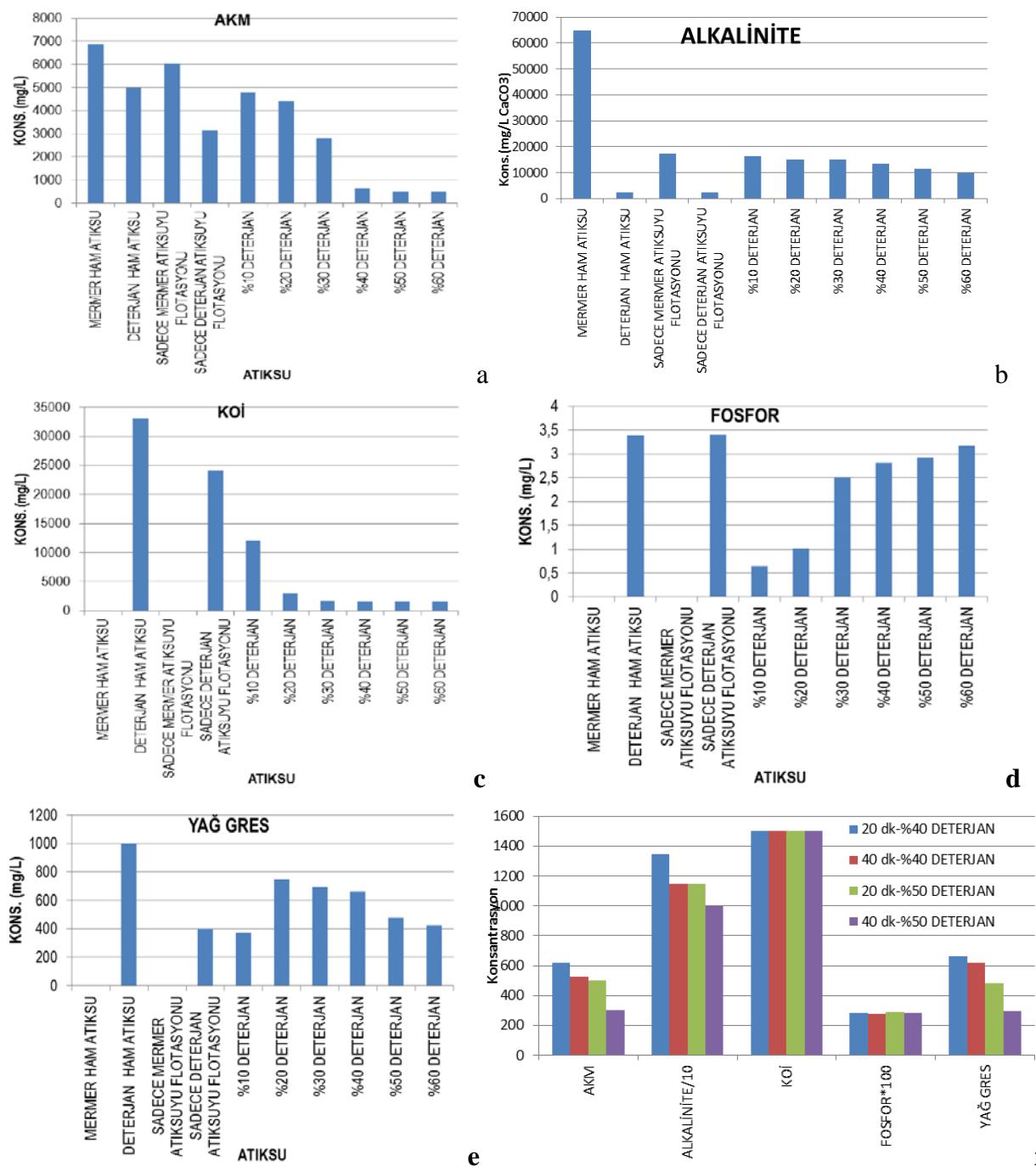
#### **3.2 İki Atıksuyun Birlikte Flotasyonuna Karışım Oranlarının Etkileri**

Karışım işlemine %10 deterjan atıksuyu ve %90 mermer atıksuyu olarak başlanmıştır. %10 oranında deterjan atıksuyu karıştırıldığında verim artmaya başlamış ve AKM 4800 mg/L'ye inmiş, en iyi verim %50 ve %60 karışım oranlarında 500 mg/L'ye ulaşarak sağlanmıştır (Şekil 2a). Alkalinitet'de en fazla azalma 10000 mg/L CaCO<sub>3</sub> ile %60 karışım oranında gözlenmiştir (Şekil 2b). Mermer atıksuyu ile birleştirme işleminin deterjan atıksuyunun arıtımına fayda sağladığı da gözlenmiştir. Sadece deterjan atıksuyunun flotasyonunda 33088 mg/L'den 24064 mg/L'ye inen KOİ değerinin, %10 karışım oranında 12032 mg/L'ye düşürüldüğü, %50 ve %60 karışım oranlarında 1504 mg/L ile en yüksek giderimin sağlandığı gözlenmiştir (Şekil 2c). Fosfor ise, karışımın içerisindeki deterjan atıksuyu miktarı ile orantılı bir şekilde arttığı gözlenmiştir (Şekil 2d). Yağ gres konsantrasyonu %10 luk karışımında 375 mg/L'ye inerek 20 dakikalık flotasyonlarda en iyi verim bu karışım oranında gözlenmiştir (Şekil 2e).

#### **3.3 İki Atıksuyun Birlikte Flotasyonuna Flotasyon Süresinin Etkileri**

Seçilen iki karışım dozu olan %40 ve %50 deterjan atıksuyu karışımı için 40 dakika süreyle flotasyon uygulanarak sürenin etkisi incelenmiştir. 40 dakikada %50 karışım oranında AKM konsantrasyonu 500 mg/L'den 300 mg/L'ye kadar inerken, süreyi arttırmadan alkalinitete de bir miktar etkisinin olduğu (Şekil 2f), az da olsa daha düşük fosfor konsantrasyonları elde edildiği (Şekil 2f), ancak KOİ üzerine etkisinin olmadığı gözlenmiştir (Şekil 2f). Yağ-gres değerleri 40 dakikalık flotasyonlarda %50 karışım oranında 295 mg/L'ye kadar inmiş ve bu parametre için en

iyi performans burada gözlenmiştir (Şekil 2f). Flotasyon süresini arttırmak AKM, alkalinité ve yağ gres parametrelerinde verimi arttırmışken, KOİ ve fosfor parametrelerinde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır.



Şekil 2. Mermer işleme ve deterjan üretimi atıksularının ayrı veya birlikte flotasyonu koşullarının (a)AKM (b) Alkalinité (c) KOİ (d) Fosfor (e) Yağ Gres Konsantrasyonu üzerine etkileri, (f) flotasyon süresinin çıkış suyu kalitesine etkileri.

### 3.4 Flotasyon Çamurlarının Fizikokimyasal Özellikleri

Sadece mermer atıksuyunun flotasyonu sonucunda elde edilen çamurun 1 mL'den az olduğu belirlenmiş, katı maddelerin flotasyonda hava kabarcığı yüzeyine tutunamadığı gözlenmiştir. Deterjan ve mermer atıksuyunun karışım yüzdeleri ile çamur özelliklerinin değişimi Şekil 3'de sunulmuştur. Flotasyon inorganik çamurunun AKM'sinin yüksek, UAKM'sinin düşük olması beklenirken UAKM'nin fazla olmasının sebebi deterjan atıksuyu karışımında bulunan KOİ'den kaynaklanmaktadır.%10 deterjan atıksuyu karışımında en yüksek AKM 19300 mg/L olarak bulunmuştur (Şekil 3a). UAKM tek başına deterjan atıksuyunda 7400 mg/L ile en yüksek, 20 dk flotasyon %40 deterjan karışımında en düşük 100 mg/L'dir. Çamurun stabilitesi açısından en iyi UAKM 20 dk flotasyon %40 deterjan karışımında görülmektedir (Şekil 3a). Çamurda gözlenen en yüksek ıslak yoğunluk 40 dk. flotasyon ile %40 deterjan karışımında  $1088,5 \text{ kg/m}^3$  iken (Şekil 3b), kuru yoğunluk en yüksek  $90514 \text{ kg/m}^3$  ile %30 deterjan karışımında gözlenmektedir (Şekil 3c). Çamurun ıslak-kuru yoğunlukları arasındaki fark içeriğinde bulunan su miktarı ile ilgili olduğundan en fazla su içeriğine sahip çamur %30'luk karışımındır. Çamurun geri dönüşümü, farklı sektörlerde işlenebilirliği açısından katı madde içeriğinin fazla olması istenmektedir. Katı madde yüzdesi en yüksek çamur %19,4 ile %10 deterjan karışımıdır. Şekil 3e'de görüldüğü üzere atıksuda bulunan katı maddelerin flotasyon ile yüzey aktif madde kaynaklı köpükte tutunduğu en yüksek çamur hacmi %30 deterjan karışımından sağlanmıştır. Özgül filtre direnci değerlerine göre susuzlaştırılması ve işlenmesi en kolay çamur  $0,1849 \text{ m/kg}$  ile, %50 deterjan-%50 mermer atıksuyu karışımından elde dilen çamur olmaktadır (Şekil 3f).

#### **4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ**

Hava flotasyonuyla yüksek inorganik kolloid içeren mermer işleme atıksuyu ile yüzey aktif madde içeren deterjan üretim tesisi atıksularının birbirinin arıtımına fayda sağladığı gözlenmiştir. Deterjanlı atıksulardaki yüzey aktif maddelerden hava flotasyonunda köpürtücü olarak yararlanılmış, bu sayede kendisi kısmen arıtılırken bir taraftan da mermer kolloidleri bu dayanıklı köpüklere tutunarak yüzeye çıkarılmıştır. 40 dakikalık flotasyonda %50 karışım oranında 20 dakikalık flotasyona göre AKM ve yağ gres açısından verim daha yüksek iken alkalinité verimini bir miktar artmış ancak KOİ ve fosfor parametrelerinde önemli bir değişiklik gözlenmemiştir.

Çamur bulgularına göre, mermer atıksuyunun tek başına flotasyon ile arıtımının mümkün olmadığı, deterjan atıksuyunun arıtma katkı sağladığı söyleneilmektedir. 20 dk flotasyon ile mermer atıksuyu ve artan deterjan atıksuyu oranlarında arıtma çamuru kalitesi değişkenlik göstermekle beraber AKM, UAKM, kuru yoğunluk ve %katı madde açısından verim artışı gözlemlenmektedir. Kuru yoğunluğun artması, çamurun işlenebilirliğinin göstergesidir. %50 deterjan karışımı ile 20 dk flotasyon sonucu yüzeyden toplanan çamurun spesifik kek rezistansının en düşük  $0,1849 \text{ m/kg}$  değeri ile çamurun suyunu kolay bırakıldığı sonucuna ulaşılabilir.



Şekil 3. Mermer işleme ve deterjan üretimi atıksularının ayrı veya birlikte flotasyon koşullarının arıtma çamuru fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri (a) AKM-UAKM (b)islak yoğunluk (c)Kuru yoğunluk (d) katı madde yüzdesi (e) hacim (f) spesifik kek rezistansı

Karışım oranları açısından su ve çamur kalitesi birlikte değerlendirildiğinde %50 karışımın bu çalışma için en uygun oran olduğuna ulaşılmaktadır. Aynı zamanda süre açısından su ve çamur kaliitesi incelendiğinde, 40 dakikalık flotasyonun atıksuda incelenen bu beş parametrenin üçünde (Alkalinité, KOİ, Fosfor) verimi çok fazla arttırıldığı, çamur için bu işlemde 20 dakikadan daha düşük verim elde edildiği ve 40 dakikalık işlemin maliyeti de artıracığı ancak bu maliyete degecek kadar etkili olmadığı da göz önünde bulundurularak 20 dakikalık flotasyon ve %50 karışımın bu çalışma için en iyi şartlar olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Günümüzde, arıtma çamurlarının birçok sektörde katkı maddesi olarak kullanılması sonucu geri dönüşümü sağlanmaktadır. Bu çalışmada karışık atıksudan elde edilen flotasyon çamurunun katkı maddesi olarak kullanılması için yapılacak deneysel çalışmalar sonucu; inşaat sektöründe beton katkı maddesi, sıkıştırılmış yol zemini, baraj ve inşaatlarda dolgu malzemesi ve birçok sektörde işlem gördükten sonra kullanımı mümkündür.

Karışık atıksuyun içeresine bir miktar koagülant madde ekleyerek mermer kolloidlerinin floküasyonu sonrasında flotasyon arıtımının geliştirilebilirliğinin ortaya konması bu çalışmanın devamı niteliğinde önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Acar, H., 2001. Particular points in construction and operation of the water recycling systems for marble processing plants, in Proc. of 3<sup>rd</sup> Marble Symp., Afyon/Turkey, pp. 289-296 (in Turkish).
- APHA, AWWA, WEF, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th Ed.; American Public Health Association, Washington D.C., USA, (2005).
- Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Talimatnamesi, Dilovası Organize Sanayi Bölgesi, Ek-1, 2010
- Eğemen Ö., 2000. *Çevre ve Su Kirliliği* (3. Baskı). Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi. Yayın No:42, Bornova – İzmir, 120s.
- Filibeli, A., 2002, Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayımları*, No:255, İzmir.
- Gregory, J., Barany, S., 2011. Adsorption and flocculation by polymers and polymer mixtures, *Adv. Colloid Interface Sci.* 169, 1-12.
- Kavaklı, M., 2003 Mermer İşleme Tesisleri Proses Atık Sularının Özellikleri, Arıtılması ve Kontrolü, Mersem-Türkiye 4. Mermer Sepozyumu Bildiriler Kitabı, İzmit, 2003, 313-326.
- Reynolds, T. D., and P. A. Richards, 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. 2nd ed. Boston, MA: PWS Publishing Company.
- Siyasal, H., 2006, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya.
- Yılmaz B., Yorulmaz İ., Tarlan Yel E., Önen V., "Traverten mermer fabrikası atıksularının arıtılabilirliği.", *Su Tüketimi, Arıtma, Yeniden Kullanım Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, İznik, Bursa, 221-229, 3-5 Eylül 2008.

## **ÖĞRENCİLERİN AMBALAJ ATIKLARININ YÖNETİMİ UYGULAMALARINDAKİ FARKINDALIK DÜZEYİNİN İNCELENMESİ**

Oğuz YALÇIN<sup>1</sup>, Hasan YILMAZ<sup>1</sup>, Murat KÜÇÜKÇONGAR<sup>2</sup>, Sezen KÜÇÜKÇONGAR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya

<sup>2</sup>Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Ekonomi-İstatistik ve Yayım Bölümü, Konya

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya

**ÖZET:** Bu çalışmada Konya ilinde yaşayan öğrencilerin mevcut ambalaj atığı kontrolü uygulamaları hakkında farkındalık düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 141 öğrenciye cinsiyet, yaş, eğitim düzeyi, yaşam tarzı, ambalaj atıklarını toplama yöntemi, toplanılan ambalaj atıklarının türü, atık maddelerin geri kazanımı hakkındaki bilgisi vb. sorularını içeren anket yapılmıştır. Elde edilen veriler SPSS 22.0 paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Anket yapılan öğrencilerin ambalaj atığı yönetimi uygulamaları hakkında bilgi sahibi olduğu, bunun yanında %68.9'unun ambalaj atıklarını diğer katı atıklardan ayrı topladığı belirlenmiştir. Öğrencilerin yaşam tarzı ve ambalaj atıklarını kaynağında ayrı toplama arasında istatistikî olarak anlamlı düzeyde bir ilişki bulunmuştur.

*Anahtar Kelimeler: Ambalaj atığı, farkındalık düzeyi, Konya.*

### **The Investigation of Student's Awareness Level about the Application of Package Waste Management**

**Abstract:** In this study to determine the awareness level of students living in Konya district was aimed about current packaging waste management practices. For this purpose, the questionnaire include variables such as gender, age, education level, life style, collection method of packaging waste, type of packaging waste collected, information about the recovery of waste material etc. was carried out to 141 students. The data obtained was analyzed using SPSS 22.0 statistically packed program. It was determined that students surveyed have information about the packaging waste management practices, at the same time 68.9 % of total students surveyed haven't collected packaging wastes different from other solid wastes. Life style of students and separation of packaging waste at source are correlated significantly.

*Keywords: Package waste, awareness level, Konya.*

## **GİRİŞ**

Teknolojik gelişmeler ve sanayileşme ile paralel olarak yaşanan hızlı kentleşme ve nüfus artışı, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki olumsuz etkisini artırmaktadır. Bu süreçte üretim ve pazarlama faaliyetlerindeki genişleme, doğal kaynakların daha yoğun kullanımını kaçınılmaz kılarken, sürekli artan tüketim eğilimi ile birlikte oluşan atıklar da hem miktar hem de zararlı içerikleri nedeniyle çevre ve insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Bu koşullarda, gelişen çevre bilincine paralel olarak tüm dünyada çevrenin korunması, ülkelerin temel politika öncelikleri arasına yerleşmekte ve atık yönetimi de çevre koruma politikaları arasında önemli bir yer tutmaktadır. Atıklar; tüketim, üretim, kimyasal, fiziksel özellikler gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak sınıflandırılabilir. Buna göre atıklar genel olarak; katı atıklar, sıvı ve gaz atıklar, ambalaj atıkları, şeklinde sınıflandırılabilir. Ambalaj atıkları; üretim artıkları hariç, ürünlerin veya herhangi bir malzemenin tüketiciye ya da nihai kullanıcıya ulaştırılması aşamasında ürünün sunumu için kullanılan ve ürünün kullanılmasından sonra oluşan kullanım ömrü dolmuş tekrar

kullanılabilir ambalajlarda dâhil çevreye atılan veya bırakılan satış, ikincil ve nakliye ambalaj atığı olarak tanımlanmaktadır (Sayar, 2012). Ülkemizde üretilen 25,28 milyon ton katı atığın 5,2 milyon tonunu yani %20'lik bir kısmını ambalaj atıkları, geriye kalan %80'lik kısmını ise organik atıklar ve diğer atıklar oluşturmaktadır (Tokatçı, 2012). Ambalaj atıklarının belirli bir sistem içinde, kaynağında ayrı toplanması, taşınması, ayrılması, tekrar kullanılması, geri dönüştürülmesi, geri kazanılması, bertarafı ile bu faaliyetlerin gözetim, denetim ve izlenmesi işlemlerinin tümüne ambalaj atıkları yönetimi denmektedir. Geri dönüşüm; daha önce toplanan, işlenen, yeniden üretilen ve kullanılan materyaller aracılığıyla oluşan bir süreçtir (Schultz ve ark., 1995). Sürdürülebilir ve entegre atık yönetimi, geleceğin ihtiyaçları da göz önünde bulundurularak mevcut kaynakların kullanımını ve yönetimini mümkün kılmaktadır (Öztürk, 2010) Ambalaj atıkları çöp değil, kaynakta ayırtılması ve geri kazanılması gerekli alternatif bir hammaddedir. Ambalaj atığı oluşumunun önlenmesi ülkemizde henüz uygulanamayan önemli bir husustur. Önlemenin amacı, ambalaj üretimi, kullanımı ve bertarafından kaynaklanan çevresel zararların azaltılmasıdır. Ambalaj atıklarının yönetiminde bölge için en uygun alternatiflerin belirlenebilmesi ve çevresel ve ekonomik açıdan irdelenmesi önemli bir konudur. Bu amaçla farklı bölgelerde ambalaj atıklarının yönetimi çalışmaları incelenmiş ve maliyet analizleri de yapılarak çözüm önerileri incelenmiştir (Fakihoglu, 2011; Kurdoğlu, 2013; Koç, 2015).

Yapılan bu çalışmada, Konya ilindeki ambalaj atıklarının kaynağındaki ayrı toplanması işlemlerine öğrencilerin yaklaşımı ve uygulama ile ilgili sorunların tespit edilmesi ve bu problemlere çözüm üretilmesi amaçlanmıştır.

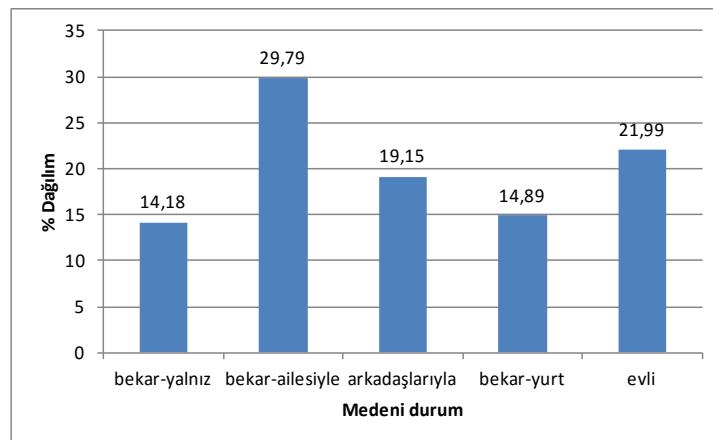
## MATERYAL VE METOT

Konya ilinde belediyeler tarafından hazırlanan yönetim planına uygun olarak ambalaj atıkları iç mekan kutusu, poşet veya konteynir/kumbara vb. ile kaynağında ayrı toplanmaktadır. Bu toplama noktalarından belirli günlerde toplama araçları ile alınan atıklar toplama-ayırma tesinine gönderilmektedir. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (RG.24.08.2011 tarih ve 28235 Sayı) ve Belediyelerin Atık Yönetim Planları ile sınırları belirlenen bu uygulamalarda halkın bilinçlendirilmesi ve katılımı önem arz etmektedir. Bu çalışmada Konya ilinde öğrenim gören öğrencilerin ambalaj atıklarının kaynağındaki ayrı toplanması uygulamasına yaklaşımları, uygulamadaki öğrenciler bazında başarı oranları ve karşılaşılan sorunlara çözüm önerileri üretilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla 22 sorudan oluşan bir anket formu hazırlanmış ve 2016 yılı Nisan ayında 141 katılımcı ile görüşülmüştür. Anket verileri SPSS 22.0 paket programı kullanılarak istatistikî olarak değerlendirilmiştir.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

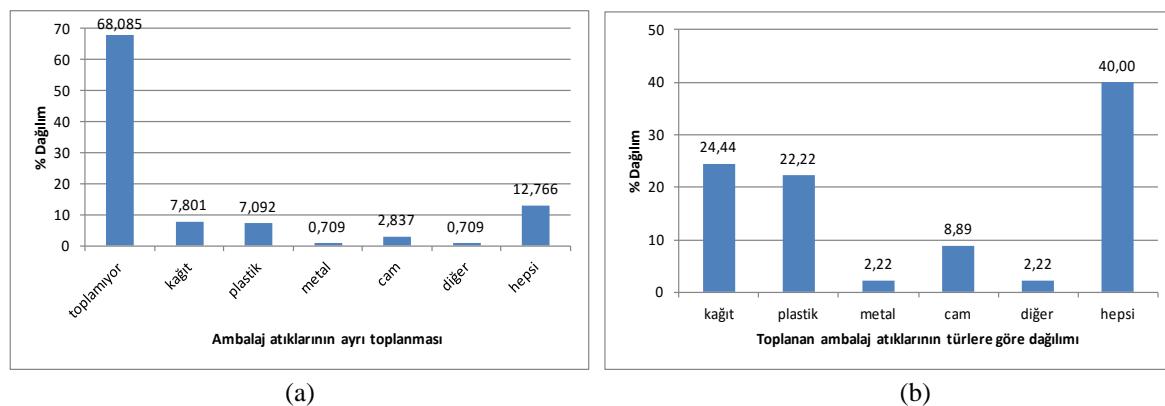
Anket çalışmasına katılan 141 kişinin %40,43'ü erkek, %59,57'si kadın bireydir. Araştırma çalışması kapsamında, yaş grupları hakkında değerlendirme yapılabilmesi açısından ankete katılan bireylere yaşları sorulmuştur. Alınan cevaplar arasında çeşitli yaş grupları mevcuttur.

Bu yaş gruplarında genelde 21 ile 26 yaşları arası çoğunlukla bulunmaktadır. Yapılan anket çalışmasında medeni halin ambalaj atıklarının toplanmasındaki etkisini görmek amacıyla kişilere medeni durumları da sorulmuştur ve dağılım Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1.** Ankete katılanların medeni durum dağılım grafiği

Ambalaj atıklarının toplanması geri dönüşüm sisteminin en karmaşık basamağıdır. Ankete katılan öğrencilerin; ambalaj atıklarını %68,1'inin ayrı toplamadığı, %31,9'unun ise ambalaj atıklarını topladığı belirlenmiştir (Şekil 2a). Ambalaj atıklarını toplayan %31,9'luk kısmın ise hangi tür ambalaj atıklarını topladığı Şekil 2b'de verilmiştir. Ambalaj atıklarını ayrı toplayan %31,9'luk kısmın çoğu bu atıkların koyteynir, iç mekân kutusu ve poşet dışında daha farklı yöntemlerle topladıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca yine bu kısmın çoğu, bulundukları çevrede ambalaj atıklarını atabilecek uygun bir yer olduğunu ve bir problemin olmadığını belirtmişlerdir.

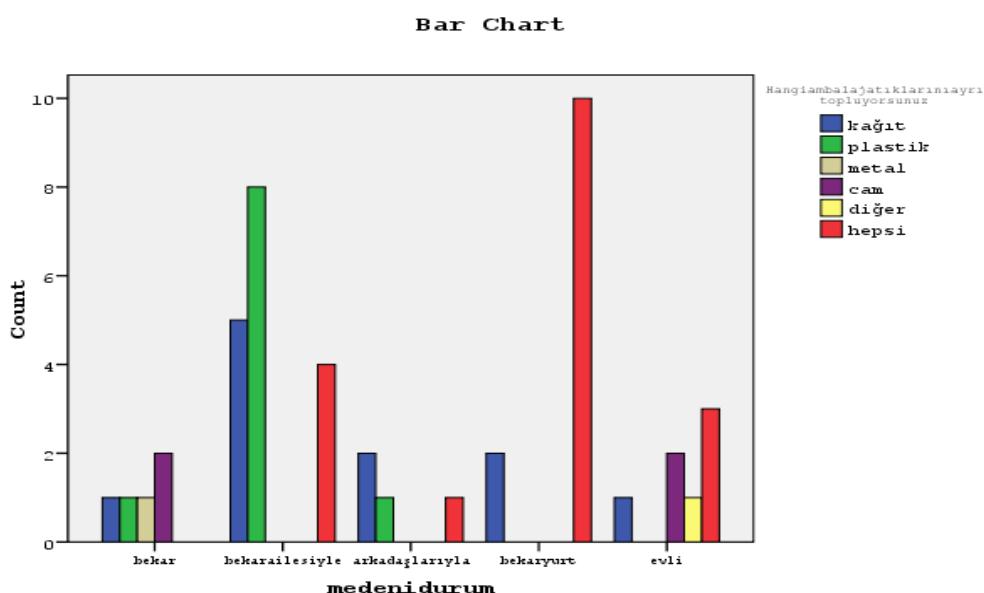


**Şekil 2.** (a) Ambalaj atık türlerine göre toplanma dağılım grafiği (b) Toplanan ambalaj atıklarının türlerine göre dağılımı

Araştırma verilerine göre, 141 bireyin %34'ü orta derecede, %32'si ise ambalaj atıklarının nasıl toplanacağını çok iyi bildiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca verilen cevaplara göre; çögünluğun ambalaj atıklarının çevreye verdiği zararı ve geri dönüşüme kazandırılan ürünleri çok iyi bildikleri belirlenmiştir. Anket yapılan kişilerin %39,01'lik kısmı, yukarıda bahsedilen konular hakkında bilgilenmelerinin internet ortamından, %19,15'i belediye eğitiminden,

%14,89'u arkadaş sohbetinden, %14,18'i kamu spotundan, %8,51'i sosyal medyadan %1,42'si ise yerel basından öğrendiklerini belirtmişlerdir. Günümüzde pek çok kişinin internet ortamında çok fazla zaman geçirdiğini düşünürsek, kişilerin bu konu hakkında bilgilendirme esnasında, internet ortamının çok faydalı olacağının anlaşılmasıdır. Öğrenilen bilgilerin hayatı geçmesi için Belediyelerin üzerine büyük sorumluluklar düşmektedir. Yapılan anket sonuçlarına göre; katılanların %29,08'i Belediye çalışmalarını orta düzeyde, %9,93'ü çok iyi düzeyde, %9,93'ü ise çok zayıf düzeyde olduğunu düşünmektedir. Ankete katılan kişilerin alış verişlerde aldığı ürünün üzerinde geri dönüşüm sembolüne, %4,96'sı çok iyi, %37,59'u orta, %12,77'si dikkat etmediği görülmüştür. Buna bağlı olarak kişilerin, ambalaj atıkları üzerindeki işaretleri ve geri kazanılan ürünler hakkında bilgilerinin, orta düzeyde olduğu görülmüştür. Bu kişilerin %99'luk kısmı geri dönüşüm sembolünü bildikleri görülmüştür. Ankete katılanlara, daha önce Konya dışında başka bir ilde yaşayıp yaşamadığı ve bu illerde, Konya'ya göre daha olumlu bir uygulama olup olmadığı sorulmuştur. Sonuçlara göre katılanların %34,04'ü daha önce başka bir şehirde yaşadığını ve bu kişilerin büyük bir çoğunluğu Konya'nın diğer illere göre daha iyi durumda olduğunu belirtmişlerdir.

Bekâr ve tek yaşayanların, bekâr ve ailesiyle yaşayanlara göre ambalaj atıklarını toplama oranları çok düşüktür. Bekâr ve tek yaşayanlarda kâğıt, plastik, cam toplanırken, bekâr ve ailesiyle yaşayanlarda tüm ambalaj atıkları toplanmaktadır. Bekâr olup yurtta kalanlarda ise ambalaj atıklarını toplama oranları, bekâr olup ailesiyle kalanlardan fazladır. Yurtta da aynı şekilde tüm ambalaj atıkları toplanmaktadır. Medeni durumu evli olan kişilerde ambalaj atığı toplama oranı genel olarak orta düzeydedir ve tüm ambalaj atıklarını kısmen de olsa toplamaktadır. Bu sonuçlara göre ambalaj atıklarının düzenli toplanabilmesi ve ilgili kişinin ambalaj atıklarıyla ilgilenip insanları teşvik etmesi ve bilinçlendirilmesi ambalaj atıklarının toplanma yüzdesini artırmaktadır. Medeni durum ile hangi ambalaj atıklarının toplandığı bilgisinin karşılaştırılması Şekil 3'de verilmiştir. Medeni durumun etkisi önceki sonuçlarda olduğu gibi ambalaj atıkları toplama yöntemlerinde daha az etkilidir. Asıl etkili olan bireylerin yaşam alanlarıdır. Yani yurtta kalan bekâr bireyler mavi kutu ve konteynırları tercih ederken, bekâr ve ailesiyle yaşayanların ise poşet ve mavi kutuları ya da farklı yöntemleri tercih edildiği görülmüþür. Ambalaj atıklarının nasıl toplanacağıının bilgisinin medeni durum ile karşılaşıldığında; bekâr ve ailesiyle yaşayanların, bekâr tek yaşayanlara göre bu atıkları toplayabilme bilgisi daha fazladır. Bekâr olup yurtta kalanlar ve evli olanların oranları yakındır. Medeni durum ile kişilerin, ambalaj atıklarının çevreye verdiği zararı bilgisi karşılaşmasında; bekâr ailesiyle yaşayanlar ve evli olanların bilgisi, bekâr yalnız başına ve arkadaşlarıyla yaşayanların bilgisinden daha fazla olduğu görülmüþür. Aynı durum, geri dönüşüm kazandırılan ürünlerin bilgisi için de geçerlidir. Bekâr ailesiyle yaşayanlar ve evli olanların bilgisi, diğerlerine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bekâr yalnız başına yaşayanların ve arkadaşlarıyla birlikte yaşayanların belediye çalışmalarını orta düzeyde gördüğü belirlenmiş olup, medeni durumu evli olanların belediye çalışmalarının iyi düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.



**Şekil 3.** Medeni durum ile hangi ambalaj atıklarının toplandığı bilgisinin karşılaştırılması

Yapılan alışverişlerde alınan ürününün üzerindeki geri dönüşüm simbolüne medeni durumu evli olanların çok az dikkat ettiği, bekâr ailesiyle yaşayanların, bekâr yurtta ve arkadaşlarıyla yaşayanların ise bu konu hakkında normal düzeyde dikkat ettikleri anlaşılmıştır. Medeni durum ile kişilerin ambalajların üzerindeki işaretler hakkında bilgilerinin olup olmadığını karşılaştırılmasında çıkan sonuçlara göre insanların medeni durumu ve yaşam şartlarının ambalajların üzerindeki işaretler hakkında bilgi sahibi olmasını etkilemediği gözlemlenmiştir. Genel olarak tüm yaşam şartlarındaki insanlar bu konu hakkında fikir sahibidirler. Bunun sebebinin anketin üniversite öğrencilerine yapılmasıından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## **SONUÇ**

Sonuç olarak; Konya ili genelinde yapılan bu anket çalışmada, öğrencilerin ve halkın, ambalaj atığı toplanması gerektiğini bildiği halde %31,9'u bu atıkları ayrı toplamakta, %68,9'luk kısmı ise ayrı toplamamaktadır. Aracioğlu ve Tatlıdil tarafından (2009) yılında yapılan, "Tüketicilerin Satın Alma Davranışlarında Çevre Bilincinin Etkileri" araştırmasında; 360 katılımcının katıldığı anket çalışması sonucunda, tüketicilerin atıkları ayırtırmalarına ilişkin oranlarda katılımcıların %72,5'nun atıkları ayırtmadığı ortaya çıkmaktadır. Yapılan bir çalışmada tüketicilerin ambalaj veya etiket üzerinde çevre ile ilgili verilen bilgiyi okumaya ilişkin oranlarda katılımcıların %51,9'u hayır, %46,9'u da evet yanıtını vermektedir. Yapılan bu çalışmada kadınların erkeklerle göre daha fazla çevre bilincine sahip olduğu anlaşılmıştır (Yücel ve ark., 2006). Üniversite çevre duyarlılıklarının incelendiği bir çalışma da, yine kadınların erkeklerle göre çevreye daha fazla duyarlı davranışları görülmüştür.(Çabuk ve Karacaoğlu; 2003). Yapılan başka bir çalışmada ise, ambalaj atıklarının ayrı toplanması konusunda %80.2 oranında katılımı destekleneceği bilgisine ulaşılmışken, atık pillerin ayrı toplanması uygulamasının %34.5'te kaldığı tespit edilmiş ve çevresel farkındalık ve hassasiyetin yüksek olduğu, ancak uygulamada aynı başarının elde edilemediği belirlenmiştir

(Öden ve ark., 2015). Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması konusunda uygulamadaki hassasiyetin ve başarı oranının arttırılabilmesi için; kamu sporu, internet, sosyal medya, belediye eğitimleri ve okul eğitimlerinde halkın daha çok bilinçlenmesini sağlayacak çalışmaların daha sık ve verimli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Belediyelerin de ambalaj atıklarının toplanmasını kolaylaştırıcı ve insanları daha çok teşvik edici uygulamalar yapması gerekmektedir. Bu uygulamalara örnek olarak ambalaj atıklarının vahşi şekilde toplanmasına sebep olan konteynırlar yerine, çevre ile uyumlu, görsel olarak rahatsız etmeyen ve halkın kolayca ulaşabileceğinin noktalarda atık kumbaraları yerleştirilebilir (Öztürk, 2010). Diğer taraftan daha temiz ve yaşanabilir bir çevre için her türlü alışverişlerde plastik torba ve poşet kullanımı önlenmelidir. Ambalaj atığı toplanması için kullanılan mavi renkli torbaları belediyeler ile sözleşmesi olan lisanslı firmalar ve/veya belediyeler temin etmektedir. Buna ilave olarak ücretsiz olarak dağıtılan torbaları kişisel amaçları doğrultusunda kullanmakta ve istediği adette verilmediği takdirde atığını çöpe atmaktadır (Kutlu Bülbül, 2013). Ambalaj atıklarının yönetiminde yasal mevzuatın uygulanabilme başarısının bu tür anket çalışmalarıyla belirli periyotlarla kontrol edilmesi ve karşılaşılan sorunların belirlenerek, çözüm önerileri getirilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aracioğlu, B., Tatlıdil, R., 2009, Tüketicilerin satın alma davranışında çevre bilincinin etkileri, *Ege Akademik Bakış*, 9, 2, 435-461.
- Çabuk B, Karacaoğlu C., 2003, Üniversite öğrencilerinin çevre duyarlılıklarının incelenmesi, *Ankara University, Journal of Faculty of Educational Sciences*, 36, 1-2189-198.
- Fakihoglu, E., 2013, İstanbul'da ambalaj atıkları geri dönüşüm uygulamalarının maliyet analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, İstanbul.
- Koç, K., 2015, Geri dönüştürülebilir katı atıkların yönetimi ve rota optimizasyonu: Konya ili Meram ilçesi örneği, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Konya.
- Kurdoğlu, A.Ş., 2013, Ambalaj atıkları yönetimi İstanbul, Kadıköy örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı*, İstanbul.
- Kutlu Bülbül, H., 2013, Türkiye'nin Avrupa Birliği'ne giriş sürecinde ambalaj atıkları yönetimi: Bursa örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Okan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı*, Bursa.
- Öden, M.K., Küçükçongar, S., Gök, Z., 2015, Çevre duyarlılığı ve farkındalık düzeyi üzerine bir araştırma-Konya ili Sarayönü ilçesi örneği, *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3 (11), 869-873.
- Öztürk, İ., 2010, Katı Atık Yönetimi ve AB Uygulamaları, İSTAÇ A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi 2, İstanbul.
- Sayar, Ş., 2012, Sakarya ili entegre atık yönetimi ve ambalaj atıklarının geri dönüşümü, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.
- Schultz, P.W., Oskamp, S. and Mainieri, T., 1995, Who recycles and when? A review of personal and situational factors, *Journal of Environmental Psychology*, 15, 105-121.
- Tokatçı, Ç., 2012, Belediyelerde ambalaj atığı toplama sistemi, Atık Yönetimi 2. Sempozyumu, Antalya.
- Yücel M., Altunkasa F., Gürçay S., Uslu C., Say N.P., 2006, Adana'da çevre duyarlılığı düzeyinin ve geliştirme olanaklarının araştırılması, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19, 2, 217-228.

## SULARDAN ADSORPSİYON YÖNTEMİYLE NİTRAT GİDERİMİ

Nahit BAYRAM<sup>1</sup>, Cansu YORUL<sup>1</sup>, Sezen KÜÇÜKÇONGAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*

<sup>2</sup>*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

**ÖZET:** Bu çalışmada, bentonit kili kullanılarak adsorpsiyon yöntemi ile sulardan nitrat giderimi incelenmiştir. Optimum adsorpsiyon şartları olarak adsorpsiyon süresi 2 saat, adsorban madde dozu 0.5 g/L belirlenmiş ve bu şartlar altında nitrat azotu giderimi için bentonitin adsorplama kapasitesi 1.08 mg/g elde edilmiştir. Adsorpsiyonun 0.83 R<sup>2</sup> değeriley Langmuir izoterm yaklaşımına uygun olduğu tespit edilmiştir.

*Anahtar Kelimeler:* Nitrat azotu, bentonit, adsorpsiyon.

### Nitrate Removal from Waters by Adsorption Method

**Abstract:** In this study nitrate removal was investigated from aqueous solutions using bentonite clay. Optimum adsorption conditions were determined as 2 hours for adsorption time, 0.5 g/L for adsorbent matter doze and adsorption capacity of bentonite for nitrate nitrogen removal was obtained as 1.08 mg/g under these conditions. Adsorption data was well fitted to Langmuir isotherm approach with 0.83 R<sup>2</sup> value.

*Key Words:* Nitrate nitrogen, bentonite, adsorption.

## GİRİŞ

İçme suyu kaynaklarında nitrat konsantrasyonu dünyada olduğu gibi ülkemizde de artış göstermektedir. Yer altı suyu kaynaklarının nitrat ile kirlenmesi nitrat içerikli gübrelerin aşırı kullanımı, arıtılmış atık suların ve/veya evsel, endüstriyel atıksuların doğaya arıtılmadan desarj edilmesi ve hayvansal atıkların düzensiz olarak depolanması sonucu meydana gelir. İçme suyunda nitratın neden olduğu olumsuz sağlık etkileri nedeniyle Avrupa Ülkeleri, ABD ve Dünya Sağlık Örgütü, içme suyunda izin verilebilir nitrat konsantrasyonunu 50 mg/L olarak TSE ise 45 mg/L olarak sınırlandırmıştır.

Canlılar üzerinde olumsuz sağlık etkileri oluşturulması, verildikleri su ortamlarında ötrophikasyona sebep olması gibi nedenlerden dolayı nitrat giderimi önemli bir konudur. Sulardan nitrat gideriminde iyon değiştirme, ters ozmos, elektrodiyaliz, biyolojik arıtım ve adsorpsiyon gibi farklı yöntemlerle giderim sağlanabilmektedir. Adsorpsiyon yöntemi ekonomik olması ve uygulanabilirliğinden kolaylıklar nedeniyle tercih edilen bir yöntemdir. Daha önceki yıllarda adsorban madde olarak sepiyolit kili kullanılarak sulardan nitrat giderimi konusunun araştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Akkurt ve ark., 2002; Öztürk ve Bektaş, 2004; Sabah ve Çelik, 2006).

Bu çalışmada adsorban madde olarak bentonit kullanılarak sulardan nitrat giderimi amaçlanmıştır. Adsorpsiyon süresi, adsorban madde dozu, başlangıç nitrat konsantrasyonu değişkenlerine bağlı olarak optimum şartlar belirlenmiş ve adsorpsiyon işleminin Freundlich ve Langmuir izotermelerine uygunluğu incelenmiştir.

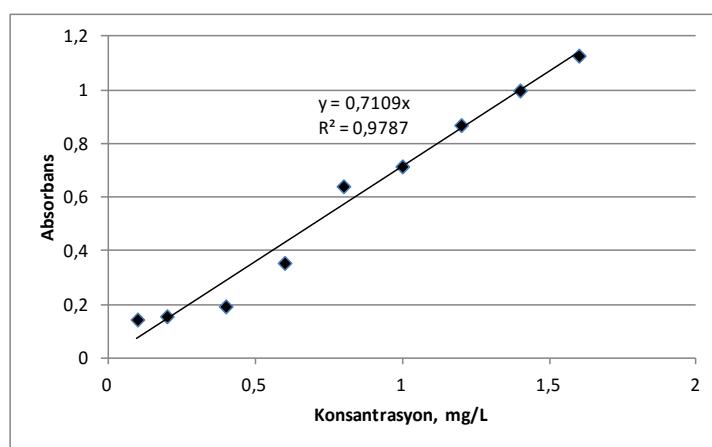
## MATERYAL ve METOT

Adsorban madde olarak kullanılan bentonit kili Karakaya Bentonit Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den temin edilmiştir. Bentonit kiline ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Bentonite ait fiziksel ve kimyasal özellikler

Fiziksel Özellikler	Kimyasal Analiz
Nem ,%	8.0 SiO <sub>2</sub> % 61.28
Elek analizi (200 mesh), %	1.24 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % 17.79
Viskozite, 600 rpm'de	46 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % 3.01
Plastik viskozite (PV)	15.6 CaO % 4.54
YP (Yield point/plastic viscosity)	0.4 Na <sub>2</sub> O % 2.70
Filtrasyon hacmi	11.2 MgO % 2.10
	K <sub>2</sub> O % 1.24

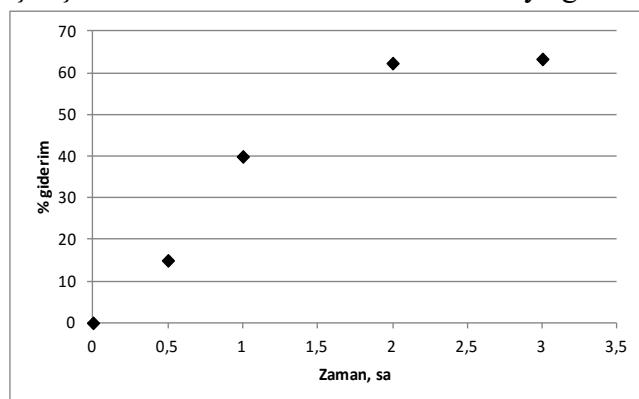
Nitrat analizi EPA Metot 352.1 spektrofotometrik metoda uygun olarak yapılmıştır (EPA, 1971). Bu yöntemde sülfürik asit çözeltisi, brusin-sülfanilik asit çözeltisi, KNO<sub>3</sub> standart çözeltisi kullanılmıştır. Nitrat azotu analizi için 10 mL numuneye 10 mL sülfürik asit eklenerek karıştırıldı ve soğutuldu. Daha sonra üzerlerine 0.5 mL brusin-sülfanilik asit çözeltisi eklendi, karıştırıldı. Tüpler 100 °C deki su banyosuna yerleştirildi ve 25 dk bekletildi. Su banyosundan çıkartılan tüpler soğutuldu. Spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda okuma yapıldı ve kalibrasyon denklemi yardımıyla nitrat azotu konsantrasyonları hesaplandı. KNO<sub>3</sub> standart çözeltileri hazırlanarak farklı konsantrasyonlar için nitrat azotu tayin edilmiş ve kalibrasyon denklemi oluşturulmuştur. Kalibrasyon eğrisi Şekil 1'de verilmiştir. Adsorpsiyon deneyleri kesikli reaktörler kullanılarak çalkamalı inkübatörde gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 1.** Nitrat azotu kalibrasyon eğrisi.

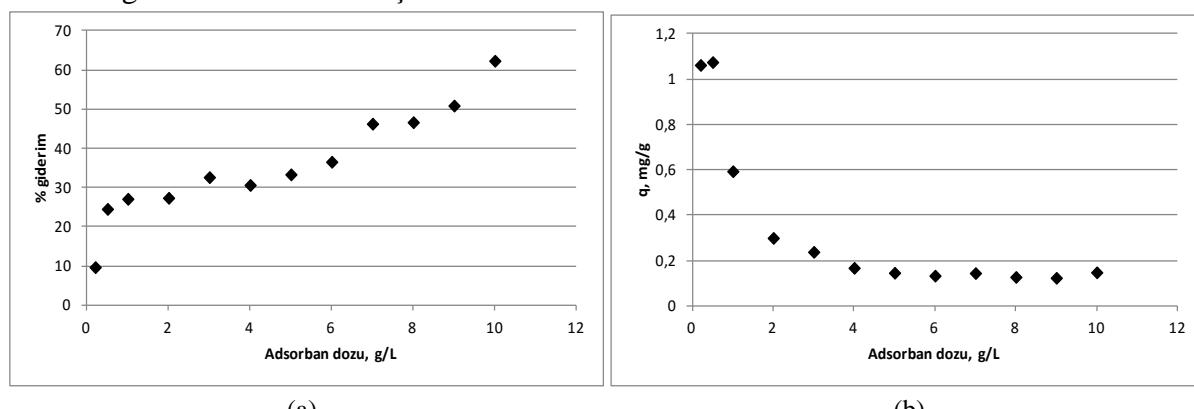
## ARAŞTIRMA BULGULARI

Kesikli adsorpsiyon deneylerinde öncelikle ortam sıcaklığı, başlangıç adsorban madde dozu ve nitrat konsantrasyonu sabitlenmiş ve adsorpsiyon süresi tespit edilmiştir. 2 mg/L nitrat azotu içeren su örneklerinde, oda sıcaklığında, 200 rpm karıştırma hızında adsorpsiyon uygulanmış ve belirlenen süreler sonunda alınan numunelere filtre kağıdından süzülerek nitrat azotu tayinleri yapılmıştır. Şekil 2'de adsorpsiyon süresine bağlı olarak nitrat azotu giderim verimi görülmektedir. 2 saat adsorpsiyon işlemi uygulananörnekte %62.3 nitrat azotu giderimi sağlanmış ve çalışmanın sonraki kısımlarında bu süreye göre devam edilmiştir.



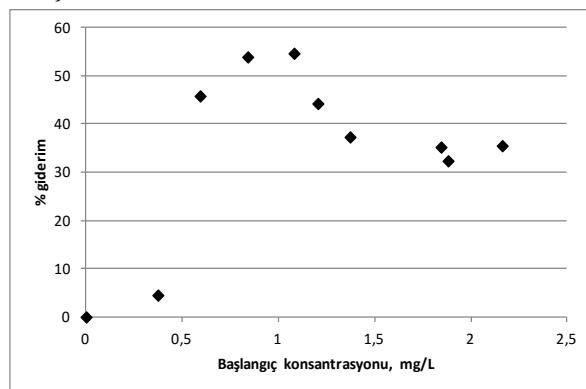
Şekil 2. Zamana karşılık nitrat azotu giderimi.

Aynı adsorpsiyon denemeleri farklı adsorban madde dozları için denenmiş ve Şekil 3'deki sonuçlar elde edilmiştir. Şartlar ortam oda sıcaklığı, süre 2 saat, başlangıç nitrat azotu konsantrasyonu 2 mg/L ve karıştırma hızı 200 rpm olacak şekilde sabitlenmiş ve adsorban dozu 0.2-10 g/L aralığında değiştirilmiştir. Şekil 3 (a)'da görüldüğü üzere adsorban madde dozunun artırılması giderim verimini artırmaktadır, ancak kullanılan bentonitin şişme özelliğinden dolayı yüksek adsorban madde dozlarında uygulamada ve süzme işleminde problemlerle karşılaşılmıştır. Aynı zamanda Şekil 3(b)'de görüldüğü üzere artan adsorban madde dozuna karşılık adsorpsiyon kapasitesi belirli bir değere kadar düşmektedir ve sonrasında sabitlenmektedir. Bundan dolayı optimum 1.08 mg/g kapasitesinden dolayı adsorban madde dozu 0.5 g/L olarak belirlenmiştir.

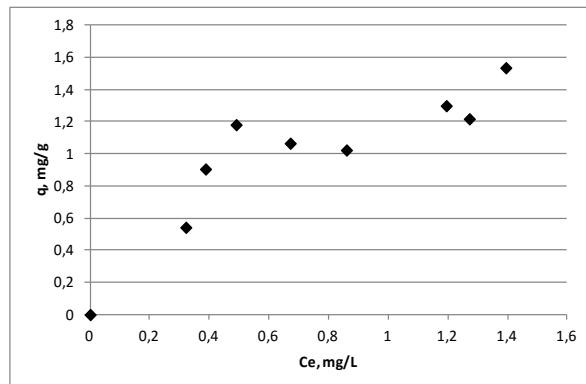


Şekil 3. Adsorban dozuna karşılık nitrat azotu (a) giderimi değişimi, (b) adsorpsiyon kapasitesi değişimi.

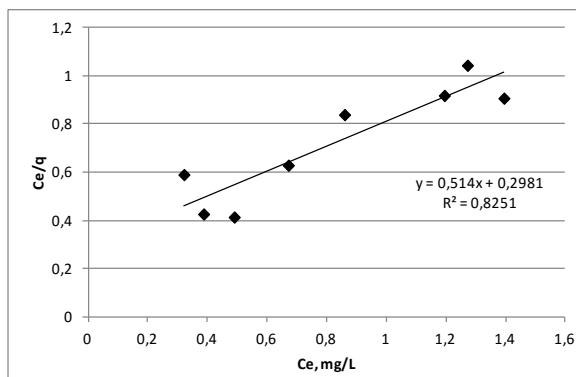
Başlangıç nitrat azotu konsantrasyonunun giderim verimi üzerine etkisini incelemek amacıyla, şartlar ortam oda sıcaklığı, süre 2 saat, adsorban dozu 0.5 g/L ve karıştırma hızı 200 rpm olacak şekilde sabitlenmiş ve başlangıç nitrat azotu konsantrasyonu 0.4-2.2 mg/L aralığında değiştirilmiştir. Şekil 4'de verilen grafikte de görüleceği üzere 0.6-1.2 mg/L başlangıç konsantrasyonlarında yaklaşık %45-55 aralığında giderim verimleri elde edilmiş, ancak daha yüksek konsantrasyonlarda giderim verimi ortalama %35 değerinde sabitlenmiştir. Optimum adsorpsiyon şartları belirlendikten sonra izoterm çalışmaları yapılmış ve Şekil 5'de verilen sonuçlar elde edilmiştir.



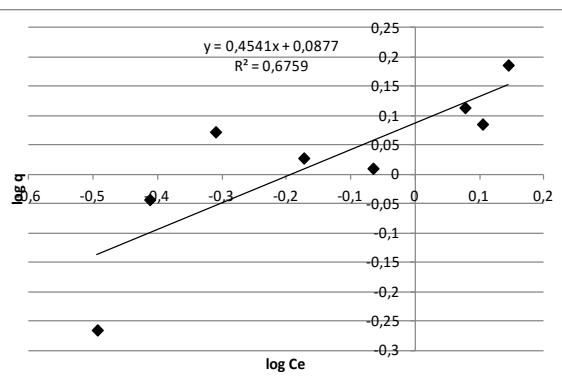
Şekil 4. Başlangıç konsantrasyonuna karşılık nitrat azotu giderimi.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5. (a) İzoterm eğrisi (b) Langmuir izoterm grafiği (c) Freundlich izoterm grafiği.

Bentonitin doğal bir malzeme olmasından dolayı izoterm eğrisinde basamaklı bir oluşum gözlenmiş ve  $0.83 R^2$  değerine göre bentonit kullanılarak nitrat giderimi işleminin Langmuir izotermi yaklaşımına daha uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda gerçekleşen adsorpsiyon işleminde kimyasal kuvvetlerin daha etkili olduğu ve adsorban madde yüzeyinde belirli sitelerde bu işlemin gerçekleştirildiği söylenebilir.

## **SONUÇ ve TARTIŞMA**

Bu çalışmada adsorban madde olarak bentonitin nitrat gideriminde kullanılabilirliğinin ve optimum adsorpsiyon şartlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda optimum sure 2 saat, optimum doz  $0.5 \text{ g/L}$  olarak bulunmuştur. Bu şartlar altında nitrat azotu için adsorplama kapasitesi  $1.08 \text{ mg/g}$  olarak belirlenmiştir. İzoterm çalışmalarını sonucunda Langmuir izotermine uygunluk tespit edilmiştir. Sulardan nitrat gideriminde bu doğal kil mineralinin kullanımının ekonomiklik ve verimlilik açısından uygun olduğu sonucuna varılmıştır, adsorplama kapasitesinin daha da artırılabilmesi için sonraki çalışmalarında bentonitin farklı metotlarla modifikasyonu uygulanabilir ya da kimyasal bir adsorplama işlemi tespit edildiği için farklı pH değerlerinde ve sıcaklıklarda adsorpsiyon denemeleri de yapılabilir.

## **KAYNAKLAR**

- Akkurt, F., Alıcılar, A., Şendil, O., 2002, Sularda bulunan nitratin adsorpsiyon yoluyla uzaklaştırılması, *Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17, 4, 83-91.
- EPA, 1971, Nitrogen, nitrate (colorimetric, brucine) by spectrophotometer, Environmental Protection Agency.
- Öztürk, N. ve Bektaş, T.E., 2004, Nitrate removal from aqueous solution by adsorption onto various materials, *Journal of Hazardous Materias B112*, 155-162.
- Sabah, E. ve Çelik, M.S., 2006, Atık sulardaki kirleticilerin sepiyolit ile uzaklaştırılması, *Kibited*, 1, 1, 55-72.

## ARITMA ÇAMURLARININ TARIMSAL AMAÇLI KULLANIMI

İsmail ÇETİNASLAN<sup>1</sup>, Ebutalip POLAT<sup>1</sup>, Sezen KÜÇÜKÇONGAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya

**ÖZET:** Kentsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesislerinin artışıyla arıtma çamurlarının miktarı da artmıştır. Çamur bertaraf yöntemlerinin pahali olması daha ucuz ve çevre dostu bertaraf yöntemlerinin incelenmesini sağlamıştır. Bu çalışmada arıtma çamurlarının ekonomik ve çevresel açıdan tarımsal amaçlı kullanımını incelenmiştir.

*Anahtar Kelimeler:* Tarımsal kullanım, arıtma çamuru.

### Agricultural Usage of Treatment Sludge

**Abstract:** The amount of treatment sludge has increased with increasing number of domestic and industrial wastewater treatment plant. Therefore disposal methods of sludge are expensive, more economically and eco-friendly methods have been investigated. In this study agricultural usage of treatment sludge was investigated economically and environmental aspects.

*Key Words:* Agricultural usage, treatment sludge.

### GİRİŞ

Evsel ve endüstriyel olmak üzere iki ana başlıkta inceleyebileceğimiz atıksular, atıksu arıtma tesislerinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemlerle bir nevi katı-sıvı ayırma işlemlerine tabi tutulurlar. Arıtma çamuru; ön ve son çökeltme tanklarında atıksuların içindeki askıda ve koloidal katı maddelerin fiziksel işlemle çöktürülüp tank tabanında toplanması sonucunda oluşan bir arıtma atığıdır. Temel olarak ön çökeltmedeki çamur kaynağı askıda katı maddeler, son çökeltmede ise biyolojik faaliyet sonucunda oluşan canlı ve ölü mikroorganizmalar ve nutrientlerdir. Arıtma çamuru, atıksuyun özelliklerine göre içinde; organik bileşikler, asitler, alkaliler, metal tuzları, fenoller, oksitleyiciler, boyalar, sülfatlar, hidrokarbonlar, yağlar, ağır metaller, azotlu ve fosforlu bileşikler ihtiva eder.

Arıtma çamuru bir arıtma atığı olduğu için bertaraf edilerek çevre ve insan sağlığına olumsuz etkide bulunması önlenmelidir. Ham arıtma çamurunun su muhtevası hala yüksek olduğu için araziye serilmesi, bir alıcı ortama deşarj edilmesi veya düzenli depolama sahalarında depolanması mümkün değildir. Bu nedenle çamurun bir takım susuzlaştırma işlemlerine tabii tutulup katı madde oranının yükseltilmesi gereklidir. Kompleks bir yapıda olan çamurun arıtımı; arıtma tesisi maliyetinin yaklaşık olarak % 50-60'ı kadardır. Arıtma çamurlarının işleme ve nihai bertarafı için; ön arıtma işlemleri, yoğunlaştırma, stabilizasyon, şartlandırma, dezenfeksiyon, suyunu alma, kurutma işlemi, ıslık işlem ve nihai bertaraf uygulamaları yapılmaktadır (Filibeli, 2013). Çeşitli işlemler uygulanan çamura en sonunda nihai bertaraf yöntemleri uygulanır. Bunlar arazi doldurma, arazi iyileştirme, tarımsal amaçlı kullanım, dağıtım ve pazarlama, kimyasal sabitleme (solidifikasiyon), düzenli depolama, lagünlemedir. Bu çalışmada arıtma çamurlarını tarımsal amaçlı kullanım ile ilgili çalışmalar incelenmiştir.

## **ARAŞTIRMA BULGULARI**

Aritma çamurları içerisinde bitkilerin büyümeye ve gelişmesinde etkili olan nutrientlerden fazlaca mevcuttur. Aritma çamurunun bertarafı için uygun arazinin ihtiyacı, maliyeti de beraberinde getirmektedir. Çamurun tarımsal amaçlı kullanımıyla bertaraf maliyetinden kurtulup hem de tarımdaki gübre ihtiyacını karşılanması mümkünür. Ülkemizde yıllık ortalama atık çamur miktarı yaklaşık olarak 1.38 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (Aksu, 2008). Ülkemizdeki 388 adet endüstriyel arıtma tesisisinden kaynaklanan arıtma çamuru yılda 3.2 milyon ton olup bunun %8'lik kısmı tarımda kullanılmakta ve % 33.5'i araziye boşaltılmaktadır (Damar, 2002). Bu oran Avrupa Birliği ülkelerinde %10'un altına inmezken Lüksemburg ve Portekiz'de % 80'lere kadar çıkmaktadır (Spinosa ve Vesilind, 2001).

Aritma çamurlarının tarımda kullanımında; toprağın özellikleri, çamurun hangi periyotlarda uygulanması gereği, yetiştirecek ürünün ihtiyacı belirlenmelidir (Uzun ve Bilgili, 2011). Çamurun gübre olarak tarımda kullanımı etkileyen en önemli faktörler; nütrientler yani azot, fosfor ve potasyum oranlarıdır. Aritma çamurunun N ve P oranları yüksekken K oranı açısından çiftlik gübreleriyle karşılaşıldığında oldukça yetersiz kaldığı görülmektedir. Bunların yanında çamurda ağır metaller de bulunur. Ağır metallerin düşük konsantrasyonunun herhangi bir etkisi yokken yüksek konsantrasyonda bitkiler dolayısıyla insan ve hayvanlarda toksik etkisi vardır. Aynı şekilde bir başka önemli etken ise pH'dır. Çamurun uygulanacağı toprağın pH değeri yaklaşık olarak 6.5 olmalıdır. Ayrıca toprağın ağır metallerden dolayı katyon değiştirmeye kapasitesi, geçirgenliği, yeraltı su kaynaklarına olan uzaklışı ve bölgenin drenaj özellikleri de çamurun uygulanabilirliği açısından önemli etmenlerdir.

Ülkemizde her ne kadar çamurun tarımda kullanılma oranı düşük te olsa yapılmış olan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Önal ve ark. (2003) tarafından yürütülen çalışmada domates bitkisi üzerinde 2 yıl boyunca artan miktarlarda çamur uygulanmış ve düşük oranda yapılan uygulamalarda bitki büyümeye ve gelişmesine olumlu etki yaptığı yüksek oranda yapılan uygulamalarda ise fitotoksite ve yüksek ağır metal içerikleri gözlenmiştir. Ünal ve Katkat tarafından (2003) yapılan çalışmada kullanılan gıda sanayii çamuru ise toprağın tuzluluk oranını artırılmış ve artan mikarda uygulandığında toprağın pH'sında düşüşe neden olmuştur. Demir ve Çimrin (2011) tarafından yapılan bir çalışmada arıtma tesisisinden alınan arıtma çamuru ve hümik asit farklı dozlarda misir bitkisine uygulanmış ve çalışma sonucunda belirli dozlardan sonra arıtma çamurunun bitki gelişimini olumsuz yönde etkilediği bu nedenle tarımda dikkatli kullanılması gereği belirlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, arıtma çamurunun tuzlu-alkali topraklarda fiziksel ve kimyasal önemli değişikliklere neden olduğu, ancak toprağın bitki yetiştirciliği için uygun hale getirilmesi için topraktaki tuz hareketinin drenaj kanallarıyla kontrol altına alınması ile mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır (Angın ve Yağanoğlu, 2009). Kayseri ilinde atıksu arıtma tesisi çamurunun araziye uygunluğu incelenmiş ve ağır metal konsantrasyonunun ve elektriksel iletkenliğinin yüksek olması

nedeniyle bir ön işlem uygulamadan tarımda kullanımının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır (Hanay ve Hasar, 2007).

Yapılan araştırmalarda da görüldüğü gibi arıtma çamuru bertaraf edilmesi gereken bir atıktır ve bu atığın en ucuz ve yararlı bertaraf şekli toprakta uygulamaktır. Ancak uygulanabilmesi için 2010 yılında yürürlüğe giren “Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik” (AÇKY) ile buna sınırlamalar getirilmiştir. Yapılan çalışmalarda çamurun toprakta fazla miktarda uygulanması çamur içindeki ağır metallerin bitkilere oradan da dolaylı olarak insanlara ve hayvanlara geçtiği için toksik etkiye sebep olduğu görülmüştür. Çamurların arıtma tesisinde stabilizasyon işlemeye tabii tutularak yönetmeliklerde belirtilen sınır değerleri uyması sağlanmalı ve toprağa da ondan sonra uygulanmalıdır. Kentsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesislerinin artışıyla arıtma çamurlarının miktarında artmış ve bertarafi önem kazanmıştır. Çamur bertarafının ekstra maliyet gerektirmesi daha ucuz ve yararlı bertaraf yöntemlerine yöneltmeyi gerektirmiştir. Tarımsal amaçlı kullanım maliyet açısından hem düşük hem de tarımda gerekli olan gübre ihtiyacını karşılamada fayda sağladığı için bu yöntem öne çıkmıştır. Bu çalışmada tarımsal amaçlı kullanımda arıtma çamurunun bitkiler üzerindeki olumlu ve /veya olumsuz etkileri, ülkemizin arıtma çamurunu nasıl ve ne amaçlarda kullandığı ve bu kullanımda tarımsal amaçlı kullanımın yeri incelenmiştir.

## **SONUÇLAR**

Artan sanayi ve nüfusla birlikte arıtma tesislerinin sayısı da artmaktadır. Buna bağlı olarak ta arıtım çamurlarının miktarı da her geçen gün artmaktadır. Yaygın olarak kullanılan kimyasal gübrelerin topraktan çabuk yıkanması ürünlerin kalitesinin ve veriminin düşmesi ve erozyon ile toprak kaybına neden olması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Buna rağmen arıtma çamurlarının bitkiler için gerekli besi elementleri yönünden zengin olması, toprağı iyileştirme özelliğinin olması ve hem bertaraf maliyetinden kurtulup hem de yararlı bir malzeme olarak kullanılabilmesi gibi avantajları bulunmaktadır. Bu verilere göre arıtma çamurunun miktarının artmasıyla doğru orantılı olarak tarımda kullanımı da yaygınlaşımak ülke olarak büyük bir kar elde edilmesinin sağlayabilir. Tarımda çiftçinin giderlerinin yüksek olması ülkemizde önemli bir sorunken; arıtma çamurlarının kullanımını yaygınlaştırılarak bu giderden kurtulunabilir. Aynı zamanda kimyasal gübre kullanımıyla oluşan ürünlere göre daha kaliteli ürünler elde edilebilir. Arıtma çamurlarının tarımda kullanımının yaygınlaştırılması için çiftçilerin bilgilendirilip teşvik edilmesi gereklidir. Bazı tohum firmaları köylere temsilcilerini gönderip firmalarının ürettiği tohumları köydeki çiftçilere tanıtarak ürünlerini satabilmektedir. Aynı şekilde çiftçilerin bilgilendirilmesiyle ve uygun bir pazarlama şekliyle arıtma çamurunun tarımda kullanımına teşviki gerçekleştirilebilir.

## KAYNAKLAR

Aksu T., 2008, Isparta Belediyesi atıksu arıtma tesisiinde oluşan çamurun bertaraf stratejilerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD*, Isparta.

Angın, İ., Yağanoğlu, A.V., 2009, Arıtma çamurlarının fiziksel ve kimyasal toprak düzenleyicisi olarak kullanımı, *Ekoloji*, 19, 73, 39-47.

Damar Y., 2002, Petrokimya endüstrisinden kaynaklanan sülfirik asit kaynaklarının kireçli toprakların ıslahı amacıyla değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*.

Demir, E., Çimrin, K.M, 2011, Arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının misirin gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerine etkileri, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 17, 204-216.

Filibeli, A., 2013, Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, Dokuz Eylül Ünv. Müh. Fak. Yayınları, 7. Baskı.

Hanay, Ö., Hasar, H., 2007, Kayseri ili kentsel atıksu arıtma tesisi çamurlarının tarımsal amaçlı kullanım potansiyeli, *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 19, 3, 333-337.

Önal M.K., Topçuoğlu B., Arı N., 2003, Toprağa uygulanan kentsel arıtma çamurunun domates bitkisine etkisi, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16, 1, 97-106

Spinoza, L., Vesilind, V.A., 2001, Sludge into Biosolids: processing, disposal, utilization, IWA Publishing.

Uzun P., Bilgili U., 2011, Arıtma çamurlarının tarımda kullanılma olanakları, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25, 2, 135-146.

Ünal M., Katkat A.V., 2003, Bisküvi ve şekerleme sanayii arıtma çamurunun toprak özelliklerine ve misir bitkisinin kimi mineral madde içeriği üzerine etkileri, *Uludağ Üni Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17, 1, 107-118.

## ENDÜSTRİYEL ATIK MALZEME KULLANILARAK SULAR DAN NİTRAT GİDERİMİ

Tuba DOĞANAY<sup>1</sup>, Ayşegül KÜÇÜKAVCI<sup>1</sup>, Hacer GÜLCÜ<sup>1</sup>,  
Sezen KÜÇÜKÇONGAR<sup>2</sup>, Muhammed Kamil ÖDEN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*

<sup>2</sup>*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

<sup>3</sup>*Selçuk Üniversitesi, Sarayönü MYO, Çevre Koruma ve Kontrol Programı, Konya*

**ÖZET:** Sular dan nitrat gideriminde, kimyasal indirgeme, biyolojik nitrifikasyon, iyon değişimi, ters ozmos, distilasyon, elektrodiyaliz ve adsorpsiyon gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada endüstriyel bir atık malzemenin adsorban madde olarak sular dan adsorpsiyon yöntemiyle nitrat gideriminde kullanılması amaçlanmıştır. Kesikli adsorpsiyon deneyleri sonucunda nitrat giderimi için 0.74 mg/g adsorplama kapasitesi elde edilmiş ve adsorpsiyonun Freundlich izotermine daha uygun olduğu belirlenmiştir.

*Anahtar Kelimeler:* Nitrat, adsorpsiyon, endüstriyel atık malzeme.

### Nitrate Removal from Aqueous Solutions using Industrial Waste Material

**Abstract:** Various methods such as chemical reduction, biological nitrification, ion exchange, reverse osmosis, distillation, electrodialysis and adsorption were used for nitrate removal from aqueous solutions. In this study, nitrate removal from waters was aimed with adsorption method using an industrial waste material. As a result of batch adsorption experiments, adsorption capacity was obtained as 0.74 mg/g for nitrate removal and adsorption data was fitted well to Freundlich adsorption isotherm.

*Key Words:* Nitrate, adsorption, industrial waste material.

### GİRİŞ

Nitratlar; suda yüksek çözünme özelliğine sahip inorganik kimyasallardır. Kimyasal gübre, kanalizasyon ve hayvansal atıkların neden olduğu kirlilik gibi etkenlerden dolayı özellikle derin olmayan akifere kolaylıkla ulaşabilen kirleticiler önemli sorunlara yol açmaktadır (Kaplan ve ark., 1999). Nitratların sağlık üzerine olumsuz etkileri nitrite dönüşüm göstergelerinden kaynaklanmaktadır. Kanda bulunan hemoglobin dokulara ihtiyaçları olan oksijeni taşıma görevi üstlenmektedir. Nitrit ise hemoglobin yapısında değişiklik meydana getirerek methemoglobin dönüsümüne neden olmakta, methemoglobin ise dokulara oksijen taşıyamamaktadır. Bu nedenle yüksek miktarlarda nitrat konsantrasyonları infantlarda “mavi bebek sendromu” olarak da adlandırılabilen methemoglobinemiye yol açmaktadır.

Nitrat gideriminde; kimyasal indirgeme, biyolojik nitrifikasyon, iyon değişimi, ters ozmos, distilasyon ve elektrodiyaliz yöntemleri kullanılabilir. 5 mg/L ve altındaki değerlere, yerüstü sularında biyolojik denitrifikasyon; yer altı sularında ise iyon değişimi yöntemleriyle ulaşmak mümkündür (WHO, 2011). Adsorpsiyon yöntemi ekonomik olması ve uygulanabilirliğinden kolaylıklar nedeniyle tercih edilen bir yöntemdir. Daha önceki yıllarda adsorban madde olarak sepiyolit (Akkurt ve ark., 2002; Öztürk ve Bektaş, 2004; Sabah ve Çelik, 2006), zeolit (Zhan

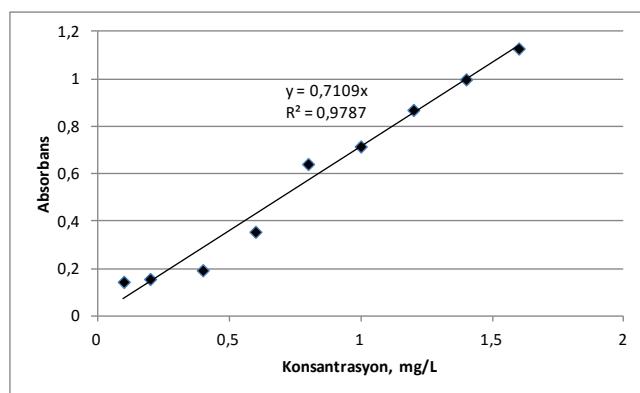
ve ark., 2011), endüstriyel atık (Atar, 2012) gibi farklı malzemeler kullanılarak sulardan nitrat giderimi konusunun araştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır.

Bu çalışmada adsorban madde olarak bir endüstriyel atık malzeme kullanılarak sulardan nitrat giderimi amaçlanmıştır. Öncelikle adsorpsiyon süresi belirlenmiş ve adsorpsiyon işleminin Freundlich ve Langmuir izotermelerine uygunluğu incelenmiştir.

## MATERIAL ve METOT

Adsorban madde olarak kullanılan endüstriyel atık malzeme, Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü tesisinde zenginleştirilerek konsantrه kolemanıt üretimi sırasında oluşan atıktan alınmıştır. Bu atık malzeme laboratuvar şartlarında 103 °C'de kurutulmuş toz hale getirilip kullanılmadan önce desikatörde muhafaza edilmiştir.

Nitrat analizi EPA Metot 352.1 spektrofotometrik metoda uygun olarak yapılmıştır (EPA, 1971). Bu yöntem 100 °C sıcaklıkta asidik şartlarda nitrat iyonu ve brusin sülfatın reaksiyonuna dayanmaktadır. Reaksiyon sonucu oluşan kompleksin rengine bağlı olarak 410 nm'de spektrofotometreki okumalar yapılmakta ve nitrat azotu konsantrasyonu belirlenmektedir. Nitrat azotu analizi için 10 mL numuneye 10 mL sülfürk asit ilave edilerek karıştırılmış ve daha sonra üzerine 0.5 mL brusin-sülfanilik asit çözeltisi eklenerek karıştırılmıştır. Tüpler 25 dk boyunca 100 °C deki su banyosunda bekletilmiş ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Kalibrasyon denklemi yardımıyla nitrat azotu konsantrasyonları hesaplanmıştır.  $\text{KNO}_3$  standart çözeltileri hazırlanarak farklı konsantrasyonlar için nitrat azotu tayin edilmiş ve kalibrasyon denklemi oluşturulmuştur. Laboratuar çalışmaları sonucu elde edilen kalibrasyon eğrisi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Nitrat azotu kalibrasyon eğrisi.

Adsorpsiyon deneyleri kesikli reaktörler kullanılarak çalkamalı inkübatörde gerçekleştirılmıştır. Langmuir ve Freundlich izotermelerine uygunluğun belirlenebilmesi için izoterm çalışmaları yapılmıştır. Langmuir izoterminde adsorpsiyon, adsorbat başlangıç

konsantrasyonu ile birlikte lineer olarak artar. Maksimum doyma noktasında, yüzey tek tabaka ile kaplanmakta ve yüzeye adsorbe olmuş adsorbat miktarı sabit kalmaktadır.

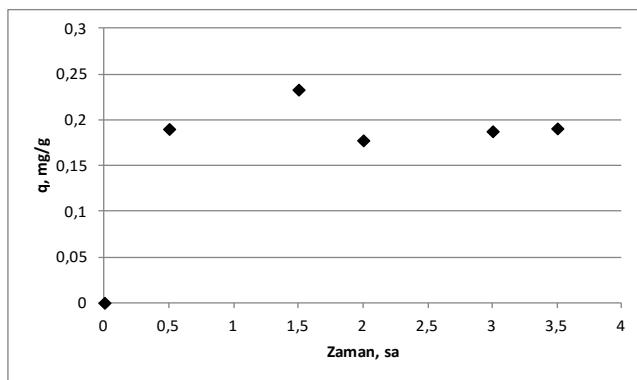
$$q_e = \frac{q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e}$$

Freundlich izotermi, tek tabaka oluşumuyla sınırlı olmayan, tersinir ve ideal olmayan adsorpsiyon için tanımlanan bilinen en eski bağıntılardan biridir.. Freundlich, çözeltide adsorpsiyonu açıklamak için aşağıdaki eşitliği türetmiştir.

$$q_e = K_f \cdot C_e^{\frac{1}{n}}$$

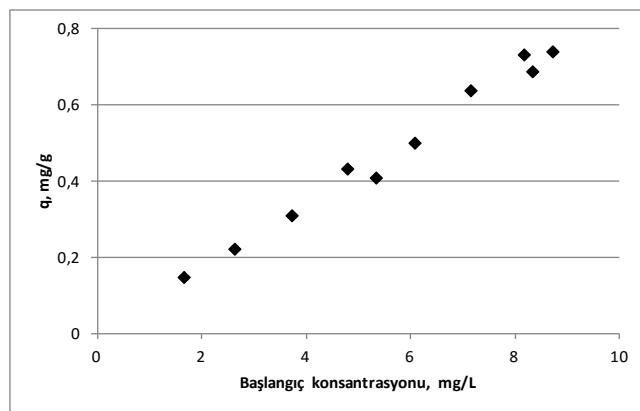
## ARAŞTIRMA BULGULARI

Adsorpsiyon süresinin belirlenebilmesi amacıyla, oda sıcaklığında, 200 rpm karıştırma hızında, 2 mg/L başlangıç nitrat azotu konsantrasyonunda çalkalayıcılı inkübatörde kesikli adsorpsiyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Belirli sürelerde örnekler filtrelenmiş ve nitrat tayini yapılmıştır. Şekil 2'de zamana bağlı olarak hesaplanan adsorplama kapasiteleri değerleri verilmiştir. 1.5 saat adsorpsiyon süresi sonrasında 0.23 mg/g kapasitesi elde edilmiştir ve sonrasında alınan örneklerde ortalama 0.18 mg/g değerinde sabitlenmiştir. Bu nedenle sonraki çalışmalarında adsorplama süresi 1.5 saat olarak kabul edilmiştir.



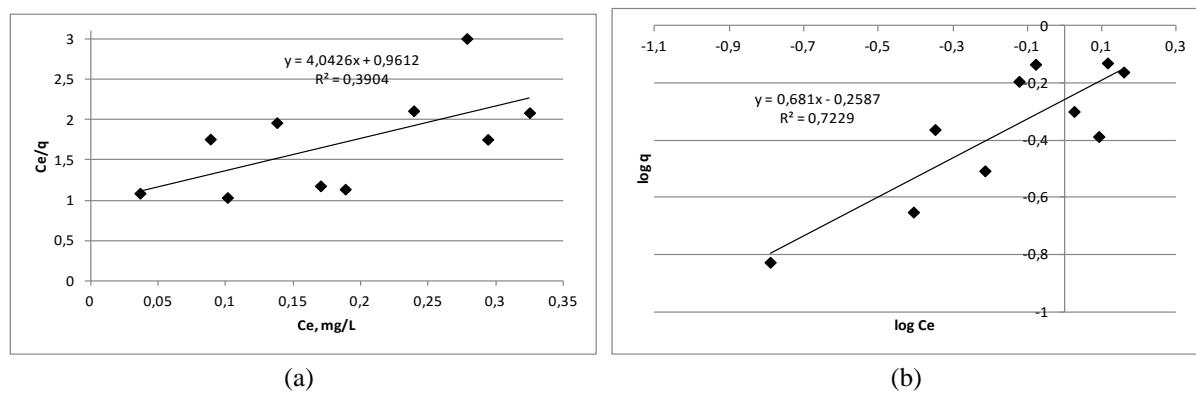
**Şekil 2.** Zamana karşılık nitrat adsorplama kapasitesinin değişimi.

Başlangıç nitrat konsantrasyonunun giderim verimi üzerine etkisini incelemek amacıyla, oda sıcaklığında, 1.5 saat adsorplama süresince ve 200 rpm karıştırma hızında, başlangıç nitrat konsantrasyonları 1-10 mg/L aralığında değiştirilmiş ve kesikli adsorpsiyon denemeleri yapılmıştır. Şekil 3'de verilen grafikte de görüleceği üzere başlangıç nitrat konsantrasyonunun yükseltilmesi kapasitenin artmasıyla sonuçlanmış ve 8-9 mg/L başlangıç nitrat konsantrasyonunda 0.69-0.74 mg/g aralığında kapasite sabitlenmiştir.



Şekil 3. Zamana karşılık nitrat adsorplama kapasitesinin değişimi.

Belirlenen şartlarda adsorpsiyon izoterm çalışmaları yapılmış ve Şekil 4'de verilen sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4. (a) Langmuir izoterm grafiği (b) Freundlich izoterm grafiği.

Endüstriyel bir atık malzemenin adsorban madde olarak kullanıldığı bu çalışmada elde edilen data incelendiğinde adsorpsiyonun  $0.72 R^2$  değeriyle Freundlich izotermine uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda gerçekleşen adsorpsiyon işleminde fiziksel kuvvetlerin daha etkili olduğu söylenebilir.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada adsorban madde olarak endüstriyel bir atık malzeme kullanılarak sulardan nitrat giderimi incelenmiştir. Bu şartlar altında nitrat için adsorplama kapasitesi  $0.74 \text{ mg/g}$  olarak belirlenmiştir. İzoterm çalışmaları sonucunda Freundlich izotermine uygunluk tespit edilmiştir. Sulardan nitrat gideriminde endüstriyel bir atık malzemenin farklı bir atığın giderminden kullanımı incelenmiş ve adsorpsiyon işleminde kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir. Adsorban maddenin kapasitesinin daha da artırılabilmesi için sonraki çalışmalarında farklı metodlarla modifikasyonlar uygulanabilir ve oluşan bir endüstriyel atığın çevresel açıdan etkin bir şekilde değerlendirilmesi yapılabilir.

## KAYNAKLAR

Akkurt, F., Alıcılar, A., Şendil, O., 2002, Sularda bulunan nitratın adsorpsiyon yoluyla uzaklaştırılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17, 83- 91.

Atar, N., 2012, Sulu çözeltiden anyonik tekstil boyarmaddelerin, fosfatın ve nitratın bor endüstri atığı kullanarak kesikli ve sürekli sistemlerde adsorpsiyonu, Doktora Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı*, Kütahya.

EPA, 1971, Nitrogen, nitrate (colorimetric, brucine) by spectrophotometer, Environmental Protection Agency.

Kaplan, M., Sönmez, S., Tokmak, S., 1999, Antalya-Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri, *Tr. J. of Agriculture and Forestry*. 23, 309–313.

Öztürk, N. ve Bektaş, T.E., 2004, Nitrate removal from aqueous solution by adsorption onto various materials, *Journal of Hazardous Materilas B112*, 155-162.

Sabah, E. ve Çelik, M.S., 2006, Atık sulardaki kirlenticilerin sepiyolit ile uzaklaştırılması, *Kibited*, 1, 1, 55-72.

WHO, 2011, Guidelines for Drinking Water Quality, 4th ed., World Health Organization, Geneva.

Zhan Y., Lin J., Zhu Z., 2011, Removal of nitrate from aqueous solution using cetylpyridinium bromide (CPB) modified zeolite as adsorbent, *Journal of Hazardous Materials*, 186, 2-3.

## ENDÜSTRİYEL ATIK YÖNETİMİ: KAĞIT ENDÜSTRİSİ ÖRNEĞİ

Gökhan TAŞDEMİR<sup>1</sup>, Murat ÇELEBİ<sup>1</sup>, Güler KANER<sup>1</sup>, Sezen KÜÇÜKÇONGAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya

**ÖZET:** Atık yönetimi atık oluşumun önlenmesi, atıkların kaynağında azaltılması, türüne göre ayrılması, toplanması, depolanması, geri kazanılması, taşınması ve uzaklaştırılmasını içermektedir. Endüstriyel atık yönetimi, değişik proseslerde tehlikeli atıkları da içeren farklı atıkların oluşması nedeniyle önemlidir. Bu çalışmada Konya ilinde bulunan bir kağıt endüstrisi tesinine ait atık yönetimi uygulamaları incelenmiştir.

*Anahtar Kelimeler: Endüstriyel atık yönetimi, kağıt endüstrisi.*

### Industrial Waste Management: The Case of Paper Industry

**Abstract:** Waste management includes preventing of waste formation, reduction at source, separation according to waste type, collection, storage, recovery, transportation and disposal of wastes. Industrial waste management is important because of various type of waste formed including hazardous waste at different processes. In this study waste management practices for a paper industry in Konya province were investigated.

*Key Words: Industrial waste management, paper industry.*

### GİRİŞ

Atık; üretim ve kullanım faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan, insan ve çevre sağlığına zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı olarak alıcı ortama verilmesi sakıncalı olan tüm maddelere denilmektedir. Atık yönetimi ise; atığın oluşumunun önlenmesi, kaynağında azaltılması, özelliğine göre ayrılması, toplanması, geçici depolanması, ara depolanması, geri kazanılması, taşınması, bertarafi ve bertaraf işlemleri sonrası kontrolü ve benzeri işlemleri içeren bir yönetim biçimidir (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015). Çevreye olan etkilerin en aza indirilebilmesi için atık yönetiminde ekonomik ve etkin çözümlerin üretilmesi gerekmektedir. Atık Yönetimi Yönetmeliği’nde çevreyle uyumlu bir şekilde atık yönetimini sağlamak üzere hazırlanan kısa ve uzun vadeli program ve politikaları içeren plan atık yönetim planı olarak adlandırılmaktadır. Atıkları evsel, endüstriyel, tıbbi ve tehlikeli atıklar olarak kategorize ettiğimizde, endüstriyel atıkların evsel ve tehlikeli atıkları içerisinde bir arada barındırılabilmesi nedeniyle daha detaylı irdelenmesi gerekmektedir. Önceki yıllarda Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ve Bazı Tehlikeli Atıkların Geri Kazanımı Tebliği ile düzenlenen uygulamalar, bu amaçla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2012 yılında işletmelerin “Endüstriyel Atık Yönetim Planı” hazırlamaları şeklinde değiştirilmiştir.

Atık yönetimi iyi planlandığı ve etkili yöntemlerle desteklendiği takdirde, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik ve çevre boyutunun gerçekleştirilmesinde önemli bir konu haline gelmektedir. 1970’lerde atıkların sıkıştırılması ve yakılması gibi kontrol yaklaşımını kullanılmış, 1980’lerde bu yaklaşım zararlı maddelerin ortaya çıkışını azaltacak şekilde teknik olarak geliştirilmiştir. 1990’larla birlikte atıkların azaltılması, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı gibi farklı yaklaşım atık yönetimi ile bütünleştirilmiştir. 2000’li yıllarda ise atık oluşumunu önlemeye yönelik hedefler oluşturulmaya başlanmıştır

(Ergülen ve Büyükkeklik, 2008a). Bu tarihsel gelişimle birlikte, atık yönetiminin sürdürülebilir kalkınmaya katkısı da artmıştır. Bu nedenle işletmelerin faaliyetlerini devam ettirirken, çevreye zarar vermemelidir; dolayısıyla işletmelerin çevre faktörünü gider olarak değil, maliyeti düşürmek, ekonomik performansı artırmak için bir araç olarak görmesi ve bütüncül bir yaklaşım sergilemesi gerekmektedir (Ergülen ve Büyükkeklik, 2008b).

Günümüzde atıkların miktar ve çeşitliliğinin artması, teknolojideki gelişmeler nedeniyle endüstriyel faaliyetlerin çeşitlenmesi, nüfustaki hızlı artış, enerji ve ham madde ihtiyaçları ve maliyetlerinde artış gibi nedenlerle atık yönetiminde karşılaşılan problemler değişmektedir. Atık yönetim piramidinde uygulanması gereken öncelikli seçenekler sırasıyla atıkların kaynağında önlenmesi, azaltılması, tekrar kullanımının yaygınlaştırılması, geri dönüşüm uygulamaları, geri kazanım uygulamaları ve atıkların bertarafı şeklinde özetlenebilir. Atıkların tekrar kullanım, geri dönüşüm ve kompostlaştırma gibi yöntemlerle geri kazanılması; hem ekonomik değeri olan maddelerin ekonomiye yeniden bir girdi olarak dönmesini sağlamak suretiyle üretim maliyetlerinde, hem de atık miktarının azaltılması suretiyle atık bertaraf maliyetlerinde önemli bir tasarruf sağlar (Kaçioğlu ve Şengül, 2010). Avrupa'da yaklaşık 11 milyon ton atık selüloz ve kağıt endüstrisinden oluşmakta ve bu atıklar içerik olarak çeşitlilik göstermektedir (Monte ve ark., 2009). Bu çalışmada bir kağıt endüstrisi özelinde atık yönetimi uygulamaları incelenmiş ve karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri incelenmiştir.

## MATERIAL VE METOT

Bu çalışmada incelenen kağıt endüstrisi farklı gramajlarda 1. hamur ofset, kağıt, bobin, ebav ve fotokopi kağıdı üretilen bir tesistir. Günlük 310 ton, yıllık 100 000 ton kağıt üretim kapasitesine sahiptir. Matbaa ve defter üretim alanlarında da üretim yapmaktadır. Bünyesinde oluşan atıkların arıtılması için bir arıtma tesisi de bulunmaktadır. Kağıt endüstrilerinde çevre mevzuatı bakımından incelenmeler aşağıdaki sıralamaya göre yapılmaktadır:

**Katı atıklar:** Çalışan kişilerin oluşturduğu atıklar (Kişi sayısı x 1.34 = ...kg/gün) 05.07.2008 tarih ve 26927 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan atık yönetimi genel esaslarına ilişkin yönetmeliğe göre atık türü belirlenerek gerekli işlemler yapılmaktadır.

**Bitkisel atık yağlar:** Tesiste mevcut yemekhaneden kaynaklı atık yağlar. 06.06.2015 tarih ve 29378 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Bitkisel Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmektedir.

**Tıbbi atıklar:** Tesiste doktor mevcut ise OSBGM ile hizmet alan iş yeri arasında iş yeri hekimliği sözleşmesi bulunmalı, 22.07.2005 tarih ve 25853 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmektedir.

**Tehlikeli atıklar:** Tesiste makine ekipman yağı değişimi ve kontamine olmuş ambalajların oluşması durumunda 02.04.2015 tarih ve 29314 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmektedir.

**Ambalaj atıkları:** Ürünün kullanıcıya ulaşılmasını sağlayan ve kullanımından sonra kullanımı dolmuş tekrar kullanılabilir ambalajlarda dahil çevreye bırakılan atıklardır, 24.08.2011 tarih ve 28035 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Ambalaj Atıkları Yönetmeliği hükümlerine göre değerlendirilmektedir.

**Hava (baca gazı):** Tesisteki ısı ihtiyacını karşılamak için yakma bacaları ve buhar kazanı baca gazları, 03.07.2009 tarih 27277 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne uyulmalıdır.

**Atık pil ve akü:** Forklift ve tesisteki araçlardan kaynaklı akü, tesis içinde kullanılan teknolojik ekipman ve araçlardan kaynaklanan piller, 31.08.2014 tarih ve 25569 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Atık Pille Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği'ne uyulmalıdır.

**Ömrünü tamamlamış lastikler (ÖTL):** Tesisteki bulunan taşıma araçlarından (forklift, servis aracı vs) kaynaklanan atıklar, 25.11.2006 tarih 26357 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği'ne uyulmalıdır.

**Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (S.K.K.Y.):** Tesiste bulunan arıtma tesisinden kaynaklanan atıksular 31.12.2004 tarih 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren S.K.K.Y'ne göre deşarj edilmelidir

**Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (S.K.H.K.K.Y):** Tesisteki ısıl işlemler ve elektrik ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için doğal gaz yakma bacaları, buhar kazanları ve fabrikadaki bacaların emisyonları 03.07.2009 tarih 27277 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren S.K.H.K.K.Y'ne uyulmalıdır.

## **ARAŞTIRMA BULGULARI**

İncelenen kağıt fabrikasında kağıt üretim adımları şu şekildedir; Selüloz girdisi, hamur hazırlama, elek, pres-vakum-kurutma işlemleri, bobin makaralama, ebat kesim, paketleme işlemleri uygulanmaktadır. Oluşan atıklar uygun yönetmelikler gereği geçici olarak depolanıp, lisanlı firmalar tarafından bertaraf ettirilmektedir. Gerekli bildirim ve takipler yapılmaktadır. Atık yönetimi yönetmeliğine göre incelenen kağıt fabrikasında oluşan atıklar ve kodları Tablo 1'de verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere oluşan atıkların bir kısmı tehlikeli atık sınıfında, bir kısmı muhtemel tehlikeli atık sınıfında olmakla birlikte, arıtma çamurları ve geri kazanılabilen atıklar gibi farklı özelliklere sahip tehlikeli olmayan atıklar dabulunabilmektedir.

Kağıt endüstrisinde oluşan atıkların miktarlarının fazla olması, yüksek nem içeriğine sahip olabilmesi ve değişken kompozisyonu nedeniyle geri kazanım prosesleri pahalı olabilmektedir. Bu nedenle oluşan atıkların çevresel ve ekonomik faktörler de düşünülerek farklı alanlarda değerlendirilmesi ile ilgili çalışmaların incelenmesi gerekmektedir. Etkili bir atık minimizasyon programı verimlilik, ürün kalitesi, toplum ilişkilerini geliştirirken, aynı zamanda maliyeti, atık yükümlülüklerini de azaltabilecektir (Monte ve ark., 2009).

**Tablo 1.** Atık Yönetimi Yönetmeliği Atık Listesi

Atık Kodu	Atığın Tanımı	Açıklama
13 01 13*	Diğer hidrolik yağlar	A
15 01 10*	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar	A
03 03 08	Geri dönüşüme gitmek üzere sınıflandırılan kağıt ve kartondan kaynaklanan atıklar	
15 01 02	Plastik ambalaj	
16 01 03	Ömrünü tamamlamış lastikler	
03 03 11	03 0310 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar	
16 01 07*	Yağ filtreleri	A
16 06 01*	Kurşunlu Piller	
20 01 21*	Flüoresan lambalar ve diğer cıva içeren atıklar	A
15 01 03	Ahşap Ambalaj	A
15 02 02*	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtr malzemeleri (başka şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizleme bezleri, koruyucu giysiler	M
17 04 07	Karışık Hurda Metal	
17 04 11	17 04 10 dışındaki kablolar	
20 02 01	Toprak ve Taşlar	

**Yıldız (\*) işaretı:** Altı haneli atık kodunun yanında yıldız (\*) işaretini bulunan atıklar tehlikeli atıklardır.

**(A) işaretı:** Altı haneli atık kodu hizasında “Açıklama” sütununda yer alan işaret atığın kesin tehlikeli atık olduğunu belirtir. Bu şekilde işaretlenmiş olan atıklar analiz yapılmaksızın kesin tehlikeli olarak sınıflandırılır.

**(M) işaretı:** Altı haneli atık kodu hizasında “Açıklama” sütununda yer alan işaret atığın muhtemel tehlikeli olduğunu belirtir. Bu şekilde işaretlenmiş olan atıkların tehlikeli olup olmadığıının belirlenmesi için Atık Yönetimi yönetmeliğinin 11inci maddesinde öngörülen atığın tehlikelilik özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışma yapılır

Polonya'da bir kâğıt fabrikasının atık yönetim çalışması incelemiştir. Fabrika atık yönetimi performans standardına uygun bir şekilde atık yönetimi uygulamaktadır ve uzun zamandan beri ürettiği atığın yarısını yararlı bir şekilde kullanmaktadır. Yeni standartlarla, verimi artırmak ve atıkları azaltmak amacıyla, 2020 yılı için depolanan üretim atığı için %30'luk bir azalma hedefi oluşturmuştur. Ancak bu hedefe ulaşmak için gerekli kaynaklar sınırlıdır ve bazı zamanlarda atıkların yararlı kullanımının maliyeti depolama ve bertaraf maliyetinin çok üstünde olabilmektedir. Bu fabrikanın sıfır atık yönetim hedefini benimsemiş olmasına bağlı olup, sıfıra yakın depolama, üretim atıkları ve atığı en aza indirmek için yeni teknolojilerle birlikte atığı ayırmak ekonomik hale gelmeye başlamıştır. İzlenecek yol ve hedefler olarak atık yönetiminin başarma ve gelişmenin yanı sıra, 2015 yılına kadar atık azaltma planının geliştirilmesi, çalışan performansına olumlu etki, en iyi performans için bitki ve çalışanları tanıma vs. hedefleri öngörlülmüştür. Bu yönetim hedefleri doğrultusunda, 2010 yılından oluşan atıkların % 47'si depolama, % 18'i araziye uygulama, % 12'si yakma ile uzaklaştırılmakta ve % 23'ü faydalı kullanımda değerlendirilmekte iken; 2013 yılında depolama, araziye uygulama ve yakma oranları sırasıyla %43, % 19, % 11 oranlarına düşürülmüş ve faydalı kullanım % 27'ye yükseltilibilmüştür (Url-1).

## **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Gelişen teknoloji ile birlikte kâğıt sanayisinde de proseslerde değişiklikler olmaktadır ve tesislerin bu teknolojilere ayak uydurması gerekmektedir. Arıtma tesisinde atıksu miktarını ve yükünü minimize etmek, arıtma uygulamasını kolaylaştırmak için bazı düzenlemeler getirilmelidir. Fabrikada kullanılan proses suyun debisi mümkün olduğunca düşürülmelidir. Temizlik ve diğer ihtiyaçlar için kullanılan suyun hatları değiştirilmelidir. Atıkların azaltılması ve kirliliğin önlemesi için en uygun teknolojinin kullanılması, atık minimizasyonu ve yeniden kullanımının artırılması, enerjinin verimli kullanımı, kaza ile oluşabilecek salınımların önlenmesi, remediasyon uygulamaları gibi yöntemler önerilmektedir. Atıkların geri kazanımı işleminde termal prosesler, geri dönüşüm, kompostlaştırma, arazi ıslahı, yalıtım ve dolgu malzemesi üretiminde kullanımı ve diğer kullanımlar (evcil hayvanlar için kum, bariyer malzemesi, yakıt malzemesi, adsorban madde, pestisit/gübre taşıyıcısı vb.) uygulanabilmektedir (Monte ve ark., 2009). Bu nedenle endüstriyel tesislerin atık yönetim planlarını oluştururken, atık uzaklaştırma yöntemleri içerisinde tekrar kullanım ve yararlı kullanım yöntemlerinin oranlarını artırmaya yönelik hedefler belirlemeleri ve bu amaçla daha ekonomik ve çevre dostu yeni yöntemlerin gelişimini takip etme ve uygulama konusunda daha girişimci olmaları gerekmektedir.

## **KAYNAKLAR**

Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015, Resmi Gazete Tarihi: 02.04.2015 Resmi Gazete Sayısı: 29314.

Ergülen A. ve Büyükköklik, A., 2008a, “Çevre yönetiminde yeni bir yaklaşım yeşil tedarik zinciri yönetimi”, *Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 10, 1-2, 33-50.

Ergülen, A. ve Büyükköklik A., 2008b, Sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik ve çevre boyutları açısından atık yönetimi ve e-atıklar, *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1, 2, 19-30.

Kaçtıoğlu, S. ve Şengül, Ü., 2010, Erzurum kenti ambalaj atıklarının geri dönüşümü için tersine lojistik ağı tasarımları ve bir karma tamsayılı programlama modeli, *Atatürk Ünv. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24, 1, 89-112.

Monte, M. C., Fuente, E., Blanco, A., Negro, C., 2009, Waste management from pulp and paper production in the European Union, *Waste Management*, 29, 1, 293-308.

Url-1: <http://www.internationalpaper.com/apps/sustainabilityreport2013/full-report.pdf> (International Paper 2013 Sustainability Report), Ziyaret Tarihi: 19.05.2016.

## KONYA TATLI SU ŞEBEKESİNDE VE ŞİSELENMİŞ SULARDA NİTRAT DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Hatice Hilin YILMAZ<sup>1</sup>, Sezen KÜÇÜKÇONGAR<sup>2</sup>, Zehra GÖK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi, Sarayönü MYO, Çevre Koruma ve Kontrol Programı, Konya

**ÖZET:** Bu çalışma kapsamında Konya il merkezinde tatlı su şebekesinden farklı örneklemeye noktalarından alınan numunelerde ve çeşitli firmalar tarafından piyasaya sürülen ambalajlı sularda bulunan nitrat düzeylerinin analizi yapılmıştır. Analiz bulgularına göre; tatlı sularda ölçülen nitrat değerleri 1.42-14.84 mg/L arasında ve ambalajlı sularda 0.29-11.52 mg/L arasında değiştiği görülmüştür. Sonuç olarak, analiz edilen sulardaki nitrat miktarlarının standartlara uygun olduğu ve halkın sağlığı üzerinde risk oluşturacak düzeyde nitrat içermediği belirlenmiştir.

*Anahtar Kelimeler: İçme suyu, nitrat, Konya*

### Investigation of Nitrate Levels in Konya Fresh Water Distribution Network and Bottled Waters

**Abstract:** In this study, nitrate levels were analyzed for water samples obtained from different sampling point from fresh water distribution network and various trademark bottled waters by spectrophotometric method. According to the findings of the analysis; nitrate values were measured between 1.42-14.84 mg/L in fresh water samples and 0.29-11.52 mg/L for bottled waters. As a result, it has been determined that nitrate levels of waters analyzed are suitable for water regulations and haven't been pose risk to public health.

*Key words: Fresh water, nitrate, Konya*

### GİRİŞ

Nitrat suda yüksek çözünme özelliğine sahip inorganik bir kimyasaldır. Bitkiler tarafından azot kaynağı olarak topraktan alınan, bitkiler için gerekli olan bir besindir ve bu nedenle tüm meyve, sebze ve tohumların doğal bir bileşenidir (Toptancı ve Toptancı, 2008). Organik ve inorganik azot bileşikleri mineralizasyon, hidroliz ve bakteriyel nitrifikasyonu kapsayan çok sayıda proses ile nitrat dönüşür. Bitkiler tarafından kullanılan veya anoksik koşullarda azot gazına denitrifiye olmayan nitrat yüzey ve yeraltı sularına sızar. Su kaynaklarında nitrat seviyesinin yükselmesinde başlıca iki temel kaynak vardır. Birincisi; toprakta bulunan organik maddelerin ayırtıcılar tarafından parçalanması sonucu açığa çıkan nitrat, toprakta yeterli ve aktif seviyede bitkilerin bulunmayı halinde tarafından kullanılabilir ve yağmur suları ile birlikte yeraltına sızarak suları kirletir. İkincisi ise çiftçiler tarafından nitratlı gübrelerin bitkilerin ihtiyacından fazlasının tarımda kullanılmasıdır. Başlıca bu iki kaynağın dışında sulu çamur ve atıksu çamurunun tarım arazisine yayılması, gübre yiğinları, sızdırılan çamur tankları, atık depolama lagünleri, yem ambarları ve septik tanklardır. Nitratın sağlık üzerine olumsuz etkileri nitrite dönüşüm göstergelerinden kaynaklanmaktadır. Vücutta bulunan nitrit hemoglobin yapısında değişiklik meydana getirerek methemoglobin dönüştümüne sebep olmakta, dokulara oksijen taşınamamaktadır. Bu nedenle yüksek miktarlarda nitrat konsantrasyonları bebeklerde "mavi bebek sendromu" olarak da adlandırılabilen methemoglobinemiye yol açmaktadır. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik

(2005), İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik (2012) ve TS 266 nitrat için 50 mg/L sınırını sınır olarak belirtmektedir. Ayrıca Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği’nde (2004) 50 mg/L nitrat konsantrasyon sınırı bulunmakta olup bu standartı aşan alanlar hassas alan olarak nitelendirilmektedir. Maksimum sınır değer AB ve WHO’ne göre 50 mg/L, ABD Çevre Koruma Ajansı’na göre, 45 mg/L’dır.

Çakmak ve Güngör (2007) Eskişehir ili sını�ında yüzey ve yeraltı suyundaki nitrat konsantrasyonlarını incelemiþ ve yüzeysel sularda 0.087-24.25 mg/L arasında ve yeraltı sularında 13-360 mg/L arasında değişen düzeylerde olduğunu bildirmiþlerdir. Samsun ilinde dokuz adet su örneğini nitrat analiz yapmış, en düşük değerini maden suyunda 20 mg/L ve en yüksek değerini kuyu suyunda 815 mg/L olduğu gözlemlemiþlerdir (Ekþi, 2005). Yalçın ve ark. 1988 yılında Konya ili içme ve kullanma sularının %84’ünde nitrat tespit ettiklerini bildirmiþtir. Gemici ve Yücedağ 2015 yılında Bartın ilinde bulunan dokuz adet kuyu sularından dört farklı zamanda aldıkları su örneklerinde analiz ettikleri kuyu sularının ortalama nitrat değerinin 13.24 mg/L olduğunu belirtmiþtir. Kahraman 2015 yılında Harran Ovası’nda bulunan serbest akiferlerde deðiþik zamanlarda alınan su örneklerinde ölçülen nitrat değerlerinin 16-347 mg/L arasında deðiþtiðini gözlemlemiþlerdir. Aydin ili sınırları içerisinde bulunan içme sularının ortalama nitrat seviyelerinin kış aylarında artezyen sularında  $21.84 \pm 29.96$  ppm, kaynak sularında  $3.04 \pm 2.57$  ppm, şîse sularında  $3.61 \pm 2.31$  ppm, yaz aylarında ise artezyen sularında  $20.28 \pm 24.09$  ppm, kaynak sularında  $3.41 \pm 2.85$  ppm, şîse sularında  $2.87 \pm 2.31$  ppm olarak ölçülmüþlerdir (Uçmaklioðlu, 2011). Kaplan ve ark. 1996 yılında Antalya’nın Kumluca yöresinde bulunan 20 kuyudan aldıkları su örneklerinde kuyu sularındaki nitrat içeriðinin 2.46-164.91 mg/L arasında deðiþtiðini belirtmiþlerdir. Tepe 2009 yılında Hatay’ın Reyhanlı ilçesinde bulunan Yenişehir Gölü’nde bir yıl boyunca her ay alınan su örneklerinde nitrat değerlerinin mevsim ortalamaları; bahar 4,9 mg/L, yaz 4,26 mg/L, g  z 5,26 mg/L, kış 5,93 mg/L ve yıllık ortalama 5,09 mg/L olarak deðiþtiðini gözlemlemiþtir. A  aoðlu ve ark. (2007) Van merkez ve ilçelerinde inceledikleri sularla bulunan nitrat düzeyleri sırasıyla  $35.927 \pm 5.706$  ppm ve  $24.752 \pm 9.262$  ppm (kuyu),  $5.158 \pm 0.931$  ppm ve  $4.990 \pm 0.665$  ppm (dere),  $19.065 \pm 3.770$  ppm ve  $14.610 \pm 2.523$  ppm (kaynak/çeşme),  $9.609 \pm 3.021$  ppm ve  $14.114 \pm 2.503$  ppm (musluk),  $6.325 \pm 2.850$  ppm ve  $7.390 \pm 1.582$  ppm (depo) olarak tespit etmiþtir.

Konya ilinde dünyada ender bulunan üç ayrı su şebekesi bulunmaktadır. Bunlar; sulama suyu şebekesi, kullanma suyu şebekesi ve tatlı su şebekeleridir. 1990’lı yıllarda itibaren Konya Büyükşehir Belediyesi ‘Su Burada Bedava’ sloganı ile Çayırba  , Dutlu, Kırantaya, Mukabil ve Beypinarı kaynaklarından gelen kuyu sularını tatlı su şebekelerine da  itarak her mahallede bir tatlısu çeşmesi yapılmış ve günümüzde kadar 852 adet tatlı su çeşmesi Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından kontrol edilmektedir (Url-1). Bu çalışma kapsamında Konya il merkezinde çeşitli sokaklarda bulunan tatlı su çeşmelerinden alınan numunelerin ve çeşitli firmalar tarafından piyasaya sürülen ambalajlı sularla bulunan nitrat düzeylerinin analiz edilmesi ama  lanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Konya merkez ilçelerinde bulunan tatlı su çeşmeleri ve çeşitli firmalara ait ambalajlı suların nitrat yönünden kirlilik durumları araştırılmıştır. Bu amaçla Konya il merkezinden farklı noktalarda bulunan tatlı su çeşmelerinden alınan 22 adet su örnekleri ve 7 adet ambalajlı sular materyal olarak kullanılmıştır. EPA Metot 352.1'e (EPA, 1971) göre yapılan analizde spektrofotometrik (kolorimetrik, brusin) metotla nitrat azotu ölçülmüştür. Nitrat azotu konsantrasyonlarının yardımcı ile numunedeki nitrat değerleri hesaplanmıştır. Tatlı su çeşmelerinden örnekler yarınlitrelik pet şişelere hava almayacak şekilde alınmış ve şişelerin ağızları sıkıca kapatılmıştır. Numunede analiz 24 saat içerisinde yapılmış, analizden önce 4°C'de muhafaza edilmiş ve numunelerin Selçuk Üniversitesi Çevre Teknolojileri Laboratuvarında analizi yapılmıştır. Analiz kapsamında su örneklerinin aldığı tatlı su çeşmelerinin yerleri Tablo 1'de belirtilmiştir.

**Tablo 1.** Tatlı su örneklerinin aldığı örnekleme noktaları

1)Akçeşme Mah. ( Mevlana)	12)Bedir Mah. Ataseven Cad.
2)Abdüllaziz Mah. ( Zafer)	13)Yenişehir Mah. Parsana Cami
3)Havzan Mah. ( Meram)	14)Nişantaş Mah. Nişantaş Sokak
4)Akabe Mah. ( Adliye)	15)Feritpaşa Mah. Y.Müh. Ümit Bahadır Türk Sokak
5)Yazır Mah. ( Otogar)	16)Kılıçaslan Mah. Rauf Denktaş Cad. Birden Sokak
6)Hacıkaymak Mah.	17)Nişantaş Mah. Nalan Sokak
7)Musalla Mezarlığı Medrese Mah.	18)Hocacihan Mah.
8)Kampüs Yerleşkesi	19)Şükran Mah. Bedesten Çarşısı
9)Bosnahersek Mah.	20)Şems Cad.
10)Ferhuniye Mah. Sultan Mesut Sokak	21)Bosnahersek Mah. Paşalar Sokak
11)Dumlupınar Mah. Uygarlık Sokak	22)Bosnahersek Mah. Saray Bosna Parkı

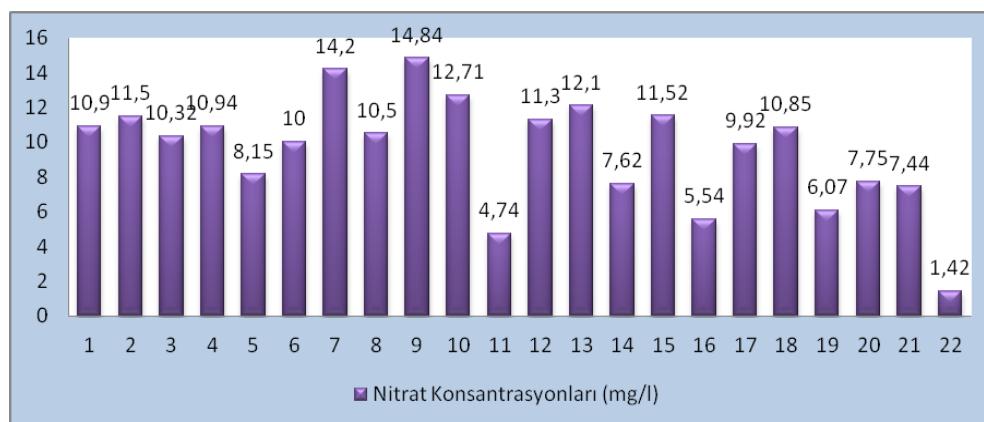
Laboratuvara getirilen su örneklerinden 10 mL alınarak tüplere eklenmiş, üzerine 10 mL sülfürik asit çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra numunelere 0.5 mL brusin-sülfarilik asit eklenerek karıştırılmıştır. Tüpler 100°C su banyosuna yerleştirilmiş ve 25 dakika bekletilmiştir. Tüpler oda sıcaklığına getirildikten sonra 410 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbans değerleri okunmuştur. Bulunan absorbans değerlerinden NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N konsantrasyonları hesaplanır.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

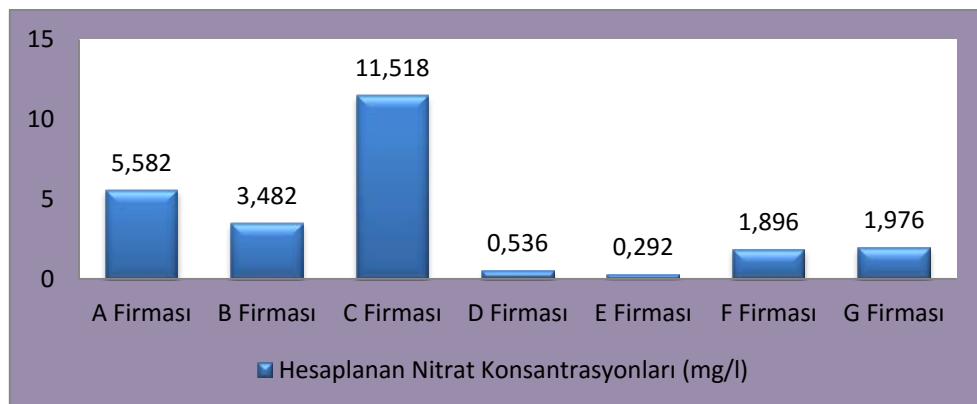
Konya il merkezinde 22 adet tatlı surneğinde belirlenen nitrat konsantrasyon değerleri Tablo 2 ve Şekil 1'de ve 7 adet analiz edilen ambalajlı sularda bulunan nitrat konsantrasyonlarının değerleri Şekil 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Tatlı su örneklemek noktaları

Numune Alınan Yerler	No	Numune Alınan Yerler	No
Akçeşme Mah. (Mevlana)	1	Bedir Mah. Ataseven Cad.	12
Abdüleziz Mah. (Zafer)	2	Yenişehir Mah. Parsana Cami	13
Havzan Mah. (Meram)	3	Nişantaş Mah. Nişantaş Sokak	14
Akabe Mah. (Adliye)	4	Feritpaşa Mah. Y.Müh. Ümit Bahadır Türk S.	15
Yazır Mah. (Otogar)	5	Kılıçaslan Mah. Rauf Denktaş Cad. Birden S.	16
Hacıkaymak Mah.	6	Nişantaş Mah. Nalan Sokak	17
Musalla Mezarlığı Medrese Mah.	7	Hocacihan Mah.	18
Kampüs Yerleşkesi	8	Şükran Mah. Bedesten Çarşısı	19
Bosnahanersek Mah.	9	Şems Cad.	20
Ferhuniye Mah. Sultan Mesut S.	10	Bosnahanersek Mah. Paşalar Sokak	21
Dumlupınar Mah. Uygarlık S.	11	Bosnahanersek Mah. Saray Bosna Parkı	22



**Şekil 1.** Konya il merkezindeki tatlısu kaynaklarında ölçülen nitrat düzeyleri.



**Şekil 2.** Ambalaj sularında ölçülen nitrat düzeyleri.

## **SONUÇLAR ve TARTIŞMA**

Bu çalışma kapsamında Konya il merkezinde çeşitli sokaklarda bulunan tatlı su çeşmelerinden alınan numunelerin ve çeşitli firmalar tarafından piyasaya sürülen ambalajlı sularla bulunan nitrat düzeyleri belirlenmiştir. Tatlı sularda ölçülen nitrat değerlerinin 1.42-14.84 mg/L arasında ve ambalaj sularının nitrat değerlerinin 0,29 -11,52 mg/L arasında değiştiği görülmüştür. Sonuç olarak, Konya il merkezindeki tatlı suların ve analiz edilen ambalaj sularının nitrat miktarlarının standartlara uygun olduğu ve bölgede bulunan tatlı sularının halk sağlığı üzerinde risk oluşturacak düzeyde nitrat içermemiş belirlenmiştir. Türkiye'nin diğer bölgeleri ile kıyaslandığında bu bölgenin tatlı sularının nitrat seviyelerinin yaklaşık aynı seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Bu değerler dikkate alınarak, ileriki zamanlarda tatlı su şebekesinin kirlenmesini engellemek için gübreleme programları hazırlanır iken dikkate alınmalıdır ve bu yolla oluşabilecek aşırı azotlu gübre kullanımından kaçınılmalıdır.

## **KAYNAKLAR**

- Ağaoğlu, S., Alişarlı, M., Alemdar, S., Dede, S., 2007, Van Bölgesi içme ve kullanma sularında nitrat ve nitrit düzeylerinin araştırılması, *YYÜ Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 18(2), 17-24.
- Çakmak Ö., Güngör B., 2007, Eskişehir ilinde yeraltı ve yüzey sularındaki nitrat kirliliğinin kirletici kaynaklar göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniv. Fen Bil. Ensütüsü*, Samsun.
- Ekşi O., 2005, samsun sebze pazarlarında toplanan bazı sebze ve gıda örnekleriyle bazı içme suyu ve taban suyu örneklerinin nitrat içeriğine ilişkin bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniv. Fen Bil. Ensütüsü*, Samsun.
- EPA, 1971, Nitrogen, nitrate (colorimetric, brucine) by spectrophotometer, Environmental Protection Agency.
- Gemicı BT., Yücedağ C., 2015, Kuyu suyunda bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi; Bartın örneği, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 18-23.
- İçme suyu elde edilen veya elde edilmesi planlanan yüzeysel suların kalitesine dair yönetmelik, Resmi Gazete Tarihi: 29.06.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28338.
- İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik, Resmi Gazete Tarihi: 17.02.2005 Resmi Gazete Sayısı: 25730.
- Kahraman N., 2015, Harran ovası serbest akiferde nitrat kirlenmesinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniv. Fen Bilimleri Ensütüsü*, Şanlıurfa.
- Kaplan M., Sönmez S., Tokmak S., 1996, Antalya- Kumluca yöresi kuyu sularının nitrat içerikleri, *Tr. J. of Agriculture and forestry*, 23, 309-313.
- Samsunlu A., 2011, Çevre Mühendisliği Kimyası, Birsən Yayınevi , 7. Baskı, 310-312.
- Tarımsal kaynaklı nitrat kirliliğine karşı suların korunması yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 18.02.2004 Resmi Gazete Sayısı: 25377.
- Tepe Y., 2009, Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) su kalitesinin belirlenmesi, *Ekoloji*, 18, 70, 38-46.
- Toptancı C., Toptancı E., 2008, Çevre , Bilim ve Mevzuat Terimleri Sözlüğü , Azim Matbaacılık , Ankara , 182.
- Uçmaklioğlu, S., 2011, Aydın'da içme suyu nitrit ve nitrat düzeylerinin yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (YBSK) ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakoloji ve Toksikoloji ABD*, Aydın.
- Url-1: [www.koski.gov.tr/mSu/tatlisu.php?pd=2%7C%7C21&](http://www.koski.gov.tr/mSu/tatlisu.php?pd=2%7C%7C21&), Ziyaret Tarihi ve Saati :11.05.2016 23:55.
- Yalçın, S., Tekinşen, O.C., Nizamlioğlu, M., 1988, Konya il merkezindeki içme ve kullanma sularının hijyenik kalitesi, *Selçuk Üniv. Vet. Fak. Dergisi*, 4(1),83- 89.

## İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN KONYA HAVZASI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Beyza TEMİRCİ, Halime OKUMUŞ, Süheyla TONGUR  
*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencileri*  
*beyzatemirci@hotmail.com, hokumush0931@gmail.co, suyildiz@selcuk.edu.tr*

**ÖZET:** Küresel ısınma her bölgede farklı şekillerde kendini hissettirmektedir. Buna bağlı iklim değişikliklerinin kötü etkileri olmuştur. Nüfusun artmasıyla artan tüketim ve iklim değişikliğinden dolayı riske girecek olan su güvenliği planlamaları düşünülmeye başlandı. Birçok planlamaya göre, Türkiye açısından gelecek yıllarda önemli etkilenmeler olacak düşünülmektedir. En önemli etkilenme ise insan sağlığından endüstri birimlerine kadar birçok sürdürülebilirlik materyalin temeli olan su kaynaklarında görülmektedir. İklim değişikliklerinin sonucu olan su kaynaklarındaki azalma, sürdürülebilir yaşamı gittikçe zorlaştıracaktır. Ülkemizde iklim değişikliğinden dolayı kuraklaşmaya doğru giden bölgeler vardır. Bu çalışmada ise kritik bölgelerden biri olan Konya havzası ele alınmıştır. Coğrafi konumu itibarıyle Türkiye'nin en az yağış alan bölgelerinden biri olan bu havzada uluslararası öneme sahip sulak alanların birçoğu kuruma tehdidi altındadır. Aynı zamanda yer altı su seviyelerinde de ciddi düşüşler vardır. Konya havzasının genel durumu ele alınmış, çevresel sorunlar incelenerek yapılan araştırmalar doğrultusunda çözüm önerileri sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kuraklık, iklim değişikliği, su kaynakları, Konya Havzası

## CLIMATE CHANGE EFFECTS IN KONYA BASIN

**Abstract:** Global warming is felt in different ways in each region. Related to this it was the worst effects of climate change. The increased consumption due to the increasing population and water safety to be at risk due to climate change planning began to be considered. According to a lot of planning, it would be important for Turkey is thought to be affected in the coming years. The most important influence is seen in the water supply of many basic material to the sustainability of the health-industrial unit. Climate change is the result of a reduction in water resources. This will make it harder for increasingly sustainable living. In our country there are droughts because of the climate change. One of the critical areas in this study are discussed in the Konya basin. As Turkey's geographical location is one of the least rainfull in the river basin many are under the threat of desiccation of wetlands of international importance. There is also the serious declines in groundwater levels. It is discussed the general situation of Konya basin. Solutions in accordance with research examining the environmental problems presented.

**Keywords:** Drought, climate change, water resources, Konya river basin

### 1.GİRİŞ

Günümüzde çevre sorunları ciddiyetini arttırmıştır. Bunun nedeni ise çevre sorunlarının insan hayatı giderek daha fazla kötü etkilemeye başlamasıdır. Son yıllarda görülen iklim değişiklikleri; sıcaklıkların artmasına, buzulların erimesine, fırtınalara, doğal bitki örtüsünün değişim gösternesine, deniz suyu seviyelerinin yükselmesine ve toprak kayıplarının yaşanmasına neden olmaktadır. Bu durum çevreyi ciddi anlamda tehdit etmekte ve küresel sorun olarak görülmektedir. Bu değişim uzun ve sık orman yangınlarına, yeni salgın

hastalıkların ortaya çıkmasına, türlerin yok olmasına, tarımsal üretimin değişmesine ve ekonominin bu konuda kötüye gitmesine neden olacak, bu tehlikeler gün geçikçe artacaktır. Küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkileri tüm dünyada olduğu gibi Konya Havzası üzerinde de görülmektedir. Bu noktada havzanın günümüzdeki durumunun ve geleceğe dair yapılmakta olan plan ve programların öğrenilebilmesi için birebir görüşmeler yapıldı. Kurum ve kuruluşlardaki bireylerin görüşleri alınarak bir yol çizildi. Havza sınırlarında bulunan bütün su kaynaklarının son durumlarını incelemek için bazı arazi çalışmaları gerçekleştirildi. iklim değişikliğinin Konya Havzası üzerine etkilerinin irdelendiği bu çalışmada alınması gereken önlemler ve araştırmalar özetlendi. Bu amaçla, çeşitli kaynaklardan literatür taraması yapıldı.

## **1.1 KONYA KAPALI HAVZASI İKLİM ÖZELLİKLERİ**

Konya Havzası coğrafi konumu sebebiyle Türkiye'nin en az yağış alan bölgelerinden biridir. Bu Havza'nın yıllık yağış miktarı ortalama 300–350 mm.dir. Uzun yıllar yağış normallerine kıyasla Havza'ya düşen yağışlarda, son 30 yıllık dönemde yıllık 10-25 mm arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, bölgenin iklim karakterinin yarı kurak iklim tipinden kurak iklim tipine doğru kaydığını işaret eder.(Şen, E ve Başaran, N, 2007)

Havzadaki su kaynaklarındaki azalmanın ilk sıradaki nedeni yağışların azalmasıdır diyebiliriz. Bunun yanı sıra karasal ikliminde etkisiyle havza genelinde buharlaşma gittikçe artar. Havza'da yıllık ortalama sıcaklıklar  $-0,4^{\circ}\text{C}$  ile  $23,0^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. Bu bölgede karasal iklim daha ağır bastığından kış ayları soğuk ve yağışlı, yaz ayları ise sıcak ve kurak geçmektedir. Yağışlar genellikle kış ve ilkbahar aylarında etkilidir.

## **1.2 KONYA HAVZASINDA SU KAYNAKLARI'NIN DURUMU**

### **1.2.1 Yüzey Suyu Kaynakları**

Türkiye'de kullanılabilir yüzey su kaynağının sadece %2'si Konya Havzası'ndadır.(KOP,2014)

Havza'da 48 dere, 19 çay ve 2 ırmak olmak üzere toplam 69 akarsu ile 39 adedi Konya ili sınırları içerisinde bulunmak üzere 44 sulak alan bulunmaktadır(ÇE.10.49 Dr. S. Yılmaz,2010) Yağışlar düzensizdir ve yetersizliğinde akarsu etkilenmektedir. Havza'nın genelinde bulunan akarsuların çoğu, bölgenin su ihtiyacını karşılayamamaktadır. Yaz ayları çok kurak geçtiğinden çoğu akarsu ya kurumakta ya da düşük debilerle ilerlemektedir. Havza'daki başlıca akarsular arasında Beyşehir Çayı, Çarşamba Çayı, Uludere, Uluırmak, Peçenek ve Melendiz çayları sayılabilir. Başlıca sulak alanlar ise, Beyşehir Gölü, Tuz Gölü, Ilgin Çavuşçu Gölü, Kozanlı Gökgöl, Bolluk Gölü, Tersakan Gölü, Ereğli Sazlıkları-Akgöl, Acıgöl, Meke Maarı, Hotamış Sazlıkları, Suğla Depolaması, Kızören, Meyil ve Çıraklı obruklarıdır.(WWF,2014)

Bazı müdahaleler sayesinde Beyşehir Gölü, Kozanlı-Gökgöl ve Ilgin-Çavuşçu Gölü kurumaktan kurtulmuş fakat bunlar dışındaki tüm doğal sulak alanlar ya tamamen kurumuş ya da büyük ölçüde küçülmüş durumdadır.

### **1.2.2 Yeraltı Su kaynakları**

Türkiye yeraltı su potansiyelinin yaklaşık %17'si Havza'da bulunmaktadır.(Konya,2012). Havzada yüzeysel su sıkıntısı çekildiği öne sürülerek şahıslar tarafından birçok kontolsüz ve kaçak olarak açılmış sondaj kuyuları yeraltı su kaynaklarını tüketme tehdidi oluşturmaktadır. Yeraltı suları konusundaki mevcut veriler, çekilme hızının doğrusal değil, artan bir hızla ilerlediğini göstermektedir. Havza'nın bazı bölgelerinde yeterli beslenme olmadığı için yeraltı suyunun en dipteki kısımları (fosil su) kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum, olası iklim senaryoları birlikte ele alındığında, gelecek dönemlerde Havza'nın yeraltı su rezervlerinde geri getirilemeyecek bir azalma olacağına işaret etmektedir. Buna bağlı olarak, zemin çökmeleri ve obruk oluşumları gibi başka sorunların da sıklığının artması muhtemeldir.(E. Tuşat, R. A.Abbak,2007)

### **1.2.3. Sulak Alanlar ve Koruma Altındaki Sular**

Konya Havzası SİT statüsüne sahip 15 Önemli Kuş Alanı'ndan 13'üne sahiptir. Özel Çevre Koruma Alanı statüsüne sahiptir. Meke Gölü ve Kızören Obruğu Ramsar Alanı, Beyşehir Gölü ise Milli Park statüsüne sahiptir.

Konya kapalı havzası biyolojik çeşitlilik bakımından dünya çapında önemli ekolojik bölgeden biridir. Konya Kapalı Havzası'nda bulunan Tuz Gölü; Özel Çevre Koruma Alanı;Beyşehir Gölü ise Beyşehir ve Kızıldağ Milli Park Alanı'dır. Ayrıca Konya kapalı havzasında, Avrupa'da üreyen ve nesli tüm dünyada tehlike altında olan 13 kuş türünden 8'ine üreme alanı sağlayan 15 Önemli Kuş Alanı(ÖKA) bulunması Konya kapalı havzasının önemini gözler önüne sermektedir. (WWF,2014)

Bugün birçok sulak alan çeşitli müdahaleler sonucu kurutulmuş ve tarım alanlarına dönüştürülmüş. Koruma altındaki suların çoğu tarımsal sulamaya yönlendirilmesi sonucunda kurumuş veya kurumaya yüz tutmuş durumdadır.(Kop Bölgesi Gölleri)

## **1.3 HAVZADAKİ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI ÇEVRESEL SORUNLAR**

### **1.3.1. Su**

Küresel iklim değişikliğinin etkisiyle söz konusu bütçe açığının artması öngörülülmektedir. Avrupa Çevre Ajansı verilerine göre küresel iklim değişikliği nedeniyle Avrupa'da kuraklıktan en çok etkilenecek kesim Türkiye'nin de içinde yer aldığı Akdeniz Havzası'dır. Türkiye özelinde, Ege ve Orta Anadolu bölgelerinin (özellikle Konya Kapalı Havzası) çok ciddi su sorunuyla karşı karşıya kalacağı öngörülmektedir.(O.Okur,2010)

Havzada önemli su sorunlarından biri, Tuz Gölü'nün aşırı buharlaşma ve su çekimine maruz kalması ve buna bağlı olarak her yıl su seviyesinin azalmasıdır diyebiliriz. Bir diğer ise Eşmekaya sazlığının doğal alanı da son yıllarda sulak alan işlevini tamamen kaybetmiş, kurumuş ve bölgede ılıman iklim kaybolmuştur. Dünyada sadece Konya ili ve civarında bulunan 102 adet endemik bitki türünün nesli kuraklık nedeniyle tehdit altındadır.(Yıldırım A,2008)

Havza içme ve kullanmaya uygun su temini konusunda da sıkıntı çekmektedir. Konya ve Aksaray illeri yillardır içme ve kullanma suyuna dair sorunlarla mücadele etmektedir. KOSKİ'den alınan bilgilere göre, Konya şehrini içme suyu kuyuları, hem miktar hem de kalite bakımından gerilemiştir.(WWF,2014)

### **1.3.2 Kuraklık**

Mevlana Kalkınma Ajansı tarafından Konya ve Karaman il ve ilçeleri için yapılan Bölge Kuraklık İndeksi çalışmasına göre, bölge giderek kuraklaşmaktadır. Bölgede özellikle yaz aylarında tarımsal sulamaya en çok ihtiyaç duyulan aylarda ciddi bir kuraklık yaşanmaktadır.(Soylu, S. Sade, B.)

Havza'nın yıllık yağış dağılımı mevsimlere göre farklılık göstermektedir. Özellikle Havza genelinde ilkbahar sonlarına doğru yağışlar azalmakta, yazın ise yok deneye kadar düşük seviyelere inmektedir. Yağışların %70'i bitki yetişme dönemi dışında gerçekleşmektedir. Bu özellikler nedeniyle Havza, Türkiye'nin ikinci derece kurak alanları arasında yer alır.(B.B. Durmaz, G. İş,2010)

## **2. ARAŞTIRMA ve SONUÇLAR**

Araştırmalarımız sonucunda genel olarak çoğu makalelerde, devlet destekli KOP'un bir dizi projelerinden bahsedildiği görülmüştür. Özel Çevre Vakıfları tarafından; Bu projelerin Konya Hava'sındaki su problemini çözüme ulaştıramayacağı öngörülülmüştür. Geçmişten günümüze birçok su transferi projeleri gerçekleştirılmıştır. Çoksu su transferi projelerinde olduğu gibi bu projeler de iklim değişikliğinden kaynaklanacak etkiler (suyu veren ve alan havzadaki sıcaklık/yağış/buharlaşma ve akış değişimleri), dikkate alınmamıştır.

Bilindiği gibi bu projenin benzeri olan GAP yapıldıktan sonra su verilen bölgelerde 1-2 yıl içinde aşırı sulama kaynaklı tuzlanma oluşmuştur. Beklenenin tersine verimde dramatik düşüşler yaşanmıştır. Salma sulama yapılan yerlerde durum hala farklı değil. Bu sulamanın toprakta yaratacağı tehlike, suyu kesilen nehrin yarattığı ve zengin bir yaşam alanı olan deltanın son durumu öngörülmemiştir. Ekolojiye vermesi muhtemel zararlar tartışılmamıştır.

KOP'un en önemli projelerinden biri olan **Mavi Tünel Projesi** sürekli takip altında olmalı, günümüz ve gelecekteki durumları revize edilmelidir.

Konya Havzasında bulunan mevcut yüzey sulama yöntemleri (salma – vahşi sulama) terk edilerek bilinçsiz ve aşırı su kullanımından kaçınılabılır. Bunun yerine yağmurlama sistemi, damla sulama yöntemi kullanılabilir. Tarım kooperatifleriyle başlayan sonra kontrolden çıkan ve kaçak olarak açılan sondaj kuyuları kontrol altına alınarak yeraltı sularındaki seviyenin

azalması bir miktar engellenebilir. Konya Kapalı Havzası'nda yıllık beslenebilir yeraltı suyu rezervlerinin sağlıklı olarak belirlenerek kuyulara takılacak sayaçlar vasıtasiyla su tüketimi izlenerek kontrol altına alınabilir. Bunların yanında Tuz Gölü, Beyşehir Gölü, Ereğli sazlıklar gibi koruma alanlarına verilen önemin hassasiyeti diğer sulak alanlara da verilmelidir. Bu konuda finansal kaynak sağlanmalıdır. Konya Havzası Planlamaları arttırmalı ve çeşitli birimler bir araya gelerek iklim değişikliğine etkileri azaltma yoluna gitmelidir.

## KAYNAKLAR

Şen, E. Ve Başaran, N.,2007. Küresel Isınma Sürecinde Konya Ovasının Bazı İklim Verilerinde Meydana Gelen Değişmeler ve Eğilimler. Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı, Konya.

ÇE.10.49 Dr. S. Yılmaz, 2010,Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Konya Kapalı Havzası 5098115 Proje Nihai Raporu -  
TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre Enstitüsü

WWF,2014,Konya'da Suyun Bugünü Raporu - 2013 WWF-Türkiye(Doğal Hayatı Koruma Vakfı) ve Pegasys Strategy and Development

Konya 2012,DSİ 4. Bölge Md. 2013 Yılı Yatırım Programı ve Bütçe Takdim Raporu

KOP Eylem Planı,2014-2018, T.C Kalkınma Bakanlığı Konya Ovası Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı

Konya, 2007,Konya Kapalı Havzası'nda Yeraltı Suyu Çekilmesi ve Olası Sonuçlarının Jeodezik Yöntemlerle İzlenmesi, A. Üstün, E. Tuşat, R. A.Abbak, Selçuk Üniversitesi 3. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu

E. Tuşat, R. A.Abbak,2007 Konya Kapalı Havzası'nda Yeraltı Suyu Çekilmesi ve Olası Sonuçlarının Jeodezik Yöntemlerle İzlenmesi, A. Üstün, , Selçuk Üniversitesi 3. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu

KOP Bölgesi Gölleri, Depolamaları ve Sulak Alanları, Kalkınma Bakanlığı Konya Ovası Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı –Konya Kapalı Havzası Sulak Alanları Koruma Statüleri

O. Okur,2010, Karapınar (Konya) Tarihsel Çölleşme Alanı Topraklarının Uzun Süreçte Badem-Akasya Altındaki Kalite Değişimleri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana

Yıldırım A, 10.7.2008, Dünya Gazetesi – Ali Ekber Yıldırım, Konya Ovası Can Çekisiyor.  
<http://www.tarimdunyasi.net/2008/07/10/konya-ovasi-can-cekisiyor/#sthash.9TpDqGnG.dpuf>

B.B. Durmaz, G. İş,2010,Türkiye'nin Yarınları Projesi Sonuç Raporu,. WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı)

Soylu, S. Sade, B. , 2012, TR 52 Bölgesi (Konya-Karaman) Kuraklık İndeksi, Mevlana Kalkınma Ajansı

Bozyigit, R. ve Güngör, Ş., 2010, Konya Ovasının Toprakları Ve Sorunları (Soils and Problems of Konya Plain

**LEPIDIUM SATIVUM TOKSİSİTE TEST METODU KULLANILARAK  
ENDÜSTRİYEL ATIKSULARIN TOKSİSİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Gülşah AKKAYA Ümmü KISA Gülsen GÜMÜŞ Süheyla TONGUR  
*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye*  
gulsahhakkayaaa@hotmail.com, ummu-92@hotmail.com, gulsengumus1@gmail.com

**ÖZET:** Bu çalışmada çeşitli endüstriyel tesislerden alınan tuz ve kağıt atıksu örneklerine 72 saat süren toksisite testleri uygulanmıştır. Atıksu örneklerinin zehirlilik seviyelerinin belirlenmesi için *Lepidium Sativum* toksisite testleri yapılarak, test bitkisi olarak tere tohumu kullanılmıştır. 72 saatlik zaman periyodunda çeşitli seyrelmelerdeki çimlemeler gözlemlenmiştir. Kök ve gövde uzunluklarından elde edilen sonuçlara göre seyreltme faktörü uygun aralıkta tespit edilmiştir. *Lepidium Sativum'un* kullanıldığı toksisite testleri uygulanabilirlik ve hassaslık yönünden değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atıksu, *Lepidium Sativum*, Root-Hypokotyl, Toksisite, Seyreltme

**THE TOXICITY ASSESSMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER BY LEPIDIUM SATIVUM  
TOXICITY TEST METHOD**

**ABSTRACT:** In this study, toxication tests were applied to the salt and paper waste water samples collected from different industrial facilities during the course of 72 hours. In order to determine the toxicity level of waste waters, *Lepidium Sativum* toxicity tests were applied by using seeds of plant. During the course of 72 hours, germinations in the different dilutions were observed. Based on the results that we obtained from root and body lengths, dilution factor was determined at certain point. *Lepidium Sativum* test was assessed for their applicability and sensitivity as a toxicity test.

**Keywords:** Waste water, *Lepidium Sativum*, Root-Hypkotyl, Toxicity, Dilution

## **GİRİŞ**

Toksisite testleri, çevreye toksik deşarjların verilmesinin kontrol edilmesinde ve denetlenmesinde EPA tarafından önerilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, ekosistem kirleticilerini denetlemek ve kontrol etmek için kimyasal analizler ve biyolojik analizler zehirlilik testleri ile birlikte kullanılmalı tezini ortaya çıkarmıştır. Huber, petrol rafineri atıksularının zehirliliğini belirlemek için yaptığı çalışmasında biyoanaliz sonuçları ile NH<sub>3</sub>, yağ - gres, BOİ (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı) gibi klasik parametreler arasında bir korelasyon belirleyememiştir. II.Dünya Savaşı öncesi bazı araştırmacılar özellikle balıklarda metallerin toksik etkilerini incelemişlerdir. Savaş sonrası da özellikle İngiltere, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da birçok toksisite laboratuarları kurulmuştur. Bazı Avrupa ülkeleri artan kimyasal madde atıklarından sonra toksisite çalışmalarına hızlı bir şekilde yönelmişlerdir. 1970'li yılların sonu ve 1980'li yılların başında toksisite çalışmaları artmış ve American Public Health Association (APHA), The American Society for Testing and Materials (ASTM), The U.S. Army Corps of Engineers of Materials the UK Ministry of Agriculture Fisheries And Food (MAFF), The Paris Commission (PAROCM), The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) ve The Water Research Centre (WRC) gibi ulusal ve uluslararası kuruluşlar birçok standart metot geliştirmiştir. Toksisite testleri; su hayatı için çevre koşullarının uygunluğunu, atık toksisitesi üzerinde çevresel faktörlerin etkisini, test türü üzerine atığın toksisitesini, atıksu arıtım metodlarının etkisini, su kirliliği kontrolü çalışmalarında gerekli arıtım derecesini ve izin verilebilir atıksu deşarj oranlarını belirlemek için kullanılmaktadır. Ülkemizde atıksu deşarjlarını kontrol etmede

kullanılan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre ise sadece endüstri kuruluşları için müsaade edilebilir atık madde deşarj miktarını ve su kalite standartlarına uygunluğu belirlemek için toksisite testleri yapılmaktadır. (SKKY, 1991). Bu toksisite testlerinde tere bitkisi (*Lepidium Sativum*) yaygın olarak kullanılmaktadır. Tere (*Lepidium sativum*), Cruciferae (Haç Çiçekliler) familyası içinde yer alan baharatlı yaprakları tüketilen bir sebze türüdür. Terenin yabani formu olan *Lepidium Sativumsilvestre*'ye Kuzey Afrika'da ve Güney Batı Asya'da (Arabistan, İran, Tibet) rastlanılmaktadır (Günay, 1984). Tere kısa vejetasyona sahip ve çiçeklenmeye duyarlı bir bitki olduğu için ülkemizin her yerinde sıcak yaz ayları dışında yetiştirebilen bir türdür. Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinde ticari boyutlarda üretilmektedir. Son yıllarda kiş ayları içinde örtü altı yetiştirciliğine de girmiştir.

## MATERIAL VE METOT

### Atıksu Örnekleri ve Karakteristikleri

Tuz ve Kağıt Endüstrilerinden; Tuz Endüstrisinden çıkış, Kağıt Endüstrisinden giriş-çıkış olacak şekilde atıksu örnekleri alınmıştır.

### L. Sativum ile toksisite Testi

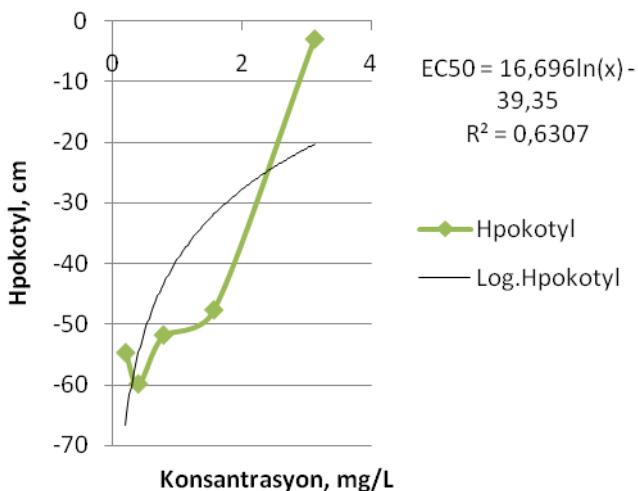
9 cm çapında cam petri tabağının içine filtre kağıdı yerleştirildi. Filtre kağıdının üzerine 5 ml seyreltilmiş atık su örneği pipet yardımıyla ilave edildi. Filtre kağıdının altında hiç hava kabarcığı kalmayacak şekilde 25 adet *L. Sativum* tohumu eşit aralıklı olarak dağıtıldı. Petri tabakları 72 saat karanlıkta 20°C'de inkübe edildikten sonra *L. Sativum*'un kök ve gövde uzunlukları ölçüldü. 72 saat sonra her bir petri tabağındaki 25 fideden en iyi gelişim gösteren 20 fidenden kök ve gövde uzunluğu ölçüldü. *L. Sativum*'un her bir seyrelme oranında bulunan kök-gövde uzama değerleri ve sadece seyrelme suyu kullanılarak yapılan kontrol deneyleri ile bulunan kök-gövde uzama değerleri kıyaslanmıştır. Ancak bu farkın istatistikî olarak anlamlı seviyede olup olmadığını kontrol için her bir petrideki kök-gövde uzunlıklarının ortalama, standart sapma değerleri hesaplanmış kontrol ve seyrelme oranlarındaki kök-gövde uzama değerleri ise varyans analiziyle incelenmiştir. Zehirlilik, kök uzunluğunundaki büyümeyi engellenmesi olarak ölçülmüştür.

## SONUÇLAR

*L. Sativum* kullanılarak yapılan toksisite testleri tuz atıksuyu için çıkış, kağıt atıksuyu için giriş çıkış olarak yapılmıştır. *L. Sativum*'un kök uzunluk değerleri Tablo 1'de verilmiştir. *L. Sativum* ile yapılan testler için seyrelme oranı ile kök büyümeye hızı arasında bir ilişki olduğu Tablo 1'de görülmektedir. İki setin sonuçları incelendiğinde kağıt giriş-çıkış ve tuz atıksuyu için sonuçların benzer olmadığı görülmektedir. Kontrollerle seyreltilmemiş atıksuda çimlendirilen tohumların kök büyümelerindeki azalma kıyaslanmıştır. Devare ve Bahadir 1994'de 4 farklı endüstriyel atık eluatının zehirliliğini belirlemek için *L. Sativum*, *L. Minor* (*LemnaMinor*) gibi test bitkilerini kullanmışlardır. Çalışmalarında kök büyümeye hızında azalma tespit etmişler, fakat EC<sub>50</sub> değerini belirleyememişlerdir. Aydin ve diğ., (2002) Konya'da 2 Hastane atıksuyunun zehirliliğini belirlemek için *L. Sativum* test bitkisini kullanarak fitotoksisite testi uygulamışlar yine kök büyümeye hızında azalma tespit etmişler, fakat EC<sub>50</sub> değerini belirleyememişlerdir. Tuz endüstrisinden alınan seyreltilmemiş atıksu örneğinde çimlenme olmadığı, kağıt endüstrisi girişinden ve çıkışından alınan seyreltilmemiş

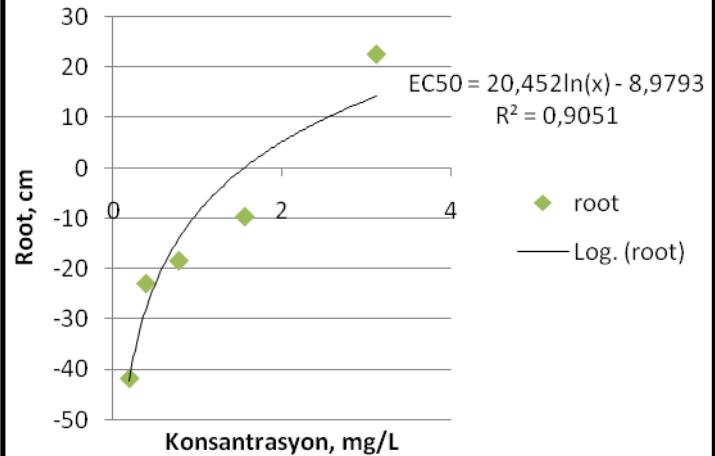
atıksu örneğinde çimlenme olduğu tespit edilmiştir. Kağıt ve Tuz atıksuları kök uzunluklarındaki büyümeye hızına göre kıyaslandığında kağıt atıksuyundaki kök uzunluklarının ortalamasının tuz atıksuyuna göre oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir.

**Hipokotyl-Konsantrasyon Grafiği**



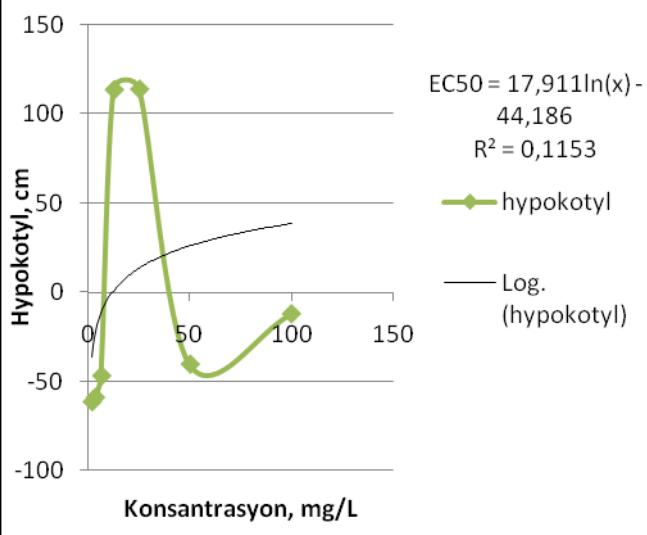
Şekil 1. Tuz Atıksuyu

**Root-Konsantrasyon grafiği**



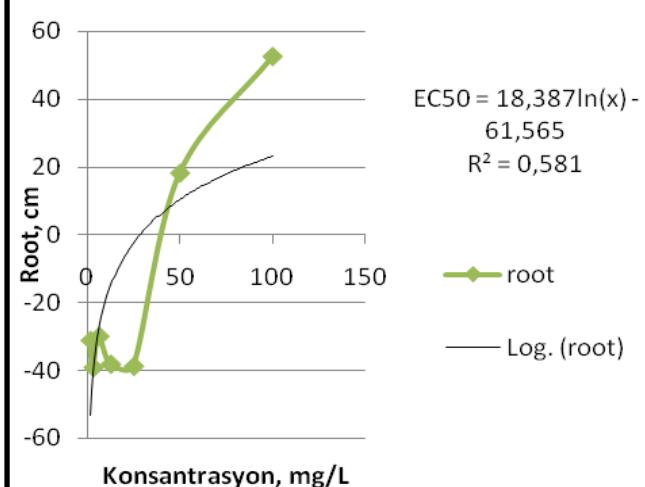
Şekil 2. Tuz Atıksuyu

**Hypokotyl - Konsantrasyon Grafiği**

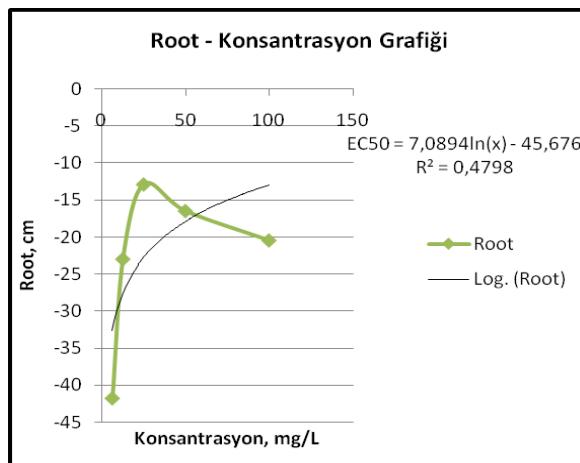


Şekil 3. Kağıt Atıksuyu Giriş

**Root-konsantrasyon grafiği**



Şekil 4. Kağıt Atıksuyu Giriş

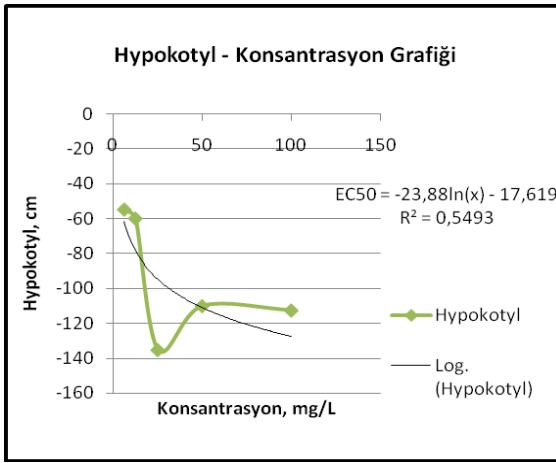


**Şekil 5. Kağıt Atıksuyu Çıkış  
 Toksik Birim Değerlendirmesi**

Tablo 1.1. Çalışılan Numunelerde Toksik Birim Sonuçları (Kök uzunlukları için)

Numune İsmi	*EC50	Toksik Birim	Değerlendirme
Tuz atıksuyu	17,81	5,61	Toksik
Kağıt atıksuyu giriş	432,68	0,23	Hafif Toksik
Kağıt atıksuyu çıkış	726244	0,00013	Hafif toksik

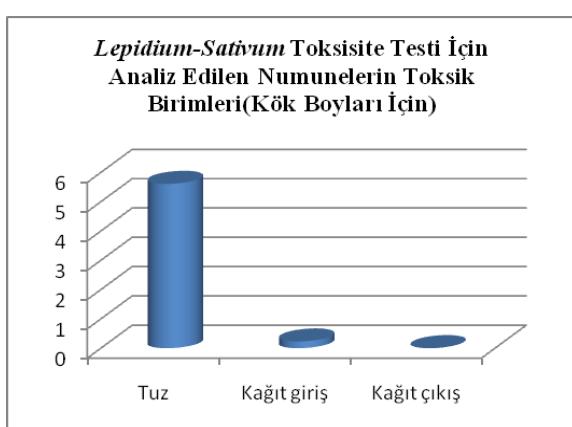
\*EC50 : Maruz kalındığında mevcut popülasyonun %50'sinden fazlasını davranış bozukluğuna ve büyümeye bozukluğuna uğratan konsantrasyondur.



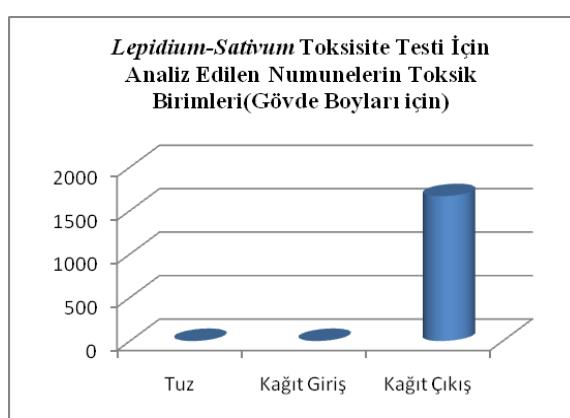
**Şekil 6. Kağıt Atıksuyu Çıkış**

Tablo 1.2. Çalışılan Numunelerde Toksik Birim Sonuçları (Gövde uzunlukları için)

Numune İsmi	*EC50	Toksik Birim	Değerlendirme
Tuz atıksuyu	210,94	0,47	Hafif Toksik
Kağıt atıksuyu giriş	192,2	0,52	Hafif Toksik
Kağıt atıksuyu çıkış	0,06	1666,67	Çok toksik



**Şekil 7. Numunelerin Toksik Birimleri(Kök)**



**Şekil 8. Numunelerin Toksik Birimleri(Gövde)**

## TARTIŞMA

*L.Sativum*'un kullanıldığı testte kağıt atıksuyunun çıkış atıksuyunda elde edilen çimlenmegirişegöre daha fazladır. Bu şekilde olmasının nedeni kağıt hamuru yapan tesislerde çözünmüş, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve askıda katı madde içeriği yüksek atıklar olmasıdır. Çıkış suyunun az toksik olması ise bitkiler içintoksositeye neden olan kirleticilerin çıkışa kadarseyrelendiği ve çeşitli kimyasal veya biyokimyasalreaksiyonlara uğrayarak parçalandığı görününü ortaya çıkarmaktadır. Tuz atıksuyu ile yapılan testlerde ise düşük seyreltmelerde çimlenme gözlenmemiştir. Bu çalışmada tuz atıksuyunun kağıt atıksuyuna oranla daha toksik olduğu görülmüştür. Atıksuların çevreye olan etkilerini değerlendirmede bitkilerin kullanıldığı toksisite testleri her ne kadar sınırlı olarak kullanılsa da zehirli etkinin erken fark edilmesinde kullanılabilceğini göstermiştir.

## KAYNAKLAR

- APHA, 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 800. Bioassay methods for aquatic organisms. 14 Th. ed., Amer. Wat. Works Ass., Wat. Pollut., Fed., Washington DC.
- Aydın, M.E., Kara, G., 2004. An investigation on the toxicity of sewage, Fresen. Environ., Bull., **13**, 1444 - 1448.
- Devare, M., and Bahadir, M., 1994. Biological monitoring of landfill leachates using plants and luminescent bacteria, Chemosphere, **28**, 261 - 271.
- EPA, 1991. U.S Environmental Protection Agency, U.S. Army Corps of Engineers, Short Term Methods for Estimating The Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Fresh Organisms, Washington.
- Huber, L., Baumung, H., Metzner, G., and Popp, W., 1979. Ecological Effects of Refinery Effluents in Fresh Water with Particular Reference to Substances on list 1 of The EEC Guidelines For Water Protection. In: The Environmental Impact of Refinery Effluents, CONCAWE Report no 5/79.
- Sponza D.T., "2002" Application of toxicity tests Into Discharge of the Pulp – Paper Industry of TURKEY Ecotoxicology and Environmental Safety
- Sponza D.T., "2002" Incorporation of Toxicity Tests Into the Turkish Industrial Discharge Monitoring Systems Environmental Contamination and toxicology

## KONYA'DA ELEKTRONİK EŞYA KULLANIMI, E-ATIK OLUŞUM MİKTARLARI VE E-ATIK GERİDÖNÜŞÜMÜ BİLİNCİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gülden ASLAN, Ebru ÇELİK, Süheyla TONGUR

Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

guldenaslan232323@gmail.com , ebru3342@outlook.com,suyildiz@selcuk.edu.tr

**ÖZET:** Gelişen teknoloji ve tüketici talebi elektronik eşyaların kontrollsüz tüketimini ortaya çıkarmaktadır. Buna paralel olarak her yıl binlerce ton e-atık ortaya çıkmaktadır. Bugün birçok elektronik atık, ağır metaller ve çeşitli organik kirleticiler içermektedir. Gelişen bir ülke konumunda olan Türkiye'de büyükşehir statüsünde olan Konya'nın artan e-atık miktarının kontrolü sağlanmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Atık yönetimi, elektronik atık, geri kazanım, Konya'da e-atık , önlem planı

## THE ELECTRONIC GOODS USAGE, E-WASTE FORMATION QUANTITY AND E-WASTE RECYCLING CONSCIOUSNESS EVALUATION IN KONYA

**Abstract:** Development of technology and consumer demand have exposed uncontrol consumption of electronic objects. In parallel, thousands of tons of electronic wastes have raised each year. Nowadays, many electronic wastes contain heavy metals and several types of organic pollutants. In Turkey, as a developing country, it must be checked out increasing electronic waste quantity of metropolition Konya.

**Keywords:** Wastemanagement, electronicwaste, reuse, e-waste in Konya, action plan

### 1.GİRİŞ

Elektronik atıkları; elektrik-elektronik teknoloji ürünlerinin kullanıcıları tarafından kullanım ömrünü tamamlayarak gözden çıkarılması ve çöp olarak nitelendirilmesidir. Elektronik atıklar dünya çapında en hızlı büyuyen kirlilik problemlerinden biridir.

Elektronik atıklar içeriklerinde büyük bir toksik çeşitlilik oluştururlar ve titizlikle bertaraf edilmedikleri takdirde çevreyi kirletebilirler, insan sağlığını tehdit edebilirler. Elektronik atıklar içinde binden fazla toksik madde içermektedir. [6] . Bugün birçok elektronik atık Baryum(Ba) ,Berilyum (Be), Kadmiyum (Cd) ,Kobalt (Co) , Krom(Cr), Bakır (Cu), Demir (Fe), Kursun(Pb), Lityum (Li), Lantan (La), Cıva (Hg), Manganez (Mn), kalıcı Molibden (Mo), Nikel (Ni), Gümüş (Ag), altı değerlikli Krom (Cr(VI)) ve çeşitli organik kirleticiler, bromlu alev geciktiriciler, polisilik hidrokarbonlar (PAH), poliklorlubifeniller (PCB), polibromludibenzo-p-dioksinler, dibenzo-p-dioksinler, dibenzofuranlar (PCDD/F) ve polivinil klorür(PVC) gibi toksik maddeler içermektedir. Örneğin; ağır metaller bakımından basılmış devre kartları (PCB) yaklaşık %30 metal ve %70 metal olmayan maddeler içerir. PCB' lerde bulunan metallerin %20 si bakır %8 i demir %4 teneke %2 nikel %2 kurşun %1 kurşun %0,2 gümüş %0,2 altın ve %0.005Paladyumdur. [Guo J., Rao Q., Xu Z., Mayıs 2008] E-atıklar Bakır, Gümüş, Altın, Paladyum ve benzeri değerli metalleri, cam, plastik ve diğer pek çok geri kazanılabilir bileşenleri içermektedir.

Bin adet cep telefonu devresinin geri kazanımı ile elde edilen değerli metal miktarları 250 mg Gümüş, 24 mg Altın 9 mg Paladyum ve 9 gr bakırdır. Bu metal miktarları sırası ile 250 ton Gümüş 24 ton altın 9 ton Paladyum ve 9000 ton Bakır cevherinin içерdiği değerli metal içeriğine eşdeğerdir.[5]

Türkiye'de e-atık elektrikli ve elektronik eşyaların yeniden kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanım yöntem ve hedeflerine ilişkin hukuki ve teknik esaslar 28300 sayılı ATIK ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK EŞYALARIN KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ ile belirlenmiştir.[AEEEKY, 2012 Mayıs] E-Atık tanımlaması yapılırken elektrikli ve elektronik eşya kategorileri şu şekilde tanımlanmıştır;

- Büyük ev eşyaları (Buzdolabı, çamaşır makinesi vb.)
- Küçük ev aletleri (Elektrik süpürgesi, tost makinesi vb.)
- Bilişim ve telekomünikasyon ekipmanları (Bilgisayarlar, telefonlar vb.)
- Tüketici ekipmanları (Video kameralar, müzik enstrümanları vb.)
- Aydınlatma ekipmanları (Flüoresan lambalar vb.)
- Elektrikli ve elektronik aletler (büyük ve sabit sanayi aletleri hariç olmak üzere) (Matkaplar, testereler vb.)
- Oyuncaklar, eğlence ve spor aletleri (Video oyunları, jetonlu makineler vb.)
- Tıbbî cihazlar (Diyaliz ekipmanları, analiz ekipmanları vb.)
- İzleme ve kontrol aletleri(Termostatlar, ısı ayarlayıcıları vb.)
- Otomatlar (Para, içecek otomatları vb.)

Teknolojik ürünlerin çıktıktan kısa bir süre sonra modasını bitirmesi artık doğal karşılanan bir durum olmuştur. Cep telefonu çılgınlığı buna en büyük örnek olarak gösterilebilir. Çeşitli markaların birbirine olan rekabeti ve en büyük etki olan müşteri talebi buna en büyük katkı sağlayan etkenlerdir.

Türkiye'de kişi başına düşen e-atık miktarı 6,5 kilogramdır. Türkiye, 503 bin ton e-atıkla dünya genelinde 17'nci sırada yer almaktadır. [Sabah Gazetesi, Nisan 2015] Türkiye'nin yüzölçümü bakımından en büyük ili ve en kalabalık yedinci şehri olan Konya'da Meram, Selçuklu, Karatay ilçelerini kapsayan Konya Büyükşehir Belediyesi'nin elektronik atıklar ile ilgili bir çalışmasının olmadığı gözlemlenmiştir. Yıldan yıla artan elektronik atık miktarlarının kontrolüne ilişkin çalışmalar ilgili belediye için hem çevreci bir imaj hem ekonomik bir kalkınma sağlayabilmektedir. Konya'da yaşayan işsiz halkın istihdamı da bu yolla sağlanabilir. Bu yüzden Konya Büyükşehir Belediyesi elektronik atıkların kontrolü kapsamında atık toplama, atık değerlendirme çalışmaları başlatmalıdır.

## 2.MATERYAL VE METOD

### 2.1.Konya'da Elektronik Atık Miktarının Hesaplanması

Konya'da elektronik atık miktarı hesaplanırken merkez (Meram, Selçuklu, Karatay ) ilçe nüfusları dikkate alınmıştır. İller bankası yöntemine göre nüfus projeksiyonu çıkarılmıştır.

**Tablo.2.1.1.** İller Bankası Yöntemine Göre Hesaplanan Nüfuslar

Yıllar	Nüfus ( kişi )
2016	1287997
2021	1493141
2026	1730960
2031	2006657
2036	2326265
2041	2696779
2046	3126306
2051	3624245

Türkiye'de kişi başına düşen e-atık miktarı 6,5 kilogram/yıl olduğu belirlenmiştir. (Birleşmiş Milletler Üniversitesi (UNU) 2014 Global e-Atık İzleme Raporu ) Bu bilgiden yola çıkılarak Konya'nın mevcut ve gelecek 35 yılı için atık miktarları belirlenmiştir.

**Tablo.2.1.2.** Nüfusa Bağlı Olarak 35 Yıl İçinde Oluşması Muhtemel E-Atık Miktarları

Yıllar	Oluşan toplam e-atık miktarı (ton/yıl)
2016	8371,9
2021	9705,4
2026	11251,3
2031	13043,3
2036	15120,7
2041	17529,0
2046	20320,9
2051	23557,5

## **2.2.Konya'da Elektronik Eşya Kullanımı, E-Atık Oluşum Miktarları ve E-Atık Geri Dönüşüm Bilincinin Değerlendirilmesine İlişkin Anket Çalışması**

Bu bitirme tezi kapsamında Konya ili Selçuklu, Meram, Karatay ilçelerinde yaşayan farklı yaş gruplarından insanlara elektronik eşya kullanımına bağlı e-atık oluşum miktarları ve e-atık geri dönüşüm bilincinin değerlendirilmesine ilişkin anket çalışması yapılmıştır.

Anket kapsamında cevaplanan sorular aracılığıyla halkın genel bilinç durumu ortaya konmuş, elektronik atıkların oluşması toplanması ve değerlendirilmesine ilişkin alternatif fikir ve önerileri alınmıştır.

### **3.ARAŞTIRMA BULGULARI**

2051 yılına kadar her beş yılda bir oluşması muhtemel e-atık miktarlarının hesaplanması ile yıldan yıla katlanarak artan elektronik atık miktarları gözler önüne serilmiştir. 2051 yılında oluşması muhtemel elektronik atık miktarı bulduğumuz yılın yaklaşık 3 katı kadardır. Her yıl bir önceki yıla oranla binlerce ton artan e-atık miktarı kritik bir durum ortaya çıkarmaktadır. Ülke nüfusu kontrol edilmesi zor bir parametre olduğundan kişi başına düşen atık miktarının düşürülmesi yapılması gereken en önemli önlem planıdır ve ilk olarak bu hedeflenmelidir. İkinci bir önlem planı ise Konya Büyükşehir Belediyesi vasıtasyyla kontrollü bir şekilde toplanıp depolanan atıkların uygun şekilde geri dönüşümünün sağlanmasıdır. Bu önlem planına örnek teşkil edecek pilot uygulama İstanbul Kadıköy Belediyesi bünyesinde mevcuttur. [Bkz: Kadıköy Bel. Atık Yönetimi Çevre Portalı]

Yapılabilecek en son önlem planı ise; çevre, çalışan ve halk sağlığı gözetilerek uygun bir bertaraf işlemi (yakma, gömme... vs.) ile e-atık uzaklaştırılmasıdır.

Anket çalışması sonucu anketi cevaplayan bütün kişiler içinde %54.7'lik bir dilim, evlerinde yaklaşık 10-20 adet elektronik eşya kullandığını belirtmiştir. %66.3'lük bir dilim evlerinde kullandıkları küçük ev aletlerini 5 yılda bir değiştirdiklerini belirtmiştir. %46.7'lik bir dilim evlerinde kullandıkları büyük ev aletlerini 10 yılda bir değiştirdiklerini belirtmiştir. %50'lük bir dilim evlerinde kullandıkları bilişim ve telekomünasyon eşyalarını 2-5 yılda bir değiştirdiklerini belirtmiştir. %8.7'lik bir dilim oluşan elektronik atıklarını elektronik atık toplayan firmalara ve toplama noktalarına ulaştırmaktadır. Bu veri çok az insanın elektronik atıkları olması gibi uzaklaştırdığının göstergesidir. %17.4'lük bir dilim elektronik atıklarının geri dönüşümü sağlandığında atık içinde bulunan geri dönüşümü sağlanabilen maddelerin, hammadde olarak çıkarılmasından daha kolay ve karlı olduğunu bilmemektedir. %97.8'lik bir dilim Konya Büyükşehir Belediye'sinin, e-atıkları toplama noktalarında toplayıp geri dönüşümünün sağlamaşını istemektedir. Bu noktada halkın istekleri doğrultusunda belediye elektronik atıkları uygun teknolojik yöntemlerle toplayıp bertaraf etmelidir. Bu anket çalışması, halkın bu çalışmaları destekleyeceğini kanıtlı olabilir. %93.5'lük bir dilim Konya halkında e-atık bilinci olmadığını kanaatindedir. Bu son iki veri halkın elektronik atıklar hakkında bilinçli olmadığını fakat belediyenin toplama ve bertaraf çalışmaları yapmasının halkın tarafından destek göreceğinin kanıtıdır.

Son olarak anket çalışmasında halka elektronik atıkların oluşması, toplanması ve değerlendirilmesine ilişkin alternatif fikir ve önerileri sorulmuştur. Genel olarak halk bu konuda bilinçlendirme çalışmaları yapılmasını istemektedir. Bu kapsamda kamu spotlarının oluşturulması, televizyonlarda bilinçlendirme çalışmalarının yapılması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca toplama noktalarının oluşturulmasını, bu noktaların halkın ulaşabileceği yerlerde bulunması gerektiğini belirtilmiştir. Bazı kişiler belediyenin elektronik atıkları evlerden toplaması gerektiğini fikrini öne sürmüştür. Elektronik firmalarının eskiyi getir yeniyi götür kampanyalarına teşvik sağlanılarak elektronik atıkların azaltılmasına alternatif olacağı düşüncesi de belirtilmiştir.

#### **4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

E-atık oluşumundan toplanmasına kadar süreç içinde tüketiciye düşen sorumluluklar vardır. Tüketiciler olarak geri dönüşüme yapabilecek ilk katkı eski elektronik eşyaları çöpe atmak yerine e-atık konteynırlarına veya firmalarına ulaşturmaktır. Bu aşamadan sonra tüketici sorumluluğunu belediye ve bu kapsamında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş firmalara devretmektedir. Bu firmalar ve belediyeler atığa uygun toplama ve geri dönüşüm sağlamalıdır. Mevcut maliyete göre geri dönüşüm sistem seçimi yapılarak e-atıklar değerlendirilebilir. E-atıkların ekonomiye geri kazandırılmasıyla doğal kaynaklar korunur, enerji tasarrufu sağlanır, atık miktarı azalır, geri dönüşümle geleceğe yatırım yapılır.

#### **KAYNAKLAR**

- Guo J., Rao Q., Xu Z., "Application of glass-nonmetals of waste printed circuit boards to produce phenolic moulding compound ", J Hazard Mater. 2008 May
- Kadıköy belediyesi , "Atık Yönetimi Çevre Portalı", <http://www.atikyonetimi.kadikoy.bel.tr/AltSayfa.aspx?ID=3>
- Kerckhoven T, Hagelüken C, Metals recovery from electronic scrap a holistic approach, ppt. Varire Valorisation and Recycling of Industrial waste laguila, Italy, Haziran 2007
- Resmi gazete, Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği (AEEEKY) , 2012 Mayıs
- Sabah Gazetesi, Türkiye "e-atık" Cenneti, Nisan 2015 , <http://www.sabah.com.tr/teknoloji/2015/04/21/turkiye-eatik-cenneti>

## **EVSEL SU KULLANIMI SU TASARRUFU UYGULAMALARI ve SORUNLARI**

Ayten Güneş TARTILMIŞ, Didar İŞIKÇEVİREN, Süheyla TONGUR

*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencileri*

*tartilmisgunes@hotmail.com didarcim@gmail.com, suyildiz@selcuk.edu.tr*

**ÖZET:** Bu araştırmanın amacı, yetişkinlerin su kullanımına yönelik tutum ile davranışını, su tasarruf modellerinin geliştirilip yaygınlaştırılması ve sınırlı olan su kaynaklarından maksimum oranda faydalınmasını sağlamaktır. Su tasarrufu modeli geliştirme olarak; kullanılmış suların arıtalarak yeniden kullanımı, gri su arıtımı ve yaygınlaştırılması, yağmur sularının toplanarak değerlendirilmesi, su tüketim oranlarının düşürülmesi bilinçlendirme çalışmaları ve su kullanım alışkanlıklarının değiştirilmesi konusunda çalışmalar geliştirilmelidir. Yapılan bu çalışmalar kapsamında bilinçsiz su tüketimi konusu ele alınarak; su tüketim oranlarının düşürülmesi, bilinçlendirme çalışmaları ve su kullanım alışkanlıklarının değiştirilmesi konusu uygulamaya geçirilmiştir. Bu amaçla Evsel Su Kullanımı ve Su Tasarrufu Uygulamaları ve Sorunları Anketi hazırlanmıştır. Toplamda 28 sorudan oluşan anket 120 kişiye uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Evsel su kullanımı, su tasarrufu, bilinçlendirme çalışmaları*

## **DOMESTIC WATER USE, WATER SAVING APPLICATIONS AND PROBLEMS**

**Abstract:** Purpose of this research, the behavior and attitudes towards the use of waterflora dults, develope and popularize water-savingmodels and providing benefit from limited water sources in maximum rate. For developed water-saving models, there is room for improvement for; treatment of used water for reuse, popularize of grey water treatment, gathering the rainwaters and evaluation of it, raise awareness for decreasing of water consumption. As part of conducted researches, for unconscious consumption of water, some applications such as decrease to the water consumption and awareness-raising put into practice. For this purpose, created Domestic Water Use and Water Saving Applications and Issues Questionnaire. Questionnaire is consisting of 28 questions. This questionnaire was applied to 120 people.

**Keywords:** *Domesticwateruse, watersaving, awareness-raising*

## **METİN**

### **1.GİRİŞ:**

Su canlı yaşamının vazgeçilmez bir ihtiyacıdır. Dünyadaki içilebilir su kaynakları; düzensiz kentleşme, aşırı nüfus artışı, sera gazlarındaki artış, aşırı sanayileşme ve en önemli bilinçsiz su tüketimi gibi nedenlerle giderek azalmaktadır. Su, sürekli bir döngü içinde yenilenebilir bir kaynak olmasına rağmen nüfus artışı, çevre kirliliği, bilinçsiz su tüketimi, iklim şartlarındaki değişim gibi sebeplerden ötürü çevrimini tamamlamadan tüketilmektedir. Suyun azalması ile birlikte su tüketimine daha fazla önem verilmesi gerekmektedir. Buna rağmen insanlardaki su tüketimi bilinci yeterli değildir. 21. yüzyılda suyun dünya tarihinde bilinen stratejik önemi suyun tükenmesi ile birlikte artmaktadır. Dünya nüfusunun ve sanayileşmenin hızla arttığı günümüzde sınırlı olan doğal kaynaklar giderek azalmaktadır. Ekolojik dengenin korunması ve insan gelişiminin sağlanması için, su kaynaklarının bilinçli ve düzenli bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

## **1.1 SU TÜKETİMİ**

Su tüketim miktarı tarımsal, endüstriyel ve evsel olarak 3 farklı grupta incelenmektedir. Türkiye'de 2015 yılı verilerine göre tarımda sulama suyu %74, binalarda içme ve kullanma suyu %15 ve endüstride %11 oranında su tüketilmiştir. Evsel su tüketiminin farklı bölgelerde değişkenlik göstermektedir. Su tüketimini etkileyen faktörler 4 ana bölümde ele alınılır. Bunlar; Çevresel faktörler, su ile ilgili faktörler, toplumsal faktörler ve teknolojik faktörlerdir.

### **1.1.1 SU TASARRUFU**

Su tasarruf önlemi almanın bazı uygulamaları vardır. Bireysel su tasarrufu uygulaması ve binalarda su tasarrufu uygulaması kullanılabilirmektedir. Tasarruf önlemleri içinde etkili olan yöntem hiç şüphesiz ki bireysel tasarruf önlemleridir.

#### **1.1.1.1 BİREYSEL SU TASARRUFU**

Birey olarak sorumluluklarını bilerek yapacağımız katkılar arasında en önemli etmen suyu tasarruflu bir şekilde kullanmaktadır. Konutlarda su tüketiminin en çok gerçekleştirildiği banyo ve tuvalet başta olmak üzere alınması gereken basit önlemlerle gereksiz su kullanımı büyük oranda önlenmektedir. Kullanabileceğiniz basit tasarruflar şu şekildedir; banyo ve tuvaletlerde su ellerimizi yıkarken, dışımızı fırçalarken ve tıraş olurken musluk kapatılmalıdır. Tıraş bıçağını durulamak için, tipası kapatılmamış bir lavaboda akarsuyun altına tutmak yerine, bir kaba biraz su koyarak tıraş olunabilir. Eğer bir kişi günde bir kez ortalama üç dakika boyunca suyu kapatmadan tıraş olursa, yılda 10 ton su harcar. Başlamadan önce diş fırçamızı ıslatıp ağızımızı çalkalamak için bir bardak su kullanabiliriz. Bir kişinin günde iki kez bir dakika boyunca suyu kapatmadan diş fırçalaması yılda 8 ton gereksiz su tüketimine neden olmaktadır. Oysaki Dişlerimizi fırçalarken kullanacağımız bir bardak su ihtiyacımızı görebilir.

Banyoda sabunlanırken su kapatılmalı, kısa sürede yıkanmaya ve duş almaya özen gösterilmelidir. Tuvaleti çöp olarak kullanıp gereksiz yere sifon çekilmemelidir. Çamaşır makinesi tam dolu değilken çalıştırılmamalıdır. Eksik halde yıkama yaparken de aynı miktar enerji, deterjan ve su tüketilmektedir. Tabakları bulaşık makinesine koymadan önce su ile çalkalatılmamalıdır, çöpe sıyrılmalıdır. Bulaşık Makinesi yarı dolu veya aşırı dolu halde kesinlikle çalıştırılmamalıdır. Ama mutlaka dolu halde iken çalıştırılmalıdır. Yarı dolu halde kullanılırsa da aynı enerji, deterjan ve su tüketilir. Bulaşıklar elde yıkanıyorsa, evyede veya bulaşık kabında yıkanılmalıdır, sürekli akan musluk altında yıkanılmamalıdır. Sürekli açık kalan bir musluk dakikada 10-15 litre su tüketir. Sebze ve meyveleri önce yarısına kadar su dolu kaba koyup temizleyerek sonrasında akar musluk suyunda yıkanılmalıdır. Suyu, içilecek kadar soğuması için bolca akıtma gereklidir. Bu soğutma işlemi buzdolabında bir kap soğuk su saklanılmalıdır. Bahçedeki çimler sabah erken saatlerde veya güneş battıktan sonra 2 veya 3 günde bir sulanmalıdır. Haftada birkaç kez yapılan sulama, her gün yapıldan daha iyidir ve mantar oluşmasını önler. Ağaçların, çalıların ve güllerin çevresindeki topraktan suyun buharlaşmasını azaltmak için yoncalar kullanılmalıdır. Sulama yaparken damlama yöntemi kullanımı, mutfakta su kullanımını ve bahçede su kullanımını daha tasarruflu olmalıdır. Bu

sulama yöntemi her türlü bahçeye uygulanabilir ve yeterli miktarda sulama sağlar. Yağmur suyu biriktirilerek bahçe sulamasında kullanılabilir.

### **1.1.1.2. BİNALARDA SU TASARRUFU**

Evsel olarak su tasarrufu yapmanın yanı sıra binalarda sular tekrar kullanılarak da su tasarrufu yapılmaktadır. Binalarda su tasarrufu; gri suların yeniden kullanılması, yağmur suyunun toplanılarak kullanılması ve yeşil bina kullanımı olarak nitelendirilir.

Evlerde gri suların kaynakları şu şekildedir; banyo ve tuvaletlerden, çamaşır makinesinden ve mutfakta kullanılan sularдан oluşmaktadır. Toplanan gri suların %55'i banyo ve tuvaletlerden, %35'i çamaşır makinelerinden ve %10'u mutfakta kullanılan sularдан kaynaklanmaktadır. Gri suların içerisinde tuz, besin parçaları, evsel deterjan, sabun ya da kimyasalları, bakteri ve hastalık yapıcı mikroplar bulunmaktadır. Arıtılmadan bahçe sulamasında kullanılmaktadır. Gri su olarak adlandırılan fosseptik atığı içermeyen evsel atık sular, sarı su ve kahverengi su olarak adlandırılan kanalizasyon sularından farklı bir tesisat yolu ile ayrılp arıtılmalıdır. Sonrasında yeniden kullanılması sağlanmalıdır. Gri suyun arıtıldıktan sonra kullanıldığı alanlar; Bahçe sulaması, tuvaletlerin rezervuarları, çamaşır makineleri, şeklinde sıralanabilir. Gri su uygulaması ile %50 su tasarruf sağlanabilir.

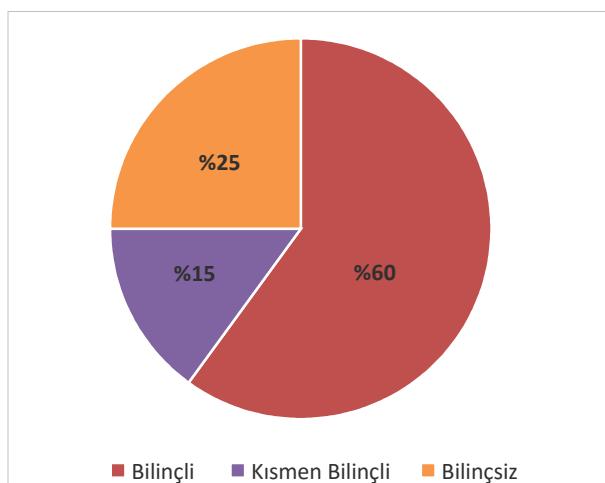
Su sıkıntısının hissedildiği bölgelerde yaygın olarak görülen sarnıç sistemleri ile yağmur suyu toplanılarak kullanılmaktadır. Sarnıç uygulamaları yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarının kısıtlı olduğu, buna karşın yeterli yağışın bulunduğu yerler ve merkezi su temini altyapısı bulunmayan yerleşimler için çözüm olarak sunulmaktadır. Yağmur suyunun toplanması dört adımdan oluşur; yağmur suyunun binaların çatılarından veya zeminden toplanması, oluk sistemi ile iletiminin sağlanması, yağmur suyu deposunda biriktirilmesi, arıtlarak bina içine iletilemesidir. Çatılardan toplanan su, genellikle kullanım suyu olarak kullanılmakla birlikte, arıtlarak içme suyu seviyesine de getirilebilmektedir. Yağmur suyunun %90 oranında kullanılması ile %50 su tasarrufu sağlanabilmektedir.

Yeşil binalar; arazi seçiminden başlayarak tüm süreçlerin yaşam döngüsü çerçevesinde değerlendirildiği ve çevresel sorumluluk anlayışıyla tasarlanan yapılardır. Bu yapılarda kullanılan materyallerin hepsi geri dönüşüm ve yeniden kullanım olarak tasarruflu bir şekilde değerlendirilmektedir. Ayrıca bu yapılar ihtiyaçtan fazla tüketmeyen, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan, doğal ve atık üretmeyen malzemelerin kullanıldığı, ekosistemlere duyarlı yapılardır. Yeşil binalar sahip oldukları özellikler sayesinde; Binaların doğru yerlerde yapılması sayesinde yanlış kentleşmenin engellenmesine, havanın daha az kirletilmesine katkıda bulunurlar. Daha az enerji tüketilmesini mümkün kılarlar. Daha az su tüketilmesini ve atık suları değerlendirilmesini sağlarlar. Doğaya daha az zarar verirler. Sağladıkları tasarruflar ile ekonomiye ciddi katkı sağlarlar.

## **2.MATERYAL YÖNTEM**

### **2.1.KONUTLARDA ANKET ÇALIŞMASI UYGULANMASI**

Konutlarda evsel kullanımlı su tasarrufu sağlamak amacıyla anket çalışmaları uygulanmıştır. Bir pilot bölge belirlenmiştir. Anket çalışması bu bölgeye uygulanmıştır. Pilot bölge Konya Yaka Meram İlçesi’nde Serra Siteleri olarak belirlenmiştir. Sitede 9 blok bulunmaktadır. Toplamda 150 adet anket uygulanmıştır. Bireylerin su kullanımı hakkında bilinçli olmaları önemlidir. Bu bilincin sağlanması için toplumun bilgilendirilmesi ve desteği dikkate alınarak bireylerin su tasarrufu ile ilgili bilgi tutum davranışları ve farkındalıkların artırılması yani su bilincinin kazandırılması gerekmektedir. Bu sayede birey su tasarrufu ile ilgili çözüm üretmeye başlayacaktır. Bireylerin ne kadar bilinçli oldukları anket uygulaması ile ölçülmüştür. Uygulanan anket çalışması sonuçları istatistiksel olarak ayrı ayrı grafik haline getirilmiştir. Sonrasında tek bir grafik altında toplanmıştır. Sitedeki su tasarrufu bilinci aşağıdaki grafikte gösterilmektedir.



Grafik1: Bireylerde su tasarrufu bilinci grafiği

## **3.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**

### **3.1.KONUTLARDA UYGULANAN ANKET ÇALIŞMASI**

Uygulanan anket sonuçlarına göre cinsiyet, yaş, eğitim seviyesi ve gelir düzeyi ne olursa olsun görüşülen bütün insanlar su tasarrufu hakkında bilgi almak istemektedir. Anketler ile bireylerin ev içi su tasarrufu hakkında davranışları incelenmiştir. Araştırmada 150 kişiye anket uygulanmıştır. Anket çalışması ile evsel olarak suyun tasarruflu olarak kullanılması konusunda bilinçlenmeleri amaçlanmıştır. Bireylerin su kullanımı ile ilgili tutumları ve davranışları hem çevresel hem de fiziksel bazı koşullardan dolayı farklılık göstermektedir. Bu koşullar; bireyin ekonomik derecesi, eğitim düzeyi, ailedeki fert sayısı, ailenin sahip olduğu evin büyütüğü olarak belirtilmiştir. Anket çalışmasında insanlardaki bilinci ölçmek amacıyla soyut ve somut sorular yönlendirilmiştir. Soruların içeriği ve amacı insanlardaki su kullanımındaki bilinci ölçmeye yöneliktir. İnsanlardaki bilinç ölçülüden sonra belirlenen

pilot bölgeye yeni bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada su tasarrufu hakkında bilinci artırmak için bir broşür hazırlanmıştır. Belirlenen pilot bölgeye broşürler dağıtılmıştır.

### **3.2. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Anket sonuçlarına göre yüksek eğitimli ve gelir düzeyi daha yüksek kişilerin su tasarrufu konusunda daha bilinçli oldukları gözlemlenmiştir. Ayrıca bilinçlendirme konusunda en çok faydalı olan çalışma televizyonun suları tasarruflu kullanma konusunda en etkili iletişim aracı olduğu ortaya konmaktadır. Bu nedenle insanlar bilinçlendirilirken televizyon ve internet aracılığıyla kamu spotları artırılmalıdır. Ayrıca reklamlar çoğaltılarak bilinçlendirme artırılmalıdır. Yapılan araştırmadan elde edilen sonuçlara göre banyo yapma, bulaşık yıkama ve bahçe sulama en çok su israfına neden olan etkinlikler arasında bulunmaktadır. Çokunda beklenen zamanın aşıldığı ve daha fazla su harcandığı belirlenmiştir. Su tasarrufu konusunda bayanların erkeklerle göre daha tasarruflu oldukları, yetişkinlerin gençlere göre daha fazla tasarruflu oldukları gözlemlenmiştir. Ayrıca suyun sınırsız olduğunu düşünen bireylerin daha fazla su israf ettiği, buna karşın bilinçli bireylerin suyu daha fazla koruduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak su tasarrufu ile ilgili bilincin bazı bireylerde mevcut olduğu gözlemlenmiştir. Su kaynaklarındaki azalmayı dikkate alarak su tasarrufu yapan bireylerin bulunduğu gözlemlenmiştir. Coğunlukla bireyler kendilerine ekonomik açıdan destek oluşturmak için su tasarrufu yaptıkları gözlemlenmiştir. Anketlerimizde bulunan yorum sorularından yola çıkarsak; bireylerin gelecek neslin susuz kalma ihtimalinden korktukları, su kıtlığı yaşanmasının en önemli etkisinin insanların suyu tasarruflu kullanmamalarından kaynaklandığı, bireylerin konutlarında su israfının en çok banyoda olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle bireylerin yapılan broşür çalışmasına ilgilerinin fazla olduğu gözlenmiştir.

### **KAYNAKLAR**

Bilgici, Z. Yeşil Binalar TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi Mayıs 2014 ([http://vizyon21yy.com/documan/Genel\\_Konular/Doga\\_Cevre/Yesil\\_Binalar.pdf](http://vizyon21yy.com/documan/Genel_Konular/Doga_Cevre/Yesil_Binalar.pdf))

Bölge ve Kent Planlama ile Su Tüketim İlişkisi: Dünya ve Ankara Örnekleri, TMMOB Şehir Plancıları Odası Su Komisyonu ([http://www.spo.org.tr/resimler/ekler/a2fd310dcaa8781\\_ek.pdf](http://www.spo.org.tr/resimler/ekler/a2fd310dcaa8781_ek.pdf)) 2007/3-4

Türkiye İstatistik Kurumu, ([www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr))

TÜBİTAK MAM Kimya ve Çevre Enstitüsü ([www.Zer0-m.org](http://www.Zer0-m.org))

Şahin., N.İ., Binalarda Su Korunumu *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 8 Haziran 2010*

Yıldırım İ. E., İstanbul'da Su Tüketimi Araştırması, Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F 2009-İstanbul ([http://katalog.ibb.gov.tr/kutuphane2/YordamVt/projem\\_istanbul/pi\\_00082.pdf](http://katalog.ibb.gov.tr/kutuphane2/YordamVt/projem_istanbul/pi_00082.pdf))

## AĞRI KESİCİLERİN AKUT TOKSİSİTESİNİN BELİRLENMESİ

Emre YILDIZ, Muhammed Murat ŞEN, Selçuk GÜR, Sevil YILDIZ ve Süheyla TONGUR

Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

suyildiz@ selcuk.edu.tr

**ÖZET:** Çalışma kapsamında sıkılıkla kullanılan ağrı kesicilerden Apranax PLUS ve Majezik için toksisite testleri gerçekleştirılmıştır. Akut toksisitenin belirlenmesinde *lepidium sativum* fitotoksitesi testi kullanılmıştır. Bunun için oluşturduğumuz sentetik atıksular ile farklı dozlar denenerek kök ve gövde uzunlukları gözlenmiş ve bitkinin gelişim süreci incelenerek bitkinin dirençlilik gösterdiği doz aralıkları ve akut toksisite (EC<sub>50</sub>) değeri bulunmuştur. Sonuç olarak belirlenen dozlarda ortamda bulunması durumunda mevcut ağrı kesicilerin akut toksik etkiye sebep olabileceği tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ağrı kesici, *lepidium sativum*, toksisite, EC<sub>50</sub>

## ACUTE TOXICITY DETERMINATION OF ANALGESIC

**Abstract:** Apranax Plus and toxicity tests for majezik working within the commonly used pain killers were carried out. determining acute toxicity *Lepidium sativum* phytotoxicity test. We've created for it was observed by testing different doses of root and stem lengths with synthetic wastewater and dosing intervals showed resilience plant by examining the plant's development process and acute toxicity ( EC<sub>50</sub> ) values were found.

**Keywords:** Painkiller, *lepidium sativum*, EC<sub>50</sub>, toxicity

### 1.GİRİŞ

Bilinçsiz ve fazla ağrı kesici kullanımını vücudun ağrı kesiciye karşı dirençlenmesine neden olabilir. Vücut ağrı kesiciye karşı direnç kazanırsa artık o ağrı kesicinin vücuda karşı etkisi kalmaz. Bu nedenle her hastalığa ve vücuda uygun olan ağrı kesici kullanılmalıdır. Hastalığa sebep olan etkenin bulunması ve bu etkiye etkili olacak ağrı kesiciyi bulmak için bir laboratuvar testi yapılır. Bu test etkin olan hastalığa(baş, sırt vb.) karşı kullanılmalıdır. Grip, nezle gibi virüslerin neden olduğu hastalıklara karşı etkili değildir. Ateş düşürücü veya ağrı kesici etkileri vardır. Ağrı kesiciler doktor tavsiyesiyle ve reçetesine uygun olarak kullanılmalıdır. Bilmeden kullanılan ağrı kesiciler hastalığı iyileştirmezler ve hatta vücuda zarar da verebilirler.

Ağrı kesiciler Türkiye'de ve dünyada kullanım oranı çok fazla olan ve gün geçtikçe de artan ilaçlardandır. Reçete Bilgi Sistemi (RBS) 2011 verilerine göre 2011 yılında birinci basamaktaki aile hekimlerinin düzenlemiş oldukları 129.953.746 reçetenin; %34 ü (44.184.274) ağrı kesici içermektedir.

Toplam 439.539.673 kutu ilaçın %12,71 'i (55.865.492 kutu ) ağrı kesicilerden oluşmaktadır. Ağrı kesiciler, insan ve hayvanlar tarafından yoğun olarak kullanılan ilaçlardır. Su ürünleri yetiştirciliği ve çiftliklerde hayvan büyümесini destekleyici olarak ve ağrıları engelleyici ve/veya tedavi edici olarak da kullanılmaktadır. İnsan ve hayvanlar tarafından tüketilen ağrıkesicilerin büyük bir kısmı, dışkı ve idrar yolu ile hiç bir değişime uğramaksızın evsel kanalizasyona verilir ve sucul ortam içerisinde atıksu arıtma tesisi çıkış sularıyla veya doğrudan deşarj edilir. Klasik atıksu arıtma tesisleri, biyolojik olarak bozunamayan ağrıkesici türlerini yeterli bir şekilde gidermek için uygun değildir. Arıtılmış çıkış sularındaki ağrı

kesicilerin düşük konsantrasyonlarda bulunması, çeşitli sucul türlere toksik etkilere neden olduğu gibi doğal bakteri popülasyonları arasında direnç artışına yol açabilir. Ağrı kesiciler, farklı hayvan türlerinde değişik hastalıkların kontrolü amacıyla kullanılmaktadır. Ağrı kesicilerin hayvanlarda bilinçsizce kullanılması ve atık kontrolünün iyi yapılmaması durumunda da ağrı kesicilere karşı dirençli bakterilerin gelişliğini ve dolaylı olarak insanların etkilendiği ortaya konulmuştur.

## **2.MATERYAL ve YÖNTEM**

### **2.1.Materyal**

2 farklı ağrı kesici(apranax,majezik) tarafından 1000 , 500 , 250 , 125 mg/L lik dozarda hazırlanan sentetik atık su örneğinin akut toksitite seviyeleri lepidium testi yapılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Testte bitkinin 72 saatlik zaman periyodunda %50'sinin etkilendiği konsantrasyon seviyesi (EC<sub>50</sub>) belirlenmiştir. Bu çimlenme inhibasyonlarına göre (çimlenme yüzde değerlerine göre) hesaplanmıştır.

### **2.2.Yöntem**

1000 ml lik safsu içerisinde hassas tartıda 2 g tartılan ağrı kesici koyularak homojen olana kadar ilaç çözülmeye çalışılır ve test mikroorganizmaları için standart uluslararası prosedürlerde toksik olmadığı belirtilmektedir (ISO 11348/1-2-3. 2007).

Bu çözelti %100 lük konsantrasyon kabul edilir ve seyreltmeler hazırladığımız %100 lük standarttan hazırlanır.

Toksik Birim Değerlendirilmesi:

TB = Yukarıdaki denklemden EC<sub>50</sub> değerlerine karşılık gelen TB(toksik birim) değerleri bulunmuş ve tabloya işlenmiştir. Bu sonuçlar aşağıdaki sınıflandırma göz önüne alınarak değerlendirilmiştir.

TB = 0 Toksik değil

0 < TB < 1 Hafif Toksik

1 < TB < 10 Toksik

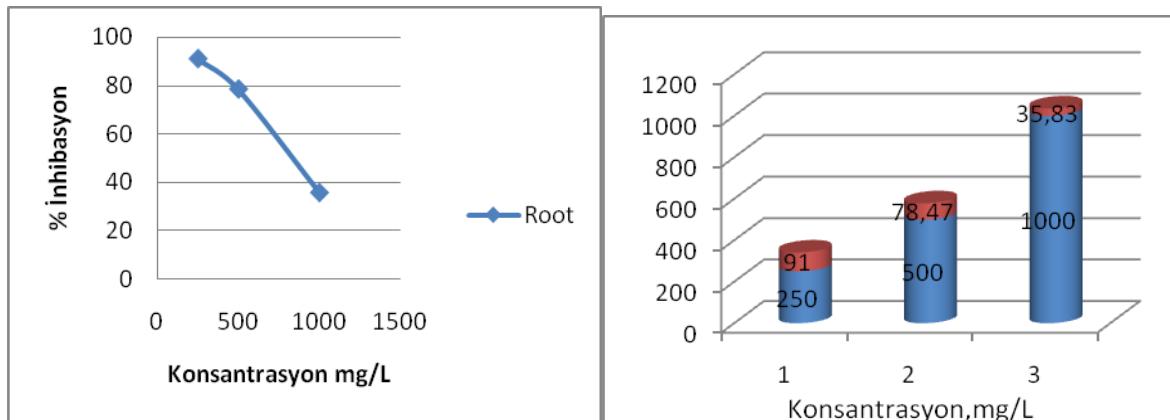
11 < TB < 100 Çok Toksik

**Tablo 1:** EC50'ye(Effective concentration: Canlıların % 50'sini öldüren konsantrasyon) karşılık gelen Toksik Birim (TB) değerlendirmesi.

Numune tipi ve ismi	EC <sub>50</sub>	Toksik Birim	Değerlendirme
Apranax (root)	779,21	0,128	Hafif Toksik
Apranax(hypokotyl)	485,71	0,205	Hafif Toksik
Majezik(root)	170,9	0,585	Hafif Toksik
Majezik(hypokotyl)	160,44	0,623	Hafif Toksik

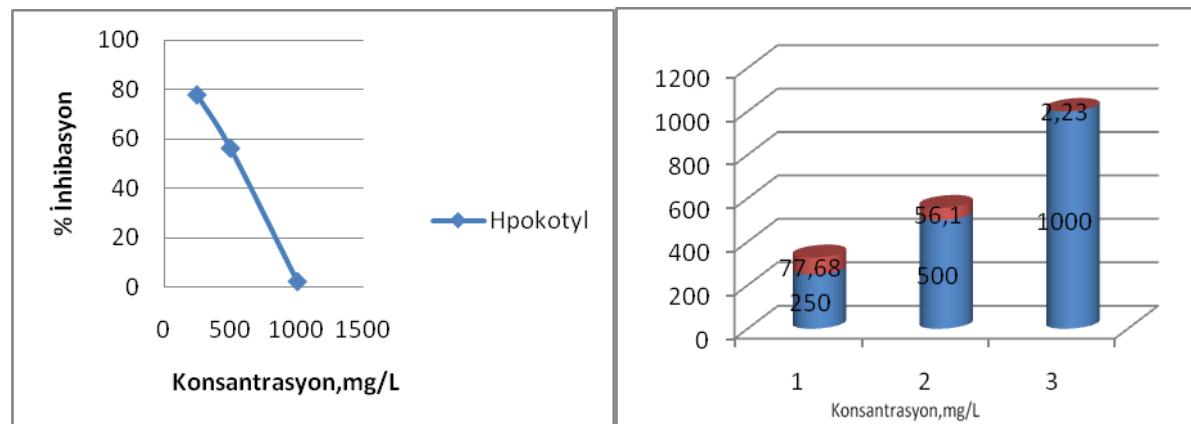
### 3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

**Apranax için;** Yapılan deneyler sonucu bulunan Root(kök)-Konsantrasyon grafiği , Hypokotyl(gövde)-Konsantrasyon grafiği sonuçları.



Şekil 1.Apranax Kök-Konsantrasyon Grafiği

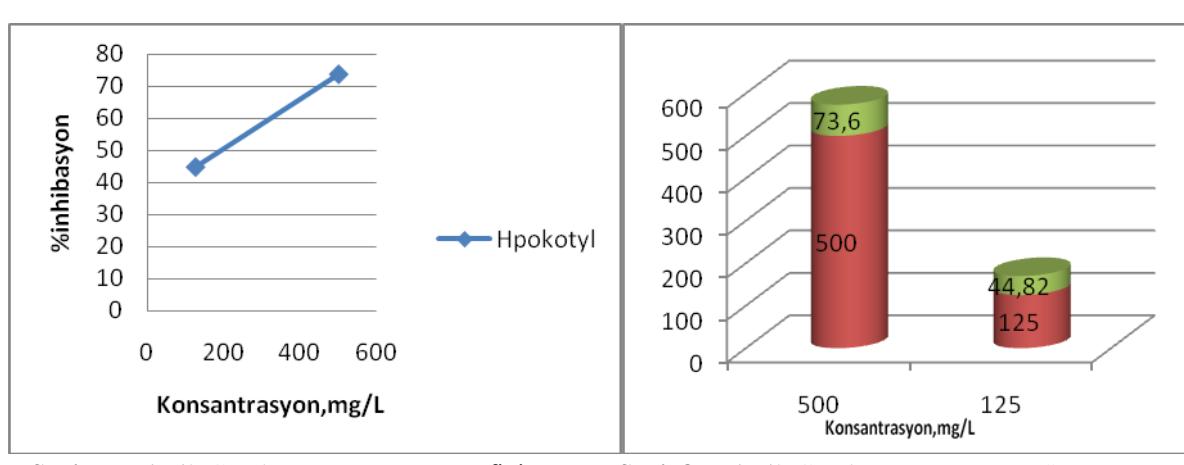
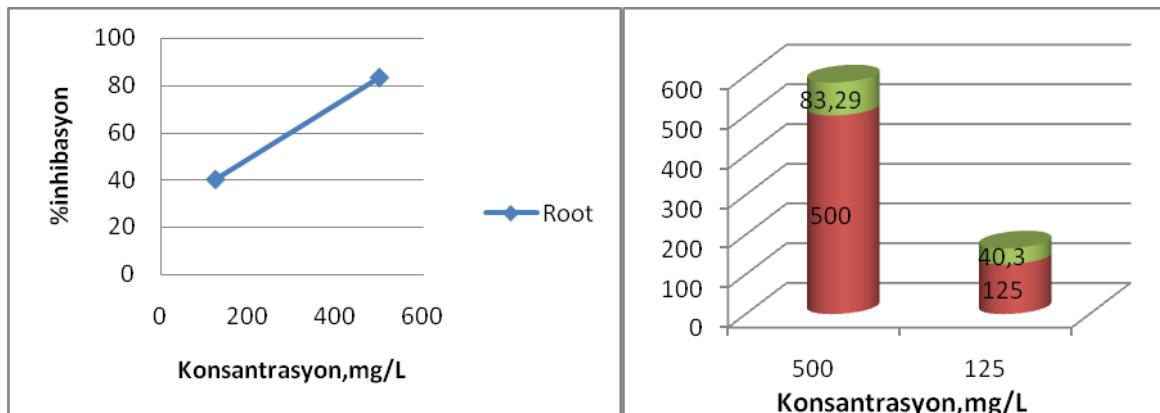
Şekil 2.Apranax Kök-Konsantrasyon Sütunu



Şekil 3.Apranax Gövde-Konsantrasyon Grafiği

Şekil 4.Apranax Gövde-Konsantrasyon Sütunu

**Majezik için;** Yapılan deneyler sonucu bulunan Root(kök)-Konsantrasyon grafiği , Hpokotyl(gövde)-Konsantrasyon grafiği sonuçları.



#### 4.SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Kullanılan konsantrasyonların inhibasyon değerlerine karşı EC<sub>50</sub>(Effective concentration: Canlıların % 50'sini öldüren konsantrasyon) değerleri belirlenmiştir. Konsantrasyonlara karşı toksiklik dereceleri bulunmuştur. Bu bulunan değerler; Apranax PLUS Kök için ; EC<sub>50</sub> = 779,21 mg/L; Apranax PLUS GÖVDE için ; EC<sub>50</sub> = 485,71 mg/L, Majezik Kök için ; EC<sub>50</sub> = 170,9 mg/L; Majezik GÖVDE için ; EC<sub>50</sub> = 160,44 mg/L

Toksik Birim sıfıra eşitken toksik değil, sıfır ile bir arasında hafif toksik, bir ile on arasında toksik ve onbir ile yüz arasında ise çok toksiktir. Bu bulgular ve sonuçlara göre Apranax ve Majezik numunelerinin kök ve gövde konsantrasyonlarının hafif toksik olduğu görülmektedir. Sonuç olarak belirlenen dozlarda ortamda bulunması durumunda mevcut Ağrı kesicilerin hafif olsa da akut toksik etkiye sebep olabileceği tespit edilmiştir.

## KAYNAKÇA

- Aydin, M. E., Kara, G., 2004 [1]. An Investigation On The Toxicity Of Sewage. Fresenius Environmental Bulletin, Volume 13, No. 12a, pp. 1444-1448.
- A.Özaslan,Adana İçme Suyunda Fekal Koliform Düzeyinin Belirlenmesi Ve Antibiyotik Dirençlilik Frekansı Çukurova Üniversitesi,
- Buscher, K. H., Cullmann, W., Dick, W., Stieglitz, M., 1987. Selection Frequency of Resistant Variants by Various Beta-Lactam Antibiotics in Clinical Enterobacter Cloacae Isolates. Chemother.
- Bell, J. B., Macrae, W. R., Elliot, G. E., 1980. Incidence of R Factors in Coliform, Fecal Coliform, and Salmonella Populations of The Red River in 30 Canada. Appl. Env. Microbio., s :40: 486-491
- Çelebi H., Sponza D. 2007. Antibiyotiklerin çevresel etkileri, toksisiteleri ve anaerobik arıtılabilirlikleri, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, pp367-373, 24- 27 Ekim 2007 İzmir.
- Doğan D., 2008. Küçükçekmece Lagünü’nden (İstanbul) İzole Edilen Enterik Bakterilerin Antibiyotik Direnç Profili. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul
- Devare, M., Bahadır, M., 1994 [2]. Ecotoxicological Assessment of Inorganic Waste Disposal in Salt Mines, Part II: Phytotoxicity Tests. Fresenius Envir Bull 3, 119-126.
- Gülnihal Kara , Mehmet Emin Aydin , SÜ Müh. Mim. Fak dergisi 2006 Organize Sanayi Atıksularının Zehirliliği
- Hamscher, G., Priess, B., Nau, H., 2006. A survey of the occurrence of various sulfonamides and tetracyclines in water and sediment samples originating from aquaculture systems in Northern Germany in summer 2005, Arch. Lebensmittelhyg. 57, 97–101.
- <http://blog.rooteto.com/bakim-saglik/saglik-sorunlari/antibiyotiklerinbakteriler- uzerindeki-etkisi-nelerdir>
- <http://kbb.uludag.edu.tr/antibiyotik05.htm>
- Oryaşın, E., 2008. Çeşitli Çevresel Kaynaklardan İzole Edilen Enterokokların Disk Difüzyon Yöntemi İle Antibiyotik Duyarlılıklarının Tespiti. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Bölümü,
- Persoone, G., Marsalek, B., Blinva, I., Torokne, A., Zarina ,D., Manusadzianas, L., Nalecz-Jawecki, G., Tofan, L., Stepanova, N., Tothova, L. And Kolar, B. (2003). A practical and user-friendly toxicity classification system with microbiotests for natural waters and wastewaters, Environ.Toxicol., 18(6), 395-402.
- Son, R., Rusul, G., Sahilah, A. M., Zainuri, A., Raha, A. R., Salmah, I., 1997. Antibiotic Resistance and Plasmid Profile of Aeromonas hydrophila Isolates from Cultured Fish, Telapia (Telepia Mossambica). Lett. Appl. Microbiology, 24: 479– 482
- Sponza, D.T. (2002) Incorporation of toxicity tests into the Turkish industrial discharge monitoring systems. Arch. Environ. Contam andToxicol. 43, 186-197.
- Topal, M., Arslan Topal, E.I.,2011. 2010-2011 Kış sezonunda Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisinin Bazı Parametrelerle Değerlendirilmesi,Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi, Fen Bilimleri Dergisi Cilt32,No:21-12.
- Wundram, M., Selmar, D., Bahadır, M., 1997. Representative Evaluation of Pytotoxicity- Reliability and Peculiarities. Angew. Bot. 71,139-143.

## ATIK SUDAN ISI GERİ KAZANIMI VE KULLANIM ALANLARI

*Osman ÇİÇEK, Süheyla TONGUR  
Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü,  
suyildiz@selcuk.edu.tr , osman-cicek@outlook.com*

**ÖZET:** Ülkemizin enerji ihtiyacı yıllar geçtikçe artmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojilerini kullanmak çevremizin kirlenmesini önleyecek ve bize sağlayacaktır. Atık sudan ısı geri kazanımı yapmamız enerji konusunda ve çevre konusunda bize katkı sağlayacaktır. Atık su, ısı pompaları için yenilenebilir bir ısı kaynağı olarak görülmektedir. Isı pompaları yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı çevre dostu bir teknoloji olup gelişmiş ülkelerde yıllardır kullanılmaktadır. Kişi sezonu boyunca atık su sıcaklığı ortalama 9-14 derece aralığındadır. Bundan dolayı atık su,isinin kullanımı için ideal bir temel oluşturmaktadır. Yazın atık su sıcaklıkları 20 derecenin üzerindedir. Bu aynı zamanda iklimlendirme için soğukun üretilmesini mümkün kılmaktadır.

Bu çalışmada atık sudan ısı geri kazanım yolları ve kullanım alanları açıklanacaktır. Atık sudan yararlanma olanakları bina içinde, bina dışında (atık su kanallarında) , şehrin dışında ( atık su arıtma tesislerinde ) olarak üçe ayrılmış bunlar inceleneciktir.

**Anahtar Kelimeler:** *atık su, yenilenebilirenerji, ısıpompası, geri kazanım*

## WASTE WATER HEAT RECOVERY AND APPLICATION AREAS

**Abstract:** The energy needs of our country are increasing years passed. Use renewable energy Technologies that prevent pollution of our environment and it will provide us profit. Waste water heat recovery do is that will provide us the contribution on about energy and the environment. Waste water, it is seen as a renewable source of heat for heat pumps. Heat pump is the use of the environmentally friendly technology of renewable energy sources has been used for years in developed countries. The average temperature of waste water is 9-14 degrees range during the winter season. Therefore waste water constitutes on ideal basis for the use of heat waste water temperature is over 20 degrees during summer. This same time, make possible cold to be produced.

In this study, will be a described waste water heat recovery path and application areas. Exploit opportunities from waste water; divided into three and examine, in the building, outside the building (in sewage canal), outside the city (the waste water treatment plant)

**Keywords:** *waste water, renewable energy, heat pump, recovery*

### 1.GİRİŞ

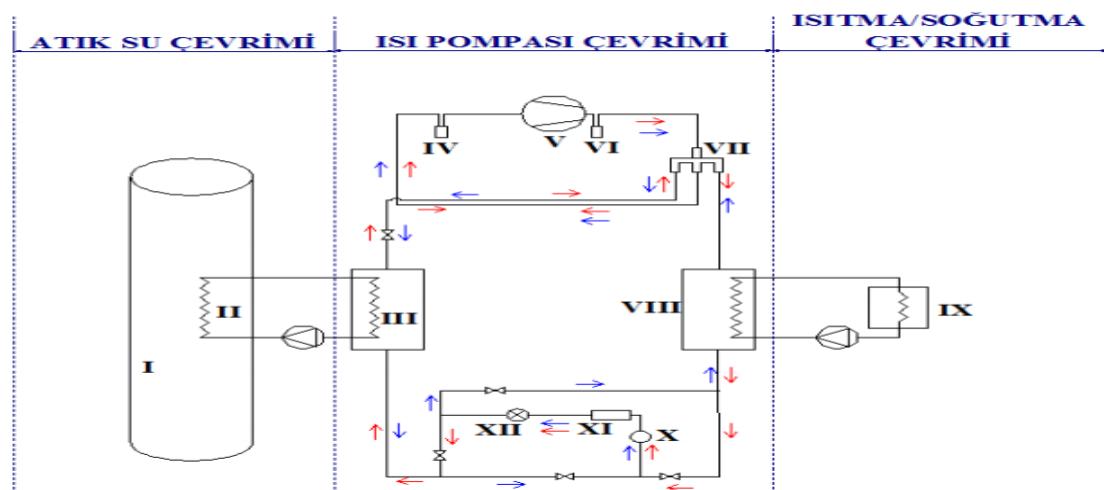
Sanayide ve konutlarda tüketilen enerji miktarı arttıkça bu tüketime bağlı olarak çevre kirliliği oranı da artmaktadır. Hem enerji maliyetlerinin yüksek olması hem de meydana gelen çevre sorunları nedeni ile enerji geri dönüşümü ve atık enerjiden yararlanma son yıllarda önem kazanmıştır. Verimli enerji kullanımı çerçevesinde atık sudan yararlanan ısı pompası sistemi bu çalışma kapsamında ele alınmıştır. Çevre dostu teknolojilerin başında gelen ısı pompaları, yüksek enerji verimlilikleri nedeniyle uzun süredir gelişmiş ülkelerde kullanılmaktadır. Bu çalışmada atık su, ısı pompası için yenilenebilir ısı kaynağı olarak ele alınacaktır.  $10^{\circ}$  ile  $25^{\circ}\text{C}$  arasındaki düşük sıcaklığından dolayı atıksu yaz mevsiminde ideal ısı gidericidir. Isıtma ve soğutma için kullanılan atıksu bu yüzden ekonomik ve etkili bir çözümüdür. İlk enerji kullanımını azaltır ve  $\text{CO}_2$  emisyonlarını düşürür.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Atık su ısı pompası sisteminin çalışma prensibi

Sistemin şematik gösterimi şekil 1'de verilmiştir. Sistem atık su çevrimi, ısı pompası çevrimi ve ısıtma/soğutma çevrimi olarak üç ana grupta incelenebilir. Atık su çevriminde, genellikle özel olarak tasarlanmış ve atık su kanallarının içine entegre edilmiş bir atık su ısı değiştiricisi ve bu ısı değiştirici ile ASIP sisteminin buharlaştırıcısı/yoğuşturucusu arasındaki su sirkülasyonunu sağlayan bir pompa yer almaktadır. Atık su sıcaklıklarını ise yaklaşık olarak kış aylarında 9 ile 14 °C, yaz aylarında ise 28 ile 29 °C aralığındadır. ASIP'nin ısıtma modunda atık suyun ısısı atık su ısı değiştiricisi vasıtasıyla buharlaştırıcıda soğutucu akışkanı aktarılmaktadır. ASIP'nin yoğuşturucu kısmına ise bir fan-coil vb. donanım bağlanarak iç ortamda ısıtma sağlanmaktadır. Soğutma modunda ise atık su ısı pompasının yoğuşucusundan ısı çekerek soğutucu akışkanın yoğuşmasını sağlamaktadır. İç ortamin soğutulması ise ASIP'nin buharlaştırıcı kısmına bağlanan bir fan-coil ünitesi vasıtasıyla gerçekleşmektedir.



I. Atık su kanalı, II. Atık su ısı değiştiricisi, III. Su soğutmalı ısı değiştirici IV. Akümülatör, V. Kompresör, VI. Yağ ayırcı, VII. 4 Yollu Vana, VIII. Su soğutmalı ısı değiştirici, IX. Fan-Coil ünitesi, X. Gözetleme camı, XI. Dryer, XII. Genleşme Vanası

Şekil 1. ASIP sistemi şeması

### 2.2. Yöntem

Atık suyun enerjisinden üç farklı şekilde yararlanmak mümkün olup söz konusu yöntemler şekil 2'te özetlenmiştir. Bunlardan ilki bina içinde atık sudan ısı geri kazanımıdır. Bu yöntemde mutfak, banyo gibi kaynaklarda oluşan atık su kanalizasyona aktarılmadan önce şebekeye bir ısı değiştirici entegre edilerek atık sudan ısı geri kazanılmaktadır. İsi değiştiricinin konumu kaynağa çok yakın olduğu için atık su sıcaklıklarları yüksek, ancak debisi düşüktür. İkinci seçenekte atık sudan faydalanan bina dışında gerçekleştirilmektedir. Bu durumda atık su kanallarına özel tasarlanmış ısı değiştiriciler entegre edilmekte ve ısı geri kazanımı bu ısı değiştiricileri vasıtasıyla sağlanmaktadır. Atık su ısı değiştiricisinde geri

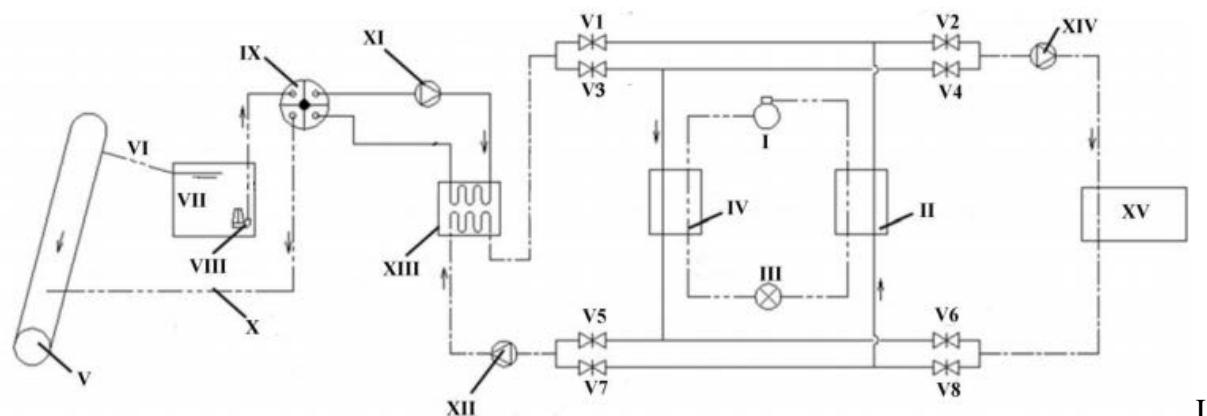
kazanılan ısı, ısı pompası sisteminin çalışma moduna bağlı olarak buharlaştırıcısı veya yoğunışurucusunda değerlendirilmektedir. Isı geri kazanımı bina dışında gerçekleştiğinden, atık su hattının uzunluğuna bağlı olarak, daha düşük atık su sıcaklıklarını ancak daha çok binadan atık su elde edildiği için atık su debisi göreceli olarak daha yüksek olmaktadır. Son yöntemde ise atık su ısı pompası sistemi atık su arıtma tesisi civarına konumlandırılırak, arıtılmış atık sudan ısı geri kazanımı yapılmaktadır. Bu durumda atık su debisi oldukça yüksek olup, sıcaklığı ise atık su hattının uzun olması nedeniyle daha düşüktür. Atık sudan faydalananlar mekân ısıtması ve soğutması yapılabileceği gibi aynı zamanda evsel sıcak su elde edilmesi de mümkündür.



**Şekil 2.** Atık sudan yararlanma olanakları a. Bina içinde b. Binanın dışında (atık su kanallarında) c. şehrın dışında (atık su arıtma tesislerinde)

### 3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Çin'in Dalian şehrinde kurulmuş olan arıtılmamış atık su kaynaklı bir ısı pompası incelenmiştir. Sistem şeması şekil 3'te verilmiş olup, atık su emme sistemi, temiz su ile atık su arasında ısı transferinin gerçekleştiği sistem ve ısı pompası sistemi olmak üzere üç alt sistemden oluşmaktadır. Atık su emme sisteminde drenaj hattından gelen atık su ilk olarak bir atık su havuzunda toplanarak, istenilen atık su debisinin elde edilmesi sağlanmaktadır. Daha sonra atık su bir otomatik filtreleme sisteminden geçirilerek içinde bulunan katı maddelerden arındırılarak atık su ısı değiştiricisine gönderilmektedir. Bu ısı değiştiricidefiltrelenmiş atık su ile ara çevrimde bulunan temiz su arasında ısı transferi gerçekleşmektedir. Kış modunda, 2.3.5 ve 8 numaralı vanalar açılmakta, temiz su atık sudan ısı absorbe ederek ASIP'nin buharlaştırıcısına girmektedir. Burada ısısını soğutucu akışkanı vererek buharlaşmasını sağlamaktadır. Isı pompasının yoğunışurucu tarafında oluşan ısından da son kullanıcıların faydalaması sağlanmaktadır. Yaz modunda ise 1.4.6 ve 7 numaralı vanalar açılmakta, ısıtılmış olan temiz su ASIP'nin yoğunışurucusuna gönderilmekte, böylece soğutucu akışkanın ısısı alınarak yoğunlaşma sağlanmaktadır. Son kullanıcılar ise buharlaştırıcıda oluşan düşük sıcaklıktan havalı veya sulu ısı değiştiriciler vasıtıyla yararlanabilmektedir. Söz konusu çalışmada ASIP sistemi, ısıtma modunda çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre IP ünitesinin ve tüm ASIP sisteminin ITK değerleri sırasıyla 4,3 ve 3,6 olarak bulunmuştur. Çalışmanın ikinci aşamasında bir ekonomik analiz yapılarak, ASIP sisteminden elde edilen sonuçlar geleneksel sistemler ile karşılaştırılmıştır (Tablo 1).



. Kompresör, II. Yoğunluk artırmacı, III. Genleşme vanası, IV. Buharlaştırıcı, V. Atık su hattı, VI. Atık su emme hattı, VII. Atık su havuzu, VIII. Atık su pompası, IX. Otomatik filtreleme ekipmanı, X. Drenaj hattı, XI. Atık su pompası, XII. Sirkülasyon pompası, XIII. Atık su ısıtıcı, XIV. Sirkülasyon pompası, XV. Son kullanıcı

**Şekil 3.** ASIP'nin şematik gösterimi

**Tablo 1.** ASIP sisteminin geleneksel sistemlerle karşılaştırılması

Isıtma sistemi	Yakıt tüketimi	Elektrik tüketimi (kWh)	Birim fiyatlar*	İşletme maliyeti* (TL)
Kömürlü kazan	378569 kg	19800	Kömür: 0,37 TL /kg	145928
Gazlı kazan	169567 m <sup>3</sup>	19800	Gaz: 1,036 TL / m <sup>3</sup>	181559
Yağlı kazan	141050 kg	19800	Yağ: 3,164 Yuan/kg	452066
ASIP sistemi	0	547737	Elektrik: 0,296Yuan/kWh	162134

\*Orjinal makalede para birimleri Yuan olarak verilmiş olup, 1 Yuan = 0,37 TL alınmıştır.

Aşağıda atık su ve hava kaynaklı ısı pompası soğutma modu karşılaştırması yapılmaktadır. Hava kaynaklı ısı pompalarında soğutma sırasında yoğunlukdan geçen hava sıcaklığı arttıkça soğutucu akışkanın yoğunması zorlaştırmaktır ve sistem performansı düşmektedir. Türkiye'de soğutma sezonunda ortalama dış hava sıcaklıkları 38 °C'nin üzerinde olmaktadır. Bu durumda ısı pompasının performansı düşmektedir. Isıtma sırasında ise buharlaştırıcının ısı aldığı dış ortam sıcaklığı düştükçe buharlaşma zorlaştırmaktır ve ısıtma verimi düşmektedir. Benzer şekilde ısıtma sezonunda dış hava sıcaklıkları düştükçe ısı pompası ısıtma verimi düşmektedir. Isıtma sezonunda ortalama dış hava sıcaklıkları -10, 5 °C civarında olmaktadır. Bu sıcaklık değerlerinden aşağı inildiğinde ısı pompası ısıtma verimi düşmektedir. Atık su kaynaklı ısı pompalarında ise yaz ve kış mevsimlerinde sabit atık su sıcaklığı nedeniyle ısıtma/soğutma performansı daha yüksektir. Atık su kaynaklı ısı pompasındaki COP soğutma değeri 3,4 iken, hava kaynaklı ısı pompasında 3 olması durumunda kompresördeki elektrik enerjisi kullanımını atık su kaynaklı ısı pompasında yaklaşık %13 daha azdır. Hava kaynaklı ısı pompası yıllık (yıllık ısıtma ve soğutma için toplam 10 ay günlük 10 saat kullanıldığı kabulü ile) elektrik enerjisi kullanım miktarı 1,5 KWh x 3000=4500 KWh. Atık su kaynaklı olması durumunda elde edilen tasarruf (%13) sonucu yıllık elektrik enerjisi kullanımındaki tasarrufu

600 KWh olup 40 krs/kwh x 600 KWh= 77250 kuruş yaklaşık yıllık 240 TL tasarruf sağlanmaktadır.

#### **4.SONUCLAR ve TARTIŞMA**

Gelecek ve sürdürülebilir bir enerji sistemi, yenilenebilir enerji teknolojilerinin artan bir payını gerekli kılmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin ayrı, hibrit veya entegre kullanımı üzerine yapılan çalışmalar son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Isı pompaları, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı çevre dostu teknolojilerin bir parçası olup, gelişmiş ülkelerde yıllardır kullanılmaktadır. Geleneksel sistemlere kıyasla, enerji kullanım verimlerinin yüksek olması nedeniyle, ülkemizde de, kullanımı son yıllarda artmaktadır. Atık su, yenileyici, çevre dostu, kışın dış havadan daha sıcak ve yazın ise, daha soğuk olan, ilginç, pratik olarak yararlanabilecek, özellikle her yerde ve gelecekte sürekli mevcut olacak enerji kaynağı olan atık suyun kullanıldığı ısı pompaları için, yenilenebilir bir ısı kaynağı olarak görülmektedir.

#### **KAYNAKLAR**

Araz M. ,Çulha O. ,Hepbaşlı A. ,Ekren O. ,Günerhan H, Bıyık E. "Atık Su Isı Pompalarının Tasarımı Ve Enerjetik Performansının Değerlendirilmesi" . Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi 2015 İzmir.

Baek, Nc.,Shin, Uc., Yoon, Jh., "A Study On The Design And Analysis Of A HeatPumpHeatingSystem Using Wastewater As A Heat Source", Solar Energy, 78, 3, 427–440, 2005.

Gu, Y.,Deng, H., "TheFeasibility Analysis Of Wastewater Source HeatPump Using The Urban WastewaterHeat", ResearchJournal Of AppliedSciences, EngineeringAndTechnology, 4,18, 3501-3504, 2012.

Liu, Z.,Ma, L., Zhang, J., "Application Of A HeatPumpSystem Using Untreated Urban Sewage As A Heat Source", AppliedThermalEngineering, 62, 747-757, 2014.

Schmid, F., "SewageWater: InterestingHeat Source ForHeatPumpsAndChillers", SwissEnergyAgencyForInfrastructurePlants, Zürich, Switzerland.

Yaxiu, G.,Fang, J., "Research On TheEnergy-SavingAndHeat Transfer Performance Of Wastewater Source HeatPump", Apec Conference On Low-CarbonTownsAndPhysicalEnergy Storage, 376–81, 2013.

## KATI ATIK DEPOLAMA SAHASINDA OLUŞAN METAN GAZININ ENERJİYE DÖNÜŞÜMÜ

Atailkkan Koçak, Selim Doğan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, atailkkan.1984@gmail.com, selim2002@hotmail.com

**ÖZET:** Her gün ülkemizde tonlarca katı atık oluşturmaktadır ve bu katı atıklar düzenli depolama sahalarına götürülmektedir. Fakat burada depolanan katı atıklar ayırmakta ve bu ayırmayla birlikte iki önemli sorun meydana gelmektedir. Bunlar depo gazı olan metan gazı ve sızıntı suyudur. Depo gazı, yüksek konsantrasyonlarda metan içeriğinden dolayı yanma ve patlama tehlikesi olduğu için yangına sebep olmaktadır. Depo gazının insan ve çevre sağlığı üzerinde de olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; çevreye kötü koku yayması ve bitkilerin kurumasına neden olmasıdır. Ayrıca metan gazı karbondioksit ile kıyaslandığında 21 kat daha zararlı bir gazdır. Bu kirlilikler, çevreye zarar vermemeleri için kontrol altına alınması ya da dönüşümü yapılarak enerji olarak kullanımı sağlanmalıdır. Metan gazının kalorifik değere sahip olmasından dolayı geri dönüşümü söz konusudur. Bu yüzden en yaygın olarak kullanılan metot elektrik enerjisine dönüşümüdür. Bu metot dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde de son zamanlarda bu metot yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu metodun kullanıldığı tesislerde üretilen elektriğe bakıldığında, metanın elektrik eldesi için doğru bir kaynak olduğu anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Katı atık, Metan, Çöp gazı, Sızıntı suyu.

### Energy Transformation Of Methane Gas In Solid Waste Landfill Site

**Abstract:** Everyday tons of solid waste consists in our country and that solid wastes are taken to landfill sides. But stored solid wastes disposal are two main causes of environmental pollution, including landfill gas and leachate. Landfill gas causes to blaze because of fire and explosion due to methane content in high concentration. There are also negative effects on human health and environmental health. Some of those; bad smell and drying of herbs. Also methane gas is 21 times more harmful than carbon dioxide. These pollutants should be controlled to prevent any damage to the environment or energy conversion should be performed. Methane gas has calorific value. So it is possible to recycle. For this reason, the most commonly used method is electrical energy conversion. This method is widely used in the world. Recently this method began to be used widely in our country too. Investigated landfill sites which use this method have proven that landfill sites are good source for generating electric energy from methane.

**Keywords:** Solid waste, Methane, Biogas, Leachate.

### 1.GİRİŞ

Katı atıklar dünyanın her yerinde olduğu gibi ülkemizde de başlıca çevre sorunlarından birisidir. Bu katı atıkların belirli bir yerde depolanması ve çevreye olan zararlarının minimum seviyeye indirilmesi ya da tamamen ortadan kaldırılması için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu yüzden katı atıklar depolama sahası adı verilen alanlara götürülerek orada gerekli işlemler yapılır ve katı atık bertaraf edilir. Fakat bu bertaraf işlemi sırasında katı atığın bünyesinde bulundurduğu maddeler yer altı ve yüzeysel su kaynaklarına, toprağa ve havaya çeşitli kirleticiler yayarak kirlilik nedeni oluşturmaktadır (F. Saltabaş, M.A. Yalçın, 2004).

Depolanan atığın en önemli 2 bileşeni üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bunlar metan gaz ve sızıntı suyudur. Metan gazı, karbondioksit'e göre çevreye 21 kat daha zarar veren bir gazdır. Ayrıca oksijen ile reaksiyonu sonucu da çok büyük patlamalara neden olmaktadır.

Sızıntı suyu ise yer altı sularına karışarak yer altı suyunun kirlenmesine neden olmaktadır. Bu yüzden bu iki önemli çevre kirliliği etkeninin bertaraf edilmesinden ziyade dönüşümünü sağlayacak sistemler oluşturarak çevreye olan zararlarının önlenmesi ve faydalı olacak şekilde kullanımını amaçlanmaktadır.

Bu çalışmadaki amaçlar ve hedefler;

- Katı atık depolama sahasında oluşan metan gazının bertarafı,
- Metan gazının elektrik enerjisine dönüşümü sağlanarak depolama sahasının çevresinde bulunan yerleşim yerinin hava, toprak ve su kaynaklarının kirliliğini önlemek,
- Depolama sahasındaki sistem yardımıyla metan gazının enerji dönüşümü sağlanarak yerleşim alanının şebekesine verilerek elektrik enerjisi desteği sağlamak,
- Depolama sahasında meyve ve sebze yetiştirek tarımsal faaliyetlerde de metan gazının kullanımının mümkün olduğunu göstermektir.

## **2.MATERYAL VE METOD**

Bu bölümde depolama sahasında katı atıklardan oluşan metan gazının hangi yöntem ve metodlar ile geri dönüşümünün yapıldığından bahsedilmektedir.

### **2.1.Direkt Yakma İşlemi**

Bu yöntem düzenli depolama sahası kurmak için uygun alanı bulunmayan ülkelerde kullanılmaktadır. Bu yöntemde depo gazı genellikle endüstriyel kazanlarda, tuğla, kireç ya da çimento fırınlarında yakılır. Yakma metodunun avantajı ağırlıkça %75, hacimce %90 oranında azalma sağlar. Dezavantajı ise yakma sonucu oluşan baca gazı emisyonlarının hava kirliliğine neden olmasıdır ve yakma işlemi yapıldığı için metan gazı oluşumu gözlenmez. Dolayısıyla metan gazının dönüşüm işlemi yapılamaz (M. Borat, 2003).

### **2.2.Boru Hattı Kalitesinde Gaza Saflaştırma İşlemi**

#### **2.2.1.Taşıt Yakıtı Olarak Kullanımı**

İlk olarak depo gazı doğalgaz kalitesine yükseltilir. İkincisi araçların doğalgazla çalışması için sistemi gereklidir. Son olarak ise araçlar için yakıt istasyonları bulunmalıdır. Birçok ülkede depo gazı, çöp kamyonları için yakıt olarak kullanılmaktadır (M. Borat, 2003).

#### **2.2.2.İşlenmiş Depo Gazının Doğalgaz Hattına Verilmesi**

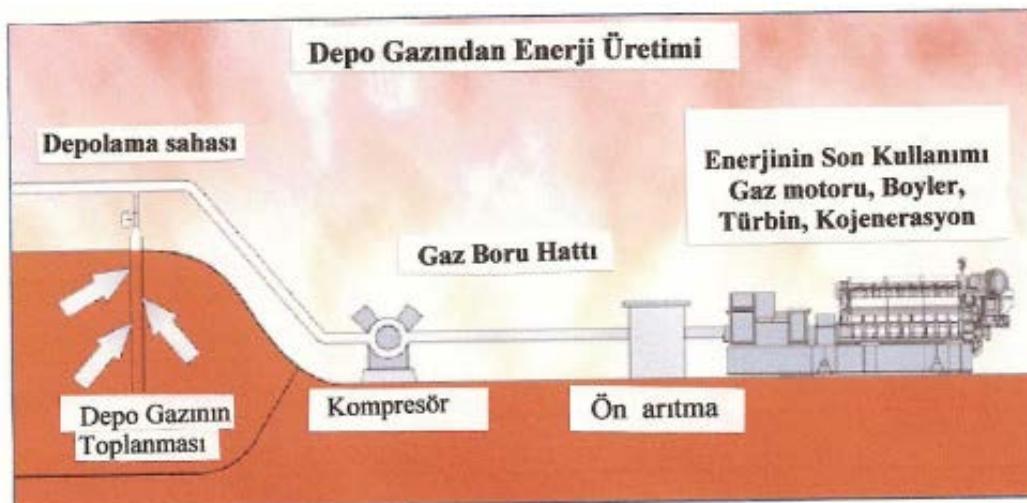
Depo gazı arıtılıp saf metan gazı olana kadar saflaştırılır. Saflaştırma işlemi yapıldıktan sonra doğalgaz şebekesine verilir. Fakat bu işlem maliyet açısından pahalı bir işlemidir (Borat, 2003).

### 2.3. Elektrik Enerjisine Dönüşümü İşlemi

Metan gazının saha içinde oluşumu 4 evrede gerçekleşmektedir. Bunlar;

- Aerobik evre,
- Asit evresi (anaerobik),
- Metanojenik evre,
- Aerobik evre.

Depolama sahasına düzenli bir şekilde yığılan katı atık öncelikle aerobik olarak bozunmaya uğramaktadır (aerobik evre). Belirli bir süre sonra yığılan atığın üzeri kapatılıp anaerobik şartlar olması sağlanır (anaerobik evre). Bu evrede yağ asitleri ve maksimum seviyede karbondioksit açığa çıkmaktadır. Burada oluşan karbondioksitin hava kirliliğine sebep olmaması için pasif ve aktif gaz bacalarında yakılarak bertarafı sağlanmış olur. Bir önceki evrede oluşan yağ asitleri, metan bakterileri tarafından metan gazına ve suya dönüştürülür (metanojenik evre). Metan gazının maksimum seviyede üretildiği evre bu evredir. Oluşan metan gazı vakumlar vasıtıyla manifold adı verilen yapılara iletilir. Bu yapılardan sonra gaza soğutma ve yoğunlaştırma işlemi yapılarak gazın içinde bulunan nemin uzaklaştırılması sağlanır. Bu sayede saf bir metan gazı elde edilmiş olur. Elde edilen saf metan gazı içten yanmalı motorlara iletilerek elektrik enerjisine dönüştürme işlemi yapılır. Böylece elde edilen elektrik hem depolama sahasının elektriğini karşılamış olur hem de şehir şebeke hattına verilerek şehrin elektrik ihtiyacını karşılamış olur.



Resim 1: Depolama sahasında oluşan metan gazının elektrik enerjisine dönüşüm sistemi (Akpinar, 2016)



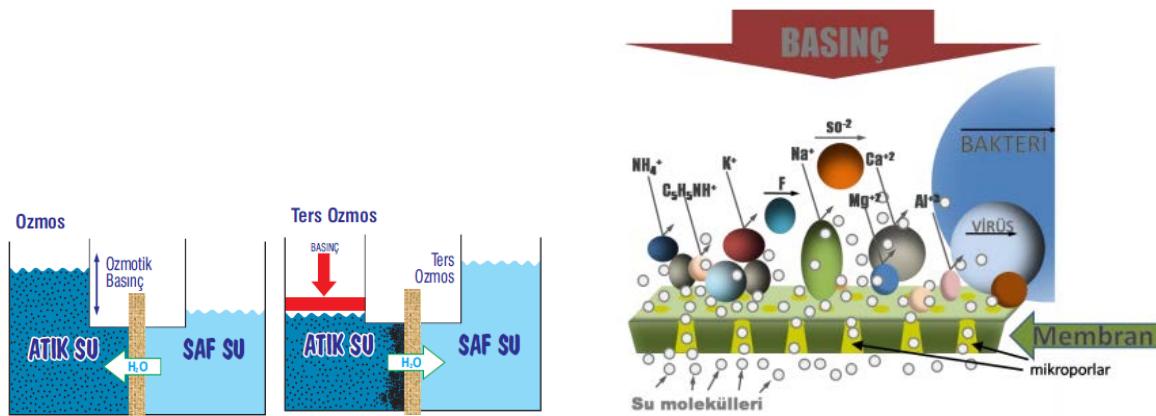
Resim 2: Elde edilen metan gazının yakıldığı sistem (Konya Aslım Katı Atık Depolama Sahası).

Depolama sahasında oluşan sızıntı suyu ise çeşitli nedenlerle meydana gelmektedir. Bunlar;

- Yağmur suyu,
- Yüzeysel akış,
- Evaporasyon (buharlaşma) ve evapotranspirasyon (su tüketimi),
- Örtüden sızma,
- Gaz üretiminde tüketilen su miktarı.

Oluşan bu sızıntı suyu kanallar yardımıyla sızıntı suyu toplama havuzlarında biriktiriliyor. Burada bakteriler tarafından fermantasyona uğratılıyor. Sonunda da geri devir sistemi vasıtasiyla hacimsel azaltma正在被进行。

Sızıntı suyundan yüksek kalitede çıkış suyu elde edilmesi için “tam otomatik RCDT-modül ters ozmos sızıntı suyu arıtma tesisi” tasarlanmıştır. Bu sayede 31.12.2004 tarih ve 25687 Sayılı resmi gazetede yayınlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” hükümlerine göre alıcı ortama direk deşarj ve sulama suyu olarak kullanımı amaçlanmıştır. Dünyada 110 depolama sahası tesislerinde kullanılırken, ülkemizde sadece biri Erzurum’da, diğer ise Kuşadası’nda olmak üzere 2 adet RCDT-modül ters ozmos sızıntı suyu arıtma tesisi bulunmaktadır (Koçak, 2016).



Resim 3: Ters ozmos olayının şematik görüntüsü (Koçak, 2016).

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu araştırma bulguları, bizzat kendim Konya Aslım Katı Atık Depolama Tesisi'ne gidip araştırdığım ve gözlemlediğim bulgulardır. Tesiste çalışanlar ve yetkililerin yardımıyla bu bulgulara ulaşmış bulunuyorum.

- Depolama sahasına gelen katı atıkta %55 oranında metan gazı, %40 oranında karbondioksit ve %5 oranında diğer gazlar (nitrojen, oksijen, hidrojen gibi.) bulunmaktadır.
- Oluşan metan gazından 5,6MW/sa elektrik enerjisi elde edilmektedir. Bu da bir yerleşim yerindeki 26.000 konutun elektrik ihtiyacını karşılamaktadır. Bu konut sayısı 100.000 kişiye tekabül etmektedir.
- Sızıntı suyundaki BOİ (BOD) değeri 5.000mg/L iken KOİ (COD) değeri 20.000mg/L değerindedir.

### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Metan gazının dönüşümünde çevreye zararı olmamakla birlikte yararı çoktur. Bunlar;

- Koku ve görüntü kirliliğini ortadan kaldırmaktadır.
- %15-20 oranında oksijen ile birleşiminde büyük bir patlamaya neden olur. Bu patlamanın ortadan kalkmasına yardımcı olur.
- Metan gazı topraktaki minerallerin bitki kökleri ile alışverişini engellemektedir. Bu sayede bu engel ortadan kalkar.
- Karbondioksitten 21 kat daha zararlı olan metan gazı enerjiye dönüştürüülerek gerekli yerlerde kullanımı sağlanır.

Metan gazı ayrıca depolama sahalarında meyve ve sebze üretimi için de kullanılmaktadır. Metan gazı yakılırken 2 adet sıcaklığı mevcuttur. Birincisi dişliler arasındaki sıcaklık, ikincisi ise baca ağzındaki sıcaklıktır. Baca ağzındaki sıcaklık  $500^{\circ}C$  civarında olduğu için

kullanılamaz. Fakat dişliler arasındaki sıcaklık  $20-25^{\circ}C$  civarında olduğu için meyve ve sebze üretiminde bu sıcaklık kullanılmaktadır. Bu sayede depolama sahalarındaki seralarda topraksız alanda üretim hem yazın hem de kışın uygulanması mümkündür.



Resim 4: Meyve ve sebzenin üretiminin yapıldığı seralar (Konya Aslım Katı Atık Depolama Sahası).

## KAYNAKLAR

F. Saltabaş, M.A. Yalçın, *Depo Gazından Enerji Üretimi*, SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8. Cilt, 1. Sayı, Mart 2004.

[http://www.cevreyonetimmerkezi.com/pro\\_detail\\_sizinti\\_suyu.html](http://www.cevreyonetimmerkezi.com/pro_detail_sizinti_suyu.html) [Ziyaret Tarihi: 16.05.2016].

[http://www.cevreyonetimmerkezi.com/dokuman/cop/ters\\_ozmoz.pdf](http://www.cevreyonetimmerkezi.com/dokuman/cop/ters_ozmoz.pdf) [Ziyaret Tarihi: 16.05.2016].

M. Borat, 2003, Katı Atıkların Yönetimi Ders Notları, İstanbul Üniversitesi.  
[https://www.academia.edu/7406349/KATI\\_ATIKLARDAN\\_ENERJİ\\_ÜRETİM\\_YÖNTEMLERİ](https://www.academia.edu/7406349/KATI_ATIKLARDAN_ENERJİ_ÜRETİM_YÖNTEMLERİ) [Ziyaret Tarihi: 16.05.2016].

Nergiz Akpinar, İTÜ Enerji Enstitüsü, Prof.Dr. Mete ŞEN, İTÜ Makine Fakültesi, *Kentsel Atıklardan Enerji Üretimi*.

## **NEHIR EKOSİSTEMİNDE ÇEVRESEL AKIŞ METOTLARININ İNCELENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI**

Beyza Sağkan, Selim Doğan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, beyza.92@outlook.com

**ÖZET:** Bu çalışma nehir ekosistemlerinin günümüzde sağlıklı kalabilmesi ve gelecekte de sağlığını koruyabilmesi hatta daha iyi seviyelere ulaşabilmesi için gerekli akış olarak adlandırdığımız çevresel akışın belirlenmesi için hangi yöntemlerin kullanıldığı ve bu yöntemlerin içeriğini incelemek amacıyla yapılmıştır. Akarsuların sağlıklı olabilmesi için en önemli etken doğal akış rejimidir. Kuraklık, endüstriyel faaliyetler, baraj yapımı nehir ekosisteminin tamamına zarar verir ve bununla birlikte geçimini su ortamından sağlayan yerel halkı da etkiler. Bu nedenle elektrik, içme suyu gibi ihtiyaçların karşılanabilmesine olanak sağlarken aynı zamanda nehir ekosisteminin korunabilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için çevresel akış yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu tez çalışmasında literatür taraması yapılarak dünya çapında yaygın olarak kullanılan çevresel akış metotları incelenmiş ve bu metotların karşılaştırılması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çevresel akış, çevresel akış metotları, nehir ekosistemleri.

### **Investigation and Comparison of Environmental Flow Methods in River Ecosystems**

**Abstract:** This study in an attempt to which methods are used in determination of environmental flow as we called required flow in river ecosystem to stay healthy today and keep healthy in the future. Most important factor of the river to be healthy is natural flow regime. Drought, industrial activities, dam building is damaged to the all river ecosystem and this affects the local people who make their living from the water environment. Because of that environmental flow approach was developed for protecting and sustainability of river ecosystem, also meet the need of such as electricity and drinking water. In this thesis study, examinations were performed of all around the world methods used in environmental flow and the comparison of these methods.

**Keywords:** Environmental flow, Environmental flow methods, river ecosystems

### **1. GİRİŞ**

Nehir ekosistemi canlı ve bu canlıları saran cansız varlıklardan oluşan, akış miktarına, içinden geçtiği kanal özelliklerine göre değişiklik gösteren, çeşitli bitki ve hayvanın yaşam döngüsü üzerinde önemli yer tutan dinamik sistemlerdir. Nehirler, doğal etkiler ve baraj yapımı gibi yapay etkilerle akış değişikliklerine maruz kalmaktadır. Bu etkileri en aza indirebilmek çevresel akış değerlendirmesi ile yapılmalıdır (Okumuş, 2011). Kaynakların sürdürülebilirliği için doğal kaynakların aşırı tüketiminin uzun vadede akıcı bir strateji olmadığı görüşü ile çevresel akış kavramı doğmuştur. Çevresel akış tayini, bir akarsu ekosisteminin sağlıklı kalabilmesi için ve ekolojik hizmetlerin sürdürülebilirliği için doğal akış rejiminin ne kadarının akarsuyun mansabına ve taşın ovasına akmaya devam etmesi gerektiğini saptanmasıdır. En ideal çevresel akış, doğal akıma en yakın olan akıştır. Uluslararası Doğa Koruma Birliği çevresel akışı nehirlerde ve ilişkili oldukları yeraltı suyunda su kullanımını ve düzenlenmesi etkilerine karşı yeterli miktarda, kalitede ve zamanlamada tatlı su ekosistemlerinin ve onların faydalarının korunduğu öngörülen akış olarak tanımlamaktadır (IUCN, 2004). Çevresel akışın amacı, sağlıklı nehir ekosistemine ulaşabilmek ve bazı durumlarda nesli tehlike altındaki balık türünün yaşayabileceği ortamın iyileştirilmesidir.

Çevresel akış, Akarsuyun sağlığına, ekonomik kalkınmaya, yoksullukla mücadeleye katkı sağlayarak hem doğa için hem insan için faydalıdır. Çevresel akış, doğal su kaynaklarının korunması ve kullanılması arasında dengeyi sağlamak gibi bir amacı vardır ve bu şekilde su kaynaklarının adil ve sürdürülebilir kullanımına olanak sağlar. Çevresel akış, yapısı değiştirilmiş bir akarsu ekosisteminde doğal bir akışın tüm işlevlerini gerçekleştirmesi beklenemez fakat akarsuların insanlara sağladığı ürün ve hizmetlerin devamını sağlamak amacıyla ekosistemin işlevlerini arzu edilen düzeyde tutar yani çevresel akış, Tatlısu ekosisteminin koşullarını orijinal duruma geri döndürme amacı taşımaz. Çevresel akış doğal akıştan farklıdır ancak tam olarak ‘minimum akış’ değildir. Akarsu ekosisteminin sürekliliği açısından akış niceliği, niteliği, zamanlaması ve süresindeki değişkenlik çevresel akışın belirleyicisidir. Çevresel akış belirlenmesi, mühendislik, hukuk, ekoloji, ekonomi, hidroloji, jeomorfoloji, hidrolik, su kimyası, iklim değişikliği, siyaset bilimleri ve iletişim gibi bir dizi disiplinin bir arada çalışmasını gerektirir (WWF, 2013).

Bu çalışmanın amacı; nehir ekosisteminin sağlıklı biçimde devamlılığı sağlaması için gerekli çevresel akışın konusudur (Dikyar ve Meriç, 2011). Bu çalışmada dünyada yaygın olarak kullanılan metotlardan Hidrolojik, Hidrolik, Habitat simülasyonu, Bütünsel Yöntemler üzerinde duruldu. Hidrolojik yöntemlerden; Orijinal Tennant Metodu, Modifiye Tennant Metodu, Q<sub>95</sub> Metodu ve 7Q10 Metodu, Hidrolik Metotlardan; Islak Çevre Metodu. Bu metotların özellikleri ve her bir metodun birbiriyle ekonomik açıdan, veriler bakımından ve kimler tarafından çevresel akış analizi yapılabileceği açısından birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

## **2. MATERİYAL VE METOT**

Metotlar daha çok ekolojik ihtiyaçlara göre spesifik değerlendirmelerden oluşur. Çeşitli metotların, avantaj ve dezavantajı vardır ve tek bir yöntem bulunmamaktadır. Çevresel akışın belirlenmesinde dünya çapında çok sayıda metot kullanılmaktadır. Bu metotlar 4 kategoride toplanmaktadır.

**1.Hidrolojik Metotlar**

**2.Hidrolik Bazlı Metotlar**

**3.Habitat Modellemesine Dayanan Metotlar**

**4.Bütünsel Metotlar**

Kullanılan bu metotlar ekolojik ihtiyaçlar ve çevresel akış üzerine yoğunlaşmaktadır ve bu metotların çoğu ilgili ve farklı disiplinlerdeki grupların birlikte çalışması ile çevresel akışı belirlemek için kurulmuşlardır.

### **2.1 Hidrolojik Metotlar**

Bu yöntem en orijinal ve basit çevresel akış yöntemidir. Uzun yıllara ait günlük akış verilerine dayanan bir metottur (Köle, 2015). Bir akım değerinin Ekolojik verilerin olmadığı ve yeterli zamanın olmadığı durumlarda kullanılmak üzere oluşturulmuştur. Ekolojik geçerliliği bulunmadığından sonuçlar kesin değildir. Ekolojik verilerin toplanması zaman ve bütçe gerektirmektedir. Temel olarak hidrolojik veriler kullanarak ve akış zaman eğrisi yardımıyla minimum akış belirlenir. Bu yöntemde hedef tarihsel su rejimine en yakın degerde rejime

ulaşmaktadır. En büyük avantajı düşük bütçede ekoloji uzmanlığı gerektirmeden kolay uygulanabilir olmasıdır.

### **2.1.1 Tenant (Montana) Metodu**

Montana metodu yaygın olarak kullanılan bir metottur (Köle, 2015). 6 aylık 2 periyot halinde yıllık akış incelenir. Orijinal Tenant yöntemine göre su yılının ilk 6 ayı (Nisan-Eylül) yağışlı ve su yılının ikinci yarısı (Ekim-Mart) kurak dönemlerdir. Tenant isimli bilim adamı 1976 yılında Montana nehrinde yaptığı çalışmada yıllık ortalama akımın %10unu en düşük akım olarak belirlemiştir. Ülkemizde kurak dönem için yıllık ortalama akımın % 20 si ıslak dönem için %15 i çevresel akış olarak belirlenmiştir. Fakat balıkçılık açısından yüksek ekonomik önem arz eden akarsularda bu oran %40 - %60 arasındadır (Ateş, 2013).

Modifiye Tenant yöntemi ise orijinal Tenant yöntemine göre su yılına göre oluşturulan kurak ve ıslak dönem periyotları farklıdır. Orijinal Tenant yöntemi ortalama ve medyan akıma göre değerlendirilir. Ortalama akışa göre modifiye Tenant yönteminde uzun yıllara ait aylık ortalama akış belirlenir ve yıllık ortalama akış belirlenir. Bu değerler grafiğe aktarılır ve yıllık ortalama akışın üstünde kalan aylar ıslak dönem, altında kalan aylar kurak dönem olarak belirlenir. Belirlenen kurak dönemin ortalamasının %20 si, ıslak dönemin ise ortalamasının %15i çevresel akış debisi olarak değerlendirilir. Medyan akıma göre modifiye Tenant yönteminde; yine aynı şekilde uzun yıllara ait aylık ortalama akış belirlenir ve daha sonra medyan akış belirlenir. Bu değerler grafiğe aktarılır ve medyan akışın altında kalan aylar kurak dönem üstünde kalan aylar ise ıslak dönem olarak belirlenir. Belirlenen kurak dönemin ortalamasının %20 si, belirlenen ıslak dönemin ortalamasının %15 i çevresel akış debisi olarak belirlenir. (Ateş, 2013)

### **2.1.2 Q<sub>95</sub> Yöntemi**

Q<sub>95</sub> zamanın %95 ve üzerinde nehirde bulunan akım olarak tanımlanır. Yani uzun yıllara ait günlük akış verileri büyük değerden küçük değere doğru sıralanır ve daha sonra zamanın % 95 ine karşılık gelen değer okunur ve bu değerin anlamı zamanın % 95 inde nehirde bu kadar debinin bulunduğuudur (Ateş, 2013). Q<sub>95</sub> metodu uygulanması için hidrolojik verilerin yanı sıra ekolojik veriye de ihtiyaç duyur.

### **2.1.3 7Q10 Yöntemi**

7Q10 yönteminde günlük akış verileri kullanılarak 10 yıllık periyotta ki düşük akış olarak tanımlanır. 10 yıllık en düşük art arda gelen 7 günlük debilerin ortalaması alınır. Veri seti oluşur. Ve ortalama akışlardan minimumu belirlenir. Belirlenen minimum akışların ortalaması alınır ve bazı parametreler kullanılarak matematiksel olarak hesaplanır. Bu parametreler; basıklık katsayı, standart sapma, sıklık faktörüdür. Bu yöntem kurak durumlardaki su ortamındaki canlılığın devamı durumunda kullanılır (Ateş, 2013).

## 2.2 Hidrolik Metotlar

Nehirlerde seçilen kesitte genişlik, derinlik, hız, ıslak çevre gibi parametrelerin ölçülmesi işlemine dayanmaktadır. Seçilen bu kesit habitatı temsil eden önemli bir göstergedir. ve akiştaki değişiklik durumunda habitat da meydana gelen değişiklik ile bir değerlendirme yapılır ve hidrolojik metotlar ekolojik verileri de içerir. Bu nedenle sadece hidroloji verilerine dayalı yöntemlere göre avantajlıdır. Yaygın olarak kullanılanı ıslak çevre metodudur.

### 2.2.1 Islak Çevre Metodu

Islak çevre metodunda akarsuyun mansabındaki minimum su derinliği ve akım hızı ihtiyaçları akarsu kesitin temsil ediciliğidir ve bu kritik kesitte debi ile ıslak çevre arasındaki ilişki incelenmesine dayanan bir metot tur.

Islak çevre metodu hesaplamaları manning eşitliğine dayanmaktadır.

$$Q = \frac{1}{n} x A x R^{2/3} x S^{1/2}$$

Burada; A=kesit alanı ( $m^2$ ), Q=debi ( $m^3/s$ ), n=pürüzlülük katsayısı, R=hidrolik yarıçap, S=eğim

$$R = \frac{A}{P} \rightarrow P = \text{Islak çevre olarak gösterilmektedir.}$$

Farklı akım derinliklerine karşılık gelen debi ve ıslak çevre belirlenir. Islak çevre değeri maksimum ıslak çevre değerine bölünerek  $P_b = P/P_{max}$  değeri hesaplanır, debi ise maksimum debiye bölünerek boyutsuz  $Q_b = Q/Q_{max}$  değeri hesaplanır. Bu şekilde debi ve ıslak çevre değerleri boyutsuz hale getirilmiş olur. Değerleri grafiğe aktararak  $P_b - Q_b$  grafiği çizilir. Bu grafiğin kırılma noktasına karşılık gelen debi değeri minimum çevresel akış değeridir. Kırılma noktası ise grafikte eğrinin eğiminin 1'e en yakın olduğu nokta olarak belirlenir (Ateş, 2013).

## 2.3 Habitat Modellemesine Dayanan Metotlar

Habitat Modellemesi ile çevresel akış, nehir habitatında ki canlıların yaşamalarını devam ettirebilecekleri akım olarak belirlenmesini amaçlar. Bu metot hidrolik metotların geliştirmiştir ve habitat modelleri ekolojik ihtiyaçları da göz önünde bulundururlar. Bu nedenle habitat modellemesine dayanan metotların bilimsel olarak kabul edilebilirliği yüksektir. Akış, derinlik, eğim, hız, gibi hidrolik parametreler kullanılarak modellenmektedir. Bu metotta; belirlenen hedef canlılar için habitat - debi eğrisi oluşturulur. Oluşturulan bu eğriden optimum akış tahmin edilir ve bu akış çevresel akış olarak belirlenir. (Akarcı, 2013)

### 2.3.1 Habitat Analiz Metotları

Bu yöntemler farklı türdeki habitatlar için gerekli akış miktarını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Habitat Analiz Metotları ilk olarak Avustralya'da geliştirilen bu metod akarsudaki çevresel akışı belirlemek için kullanılmıştır (Okumuş, 2011).

Bu yöntemde ilk olarak habitat tipleri belirlenir ve her bir habitat için farklı akışlardaki ekolojik ihtiyaçlar belirlenir. Daha sonra belirlenen bu ihtiyaçları sağlayabilecek akış belirlenir. Son olarak ta bu akışların verimliği ile ilgili izleme stratejileri oluşturulur.

## **2.4 Bütüncül Metotlar**

Bütünsel yöntemler akıştan etkilenen tüm canlı türlerini ile birlikte kuraklık, sel gibi hidrolojik rejime bağlı tüm süreçleri de ele almaktadır. Nehir ekosisteminin bütün hidrolojik ve ekolojik özelliklerinin arasındaki ilişkinin anlaşılmasını sağlar. (Okumuş, 2011).

Yaygın olarak kullanılan bütünsel metot Bina Blok Modeli (BBM) dir. Bu model Güney Afrika'da geliştirilmiştir. Bu metot farklı alanlardan uzman katılımlına ihtiyaç duyar.

DRIFT (Downstream Response to Imposed Flow Transformation) ise BBM den geliştirilmiştir. Biyofiziksel, sosyolojik, senaryo geliştirme ve ekonomik olan 4 modelden oluşur. İnteraktif BBM ve DRIFT metotları diğer çevresel akış yöntemlerine göre daha yenilikçi özellikleri vardır. Bu özellikler arasında en yenilikçi olan sosyoekonomik model içermesidir (Akarca, 2013).

DRIFT ve BBM yöntemleri ve bunların dışında bir çok bütüncül metotlarda hidrolik verileri ulaşabilmek için hidrolog, su mühendisi gibi uzmanlara ihtiyaç duyarlar. Ayrıca sosyo-ekonomi uzmanı ve su kalitesi uzmanı ihtiyaç duyulur.

Bu metotlar bütün ekosistemi değerlendirdiği için ve farklı disiplinlerdeki uzmanlarla birlikte çalışılarak tecrübelerinden ortak olarak yararlanılarak daha güvenli ve sağlıklı sonuçlar ortaya koyabileceği için son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Okumuş, 2011).

## **3. ARAŞTIRMA BULGULARI**

Hidrolojik metotlar belirli bir bölge için geliştirilir ve başka bir bölgeye uygulanabileceğine dair kanıt bulunmamaktadır fakat başka bir bölgede uygulanacağında o bölgeye özel şartlar dikkate alınmadığı için hızlı bir metot tur (Okumuş, 2011). Yalnızca akış verisine ihtiyaç duyulduğu için disiplinler arası bir uzman kadroya ihtiyaç yoktur ve düşük maliyetli olarak hesaplama yapılmış olmaktadır. Hidrolik metotlar hızlı, basit ve balıkların üremelerine uygun habitatların ihtiyaçlarını da değerlendирerek uygulanan metot tur. Ekolojik verileri içermesi avantaj olarak kabul edilmektedir fakat bu ekolojik verileri toplamak uzun zaman alması ise bir dezavantajıdır. Ayrıca, bazı belli bir takım hidrolik parametreleri dikkate alması, sadece seçilen belli bir kesite uygulanması ve yalnızca akarsudaki biyolojik yapının göz önüne alınması gibi dezavantajları vardır (Tablo 1).

Habitat modellemesine dayalı metotlar hidrolojik verilerle birlikte hidrolik ve biyolojik verilere göre hesaplanması, bununla birlikte birden çok kesit seçilerek belirlenmesi avantaj olarak kabul edilir ancak ekolojik verilerin toplanması maliyetlidir bu da dezavantajıdır. Hidrolik mühendisleri, hidrologlar, ekoloji uzmanları gibi disiplinler arası uzmanlara ihtiyaç duyarlar (Akarca, 2013).

Tablo 1: Çevresel akış metodlarının karşılaştırılması

	<b>Hidrolojik Metot</b>	<b>Hidrolik Metot</b>	<b>Habitat Metodu</b>	<b>Bütünsel Metot</b>
Avantajları	Kolay uygulanabilir, hızlıdır, az veriye ihtiyaç vardır	Hızlı, basit habitat ihtiyaçlarını da değerlendirerek uygulanan metot,	Aşama aşama yapılması gerekenleri anlatan kılavuzu bulunur	Tüm ekosistemi değerlendiren metot tur.
Dezavantajları	Ekolojik geçerliliği olmadığı için sonuçlar kesin değildir, büyük ölçüde değiştirilmiş alanlarda uygulama zorluğu bulunmaktadır	Uzun zaman alır, Habitat yapısını ve su kalitesini dikkate almaz,	Deneyim gerektirir, canlı türlerinin belirlenmesine bağlı olması	Farklı alanlardan uzman bilgisine ihtiyaç duyulması
Hangi uzman gruplar tarafından yapılabılır?	Uzman kadroya ihtiyaç yoktur	Uzman kadroya ihtiyaç yoktur	Hidrolik mühendisleri, hidrologlar, ekoloji uzmanları ile birlikte çalışarak en iyi sonuca ulaşırlar.	Yerel su biyolojisi uzmanları
Ekonomik açıdan nasıl değerlendirilir?	Düşük maliyetli	Düşük maliyetlidir	Ekolojik verilerin toplanması yüksek maliyet gerektirir	Verilerin toplanması pahalıdır
Hangi verilere ihtiyaç duyulur?	Akış verisi	Yalnızca akarsu içindeki biyolojik veriler	En kesit araştırması, biyolojik veriler, hidrolojik veriler, hidrolik veriler	Hidrolik (akarsu enkesiti), hidrolojik, biyolojik veriler (tüm canlı türleri ve sayıları)

Bütüncül metotlar ise tüm ekosistemi belirleyen metot olması ve hidrolojik ekolojik verileri içermesi bakımından en büyük avantajlara sahiptirler. Fakat bu verilerin elde edilmesinin yüksek maliyetli olması da dezavantajıdır.

#### **4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Bu çalışmasında çevresel akış belirleme metotlarından en yaygın olarak kullanılan hidrolojik metotlar, hidrolik metotlar, habitat modellemesine dayalı metotlar, bütüncül metotlar ve hidrolojik metotlardan;  $Q_{95}$  metodu, 7Q10 ve Tennant metodu, hidrolik metotlardan; ıslak çevre metotlarının hesaplamalarına dair tüm aşamalar ve formülleri incelenmiş ve bu en yaygın olarak kullanılan 4 yöntemin karşılaştırması yapılmıştır. Hidrolojik metot olan Tennant metodu daha basit ve kolay kullanımına sahip olması nedeni ile yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu çevresel akış metotlarına baktığımızda daha basit yöntemler ve çok daha gelişmiş metotların olduğu görülmektedir. Basit metotlar tek bir konu üzerine yoğunlaşır ve sadece hidrolojik verilere göre uygulanırken, gelişmiş metotlar tüm canlı türleri için önemli olan birçok parametreyi, biyolojik verileri, bunların yanı sıra sosyoekonomik etkiler, uzman gruplar ve ilgili grupların çevresel akış belirleme sürecine katılmalarını öngörmektedir. Zamana, bütçeye, mevcut ve ulaşılabilir veri varlığına göre farklılık gösteren bu metotlardan bu faktörler varlığına göre en uygun olan yöntem uygulanmaktadır.

Habitat modellemesine dayalı metotlarda disiplinler arası uzman kadroya ihtiyaç duyulması ile daha iyi çalışmaların ortaya çıkması avantaj olarak kabul edilse de uzman kadroyu oluşturmak zor olduğu için dezavantaj olmaktadır. Hidrolojik metotlar hızlı olmaları avantaj olarak kabul edilmektedir. Fakat alana özgü bir yöntem olmadığı için yeni bir alan için yeniden kalibre edilirlerse hızlı olabilmektedir.

#### **KAYNAKLAR**

- Akarca, A., 2013, Hidroelektrik Santraller için Uygun Çevresel Akış metodolojilerinin belirlenmesi-çoruh havzası örneği, Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, fen bilimleri enstitüsü enerji ve çevre yönetimi, İstanbul, 2013.
- Ateş, H., 2013, Akarsularda Çevresel Akışın Önemi Ve Büyük menderes havzası Örneği, Çevre mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, Konya, 2013.
- Balbay, C., 2011, Hidroelektrik santral projelerinde ekosistem su ihtiyacının belirlenmesi ve türkiyedeki uygulamalar, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2011.
- Dikyar, R., Meriç, T., Akarsu Ekosistemlerinde Ekolojik Etki Analizi (Hidroelektrik Santral Hassas Alanlar Uygulamaları), T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Gürel, M., Ekdal, A., Cüceloğlu, G., 2013, Çevresel Akış, Seyhan Havzası Sektörel Su Tahsis Yapım Planı Projesi, DSİ 6. Bölge Müdürlüğü Sami Kayahan Eğitim Tesisleri, 19 Kasım 2015, Adana
- IUCN, 2004, Assesment and Provision of Environmental Flows in Mediterranean Watercourses: Concepts, Methods, and Emerging Practice.
- Köle, M., Boğazköy Baraj VE HES'inden aşağıya bırakılması gereken askari su miktarının bulunmasına yönelik bir değerlendirme: Tennant ve Akım Marmara Coğrafya Dergisi sayı: 32, İstanbul, 2015.
- Okumuş, E., 2011, Nehir Ekosistemlerinde Çevresel Akışın Belirlenmesi, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara.

## FAKÜLTE BİNALARININ ÇATILARINDAN YAĞMUR SUYU HASADI

Muhammed Kandemir,Ahmet Afşar,Selim Doğan

Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölüm, afsar\_ahmet@hotmail.com, sdogan@selcuk.edu.tr

**ÖZET:** Yağmur suyu hasadı, genel olarak yağışlardan toplanan suyun çeşitli alanlarda kullanılması esasına dayanır. Bu yöntemde göre akışa geçen suların oluklar yardımıyla toplanıp depolanması sağlanır. Çatılardan ve geçirmsiz zeminlerden elde edilen sular; evsel ihtiyaçlar veya bahçe işlerinde kullanılabilir. Bu sistemin yapılması planlanan yerin yıllık yağış miktarı esas alınarak gerekli depolama hacmi hesaplanabilir. Depolama tankı, yapılacak yere bağlı olarak yeraltı veya yer üstünde tasarlanabilir. Düşük bir bütçeye hayata geçirilecek olan bu uygulamanın evsel olarak kullanılacak sularla önemli ölçüde tasarruf sağlanması beklenmektedir.

Bu çalışmada; yağmur sularının geri kazanımı sağlanarak su tasarrufu amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yağmur suyu, Gri su, Çatıda yağmur hasadı, Su geri kazanımı

### Rainwater Harvesting from the Roof of Faculty Buildings

**Abstract:** The harvesting of rain water is based on water generally collected from the rainfall to use for various purposes. Waters obtained from roofs and waterproof surfaces can be used gray water. Annual rainfall is an indicator of a specific place in order to calculate capacity of water conservation. Water tanks can be placed on or under ground depending on the availability of location. The aim for this study is to provide water conservation in Engineering Faculty Buildings with the recovery from rainfall.

**Keywords:** Rain water, Gray water, Rainwater harvesting on roof, Water recovery

## 1.GİRİŞ

Su, içilebilirliğinin yanında bahçe sulanması ve temizlik gibi alanlarda da gerekmektedir. Kullanılabilir su kaynakları, başta hızlı nüfus artışı olmak üzere insanların suyu bilinçsiz olarak tüketmesi ve kirletmesi suyun kendi döngüsünü tamamlayamamasına yol açmaktadır. Gereksiz ve bilinçsiz su tüketimi bizi gri suyu arıtıp kullanmaya zorlamaktadır.

Evrendeki tatlı su kaynaklarının küçük bir bölümünün kullanılabilmesi ve iklim farklılıklarından doğan kuraklık hasebiyle bazı bölgelerde yoğun bir şekilde su sıkıntısı çekilmektedir. Ülkemizde de bazı bölgelerde kuraklıktan dolayı su sıkıntısı meydana gelmektedir. Bunun sonucu olarak ülkemizde su temini üzerine birçok girişimde bulunulmuştur. Yılda kişi başına düşen ortalama kullanılabilir su miktarı  $1000 - 3000 m^3$ / yıl olan ülkeler “su sıkıntısı çeken ülkeler” konumundadır (Şahin, 2011; Manioğlu, 2011).

Ülkemizde kişi başına düşen ortalama su miktarı  $1500 - 1600 m^3$ / yıl olduğundan ülkemiz “su sıkıntısı çeken ülkeler” arasında sayılmaktadır. Bu kategoride olduğumuzdan dolayı yağmur suyundan faydalananabilme su sorununu gidermek için güzel bir çözüm olacaktır.

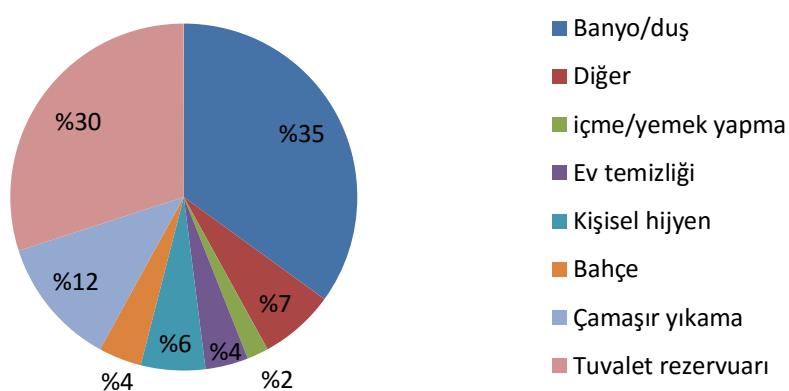
Yağmur suyunun toplanmasında en ucuz ve kolay yollardan biri “yağmur suyu hasadı” yöntemidir. Yağmur suyu hasadı yağmur sularının ve akışa geçen suların toplanıp genellikle evsel ihtiyaçlar için kullanılması olarak tanımlanabilir. Bu yöntemin ülkemizde aktif olarak kullanılması; aşırı su tüketimine çözüm umudu olmakla beraber yeraltı su seviyelerinin de fazla değişimnesinin önüne geçilecektir.

Sonuç olarak yılda kişi başına düşen su miktarını arttırarak ülkemizi “suyun yeterli olduğu bir ülke” konumuna getirmek mümkün olacaktır.

### 1.1. YAĞMUR SUYU HASADI

Yağmur suyu hasadı, akışa geçen suların toplanıp ihtiyaç doğrultusunda kullanılması olarak tanımlanır. Yağmur suyu temini başta çatılar olmak üzere, suyun akışa geçebildiği zeminlerde depolanıp kullanılabilir. Suyun harekete geçmesinde eğim önemlidir. Bu yöntem de su iletilirken kayıp kaçak değeri çok düşüktür. Depolanan su, evsel ihtiyaç için kullanılması halinde tahmini olarak yarısını karşılayabilmektedir. Toplanan su; WC rezervuarları, ağaç sulama ve temizlikte içme suyunun yerini alabilir.

### Ev Tüketiminde Kullanılan Su Dağılımı



**Şekil 1.** Ev Tüketiminde Kullanılan Su Dağılımı (Kantaroğlu, 2008)

Su depolama iki şekilde yapılabilir; suyu yeraltıda depolama veya zeminde depolama. Yer altında depolama yapılabilmesi için zeminin geçirimsiz hale getirilmesi gerekmektedir. Zeminde depolamada ise tank ve bunun türevlerinden yararlanılır. Yapılacak tanklarda genellikle betonarme veya paslanmaz çelik kullanılabilir (Kantaroğlu, 2008).



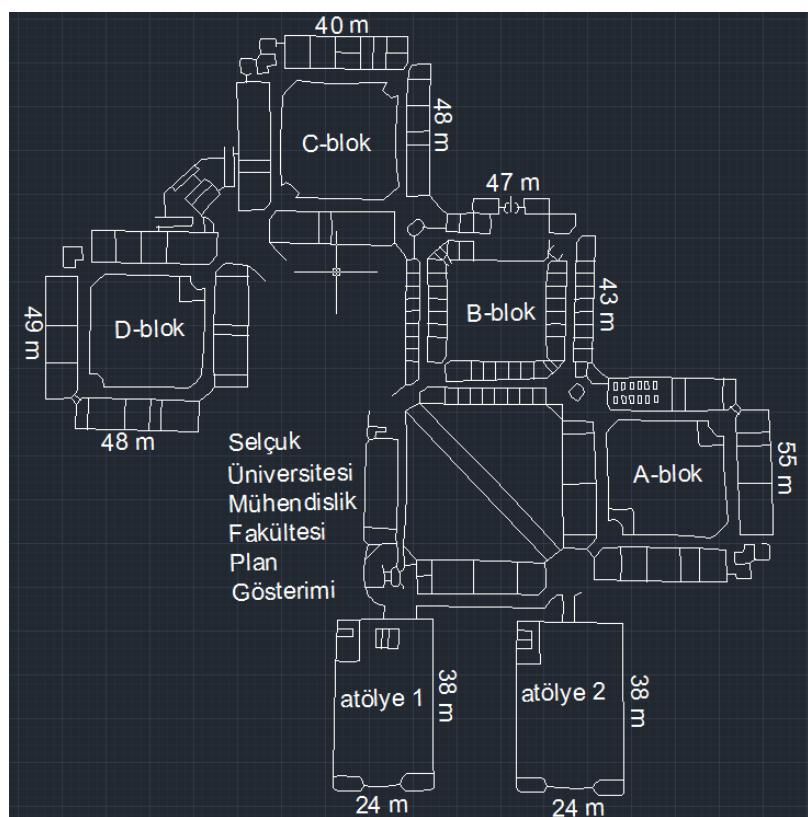
**Şekil 2.** Çatı Yüzeyinden Toplanan Su Hasadı

Bu yöntemin kurak,yarı kurak,yağış miktarının düşük veya düzensiz olduğu alanlar yani kısacası su sıkıntısının çekildiği alanlarda yapılması mantıklıdır.

Ülkemizde şimdî olmasa bile gelecekte içme suyu yönünden sıkıntı çekileceğinden,bu depolanan suyun gerekli filtrasyon ve dezenfeksiyon işlemleri yapılarak kullanılması mümkündür.

## 2. MATERİYAL VE METOT

Yağmur suyu sisteminin kurulması planlanan yer olan mühendislik fakültesinin A, B, C, D bloklarından ve fakültede bulunan iki atölyeden yağmur suyunun alınacağı öngörülmüştür.



**Şekil 3.** Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Binalarının Planı

Yukarıdaki plan gösterimine göre A blok  $1697\text{ m}^2$ , B blok  $1430\text{ m}^2$ , C blok  $1652\text{ m}^2$ , D blok  $1652\text{ m}^2$ , iki atölyenin toplam yüzey alanı ise  $1824\text{ m}^2$  olarak ölçülmüştür. Bu verilere göre toplam yüzey alanı  $8255\text{ m}^2$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 1.** Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Akış Değerleri (mm) (1950 - 2015)

Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
35.8	27.9	28	32	43.5	24.8	6.5	5.3	11.7	30	31.9	41.3	318.7

Konya ili metrekareye düşen ortalama akış miktarı  $318.7 \text{ mm}$  ( $318.7 \text{ L/m}^2$ ) olarak ölçülmüştür. Bu veriler doğrultusunda mühendislik fakültesi çatılarının kapladığı alana düşen yağış miktarı;

$$V_T = P_X \times A$$

$V_T$ :Toplam su hacmi

$P_X$ :Yıllık yağış miktarı

A:Çatı metrekaresi

$$318.7 \frac{\text{L}}{\text{m}^2} \times 8255 \text{ m}^2 = 2630868.5 \text{ L} \approx 2631 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

Düşen bu yağışın %85 inin depoya ulaştığı varsayılırsa;

$$2631 \times 0.85 \approx 2237 \text{ m}^3 \text{ su tankımızda depolanabilir.}$$

Depo Hesabı:

Depo hacmi hesabı, maximum yağışın olduğu art arda gelen iki ay (Aralık-Ocak) düşünülerek yapılmıştır.

Aralık ayı:41.3 mm

Ocak ayı:35.8 mm

Toplam: 77.1 mm

$$V_{DEPO} = P_X \times A$$

$V_{DEPO}$ : Depo hacmi

$P_X$ : (Aralık ayı+Ocak ayı) yağış miktarı

A: Çatı metrekaresi

$$77.1 \frac{\text{L}}{\text{m}^2} \times 8255 \text{ m}^2 \approx 637 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

Toplanan bu suyun %85 inin depoya ulaştığı varsayılırsa;

%85'i için yaklaşık  $545 \text{ m}^3$  depo hacmi gerekmektedir.

Tank Tasarımı:

İki adet silindir tank yatay şekilde tasarlanacaktır.

$$V_{TANK} = \pi r^2 L$$

$V_{TANK}$  :Tank hacmi

r:Tankın yarıçapı

L:tankın uzunluğu

$r = 3 \text{ m}$ ,  $L = 10 \text{ m}$  alınarak ihtiyacımız olan tank hacmi bulunmuştur.

Ayrıca Mühendislik Fakültesi nüfusu yaklaşık 8500 kişi olarak belirlenmiştir.

WC için kişi başına düşen günlük su sarfiyatı ortalama  $1.5 \text{ L/kişi}$  olarak kabul edilmiştir.

Kişi Sayısına Göre WC de Kullanılacak Su Miktarı:

$$8500 \text{ kişi} \times 1.5 \text{ L/kişi.gün} \approx 12750 \text{ L} = 12.75 \text{ m}^3/\text{gün} = 4653.75 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

Depoda toplanan su/Kullanılacak su miktarı= $2237/4653.75 = 0.48 \text{ yıl} \approx 175 \text{ gün}$

### 3. SONUÇ

Bu çalışmada; yağmur suyu hasadıyla ilgili bilgiler toplanmış, sistem için gerekli materyal ve şartlar incelenmiştir.Depoda toplanan suyuuzun 175 gün boyunca tuvalet sifonlarında

kullanılabileceği saptanmıştır.Yapılan hesaplamlardan yola çıkarak bu sistemin çok avantajlı bir sistem olduğu görülmüştür.Su sıkıntısının çekildiği ve su temininin büyük maliyetlere yol açtığı günümüzde,bu ve bunun gibi hem ucuz hem de pratik sistemler yaygınlaştırılmalıdır.Bu sistemler yaygınlaştıkça hem doğadan daha fazla verim elde edilecek, hem de içme suyu rezervuarlarımız boş'a harcanmış olmayacağındır.

#### **4. KAYNAKLAR**

Kantaroğlu, Ö.,2008 , IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, *Yağmur Suyu Hasadi Plan Ve Hesaplama Prensipleri*, [http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/d002865fbe0e7b2\\_ek.pdf](http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/d002865fbe0e7b2_ek.pdf) [Erişim Tarihi: 10 Nisan 2016].

Şahin, N., Manioğlu, G.,2011 , Tesisat Mühendisliği - Sayı 125 - Eylül/Ekim 2011, *Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması*, [http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/d69c440bef8881\\_ek.pdf](http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/d69c440bef8881_ek.pdf) [Erişim Tarihi: 10 Nisan 2016].

<http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KONYA> [Erişim Tarihi: 5 Nisan 2016].

[http://leed.xn--sertifikas-6ub.com/binalarda\\_yagmur\\_suyunun\\_kullanilmasi](http://leed.xn--sertifikas-6ub.com/binalarda_yagmur_suyunun_kullanilmasi) [Erişim Tarihi: 1 Nisan 2016].

[https://www.google.com.tr/search?q=YA%C4%9EMUR+SUYU+HASADI&biw=1745&bih=863&source=lnms&tbo=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiXoJSWtdnMAhXLXBQKHbm3CFUQ\\_AUIBigB#tbo=isch&q=ya%C4%9Fmur+suyu+EVSEL&imgrc=\\_](https://www.google.com.tr/search?q=YA%C4%9EMUR+SUYU+HASADI&biw=1745&bih=863&source=lnms&tbo=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiXoJSWtdnMAhXLXBQKHbm3CFUQ_AUIBigB#tbo=isch&q=ya%C4%9Fmur+suyu+EVSEL&imgrc=_) [Erişim Tarihi: 10 Nisan 2016].

<http://www.harvestingrainwater.com/rainwater-harvesting-infources/> [Erişim Tarihi: 15 Nisan 2016].

<http://permakulturplatformu.org/su-2/su-hasadi-ve-su-tutma-yontemleri/> [Erişim Tarihi: 15 Nisan 2016].

<http://etrim.blogspot.com.tr/2010/01/yagmur-suyu-toplama.html> [Erişim Tarihi: 15 Nisan 2016].

## AFGANİSTAN'IN ÇEVRE PROBLEMLERİ

Habibullah Rafea, Nasir Ahmad Ahmadi, Gool Mohammad Ebrahimi, Selim Dogan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, selim@selimdogan.com*

**ÖZET:** Son otuz yıldan beri iç çatışmalar, kuraklık ve küresel iklim değişikliği Afganistan'da büyük sorunlara yol açmaktadır. Köylerde yaşayan çiftçiler susuzluktan dolayı şehirlere göç etmek zorunda kaldılar, bu durum büyük şehirlerin nüfus artışına, dolayısıyla da kapasitesine aşırı yeni sorunlara neden olmuştur, özellikle Kabil'deki yaşayanlar için içme suya erişmesi en büyük problemlerden sayılır. Kabil nüfusun sadece %20'si devlet tarafından temin edilen şebeke suyu kullanılmaktadır geri kalımı ise genelde özel veya kamuya ait kuyulardan faydalananlardır. 2014 yılında halka yapılmış bir ankete göre de toplumun işsizlik ve elektrik problemlerinin yanı sıra çoğu sağlıklı olmayan içme sudan şikayet etmektedirler, çünkü şehirlerde kuyulardan elde edilen suları bazen dezenfeksiyon bile yapılmadan kullanırlar onun için bu suların temiz olmadığından şüphe duymaktadır, analizlere göre bu sular önemli miktarda organik, inorganik ve koliform kirliliği içermektedir, bunun nedeni uygun olmayan atıksu bertarafı bilinmektedir. Bu problemlere başa çıkabilmek için büyük şehirlerde kısa vadeli projelerin özellikle ayrıksu kanalizasyon yaptırılması, yüzeysel ve yeraltı suya zarar vermeyecek şekilde uygun olarak bertaraf edilmesine öncelik verilmektedir. Köylerde ise insanların hayvanlar ve tarımsal amaçlı kullanılan içme suyu kaynağında birlikte kullandığı için bu durum halkın sağlığını kötü yönde etkilemektedir, hiç su kaynağı olmayan veya su kaynağı uzak olduğundan su sıkıntısı çeken köyler de vardır. Bu sorunun çözümü için köylerde su kuyuları kazmak ve su elde etmek uygun bir çözüm yolu görmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Su Temini, Atıksu Arıtımı, Kanalizasyon Sistemi

## Environmental Issues in Afghanistan

**Abstract:** In last three decades civilian war, global climate change and drought are caused the different problem in the rural and urban life in Afghanistan, in the village famers cannot subsist, they forced to immigrate from village to cities, mostly cities in Afghanistan is to crowd then upper limit capacity. It is well known that access to safe water is very big problem in most cities in Afghanistan especially capital Kabul, Herat, Mazar-Sharif and Kandahar. There is an idiom between Afghan people "May Kabul be without gold rather than without snow", only 13 % of Afghan people have access to safe water. Piped water serve just %20 of Kabul residences the rest part supply their needs by using Shallow wells hand pump system, springs, karez (aqueduct) systems and sharing of stream water with livestock, these sources contain many organic and inorganic contaminants. Because most of them don not apply at less a simple disinfection, even if they do just a disinfection is not sufficient to ensure the hygiene. In the other hand enforce adequate wastewater treatment system for the improvement of human health it has been regarded as an effective method. However, this method requires more power and cost. The right way to solve the problem is to make decentralized sewage network. Most village in Afghanistan using shared streams water (Animals, household and irrigation) purpose, so the solution is digging public wells (hand pump wells) because the groundwater in the rural area is not polluted it is available after a simple disinfection.

**Keywords:** Drinking water supply, Wastewater treatment, Sewer system

## **AFGANİSTAN'DA KURAKLIK, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ, KARIŞIKLIK VE GÖC**

Said Ali Sina Azarm, Mohammad Abobakar Himat, Selim Dogan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Selcuk University, Engineering Faculty, Department of Environmental Engineering  
aliazarm123@gmail.com, abobakar.himat@gmail.com, selim@selimdogan.com*

**ÖZET:** Afganistan kurak ve yarı kurak, coğrafi bir bölgede yer almaktadır ve Afganistan'daki çoğu bölgeler su sıkıntısı ile karşı karşıya kalmaktadır. Afganistan bir tarım ülkesidir, 1990 yılında Afgan hükümeti tarafından yapılan tahminlere göre halkın %80'i tarımlarda çalışmakta ve halkın %60'ı yaşamını sürdürmek için zirai ürünlere bağlı olduğundan dolayı su ve iklim şartları Afganistan'ın ekonomik durumunda direk olarak etki etmektedir. İklim değişikliği, kuraklık ve iç çatışmalar sonucu çıkan sorunlardan dolayı büyük göçler meydana gelmektedir. Kırsal alanlardaki ekonominin kötü olması nedeniyle oradaki halk işsizlikle karşı karşıya kalmakta ve yoksulluk seviyesi artmaktadır. Bundan dolayı ise çoğu aileler göç etmek zorunda kalmaktadır. 30 yıldan beri devam etmekte olan çatışma, emniyetsizlik, çevresel tehlikeler, kuraklık ve yoksulluk göçmenliğin nedenleri arasında yer alıyor. Coğrafi, sosyal ve kültürel yakınılık nedeniyle Afgan mültecilerin başlıca gidebilecekleri yerler arasında Pakistan ve İran yer almaktadır. Bu çalışmada Afganistan'daki kuraklık ve göçmenlik arasındaki karmaşık ilişkiler incelenmiştir. Buna ek olarak, Afganistan ile ilgili bilgiler, iklim değişikliği, kuraklık, iç çatışma, göçmenlik ve son yıllarda kuraklığın olumsuz etkileri vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kuraklık, İklim Değişikliği, Göç, Çevre.

### **Drought, Climate Change, Conflict and Migration in Afghanistan**

**Abstract:** Afghanistan is located in arid and semi-arid geographical region and receives an average rainfall of only 255 mm per year equivalent to one third of the world's average. Therefore, many parts of Afghanistan suffer from extreme water shortage conditions. Drought as a natural disaster occurring frequently from thousands of years ago has caused severe economic, political and social damages. Water and climatic conditions have played a direct role in the deterioration of Afghanistan's economic conditions; major tribal migrations are due to this devastating phenomenon. Historically Afghanistan has been a country of trade between the East and the West and a key location on the Silk Road trade route. For this reason, migration and mobility has always been an integral part of Afghans living and livelihood. Many families have migrated to cities, the capital (Kabul), and further to Iran and Pakistan. This paper assesses the complicated connections between drought and migration in Afghanistan. In this study in addition to defining drought, information related to Afghanistan, climate change , conflict and migration has been submitted and drought impacts during the recent decade has been highlighted. The negative impacts of drought, Climate Change, Conflict and Migration of Afghanistan have also been presented.

**Keywords:** Drought, Climate Change, Migration, Environment.

## **TÜRKİYEDEKİ SURIYELİ MÜLTECİ KAMP ALANININ ÇEVRESEL AÇIDAN İNCELENMESİ**

Şehide Güneş Keleş, İmren Karabulut, Selim Doğan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *selim@SelimDogan.com*

**ÖZET:** Savaşlar, ekonomik ve sosyal olaylar insanların yaşamalarını devam ettirebilmeleri için zorunlu olarak göç etmelerine sebep olmuştur. Yaklaşık olarak 5 milyon Suriyeli mülteci Türkiye, Lübnan, Ürdün, Mısır, Irak ve Kuzey Afrika'ya yerleşmiştir.

Bu çalışmada; Türkiye'deki kamplar nitelik ve nicelik olarak incelenmiştir. Suriyeli mültecilerin diğer ülkelerde ve Türkiye'de bulunan kamp alanlarındaki yaşam şartları çevresel olarak ele alınarak, altyapı çalışmalarının ne seviyede olduğu, içme suyu dezenfeksiyonu ve kalitesi, kanalizasyon sistemi ve katı atık bertarafının nasıl gerçekleştirildiği incelenmiştir.

Bu çalışma kapsamında; Şanlıurfa'da bulunan Harran kamp alanı çevresel olarak ele alınarak, kamp alanının kurulum aşamaları ile kişi başına düşecek olan içme suyu ihtiyacı, atıksu ve katı atık oluşum miktarları belirlenmiştir. Sonuç olarak, ülkemizde bulunan kamp alanları ve yaşam standartlarıyla diğer ülkelerde bulunan kamp alanlarının küçük bir karşılaştırması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Suriyeli mülteci kampı, Çevresel Unsurlar, Atıksu

### **Investigation of Environmental Aspects in Syrian Refugee Camp in Turkey**

**Abstract:** Wars, economic and social events enforce people to migrate, so, they can continue to live. There are approximately 5 million Syrian refugees in Turkey, Lebanon, Jordan, Egypt, Iraq and North Africa.

In this study; refugee camps in Turkey are qualitatively and quantitatively examined. Living conditions and environmental aspects in camps in both Turkey and other countries are investigated. In this respect; the condition of the infrastructures, disinfection of drinking water, water quality, sewage system and solid waste collection system were investigated.

Environmental aspects of Harran camp in Sanliurfa was examined. Some calculations were made such as per capita water demand, wastewater and solid waste.

**Keywords:** Syrian refugee camp, Environmental aspects, Wastewater

### **1. GİRİŞ**

Sosyal ve ekonomik olaylar sonucu başka ülkelere yerleşen kişilere mülteci denmektedir, başka bir tanımda ise "Mülteci veya sığınmacı: dini ve milleti belirli bir toplumsal gruba üyeliği veya siyasi düşünceleri nedeniyle zulüm gören veya geleceği korkusu ve endişesi taşıyan, bu sebeple ülkesinden ayrılan/ayrılmak zorunda bırakılan ve korkusu nedeniyle geri dönemeyen veya dönmemek istemeyen, daha önce yaşadığı ülke tarafından endişeleri haklı bulunan kişi" olarak tanımlanmaktadır. BM ise Mültecilerin Statüsüne İlişkin 1951 Sözleşmesi'ne göre mülteci "Irkı, dini, milliyeti, belli bir sosyal gruba mensubiyeti veya siyasi düşünceleri nedeniyle zulüm geleceği konusunda haklı bir korku taşıyan ve bu yüzden ülkesinden ayrılan ve korkusu nedeniyle geri dönemeyen veya korkusundan dolay dönmemek istemeyen yabancıdır".

## 1.1. Dünyadaki ve Türkiye'deki Suriyeli Mültecilerin Dağılımı

Türkiye, Irak, Lübnan, Ürdün, Mısır, Kuzey Afrika yaklaşık olarak 4.835.187 yakın kayıtlı mülteci yaşadığı belirtilmektedir. Bu mültecilerin ülkelere göre dağılımına baktığımızda Türkiye 2.749.240 mülteciye ev sahipliği etmektedir. Ülkemiz hem kamplardaki misafirlerimizin hem de Suriye'deki yaşam mücadelesi veren komşularımızın hayatlarını sürdürürlebilmesi için olağanüstü bir çaba göstermektedir. Türkiye'deki kamplarımız BM standartlarının çok üstü bir hayat kalitesi sunmaktadır. Suriye ile güclü tarihi ve komşuluk bağları olan Türkiye, toplu göç hareketlerinin başladığı tarihten itibaren krizden etkilenen Suriye vatandaşları için “açık kapı politikası” izlemiş ve dört yıl içerisinde %44'lük kabul oranı ile Suriye'ye komşu ülkeler arasında en fazla Suriyeli sığınmacıyı ağırlayan ülke durumuna gelmiştir. 911 km kara sınırımız olan Suriye ile yaya geçişlerini engelleyen çok önemli jeomorfolojik engel bulunmamaktadır. Yaya geçişlerini engelleyen akarsu, derin vadiler ve dağlık küteler gibi önemli su ormanları yoktur. Dolayısıyla sınırın hemen hemen her yerinden kaçak geçişlerin rahatlıkla olduğu kayıt dışı Suriyelilerin ülkemize dağıtıldığı belirtilmektedir. Bunun dışında en fazla Suriyeli mülteci Lübnan, Ürdün Irak, Mısır, Kuzey Afrika nüfus yoğunluğuna göre bu sıralamadadır. Lübnan:1.048.275 Ürdün:642.868 Irak:246.123 Mısır:119.665 Kuzey Afrika:29.116

## 2. MATERYEL VE METOT

Türkiye'de 10 ilde 26 kamp bulunmaktadır. Kamplar çadır kent ve konteynerkentten oluşmaktadır. Türkiye'de toplam 277.542 mülteci barındırır. Kamplarla ilgili veriler Tablo 1'de verilmiştir. Kampların coğrafi olarak dağılımı da Harita 1'de gösterilmektedir.



**Harita 1 :** Türkiye'deki kampların dağılımı

Tablo 1 : Türkiye'deki kamplar ve bu kamplardaki mülteci sayısı gösterimi

İL	HARİTADAKİ NUMARASI	MERKEZİ	BARINMA TİPİ	MÜLTECİ SAYISI	MEVCUT
HATAY	1	Altınözü 1 Çadır kenti	263 bölge	1.375 Suriyeli	18.435
	2	Altınözü 2 Çadır kenti	622 çadır	3.094 Suriyeli	
	3	Yayladağı 1 çadır kenti	236 çadır	2.746 Suriyeli	
	4	Yayladağı 2 çadır kenti	510 çadır	3.369 Suriyeli	
	5	Apaydın konteynerkenti	1.181 konteyner	5.089 Suriyeli	
	6	Güveççi Çadır kenti	1000 çadır	2.762 Suriyeli	
GAZİANTEP	10	İslahiye 1 Çadır kenti	1.898 çadır	8.048 Suriyeli	48.772
	11	İslahiye 2 Çadır kenti	2.364 bölge	9.816 Suriyeli	
	9	Karkamış çadır kent	1.686 çadır	8.410 Iraklı	
	7	Nizip 1 çadır kenti	1.858 çadır	7.198 Suriyeli	
	8	Nizip 2 konteynerkenti	938 konteyner	10.482 Suriyeli	
ŞANLIURFA	17	Ceylanpinar Çadır kenti	4.771 çadır	4.818 Suriyeli	107.958
	15	Akçakale Çadır kenti	5.000 çadır	29.830 Suriyeli	
	18	Harran Konteynerkenti	2.000 konteyner	13.942 Suriyeli	
	16	Viranşehir Çadır kenti	4.100 çadır	17.777 Suriyeli	
	14	Suruç Çadır kenti	7.000 çadır	24.682 Suriyeli	
KİLİS	12	Öncüpınar konteynerti	2.063 konteyner	10.354 Suriyeli	33.509
	13	Elbeyli Beşeriye	3.592 konteyner	23.155 Suriyeli	
MARDİN	19	Midyat çadır kenti	1.300 çadır	3.032 Suriyeli	13.057
	20	Nusaybin çadır kenti	3.270 bölge	1.055 Iraklı	
	21	Derik çadır kenti	2.100 bölge	8.970 Suriyeli	
KAHRAMANMARAŞ	22	Merkez Çadır kent	3.684 çadır	18.450 Suriyeli	18.450
OSMANİYE	23	Cevdetiye Çadır kenti	2.012 çadır	9.358 Suriyeli	9.358
ADIYAMAN	24	Merkez Çadır kenti	2.260 çadır	9.564 Suriyeli	9.564
ADANA	25	Sarıçam Çadır kenti	2.162 çadır	10.505 Suriyeli	10.505
MALATYA	26	Beydağı konteynerkenti	2.083 konteyner	7.954 Suriyeli	7.954

## 2.1. Harran Konteynerkent Alanı

Çalışmamızda Harran kampıyla ilgili daha çok bilgiye ulaşmamız nedeniyle Harran Konteynerkentinin kamp durumunu ele aldık Harran ilçesi Kökenli Köyü Mülki İdare sınırı içinde mülkiyeti Hazineye ait “310 dönüm ( $310.000\text{m}^2$ )” alan ile ilgili olarak mahallinde etüt ve teknik değerlendirmeler yapılmıştır. Suriye sınırına yaklaşık 18 km, Harran İlçe Merkezine 18 km, Şanlıurfa İl Merkezine 34 km, Uğraklı Köyüne 1 km uzaklıkta; DSİ Kanalet Üretim Şantiyesi olarak kullanılan 3010 dönüm alan seçilmiş, 19 Ekim 2012 tarihinde konteynerkent yapımına başlanılmıştır. Yönetim, Kayıt-Kabul, Güvenlik, Sağlık, Eğitim-Kurs, Kızılıay, Lojistik, Yemek Hizmetleri, Enformasyon Hizmetleri, Yangın Hizmetleri, Temizlik-İlaçlama, Din ve Tercumanlık, Teknik, Kantin, Spor, Ulaşım Hizmetleri alanları ve donatıları da oluşturulan 2000 adet konteynerden oluşturulmuştur. Altyapı-Üstyükü TOKİ Başkanlığının proje ve ihalesi dahilinde RAD İNŞAAT A.Ş. firması tarafından yaptırılmış, Van İlinden gelen kullanılmış konteynerler ise, Şanlıurfa Valiliği AFAD – Harran Kaymakamlığı tarafından onarılmıştır. (Şanlıurfa İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü Kamiran ÇETİN Harita Kadastro Teknikeri ve Jeoloji Mühendisi tarafından alınan bilgiler)

## 2.2 Harran Kampının Çevresel Değerlendirmesi

Harran Kampı 3000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli su deposu bulunmaktadır. Arıtma tesisi kaba ızgara, ince ızgara, kum tutucu, dengeleme havuzu, 10 adet 77 m<sup>3</sup> lük reaktör(paket arıtma) ve deşarjdan oluşmaktadır. Günlük 1200 m<sup>3</sup>/gün atık su arıtılmaktadır. Tesis biyolojik arıtma proseslerine göre arıtılmaktadır. Tesiste 3 kimyasal kullanılmaktadır. Bunlar; Arıtma güçlendirici, koku giderici ve yağ gidericidir. Tesis Su kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre Yeşil alan sulama standartlarına uygun arıtım yapmaktadır. ( Resmi Gazete Tarihi: 31.12.2004 Resmi Gazete Sayısı: 25687) Katı atık depolama günlük 6000-7000 kg arasında değişmektedir. 13 m<sup>3</sup> lük hidrolik sıkıştırılmış kamyonet ile toplanmaktadır. Ambalaj atıkları da katı atık ile birlikte toplanmaktadır. İçme suyu 3 adet kuyudan temin edilmektedir. Kuyular 1,2,3 diye adlandırılmaktadır. Sadece suyun depolandığı tanka dozaj pompası ile klor verilmektedir. (Harran kampından sorumlu Çevre Mühendisi Süleyman Berk AKYOL tarafından alınan bilgi)

## 2.3. Temel Hesaplamlar

- Kişi başına günde en az 3 litre içme suyu sağlanmalıdır.
- Kişi başına günde en az 50 litre temiz su sağlanmalıdır.
- 6500kg katı atık bulunmaktadır.(Ambalaj atıklarıyla birlikte)
- Sağlık merkezlerinde hasta başına günde en az 100 litre temiz su sağlanmalıdır. Bu verilerde yararlanarak kamp alanı içerisinde kişi başına günlük oluşacak atık su, içme suyu ve katı atık miktarları bulunacaktır.

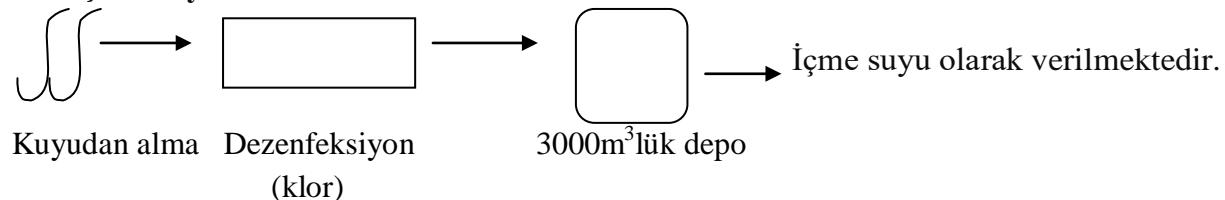
Harran konteynerkent bilgileri Tablo 2 de gösterildiği gibidir.

**Tablo 2 :** Harran Konteynerkenti hakkında genel bilgiler

HARRAN KONTEYNERKENTİ GENEL BİLGİLER	
MERKEZİN BULUNDUĞU YER	HARRAN
YAPIMA BAŞLANGIÇ TARİHİ	19.10.2013
AÇILIŞ TARİHİ	13.01.2013
YAPIM SÜRESİ	85 gün
TOPLAM ALAN	310000 m <sup>2</sup>
KORDİNATLARI	36°52'22" KP 38°55'56"DM
KONTEYNER SAYISI	2000
MAHALLE SAYISI	4
MERKEZİN KAPASİTESİ	10.000
MERKEZİN MEVCUDU	13.509
MERKEZİN DOLULUK ORANI	% 135.50
KONTEYNER BAŞINA DÜSEN KİŞİ SAYISI	7.21
YARDIM ÖDENEK MİKTARI TL	39.019.410.34
AYLIK İŞLETİM GİDERİTL	2.360.000.00
KİŞİ BAŞI GÜNLÜK İŞLETİM GİDERİTL	5.38
TOPLAM WC SAYISI	2000
GÜNLÜK POLİKİLİNK HASTA SAYISI	200

### 3. BULGU VE SONUÇLAR

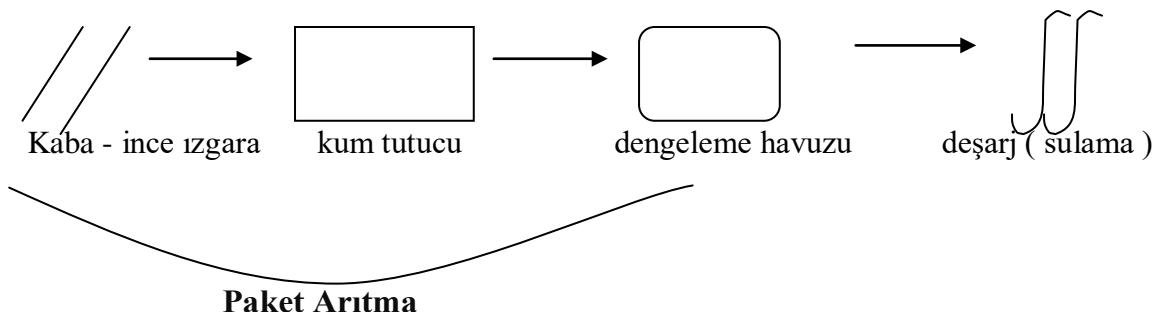
#### 3.1. İçme Suyu



İçmesuyu için arıtma tesisi mevcut değildir. Ancak en kısa akım şeması dezenfeksiyondur, bu da Harran kampında mevcuttur. Ünite ve ekipman ihtiyacı fazla olmadığından maliyet açısından avantaj sağlar. İçmesuyu 3 kuyudan sondaj yoluyla çekilir. Klor ile dezenfekte edilip klor ile biriktirilir. 1 kişi'ye günde 3L içme suyu sağlanmaktadır. Kamp alanında 13.509 kişi barındırma buradan günlük 40527 lt/gün 40.53 m<sup>3</sup>/gün içme suyu sağlanıyor. Verilen bilgilere göre Harran Kampında 3000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli su deposu bulunmaktadır. Mülteci sayısına göre de hesaplanan değer 40.53 m<sup>3</sup>/gün dür. Su deposu daha çok kişiye içme suyu sağlayabilir, yeterli durumdadır.

#### 3.2 Atıksu

Harran kampında 10 adet (4+4+2 şeklinde) 77m<sup>3</sup>luk paket arıtma sistemi kullanılmaktadır. Kapasitesi ise bir günde 2500 m<sup>3</sup>'tür.



Arıtım giderici, koku giderici, yağ giderici kimyasallar kullanılmaktadır. Kullanılmasındaki amaç ise yeşil alan sulamasında kullanılacak olmasıdır. Etraftaki konteynerkentlerine koku gibi şikayetlerin olmaması için arıtma tesisisinde koku giderici sentetik maddeler kullanılmaktadır. Paket arıtma hava Blower ile sağlanmaktadır. Dolu hal + Blower bekleme süresi 200 dk'dır. Bekleme süresi ise 60 dk'dır. Deşarj süresi 55 dk dır. Harran konteynerkentinde günde 1200-1300 m<sup>3</sup> arasında atık su çıkmaktadır. 13509 kişi bir günde yaklaşık 1.250.000 L atık su çıkarmaktadır. Arıtma tesisi kapasitesi 2.500.000 L olduğundan atık su giderim verimi yüksektir. Daha fazla atık suyu da arıtacak kapasitededir.

#### 3.3 Katı Atık

Kamptan günlük 6500 kg katı atık oluşuyor kampta 13.509 kişi bulunmakta burada günde 0.50 kg/kİŞİ katı atık oluşturmaktadır. Her gün belli saatte özel bir firma tarafından 13 m<sup>3</sup> kapasiteli çöp arabası ile çöp alımı gerçekleştirmektedir.

Hidrolik sıkıştırılmış çöp kamyonu (HSÇK) ile konteynerkentteki katı atıklar toplandığında Harran İlçesinin katı atık bertaraf alanına gönderilmektedir. Bu durumun dezavantajı mevcut olan depolama alanının yerini azaltmasıdır. Bunun yerine Harran Konteynerkentine daha yakın mesafede yeni bir katık atık depo alanı yapılabilir.

#### **4.SONUÇ VE ÖNERİLER**

Suriyeli mültecilere beş ülke misafirlilik etmektedir. Bu beş ülke içinden Türkiye kampların durumu, su alt yapısı, içme suyunun sağlanması, atık su giderimi, katı atığın toplanması, daha da çok mülteciye hizmet verecek kapasitede bulunması gibi yönlerden incelediğimizde birinci sırada yer alır. Türkiye'de resmi kamplar vardır (<https://www.afad.gov.tr/TR/Index.aspx>) fakat Lübnan'da Hükümet politikasından dolayı resmi bir kamp bulunmamaktadır. Türkiye'de kampların tüm yükü ve idaresi Türkiye üzerindedir, kimseden bir yardım almamaktadır. AFAD'ın yükümlülüğünde Suriyeli mültecilere hizmetler, her türlü sosyal faaliyetler, düzen, hijyen gibi açılardan en üst düzeyde hizmetler sunulmaktadır.

Fakat Ürdün ve Irakta var olan kamplarda Türkiye'de sunulan çoğu imkan sağlanmamaktadır. Daha düşük seviyede imkanlar sunulmaktadır. Bu yüzden Türkiye birinci sırada yer alır. Ancak imkanların iyi olmasıyla mülteci memnuniyeti arasında tam bir paralellik bulunmaktadır.

Hizmetler ve kamp koşulları ile birlikte özgürlük hissi, kuralların esnekliği kamp alanı dışında çalışma olanaklarının sağlanması gibi unsurlar memnuniyet açısından belirleyici etmendir. Bu unsurların Irak Kürt bölgesinde bulunan kamplarda öne çıktığı bilinmektedir. Mülteci sayısının artması kampların bulunduğu ülke nüfusunun artmasına da sebep olmaktadır. Bu da kişi başına düşen su miktarını azaltmaktadır. Bu durum diğer ülkelerde bulunan kamp alanları için su problemlerinin arttığını göstermektedir. Fakat Türkiye için böyle bir durum söz konusu değildir çünkü her kampın kendi kapasitesine yetecek miktarda su temin etme alt yapısı bulunmaktadır.

#### **KAYNAKLAR**

- Akgül A.,2016, *Suriye krizinin türk kamu politikalarına etkisi : pest analizi*,Artvin,  
ORSAM Rapor no:189, Nisan 2014, *Suriyeye komşu ülkelerde suriyeli mültecilerin durumu:Bulgular,Sonuçlar  
ve Öneriler*,Ankara
- ORSAM Rapor no:196,Ocak 2015,*Suriyeli Mültecilerin Türkiyeye Ekonomik etkileri:Sentetik bir  
modelleme*,Ankara
- T.C Başbakanlık Afet ve Acil durum Yönetim Başkanlığı,*Konteyner kent kurulum ve yönetim standartları,  
Aralık.2012*,Ankara
- T.C Başbakanlık Afet ve Acil durum Yönetim Başkanlığı,*Suriyeli Misafirlerimiz kardeş topraklarında*,2014
- Doster, B., 2013,*Suriye satrancındaki son dönüşümler*, cilt 5 sayı 59  
<https://www.afad.gov.tr/TR/Index.aspx>  
<http://www.unhcr.org/turkey/home.php>  
<http://www.sanliurfaafetacil.gov.tr/>  
<http://www.gaziantepafad.gov.tr/>

## **MERİÇ-ERGENE HAVZASI AKIM GÖZLEM İSTASYONLARINDA EKSİK VERİLERİN TAMAMLANMASI**

Hakan Arıdal<sup>1</sup>, Bekir Özer<sup>2</sup>, Oğuzhan Tüfekci ve Selim Doğan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Konya Büyükşehir Belediyesi*

<sup>2</sup> *Çevre ve Şehircilik Konya İl Müdürlüğü*

<sup>3</sup> *Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*

*hakanaridal@gmail.com*

**ÖZET:** Yapılan bu çalışma Meriç-Ergene Havzası içerisinde bulunan Akım Gözlem İstasyonlarının on iki aylık tüm verileri, her bir yıl için bilgisayar ortamına aktarılmış ve Akım Gözlem İstasyonlarından veri alınamayan (değersiz) yıllar için korelasyon yöntemi kullanılarak deðersiz olan her bir yıla ait veriler ay bazında hesaplanmış ve deðersiz yılların on iki aylık verileri tamamlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Meric-Ergene Havzası, Akım Değerleri, Veri Tamamlama*

### **REPLACING MISSING VALUES OF FLOW GAUGING STATION DATA IN MERIC-ERGENE BASIN**

**Abstract:** Made located in the Maritsa Basin with the operation of the current Observatory twelve months of data have been transferred to a computer for each year and Flow Monitoring Station using the correlation method for years, unable to get data from, of each missing year data month calculated on the basis and values not months to The data writing operation is completed.

**Keywords:** Meric-Ergene Basin, Flow Rate, Replacing Missing Data

## **KONYA KAPALI HAVZASINDA ÇEVRESEL AKIŞ**

Abdullah Ak, İsmail Kaveloğlu ve Selim Doğan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, sdogan@selcuk.edu.tr

**ÖZET:** Konya kapalı havzasına ait akım gözlem istasyonları üzerinde bulunan 16-015 nolu akım gözlem istasyonu (AGİ) için çeşitli hidrolojik akış hesaplama yöntemleri kullanılarak çevresel akış değerleri hesaplanmıştır. Kullanılan yöntemler; Oriijinal Tennant Yöntemi, Q<sub>95</sub> yöntemi, 7Q yöntemi ve Q<sub>b</sub> yöntemidir. Bu yöntemler ve 6 değişkenli veri tablo oluşturulmuş sonuç değerlendirilmesi yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Çevresel akış, hidrolojik yöntemler, akım gözlem istasyonu, kapalı havza.

### **Environmental Flow in Konya Closed Basin**

**Abstract:** Konya closed basin of current observation stations found in over current observation station No. 16-015 ( AGI ) environmental flow values For using various hydrologic flow calculation method were calculated. Methods used ; The original method is the method I've Q<sub>b</sub> Tennant Method, Q95 methods , 7Q methods this variable data tables to be created results Evaluation is done.

**Keywords:** Environmental flow, hydrological methods, gauging station, closed basin

## **BOYARMADDELERİN ULTRASES/TİO<sub>2</sub> PROSESİ İLE RENK GİDERİMİ**

Osman SEVER, İlhan Kocabas, Mustafa KARATAŞ, Emine BAŞTÜRK  
*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*  
*severosman@hotmail.com, ilhan508@hotmail.com, eminebasturk@hotmail.com, mkaratas33@gmail.com*

**ÖZET:** Bu çalışmada, Reaktif Kırmızı 198 ve metilen mavisi boyarmaddelerinin sonokatalitik olarak renksizleştirilmesi çalışılmıştır. TiO<sub>2</sub> dozu ve pH gibi işletim parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Sonokatalitik proses, 53 kHz frekansta, ultrasonik su banyosunda gerçekleştirilmişdir. 15 dakika temas süresinde; 0,25 g/L TiO<sub>2</sub> dozu ve pH 2 optimum şartlar olarak belirlenmiştir. Reaktif Kırmızı 198 ve metilen mavisi boyarmaddelerinin renk giderim verimleri ise % 96 ve 95'tir.

**Anahtar Kelimeler:** Boyarmadde, Ultrases/TiO<sub>2</sub> prosesi, Renk giderimi

### **The Decolorization of Dyestuffs by Ultrasound/TiO<sub>2</sub> process**

**Abstract:** In this work, the decolorization of Reactive Red 198 (RR198) and Methylene Blue (MB) by sonocatalytic processes was investigated. The effects of operating parameters, such as TiO<sub>2</sub> dosage, pH value were examined. The sono-Fenton process was performed by indirect sonication in an ultrasonic water bath, which was operated at a fixed 53-kHz frequency. The optimum conditions were determined as TiO<sub>2</sub>= 0,25 g/L, and pH 2 for 15 minutes reaction time. The RR198 and MB colour removals were 96% and 95% both dyes , respectively.

**Keywords:** Dyestuffs, Ultrasound/TiO<sub>2</sub> process,Decolorization

## **GİRİŞ**

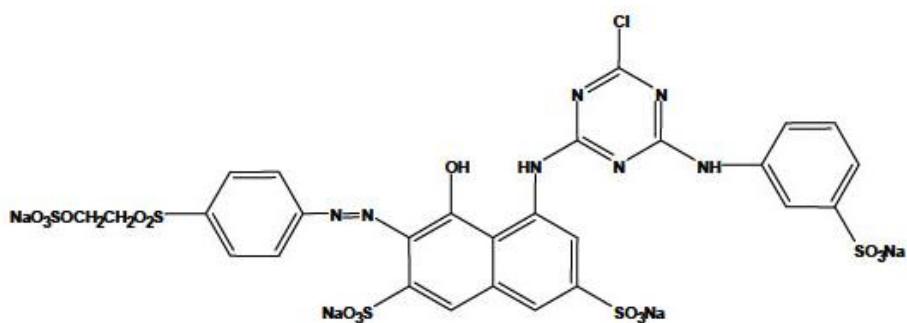
Tekstil, kâğıt ve matbaa gibi endüstrilerin atık suları sentetik boyarmaddeler içermeleri nedeni ile çevresel kirlilik oluşturmaktadır (Vandevivere ve ark., 1998). Dünyada her yıl tekstil endüstrisi kaynaklı çıkış suyunda yaklaşık 1000 ton boyacı ve boyarmadde yakın çevrede bulunan sulara atılarak işletmeden uzaklaştırılmaktadır (Özmen ve ark., 2007). Sulak alanlara karışan bu boyarmaddeler yayılmakta ve içerisinde yaşayan canlı populasyona büyük zararlar vermektedir. İlk gözle görülebilir etkisi, suyun renginde meydana gelen değişme ve buna bağlı olarak su içerisindeki fotosentez olayının durması ya da çok azalmasıdır. Ayrıca bazı boyarmaddelerin mutajenik ve/veya kanserojenik etkileri de vardır (Aksu ve Çağatay, 2006). Boyarmadde içeren atık sular genellikle, 5-1500 mg/L konsantrasyonda reaktif boyarmadde içermektedir. Bu nedenle boyarmadde ile kontamine olmuş endüstriyel çıkış sularının iyileştirilmesi, çevre sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır (Lata ve ark., 2007). Adsorpsiyon, biyosorpsiyon, koagulasyon, çöktürme,

membranfiltrasyon, solvent ekstraksiyon ve kimyasal oksidasyon olarak bilinen çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler, boyarmadde içeren atık suların iyileştirilmesinde uzun bir süredir kullanılmaktadır (Kıran ve ark., 2006; Robinson ve ark., 2002).

Bu çalışmada Reaktif Kırmızı 198 ve metilen mavisi boyasının ileri oksidasyon sistemlerinden Ultra Ses/TiO<sub>2</sub> yöntemi ile giderimi hedeflenmiştir.

## MATERİYAL VE METOT

Boyar madde derişimi 100 mg/L olarak ele alınmıştır. Çözeltinin pH'sı sodyum hidroksit (NaOH) veya hidroklorik asit (HCl) kullanılarak ayarlanmıştır. Reaktif Red 198 ve metilen mavisi boyar maddelerinin sulu çözeltisi 1g boyanın 1 litre saf su içerisinde çözülmesiyle hazırlanmıştır. Bu boyalı çözeltileri stok boyalı çözeltisi olarak kullanılmış, yapılan konsantrasyonlar bu çözeltilerden belli oranlarda alınarak saf su ile seyreltilmiştir. Reaktif Red 198 ve metilen mavisi için öncelikle bir dalga boyu taraması yapılmış (Shimadzu UV-1280) ve en yüksek absorbans değeri Reaktif Red 198 için 520 nm, Metilen mavisi için 690 nm olarak bulunmuştur. Sonraki çalışmalarında bu değer sabit tutularak ölçümler yapılmıştır. Ultra ses cihazında giderim çalışmaları 53 Khz de çalışılmıştır. Hazırlanan bu çözeltilerin absorbans değerlerinden kalibrasyon eğrisi elde edilmiş ve boyalı giderim deneylerinden elde edilen absorbans değerleri bu eğri kullanılarak konsantrasyon olarak ifade edilmiştir. Boyar maddelerin kimyasal yapıları Şekil 1 ve 2 de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Reaktif Red198'in kimyasal yapısı.



**Şekil 2.** Metilen mavisinin kimyasal yapısı.

Deneysel çalışmalar süresince kullanılan cihazlar ve özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

Isıtmalı Manyetik Karıştırıcı : Wisestir MSH-20A

Ultrases cihazı: KudosLHC\_Heating

Spektrofotometre: Shimadzu UV-1280

pHMetre : Orion marka masa üstü pH metre

Hassas Terazi:Presica marka XB 220A

Jar testi cihazı : Velp JLT6

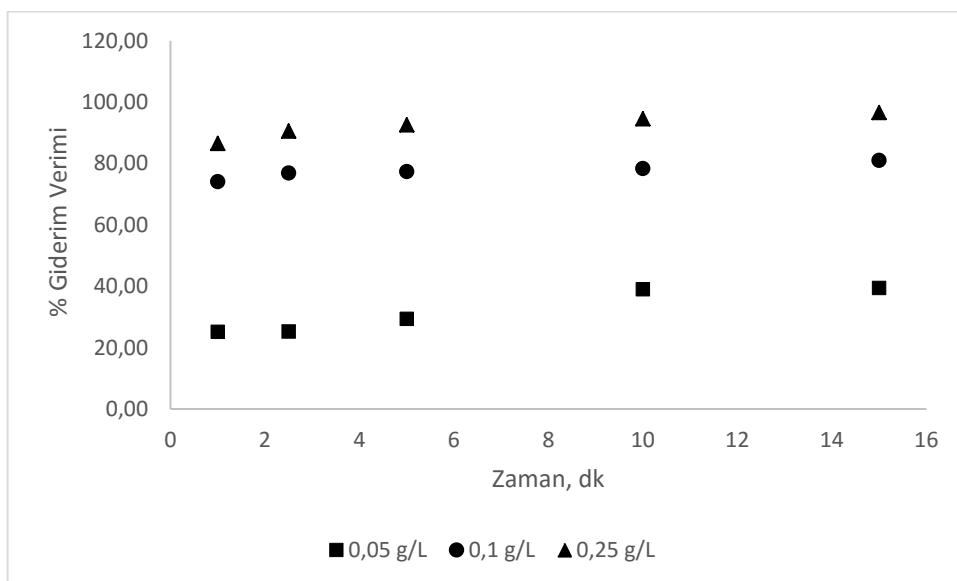
Titanyum oksitin( $\text{TiO}_2$ ) giderime etkisi araştırılırken, ilk olarak 1000 mg/L olan stok boyaya çözeltisinden 100 mg/L olacak şekilde çözelti hazırlanmıştır. İlk olarak tekil ultra ses cihazı çalışması yapılmıştır. 100 mg/L boyar madde ultra ses reaktöre verilerek 1-2,5-5-10-15-20 ve 25dk süre aralıklarında örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin 520 nm de UV spektrofotometrede okuması yapılmıştır. Daha sonra 25 mg/L, 50mg/L, 100 mg/L, 0,05 g/L, 0,10 g/L ve 0,25 g/L titanyum oksit ( $\text{TiO}_2$ ) dozlarını sağlamak için boyaya çözeltisinin içine ne kadar titanyum oksit ( $\text{TiO}_2$ ) katılacağı hesaplanmıştır. Boya çözeltisinin içine 25 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L olarak farklı derişimlerde titanyum oksit ( $\text{TiO}_2$ ) eklemesi yapıldıktan sonra jar testi cihazında 10 dk süre ile 250 rpm hızda karıştırılarak temas sağlanmış ardından çözelti filtrden geçirilerek UV spektrofotometrede okuması yapılmıştır. Hazırlanan boyar madde çözeltisine 0,05 g/L, 0,10 g/L ve 0,25 g/L olarak farklı derişimlerde titanyum oksit ( $\text{TiO}_2$ ) ilave edilerek, çözeltinin homojen olabilmesi için manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Daha sonra hazırlanan çözelti ultra ses reaktöre verilmiştir. 1-2,5-5-10 ve 15 dksüre aralıklarında örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin 520nmde UV spektrofotometrede okuması yapılmıştır. Son olarak pH'ın giderime etkisi araştırılmıştır. 100 mg/L boyar maddenin pH'ı 5,55 olarak ölçülmüştür. Farklı pH değerlerindeki çalışmaları gerçekleştirmek için çözelti pH 2 ve pH 4'e sodyum hidroksit (NaOH) ve hidroklorik asit (HCl) kullanılarak ayarlanmıştır.

## **ARAŞTIRMA BULGULARI**

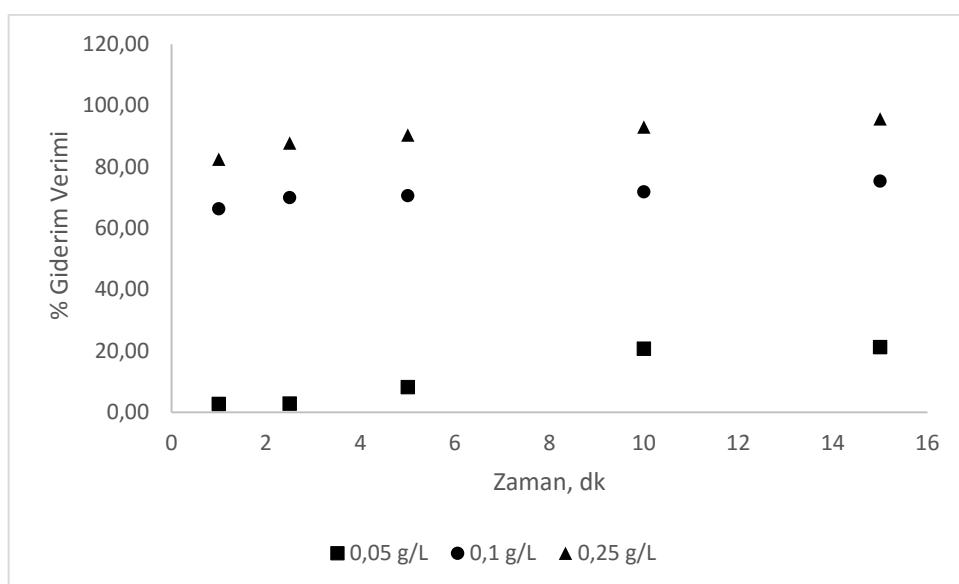
Reaktif Kırmızı198 ve Metilen Mavi boyasının bulunduğu sentetik atıksudan ileri oksidasyon yöntemlerinden US/TiO<sub>2</sub> sistemi kullanılarak renk giderimi hedeflenmiştir. Bu bağlamda öncelikle oksidasyonu sağlayacak olan titanyumdioksit dozlarının ve farklı pH değerlerinin etkisi araştırılmıştır.

Ultrasoundın etkisini artırmak amacıyla yarı iletken olan TiO<sub>2</sub> kullanımını oldukça yaygın ve etkisi fazladır (Ertugay, 2012). RR181'in ultrasonik parçalanması üzerine TiO<sub>2</sub>'nin etkisini belirlemek için 0,05, 0,1 ve 0,25 g/L dozlarında denemeler yapılmış ve Şekil 3'de görüldüğü gibi artan TiO<sub>2</sub> miktarıyla renk giderimi artmıştır. Tek başına RR181'in ultrasonik parçalanmasında %54,85'lik bir giderim verimi elde edilirken ortama 0,05, 0,1 ve 0,25 g/L TiO<sub>2</sub> ilavesi ile verimler sırasıyla %21,22, 75,3 ve 95,62'e yükselmiştir. Bunu sonucunda optimum TiO<sub>2</sub> değeri 0,25 g/L olarak seçilmiştir. Aynı şekilde MM nin Tek başına RR181'in ultrasonik parçalanmasında %44,31'lik bir giderim verimi elde edilirken ortama 0,05, 0,1 ve 0,25 g/L TiO<sub>2</sub> ilavesi ile verimler sırasıyla %39,40, 81,0 ve 96,63'e yükselmiştir. Bunu sonucunda optimum TiO<sub>2</sub> değeri 0,25 g/L olarak seçilmiştir (Şekil 4)

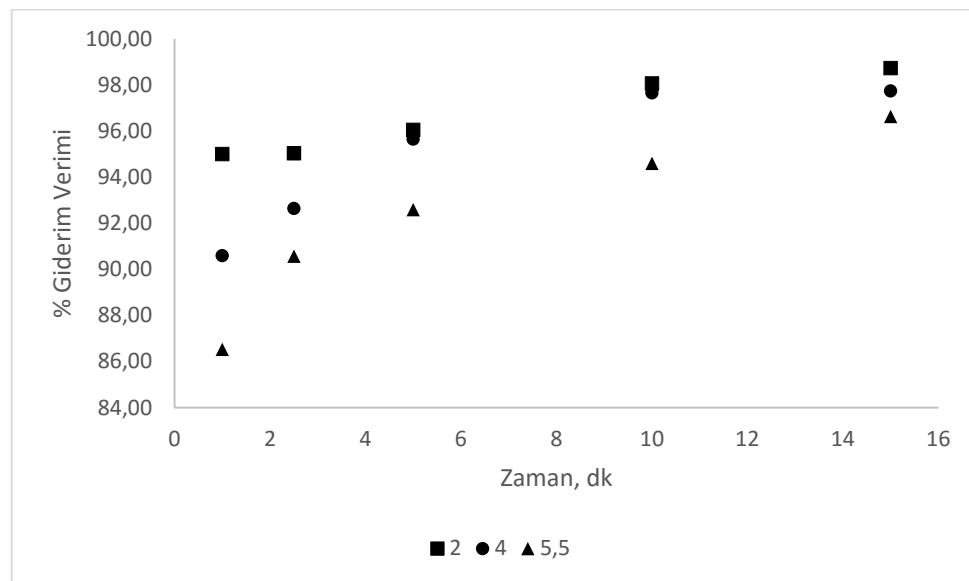
Ultrasoundın üzerine TiO<sub>2</sub>'nin etkisi belirlemek için incelenen diğer bir parametre ortamın pH değeridir. Genellikle boyaların oksidasyonu asidik şartlarda daha etkilidir (Ertugay, 2012). Çalışmamızda farklı pH denemeleri yapılmıştır. Buna göre, pH 2, 4 ve 5.5 değerleri çalışılmıştır. Optimum pH 2 olarak seçilmiştir (Şekil 5-6).



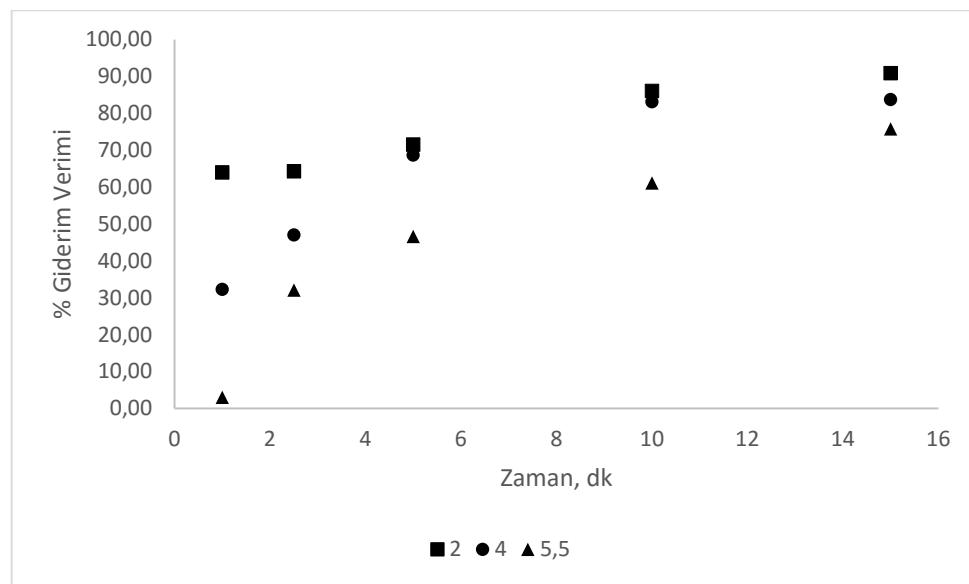
Şekil 3. Reaktif Kırmızı 198 boyar maddesinin farklı katalizör dozlarında renk giderimi



Şekil 4. Metilen Mavi boyar maddesinin farklı katalizör dozlarında renk giderimi



**Şekil 5.** Reaktif Kırmızı 198 boyar maddesinin ultrasonik parçalanmasına pH değerinin etkisi



**Şekil 6.** Metilen Mavi boyar maddesinin ultrasonik parçalanmasına pH değerinin etkisi

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Reaktif Kırmızı 198 ve Metilen Mavi boyalarının heterojen İleri Oksidasyon Prosesleri (İOP) ile arıtılabilirliği incelenmiştir. Boyar maddelerin arıtılabilirliği renk parametresi ölçülerek değerlendirilmiştir. Bütün denemeler 15 dakika sürede yapılmıştır. Çalışmada İOP'den olan ultrases ile boyar maddelerin arıtılabilirliği incelenmiştir. Ultrasesin tek başına kullanımı yeterli olmadığı için farklı katalizör kullanılarak etkinliği artırılmıştır.

Aynı zamanda boyanın doğal pH (pH=5.5) farklı pH değerleri incelenerek optimum katalizör miktarı ve pH değeri belirlenmiştir. Sonuçlara göre 0,25 g/L katalizör dozunda ve asidik koşullarda maksimum giderim verimi elde edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Aksu, Z., Çağatay, Ş.Ş., 2006 “Investigation of biosorption of GemazolTurquoise Blue-G reactive dye by dried Rhizopusarrhizus in batch and continuous systems”, Sep. Purif. Technol., 48, 1, pp. 24-35
- Ertugay, N. 2012, Homejen ve Heterojen Boyar madde sistemleri ile boyar madde giderimi, Atatürk Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Doktora tezi, Erzurum
- Kiran, I., Akar, T., Safa Ozcan, A., et. al., 2006 “Biosorption kinetics and isotherm studies of AcidRed 57 by dried Cephalosporium aphidicola cells from aqueous solutions”, Biochem. Eng.J., 31, pp. 197-203
- Lata, H., Garg, V.K., Gupta, R.K., 2007 “Removal of a basic dye from aqueous solution by adsorption using Partheniumhy sterophorus: an agricultural waste”, DyesPigments, 74, pp. 653-658
- Özmen, E.Y., Erdemir, S., Yılmaz, M., et. al., 2007 “Removal of carcinogenic direct azo dyes from aqueous solutions using calix[n]arene derivatives”, Clean., 35, pp. 612-616
- Robinson, T., Chandran, B., Nigam, P., 2002 “Removal of dyes from a synthetic textile dye effluent by biosorption on apple pomace and wheat straw”, WaterRes., 36, pp. 2824-2830
- Vandevivere, P.C., Bianchi, R., Verstraete, W. 1998 “Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry:review of emerging technologies”, J.Chem. Technol. Biotechnol. 72, pp.9-302

## **BOYARMADDELERİN UV/TiO<sub>2</sub> PROSESİ İLE RENK GİDERİMİ**

Fatih BAYCAN, Yusuf Kenan ORDU, Musa BİNGÖL, Mustafa KARATAŞ, Emine BAŞTÜRK  
*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*  
*bycnfatih@gmail.com, yusufkenanordu@gmail.com, musamuhendis@gmail.com, eminebasturk@hotmail.com,*  
*mkaratas33@gmail.com*

**ÖZET:** Bu çalışmada, Reaktif Kırmızı 198 ve metilen mavisi boyarmaddelerinin UV/TiO<sub>2</sub> prosesi renksizleştirilmesi çalışılmıştır. TiO<sub>2</sub> dozu ve pH gibi işletim parametrelerinin etkisi incelenmiştir. 15 dakika temas süresinde; 0,25 g/L TiO<sub>2</sub> dozu ve pH 2 optimum şartlar olarak belirlenmiştir. UV irridasyonu sonucu bazı yükseltgeyici maddelerin oluşumu sebebiyle UV/TiO<sub>2</sub> prosesi sonucu giderim sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Boyarmadde, UV/TiO<sub>2</sub> prosesi, Renk giderimi

### **The Decolorization of Dyestuffs by UV/TiO<sub>2</sub> process**

**Abstract:** In this study, the decolorization of Reactive Red 198 (RR198), by UV/TiO<sub>2</sub> processes was investigated. The effects of operating parameters, such as TiO<sub>2</sub> dosage, pH value were examined. The optimum conditions were determined as TiO<sub>2</sub>= 0,25 g/L, and pH 2 for 15 minutes reaction time. The decolorization was achieved by the UV/TiO<sub>2</sub> process because of the production of some oxidising agents as a result of UV irradiation.

**Keywords:** Dyestuffs, UV/TiO<sub>2</sub> process, Decolorization

### **GİRİŞ**

Sanayi devriminden sonra endüstriyel faaliyetler hızla artmıştır ve artış da günümüzde de devam etmektedir. Yeni teknolojiler ve ürün yelpazesinin hızla genişlemesi, yeni sentezlenmiş ve karmaşık yapıdaki maddelerin çeşitliliğinde artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle endüstriyel atıklar alıcı ortamları yoğun bir kirliliğe maruz bırakmaktadır. Özellikle endüstriyel atık suların miktarlarındaki artış ve karakteristiğindeki karmaşıklık alıcı su ortamlarında ve toprakta geri dönüşü olmayan tehlikeli durumlar ortaya çıkarmaktadır.

Endüstri tesisleri aynı alt kategorilerde olsalar bile hiçbir zaman birbirinin aynı olmadığı, bu nedenle standart bir arıtmanın tanımlanamayacağı, her endüstri için kendine özgü bir atık su arıtımının yapılabileceği bilinmektedir.

Ülkemizde de önemli bir yer tutan tekstil sanayinde boyar maddeler, ağırtıcılar gibi pek çok karmaşık yapıda madde kullanılmaktadır. Dolayısıyla tekstil endüstrisi atık suları da ağır bir kirlilik yüküne sahip olmaktadır. Bununla birlikte tekstil endüstrisi en çok su tüketen sanayilerden biridir. Bu nedenle deşarj sularının miktarı da yüksektir.

Hem yoğun bir kirlilik yükü hem de atık su miktarındaki fazlalık bu atık suların arıtımının üzerinde önemle durulması gerektiğini göstermektedir.

Tekstil endüstrisi atık sularının en önemli iki parametresi KOI ve renktir. Renkli atık sular genellikle boyama ve yıkama proseslerinden açığa çıkmaktadır. Renkliliği oluşturan maddelerin çoğu uzun hidrokarbon zincirine sahip, toksik maddeler olduklarından, alıcı ortamda biodegradasyona uğrayamamaktadırlar ve alıcı ortamdaki canlı hayatı üzerine birçok zararlı etkiye sahip olmaktadır.

Bu sebeple son yıllarda renk parametresi üzerinde önemle durulmaktadır. Renk parametresinin deşarj standartlarında yer alması ve arıtılması gerekmektedir. Renk giderilmesi aynı zamanda boyarmaddelerin de ortamdan eliminasyonu demektir (Eren,2002).

Dünyada her yıl tekstil endüstrisi kaynaklı çıkış suyunda yaklaşık 1000 ton boyacı ve boyarmadde yakın çevrede bulunan sulara atılarak işletmeden uzaklaştırılmaktadır (Vandevivere ve ark,1998).

Sulak alanlara karışan bu boyarmaddeler yayılmakta ve içerisinde yaşayan canlı popülasyonuna büyük zararlar vermektedir. İlk gözle görülebilir etkisi, suyun renginde meydana gelen değişme ve buna bağlı olarak su içerisindeki fotosentez olayının durması ya da çok azalmasıdır. Ayrıca bazı boyarmaddelerin mutajenik ve/veya kanserojenik etkileri de vardır (Özmen ve ark,2007).

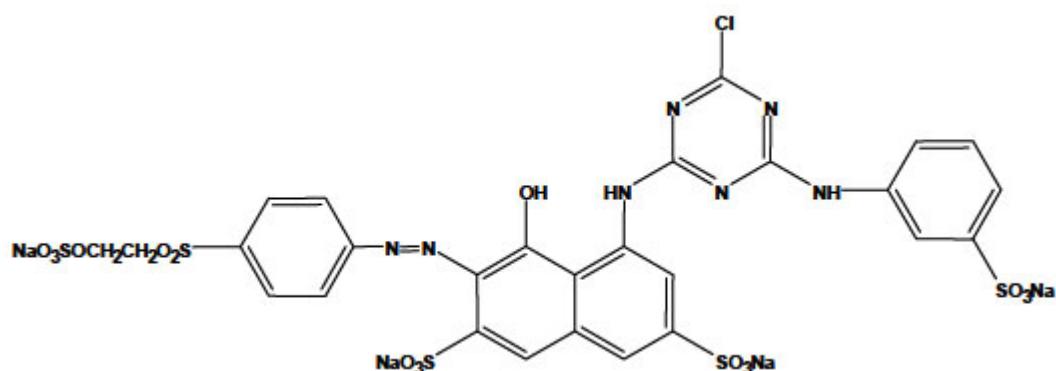
Boyarmadde içeren atık sular genellikle, 5-1500 mg/l konsantrasyonda reaktif boyarmadde içermektedir. Bu nedenle boyarmadde ile kontamine olmuş endüstriyel çıkış sularının iyileştirilmesi, çevre sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır (Lata ve ark,2007).

Adsorpsiyon, biyosorpsiyon, koagulasyon, çöktürme, memran filtrasyon, solvent ekstraksiyon ve kimyasal oksidasyon olarak bilinen çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler, boyarmadde içeren atık suların iyileştirilmesinde uzun bir süredir kullanılmaktadır. (Kıran ve Akar,2006 – Robinson ve ark,2002). Bu çalışmada Reaktif Kırmızı 198 ve metilen mavisi boyasının ileri oksidasyon sistemlerinden UV/TiO<sub>2</sub> yöntemi ile giderimi hedeflenmiştir.

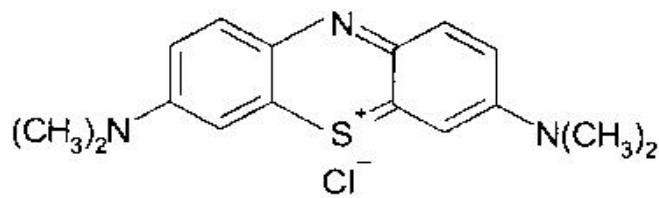
## MATERİYAL VE METOT

Reaktif Red 198 boyar maddesinin sulu çözeltisi, gerekli miktarda saf suda çözülerek elde edilmiştir. Boyar madde derişimi 100 mg/l olarak ele alınmıştır. Çözeltinin pH'sı sodyum hidroksit (NaOH) veya sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) kullanılarak ayarlanmıştır. Çalışmalarda kullanılan Hidrojen peroksit (%30) ise Merck'den temin edilmiştir.

Reaktif Red 198 ve Metilen Mavi boyarmaddelerinin kimyasal yapısı Şekil 1'de verilmektedir. Bu boyarmadde için öncelikle bir dalga boyu taraması yapılmış ve en yüksek absorbans değeri 520 nm olarak bulunmuştur. Bundan sonraki çalışmalarda bu değer sabit tutularak ölçümler yapılmıştır.



**Şekil 1:** Reaktif Red 198'in kimyasal yapısı



**Şekil 2.** Metilen mavisinin kimyasal yapısı

Deneysel çalışmalar süresince kullanılan cihazlar ve özellikleri aşağıda açıklanmıştır:

**Isıtmalı Manyetik Karıştırıcı:** Wise Stir MSH-20A marka model ısıticili manyetik karıştırıcı kullanılmıştır. 0~1500 devir/dakika aralığında karıştırma hızına sahiptir ve 0~380°C aralığında sıcaklıklara ayarlanabilmektedir.

**Spektrofotometre:** UV 1280 Shimadzu UV/VIS spektrofotometre kullanılmıştır. Çift ışık yolu olan bu spektrofotometrede 190~1100 nm dalga boyları arasında ölçüm yapılabilmektedir.

**pH Metre:** pH değerleri Orion marka masa üstü pH metre ile ölçülmüştür.

**Hassas Terazi:** Presica marka XB 220A model, ölçüm aralığı 0.01–220 g olan hassas terazi kullanılmıştır.

**UV Reaktör:** Deneysel çalışmalarında UV reaktör Purfect 01 model kullanılmıştır.

**Peristaltik pompa:** Velp Scientifica SP311 model peristaltik pompa kullanılmıştır.

Pompa 1-10 rpm hız aralığında çalışmaktadır.

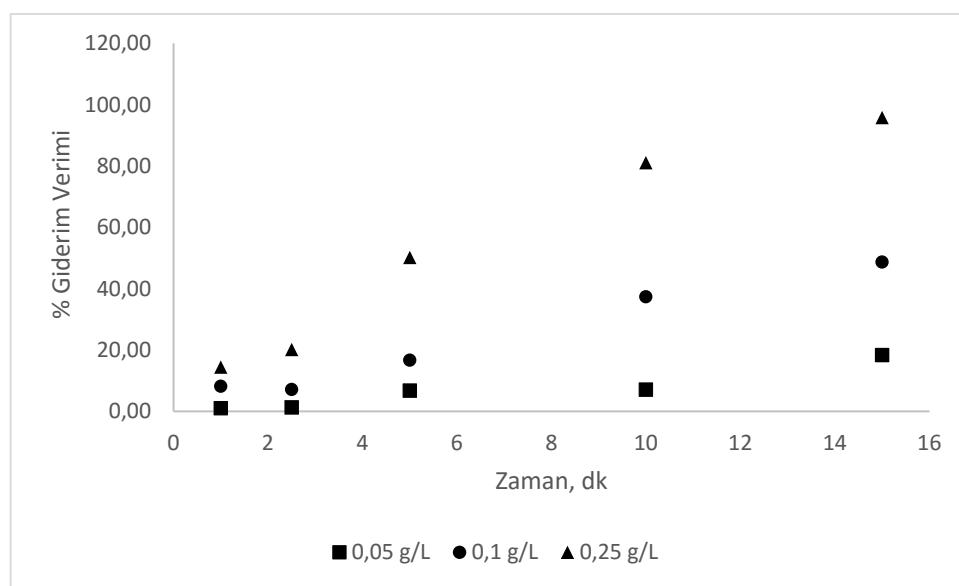
## **ARAŞTIRMA BULGULARI**

Reaktif Kırmızı198 ve Metilen Mavi boyasının bulunduğu sentetik atıksudan ileri oksidasyon yöntemlerinden UV/TiO<sub>2</sub> sistemi kullanılarak renk giderimi hedeflenmiştir. Bu bağlamda öncelikle oksidasyonu sağlayacak olan titanyum dioksit dozlarının ve farklı pH değerlerinin etkisi araştırılmıştır.

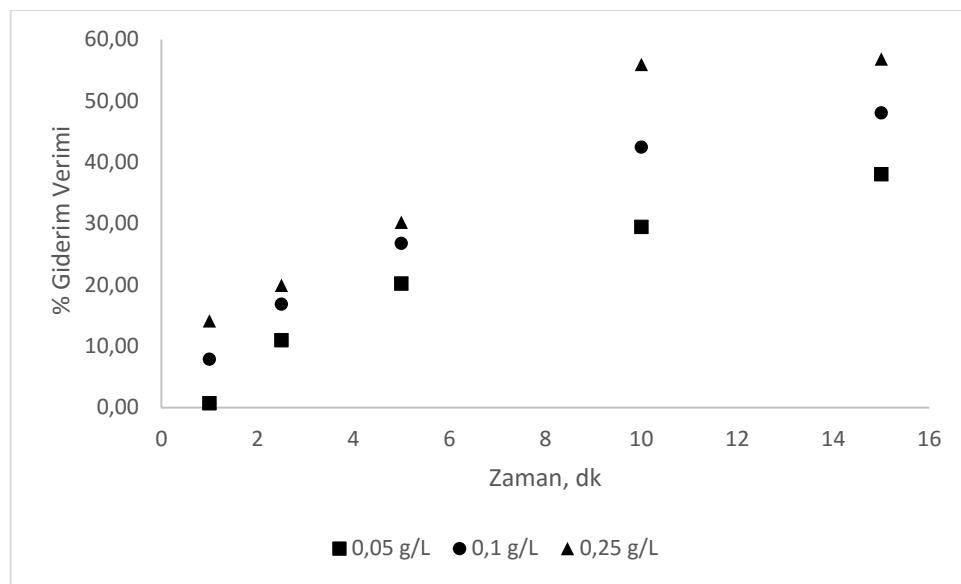
Ultraviyole ışının etkisini artırmak amacıyla yarı iletken olan TiO<sub>2</sub> kullanımı oldukça yaygın ve etkisi fazladır. RR181'in ultrasonik parçalanması üzerine TiO<sub>2</sub>'nin etkisini belirlemek için 0,05, 0,1 ve 0,25 g/L dozlarında denemeler yapılmış ve Şekil 3'de görüldüğü

gibi artan  $\text{TiO}_2$  miktarıyla renk giderimi artmıştır. Tek başına RR181'in ultrasonik parçalanmasında %8'lik bir giderim verimi elde edilirken ortama 0,05, 0,1 ve 0,25 g/L  $\text{TiO}_2$  ilavesi ile verimler sırasıyla %18, 48 ve 95'e yükselmiştir. Bunu sonucunda optimum  $\text{TiO}_2$  değeri 0,25 g/L olarak seçilmiştir. Aynı şekilde MM nin katalizör ve UV ile beraber farklı katalizör dozlarında; ortama 0,05, 0,1 ve 0,25 g/L  $\text{TiO}_2$  ilavesi ile verimler sırasıyla %38, 48 ve 56'ya yükselmiştir. Bunu sonucunda optimum  $\text{TiO}_2$  değeri 0,25 g/L olarak seçilmiştir (Şekil 4).

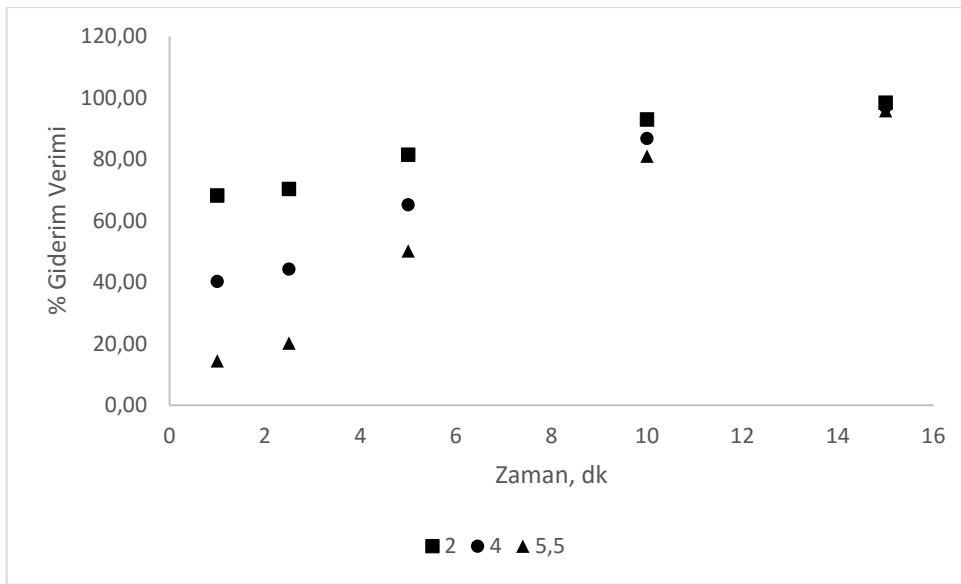
Ultrasound üzerine  $\text{TiO}_2$ 'nin etkisi belirlemek için incelenen diğer bir parametre ortamın pH değeridir. Genellikle boyaların oksidasyonu asidik şartlarda daha etkilidir (Eren, 2002). Çalışmamızda farklı pH denemeleri yapılmıştır. Buna göre, pH 2, 4 ve 5.5 değerleri çalışılmıştır. Optimum pH 2 olarak已被选中



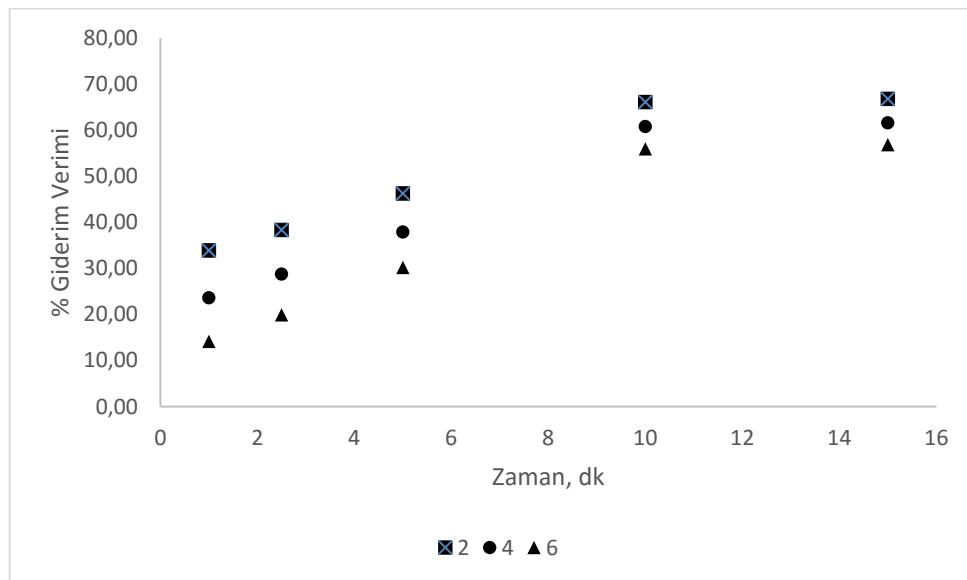
**Şekil 3.** Reaktif Kırmızı 198 boyar maddesinin farklı katalizör dozlarında renk giderimi



**Şekil 4.** Metilen Mavi boyar maddesinin farklı katalizör dozlarında renk giderimi



**Şekil 5.** Reaktif Kırmızı 198 boyar maddesinin UV sistemde pH değerinin etkisi



**Şekil 6.** Metilen Mavi boyar maddesinin UV sistemde pH değerinin etkisi

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Reaktif Kırmızı 198 ve Metilen Mavi boyalarının heterojen İleri Oksidasyon Prosesleri (İOP) ile arıtılabilirliği incelenmiştir. Boyar maddelerin arıtılabilirliği renk parametresi ölçülerek değerlendirilmiştir. Bütün denemeler 15 dakika sürede yapılmıştır. Çalışmada İOP'den olan ultrases ile boyar maddelerin arıtılabilirliği incelenmiştir. Ultrasesin tek başına kullanımı yeterli olmadığı için farklı katalizör kullanılarak etkinliği artırılmıştır. Aynı zamanda farklı pH değerleri incelenerek optimum katalizör miktarı ve pH değeri belirlenmiştir. Sonuçlara göre 0,25 g/L katalizör dozunda ve asidik koşullarda % 96 giderim verimi elde edilmiştir.

## KAYNAKLAR

Eren, Z. 2002, "Tekstil Boyar Maddesi İçeren Sulu Ortamdan Giderimi" Atatürk Üniversitesi, Çevre Teknolojileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Kiran, I., Akar, T., Safa Ozcan, A., et. al. 2006 "Biosorption kinetics and isotherm studies of Acid Red 57 by dried *Cephalosporium aphidicola* cells from aqueous solutions", Biochem.Eng.J. 31, pp. 197-203

Lata, H., Garg, V.K., Gupta, R.K. 2007 "Removal of a basic dye from aqueous solution by adsorption using *Parthenium hysterophorus*: an agricultural waste", Dyes Pigments, 74, pp. 653-658

Özmen, E.Y., Erdemir, S., Yılmaz, M. et. al., 2007 "Removal of carcinogenic direct azo dyes from aqueous solutions using calix[n]arene derivatives", *Clean.* 35, pp. 612-616

Robinson, T. Chandran, B. Nigam, P. 2002 "Removal of dyes from a synthetic textile dye effluent by biosorption on apple pomace and wheat straw", *Water Res.*, 36, pp. 2824-2830

Vandevivere, P.C., Bianchi, R., Verstraete, W. 1998 "Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry:review of emerging tecnologies", *J.Chem. Technol. Biotechnol.* 72, pp.9-302

## AKSARAY ÜNİVERSİTESİ'NDE BİREYSEL KARBON AYAK İZİ HESAPLAMASI

Tolgahan EROĞLU<sup>1</sup>, Melayib BİLGİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,  
*tolgahan.eroglu@gmail.com, melayib@gmail.com*

**ÖZET:** Sanayileşme, kentleşme, teknolojik ilerlemeler ve hızlı nüfus artışı nedeniyle ekolojik sorunlar 1980'lerden beri tüm dünyanın temel problemlerinden biri olmuştur. Karbon ayak izi hesaplamaları ekolojik bilinci artırmak için ekolojik yıkımın farklı boyutlarına dikkat çekmektedir. Ekolojik ayak izi, doğal değerlerin sürdürülebilmesi için gerekli olan biyolojik üretken alan miktarını ortaya koymaktadır. Araştırmada bireysel karbon ayak izlerinin hesaplanması amacıyla Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği öğrencilerine uygulanan anketin sonuçları sunulmuştur. Yapılan çalışmada toplam 426 bireyden oluşan araştırma evreni içinden 100 kişiye bireysel ekolojik ayak izi anketi uygulanmıştır. Araştırmada cinsiyet, tüketim kalemleri bazında hesaplanan yiyecek, atık, konut, ulaşım ayak izleri analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda cinsiyete göre ekolojik ayak izi oranlarının çok fazla değişmediği, tüketimin artmasına paralel olarak toplam ayak izinin arttığı, mülk ve otomobil sahibi olanların ayak izi büyülüklüklerinin daha fazla olduğu saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** ekolojik ayak izi, karbon ayak izi, ekolojik bilinç, karbon ayak izi

## PERSONALITY CARBON FOOTPRINT CALCULATION AT AKSARAY UNIVERSITY

**ABSTRACT:** Ecologic problems caused by industrialization, urbanization, technological developments and rapidly increasing populations have become a primary matter throughout the world since 1980s. The carbon footprint calculations highlight different aspects of ecologic destruction in order to raise consciousness. The ecological footprint gives an estimation of the biologically productive land which is necessary to sustain current natural values. Aksaray University in order to calculate the carbon footprint of individual tracks Faculty of Engineering Environmental Engineering Research's survey was administered to students is presented.. Made research universe consists of a total of 426 individuals working within individual ecological footprint survey of 100 people was performed. In the study , calculated on the basis of food consumption items , gender , waste , housing, transportation analyzed traces of feet. The analyzes of the ecological footprint according to gender in the results did not change much , the consumption of which increases the allowed total foot parallel to the increase , property and the footprint size of the car owner is found to be greater.

**Keywords:** ecological footprint, carbon footprint, ecological awareness , carbon footprint

### 1.GİRİŞ

Sanayileşmenin ve artan nüfusun gezegene yüklediği baskı, bireylerin ve toplumların gelecek kaygısı duyasına ve ekolojik sorunlara daha ciddi eğilmelerine yol açmıştır. Doğal kaynakların sınırlılığının anlaşılması, toplumların ve bilim insanların çevre konusundaki duyarlılıklarının artmasına neden olmuştur. Ekolojik ayak izi çalışmaları da bu kaygıların bir sonucudur ve ekolojik yıkım konusunda farkındalıkın artmasında önemli bir araç haline gelmektedir. Ülkemizde de ekolojik ayak izi ve karbon ayak izi konusunda az sayıda da olsa son yıllarda yapılmış çalışmalar söz konusudur.

Bu çalışmanın amacı, yeni bir inceleme alanı olan, halen akademik düzeyde standartlaştırma tartışmaları süren “Karbon Ayak izi” kavramını ortaya koyarak ekolojik ayak izine olan büyük katkısına ve hesaplama yöntemine dikkat çekmek, ülke, kent, kurum veya birey düzeyindeki araştırmalara yansıtılması yolunda katkı sağlamaktır. Bu amaçla, karbon ayak izi konusunda yapılan farklı raporlar incelenmiş, kavramsal içeriği ve hesaplama yöntemine ilişkin irdelemeler yapılmış, yöntemi ve teknikleri tartışılmıştır.

Ekolojik ayak izi hesaplamasının, ekosisteme yapılan baskının boyutlarını önüne sermekte olduğu, ekolojik farkındalıkla ekolojik bilincin geliştirilmesi açısından önemli role sahip bulunduğu düşünülmektedir. Ekolojik ayak izi, kesin yargılar vermek yerine, gezegenin taşıma kapasitesinin sınırlarının ne kadar aşıldığı konusunda öngörü sağlamaktadır. ( Akdeniz İ.I.B.F. Dergisi (15) 2008).

Karbon ayak izi konusunda yapılan araştırma sonuçlarına göre, özellikle gelişmiş ülkelerin karbon ayak izlerinin diğer ülkelere göre daha büyük olduğu, daha fazla biyolojik üretken alan kullandıkları ve bu ülkelerin aynı tüketim alışkanlıklarına devam etmeleri durumunda gezegenin kapasitesinin bu yükü kaldırılamayacağı ortaya konmuştur.

Doğa, mutluluk ve refahımızın temelidir. 1970 - 2008 arasında biyolojik çeşitlilik küresel olarak yüzde 30 düşmüştür. Tropikal bölgelerde bu düşüş yüzde 60'a varmaktadır. Doğal kaynaklara yönelik talep 1966'dan beri iki katına çıkmıştır.

Mevcut durumda faaliyetlerimizi sürdürübilmek için 1,5 gezegene eşdeğer kaynak kullanıyoruz. Yüksek gelirli ülkelerin ayak izi düşük gelirlilerinkin beş katı fazladır. Biyolojik çeşitliliği yüksek olan alanlar; karbon depolama, yakacak odun sağlama, tatlı su dolaşımı ve balık rezervi oluşturma gibi önemli ekosistem hizmetlerini yerine getirmektedir. biyolojik çeşitliliğin ve ekosistem hizmetlerinin kaybı, yaşamları doğrudan bu hizmetlere bağlı olan dünyanın en yoksul kesimini daha fazla etkiler. Yapılan tahminler “işlerin her zamanki gibi yürütüldüğü durumda” 2030 yılında yıllık talebimizi karşılamak için iki gezegene ihtiyaç duyacağımızı gösterir.

İnsan toplumlarının ve ekonomilerin temelini oluşturan ve doğal sermayemiz olan biyolojik çeşitlilik, ekosistemler ve ekosistem hizmetleri korunmalı, gerekli durumlarda restore edilmelidir.

WWF(Dünya Doğayı Koruma Vakfı)'in tek dünya yaklaşımı yeryüzünün ekolojik sınırları göz önüne alınarak doğal sermayenin nasıl yönetileceğine ve paylaşılacağına dair çözümler sunar. Ayak izimizi; daha az doğal kaynak kullanıp daha fazlasını üreterek; daha iyi, daha akılcı ve daha az tüketerek azaltabiliriz.(URL<sup>1</sup>)

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Araştırma Evreni ve Örneklem**

Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde yapılan araştırmanın evreni, 426 Çevre Mühendisliği öğrencisinden oluşmaktadır. Bu evrenden yaklaşık % 23 oranında bir örneklem grubu tespit edilmiştir. Buna göre 100 öğrenci anket uygulanmıştır. Araştırma, Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği

Bölümü ekolojik ayak izinin hesaplanmasıne değil, öğrencilerinden oluşan 100 kişinin bireysel ayak izinin çıkartılmasına dayanmaktadır. Bireylerin yiyecek, atık, konut, ulaşım ayak izleri; cinsiyet, tüketim kalemleri bazında çıkarılarak analiz edilmiştir.

Örneklemi Çevre Mühendisliği bölümü düzeyinde seçilmesinin nedeni; bireylerin, ülkenin değişik bölgelerinden gelmiş ve farklı sosyo-kültürel özelliklere sahip kişilerin değişik tüketim biçimlerini, yaşam tarzlarını, farklı gelir düzeylerini temsil ettiğinin düşünülmesi ve geleceğin Çevre Mühendisi adaylarında ekolojik ayak izi bilincinin yerleştirilmesi amaçlanmıştır.

## **2.2. Yöntem ve Teknik**

Ekolojik ayak izinin hesaplanması ayrı bir uzmanlık alanıdır. Web ortamında ekolojik ayak izini veriler girildikten sonra otomatik olarak hesaplayan bir çok çalışma yer almaktadır. Araştırmada URL<sup>3</sup> sitesi tercih edilmiştir. Bunun sebebi emisyonlar için hesaplamalarının DEFRA (İngiltere Çevre, Gıda ve Tarım İşleri Departmanı) ve EPA (ABD Çevre Koruma Ajansı) 'nın ölçüm kombinasyonlarına dayanması ve anket içeriğinin geniş bir yelpazeye yayılmasıdır. Bu anketin sonunda karbon ayak izimizi CO<sub>2</sub> ton/yıl cinsinden görmüş oluyoruz. WWF 'ye (Dünya Doğayı Koruma Vakfı) ait olan URL<sup>2</sup> sitesi verilerine göre toplam karbon ayak izimize karşılık gelen yaklaşık ekolojik ayak izimiz hesaplanmıştır.

## **2.3. Anket Sorularının İçerikleri**

Yiyecek ayak izine ilişkin olarak; hayvansal ürün (kırmızı et, tavuk, balık, yumurta, süt ve ürünleri) tüketme sıklığı ve tüketilen gıda türü ve niteliği (işlenmiş, ambalajlanmış, ithal ürünler) sorulmuştur. Bitkisel ürünlerde göre üretimi sürecinde daha fazla biyolojik üretken alana ihtiyaç duymaları nedeniyle hayvansal ürünler yiyecek ayak izi hesaplamasında kullanılmıştır.

Atık ayak izi için; bireyin komşusu ile kıyaslamalı olarak ürettiği çöp miktarı sorgulanmaktadır. Bu konuda bir soruya yer verilmiştir. Bunun nedeni olarak, yiyecek, konut, ve ulaşım ayak izlerinde üretilen atık miktarının da dikkate alınarak hesaplamada çift saymadan kaçınılmış olabileceği söylenebilir.

Konut ayak izine ilişkin sorularda; yaşanılan konutta yaşayan sayısı ve elektrik, doğal gaz, kömür, sıvı yakıt kullanımı ile ilgili ölçütlerde yer verilmiştir. Konutun elektrik ve su şebekesine sahip olması, enerji tüketimi ve biyolojik üretken alan kullanımı açısından ekolojik ayak izini arttıran unsurlardır.

Ulaşım ayak izi; toplu taşıma aracı kullanımı, özel taşıt kullanımı, yılda ortalama kat edilen yol uzunluğu, kullanılan özel taşıtin ne kadar yakıt tükettiği ve yıllık hava yolu kullanımı süresiyle ölçülmektedir. Toplu taşıt aracı kullanımı ekolojik ayak izini küçültürken, özel taşıt ve hava yolunun kullanımını, kat edilen yol miktarının fazlalığı hava ve gürültü kirlilikleri yarattığından ve asfalt yol yapım gereksinimi arttırdığından ekolojik ayak izini büyütmektedir.

## **3. ARAŞTIRMA BULGULARI**

Karbon Ayak İzi (CO <sub>2</sub> ton/yıl)	Kişi Sayısı
<2	2
2-4 arası	18
4-8 arası	38
8-12 arası	26
>12	16

**Tablo 1: Ankete katılan öğrencilerin karbon ayak izi sonuçları**

Türkiye için kişi başına düşen karbon ayak izi miktarı, 2002 verilerine göre 3 ton iken, 2010 verilerine göre 4,1 ton a yükselmiştir. Gelişen teknoloji ve artan nüfus ile her geçen yıl daha da artmaktadır. Endüstrileşmiş ülkelerde ise kişi başına düşen karbon ayak izi 11 tondur. Dünya çapında hedeflenen kişi başına düşen karbon ayak izi miktarı 2 tondur. Tablo 1 de görüldüğü gibi araştırmaya katılan 100 öğrenciden sadece 2 tanesinin bu hedefi tutturduğu gözlemlenmiştir. Dünyada kişi başına düşen karbon ayak izi ortalaması 4 tondur. Anket sonuçlarına göre dünya ortalamasını tuturan öğrenci sayısı 18 kişidir. Tablo 1 verilerine göre diğer 80 kişi dünya ortalamasının üzerinde karbon ayak izine sahip.

Gezegen İhtiyacı	Kişi Sayısı
1'den az	20
1-2 arası	34
2-3 arası	28
3-4 arası	10
4-5 arası	6
5-6 arası	2

**Tablo 2: Ankete katılan öğrencilerin yaklaşık gezegen ihtiyaçları**

Tablo 2 de ankete katılan öğrencilerin karbon ayak izlerine göre yaklaşık gezegen ihtiyaçları hesaplanmıştır. Bu hesaplara göre ankete katılan öğrencilerin 20'si yaşamak için 1 gezegenden daha azına ihtiyaç duyarken 34'ü 1-2 arası, 28'i 2-3 arası, 10'u 3-4 arası, 6'sı 4-5 arası ve 2 tanesi 5-6 arası gezegene ihtiyaç duyuyor.

	Bayan	Erk ek	Genel
<b>Karbon Ayak İzi (CO<sub>2</sub> ton/yıl)</b>	7,40	8,22	8,01
<b>Gezegen İhtiyacı</b>	1,85	2,06	2,00

**Tablo 3: Ankete katılan öğrenciler içinden bayanların, erkeklerin ve tamamının ortalama karbon ayak izleri ve gezegen ihtiyaçları**

Tablo 3 de bayanların ve erkeklerin ortalama karbon ayak izleri ve buna karşılık yaklaşık gezegen ihtiyaçları hesaplanmıştır. Bayanların ortalama karbon ayak izleri 7,40 ton iken yaklaşık 1,85 gezegene ihtiyaç duyuyorlar. Erkeklerin ortalama karbon ayak izleri 8,22 ton iken yaşamak için 2,06 gezegene ihtiyaç duyukları anlaşılmıştır. Erkeklerin bayanlara göre biraz daha fazla karbon ayak izine sahip oldukları gözlemlendi. Katılımcı öğrencilerin tamamının ortalama karbon ayak izi 8,01 ton iken yaşamak için 2 gezegene ihtiyaç duyuluğu anlaşılmıştır.

Araştırmada cinsiyete göre ekolojik ayak izi oranlarının çok fazla değişmediği, gelir arttıkça tüketimin artmasına paralel olarak toplam ayak izinin arttığı, mülk ve otomobil sahibi olanların, diğer öğrenci gruplarına göre daha yüksek olan öğrencilerin ayak izi büyülüklüklerinin daha fazla olduğu saptanmıştır. Ayrıca kişi başına karbon ayak izi miktarı dünya da 2 ton olarak hedeflenmiştir ve hedeflenen düzeyde sadece 2 öğrencinin olması ve tüm öğrencilerinin genel ortalamasının 8,01 olarak bulunması Çevre Mühendisliği bünyesindeki bireylerin doğal kaynakları ve biyolojik üretken alanları tüketirken, bu alanların yeniden üretme kapasitelerini daha çok dikkate almaları gerektiğini ortaya koymaktadır.

Basit bir yaklaşımla bir ağaç yaşadığı sürece yaklaşık 0.73 ton CO<sub>2</sub> solur. Ankete katılan öğrencilerin ortalama ürettiği yıllık 8,01 ton CO<sub>2</sub>'i ağaç dikerek telafi etmek için yaklaşık 11 adet ağaç dikmesi gerekmektedir.

#### **4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME**

21. yüzyılda, gezegenimizin en önemli sorunlarından biri ülke sınırlarını aşan küresel nitelikli, etkileri gelecek kuşaklara da yansıyacak olan ekolojik sorunlardır. Dünya Doğayı Koruma Vakfı'na göre insan, gezegenin kendini yeniden onarabilmesi için gerekli olan doğal sistemlerin üretebileceğinden yüzde 30 daha fazlasını tüketmektedir.

Dünyanın sınırlı olan kaynaklarının giderek azalması nedeniyle, son yıllarda çevrenin korunması ve geliştirilmesine yönelik bilimsel çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. Ekolojik ayak izi çalışmaları da bu bağlamda yakın bir dönemde başlayan araştırmalarından biri olmuştur.

Ekolojik ayak izi tüketilen kaynakların tümünün üretimi ve ortaya çıkan atıkları yok etmek için ne kadar biyolojik üretken alan gereğinin göstergesidir. Ekolojik ayak izi hesaplamalarıyla ulaşım istenen, tüketimle biyolojik kapasiteyi dengelemek ve ülkelerin ne kadar ekolojik açıga sahip olduklarını nicelleştirerek ekolojik bilinc oluşturmak ve sürdürülebilirliği sağlamaktır. Bu anlamda kent yönetimlerinde üretim, altyapı sistemi, yaşam biçimleri, planlama, örgütleme gibi konularda alınan siyasal ve ekonomik kararlar tüketim kalıpları açısından önem kazanmakta ve taşıma kapasitesini etkilemektedir.

Yeni bir araştırma alanı olarak akademik düzeyde tartışmaları devam eden ekolojik ayak izi çalışmalarının bilimsel değeri hakkında kesin yargıda bulunmak uygun olmasa da; gelecek nesilleri de dikkate aldığı ve yeni ölçütler ortaya koyduğu için bu çalışmaların ekolojik bilinci geliştirme açısından yararlı olduğu söylenebilir.

Gezegene yapılan baskının “nicelleştirilmesi” olarak ifade edilebilecek olan ekolojik ayak izinin büyümeyi önlemek üzere bazı öneriler sıralanabilir:

- Doğal kaynakların sınırlılıklarının dikkate alınarak kullanılması,
- Ekolojik bilincin geliştirilmesi için gereken eğitimin verilmesi,
- Nüfusun denetim altında tutulması,
- Biyolojik üretken alanların verimliliğinin artırılması,
- Ekosistemlerin ve biyoçeşitliliğin korunması,
- Doğanın dönüştüremediği sentetik, kimyasal, toksik maddelerin, ağır metaller, kirletici gazların üretimi, dağıtıımı, transferi ve kullanımı yerine çevreyle dost, dönüşümlü ve tekrar kullanılabilir ürünlerin tercih edilmesi,

- Yerel yönetimlerin inşaat ruhsatı verirken ve kent planlarını yaparken biyolojik üretken alanları dikkate alması, biyoenerji kullanımı, atıkların geri dönüşümünün etkin biçimde sağlanması, toplu taşıt kullanımının özendirilmesi,
- İsrafi önlemek için yeni bilgi ve yönetim sistemlerinin oluşturulması gerekmektedir.

Bir çok ülkede ekolojik ayak izi konusunda kapsamlı çalışmalar yapılmış ve günümüzde de küresel ısınma konusunun gündemde olması nedeniyle bu çalışmalar daha da önem kazanmıştır. Türkiye'de ekolojik ayak izi kavramı devlet kurumlarının raporlarına da girmiş durumdadır. Devlet Planlama Teşkilatı Dokuzuncu Kalkınma Planı Turizm Özel İhtisas Komisyonu Raporunda, "Planlama ve Çevre Sorun Alanı" başlığı altında stratejik amaç olarak çevreye duyarlı planlamada sektörel (turizm, sanayi vb.) yer seçimlerinin, fiziki, sosyal ve ekonomik planlanmanın ekolojik ayak izi yöntemiyle belirlenmesi öngörülmüştür. Ancak ülkemizde bu alanda kapsamlı ve uygulamaya dönük bilimsel araştırma sayısı henüz yeterli değildir.

Üniversite ve akademik araştırma kurumlarındaki ilgili birimler, yerel ve ulusal düzeydeki karar vericiler, sivil toplum örgütleri ekolojik ayak izi hesaplamaları konusunda çalışmalara katılarak ekolojik bilincin oluşturulmasına, ekosistemlerin korunması ve geliştirilmesine katkıda bulunabilecektir.( Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi (15) 2008).

## 5. KAYNAKLAR:

- Ekolojik Ayak İzinin Kavramsal İçeriği ve Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari BilimlerFakültesi’nde Bireysel Ekolojik Ayak İzi Hesaplaması, Hüsnüye AKILLI, Funda KEMAHLİ, Kadriye OKUDAN, Ferihan POLAT, Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi (15) 2008
- URL<sup>3</sup><http://www.karbonayakizi.com/calculator/calculator.aspx>
- URL<sup>2</sup><http://ekolojikayakizim.org/>
- URL<sup>1</sup>  
[http://www.footprintnetwork.org/images/article\\_uploads/Turkey\\_Ecological\\_Footprint\\_Report\\_Turkish.pdf](http://www.footprintnetwork.org/images/article_uploads/Turkey_Ecological_Footprint_Report_Turkish.pdf)

## ORGANİK ATIKLARDA FARKLI ÖN İŞLEMLER SONUCU TOPLAM AZOT MİKTARININ DEĞİŞİMİ

Levent YAĞAN<sup>1\*</sup>, Şevket TULUN<sup>1</sup>, Melayib BİLGİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

leventyagan@hotmail.com, sevkettulun@gmail.com, melayib@gmail.com

**ÖZET:** Bu gün sanayileşmiş dünyanın karşı karşıya olduğu önemli sorunlardan bir çevresel kirlenmeyi gidermek ve verimli bir arıtım belirlemektir. Ön artımlar organik maddelerin makroskopik sertliğini parçalayarak parçalanması zor kısımların azaltabilir bununla birlikte çözünebilir toplam azot miktarında değişimler meydana gelebilir. Azot mikroorganizmalar için önemli nutrientlerden biridir. Organik maddelerin yapısında bulunan azotu ön işlemler ile çözünür hale getirmek bu nedenden dolayı önemlidir.

Bu çalışmada çeşitli sıcaklıklar (-18, 40, 50 ve 60 °C) ile oda sıcaklığında farklı frekansta (35 kHz ve 53 kHz) ultrases uygulanarak çeşitli zaman aralıklarında (5, 15, 30, 45 dakika) alınan örneklerde organik madde içerisindeki çözünebilir haldeki toplam azot miktarı incelenmiştir.

Deneysel sonuçlarda toplam azotun en yüksek çözünür hale geçtiği şartlar, 40 °C termal ön arıtımın 15. dakikasında alınan örnek de 527 mg/L toplam azot elde tespit edilmiştir. Aynı zamanda deneysel çalışmalar da en az çözünmüş toplam azot -18 °C deki yapılan ön işlemlerde elde edilmiştir. Ultrases çalışmalarında en yüksek değer 23 kHz de 15. dakikada alınan örnek de 283 mg/L olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Organik atıklar, Elma posai, Toplam azot, Ön arıtma.

### Different Pretreatment on Organic Waste Change of Total Nitrogen Amount

**Abstract:** One of the major problems facing the industrialized world today is to resolve environmental contamination and identify efficient treatments. Pretreatment can reduce recalcitrance of organic waste by breaking down the macroscopic rigidity of organic waste. However, changes in the amount of soluble total nitrogen may occur. Nitrogen is an important nutrient for microorganisms. Therefore it is necessary to solubilize the nitrogen.

In this study, at various temperatures (-18, 40, 50 ve 60 OC) and Ultrasound was applied at room temperature at different frequencies. The amount of soluble nitrogen organic matter were investigated.

Terms of the highest passes solubilize the total nitrogen in the experimental results, 40 °C thermal pretreatment samples taken at 15 minutes, 527 mg / L total nitrogen obtained were determined. At the same time experimental studies at least dissolved total nitrogen -18 °C was obtained in the pretreatment. The highest value is 23 kHz sample taken at 15 minutes was determined to be 283 mg/L ultrasound study.

**Keywords:** Organic waste, Apple pulp, Total nitrogen, Pretreatment.

### 1. GİRİŞ

İnsanoğlunun yaşam standartlarındaki değişimler ile birlikte hızlı nüfus artışı çevresel kirlenmeyi de beraberinde getirmektedir. Bugün dünyanın karşı karşıya olduğu önemli sorunlardan biri çevresel kirlenmeyi gidermek ve verimli arıtım tespit etmektir (Kim vd., 2003). Günümüzdeki en önemli çevresel sorunlar arasında katı atıklar gelmektedir. Örneğin, 2009 yılında Çin de 157.3 milyon evsel katı atık üretilmiştir. Bunun %60 dan fazlası organik

İçerikli mutfak meyve ve arıtma çamuru atıklarıdır (Liu vd., 2012). TÜİK verilerine göre Türkiye de 28.7 milyon atık üretildiği tahmin edilmektedir. Bu atıkların %34 mutfak atıkları olduğu belirtilmiştir (Anonim, 2008). Evsel katı atıklar ve yemek atıklarının 2025 yılında % 44-51 oranında artacağı tahmin edilmektedir (Ariunbaatar vd., 2014). Genel olarak evsel katı atıklarının %20-50 sini meyve atıkları oluşturmaktadır (Qiao vd., 2011). Türkiye de elma en fazla üretilen meyvedir. Katı atıkların bertarafı için birçok yöntem vardır. Katı atıkların yönetilmesine en çok kullanılan tekniklerden biri düzenli depolama sahalarıdır (Moraes and Bertazzoli, 2005). Depolama sahalarındaki ayırmalar ve yağmur suları sızıntı suları oluşturmaktadır (Tsai vd., 1997). Bu suların arıtılması ve düzenli depolama sahası için uygun yerin seçilmesi ve işletilmesi bu yöntemin en önemli dezavantajları arasındadır. Ülkemizde ise katı atıkların yönetimi konusunda en az kullanılan yöntem ise anaerobik çürümeye uygulamalarıdır. Bu yöntemde, organik maddeler (yağlar, proteinler, karbonhidratlar) anaerobik şartlar altında mikroorganizmalar tarafından biyogaza dönüşür (Kuglarz vd., 2013). Bu yöntemin ilk kurulum masraflarının fazlalığı ve bilgi eksikliği uygulamaların çoğalmasını engellemiştir fakat küresel ısınmalarındaki yeni endişeler, anaerobik çürütme uygulamalarını canlandırmış ve ısı ve elektrik üretimi ve taşımacılık yakıtı olarak kullanılabilen çok yönlü yenilenebilir enerji kaynağını olan biyogazı maksimize etmek amacıyla anaerobik arıtma prosesleri geliştirilmiştir (Carlsson vd., 2012).

Anaerobik çürümenden önce mekanik, kimyasal, termal ve biyolojik etkiler ile hücre yapıları kurularak çürümeye verimi artırılabilir (Kim vd., 2010). Fenton reaktifleri, kimyasal madde ilavesi ultrases, termal ve hızlı dondurma ön arıtılmardır. Bu yöntemler arasında ultrases az çevresel etkilerinden dolayı yararlı bir yöntem olarak kabul edilebilir (Feng vd., 2009)

Meyve atıkları yüksek nem içeriğine sahip olması ve kolay biyoparcalanabilir olmasından dolayı, anaerobik çürümeye için mükemmel bir substrattır (Ariunbaatar vd., 2014). Bununla birlikte elma atıkların metan üretimi ile deneysel çalışmalar sınırlıdır. Lane vd. sürekli çürümeye ile elma atıkların anaerobik çürümü gerçekleştirılmıştır. Benzer şekilde Llaneza vd. elma posası ile mezbane atıklarını 10 L tam karıştırmalı tank reaktör (CSTR) içinde birlikte çürütmüştür (Kafle and Kim, 2013).

Bu çalışmada kurutulmuş elma posası atıklarına çeşitli sıcaklıklar (-18, 40, 50 ve 60 °C) ile oda sıcaklığında farklı frekans da (35 kHz ve 53 kHz) ultrases uygulanarak çeşitli zaman aralıklarının (5, 15, 30, 45 dakika) alınan örneklerde anaerobik çürütme işlemi öncesi organik madde içerisindeki çözünebilir haldeki toplam azot miktarı incelenmiştir. Azot değişimleri uygulanan ön işlemlerin verimliliği ve uygunluğunun tespit edilmesi amacıyla kullanılmıştır.

## 2. MATERYAL ve METOT

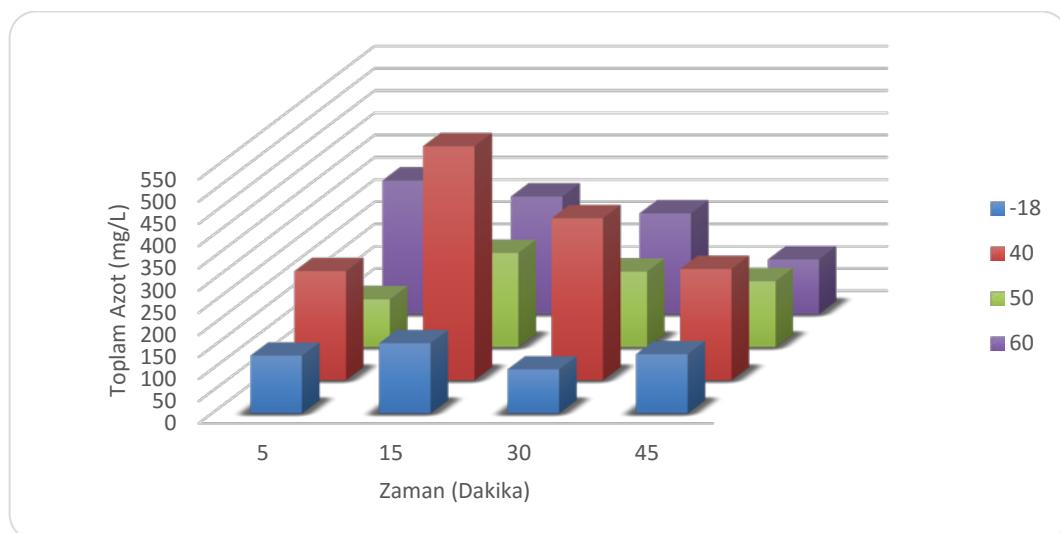
Çalışmada kullanılan hammadde, Mersin ilinde meyve suyu üretimi yapan Anadolu ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. fabrikası üretim sonrası oluşan katı elma posasıdır. Laboratuvara getirilen ham madde  $75^{\circ}\text{C}$  de etüvde (Memmert) 3 gün boyunca kurutulmuştur. Kurutulan örnekler Arnica marka bıçaklı öğütücü kullanılarak 0,02 mm eleğin altında kalan örneklerde %10 katı madde olacak şekilde saf su ilave edilerek belirlenen işlemler uygulanmıştır. Erlenmayerin içerisinde konulan örnekler daha önce istenilen sıcaklığa ayarlanan inkibatörlerin (Zhicheng) içerisinde konularak sıcaklığın etkisi ve oda sıcaklığında ultrases (Kudos) cihazı ile de ultrasesin etkisi araştırılmıştır. İşlemlerden sonra  $0,45\ \mu\text{m}$  çaplı (Millipore) filtrelerden işlem yapılan örnekler süzülmüş ve çözünmüş azot, toplam organik karbon(TOC)/Toplam Azot(TN) (Shimadzu) cihazı yardımıyla belirlenmiştir.

Başlangıçtaki ham atıdkdaki toplam çözünmüş azot ise kurutulmayan ham atıklar santrifüj cihazında (Allegra X-12 Series - Beckman Coulter) 3250 rpmde 20 dakika boyunca santrifürlenmiştir. Daha sonra üst sıvısını (supernatant) alınmış ve  $0,45\ \mu\text{m}$  çaplı (Millipore) filtredeñ geçirildikten sonra Toplam organik karbon(TOC)/Toplam Azot(TN) (Shimadzu) cihazı yardımıyla belirlenmiştir. Ham atığın başlangıçtaki TN değeri, 95.5 mg/L dir.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 3.1. Sıcaklığın Etkisi

Sıcaklığın etkisinin belirlenmesi için inkibatör ve derin dondurucu kullanılarak  $-18$ ,  $40$ ,  $50$  ve  $60^{\circ}\text{C}$  sıcaklıklarında ve sürelerde elde edilen çözünmüş toplam azot değişimleri Şekil 1. de verilmiştir.

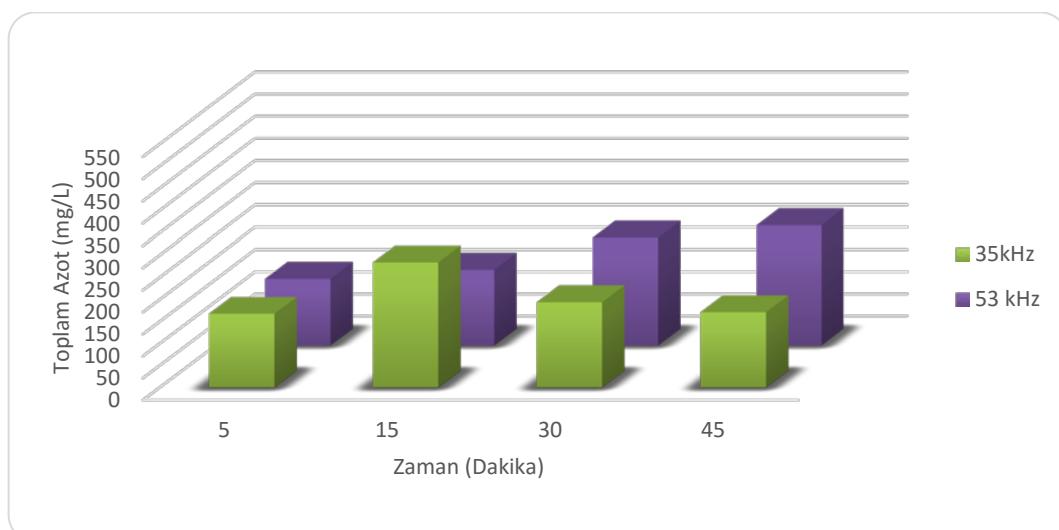


**Şekil 1.** Sıcaklığın Çözünmüş Toplam Azot Değişimine Etkisi

Şekil 1 de görüldüğü gibi en yüksek çözünmüş toplam azot miktarı 40 °C de 15. dakika sonunda alınan örnek de elde edilmiştir. Bütün sıcaklık değişimlerinde en iyi sıcaklığın 40 °C de olduğu belirlenmiştir. -18 °C de sıcaklığında ise az da olsa çözünen azot miktarının artıldığı görülmüştür. Sıcaklık çalışmalarında sıcaklığın artması ile çözünmüş toplam azot miktarı arasında linner bir bağlantı bulanamamıştır.

### 3.2. Ultrasesin Etkisi

Ultrasesin etkisinin belirlenmesi için oda sıcaklığın da farklı frekans değerlerinde (35, 53 kHz) %100 verim ile cihaz çalıştırıldığında belirlenen sürelerde elde alınan örneklerde ölçülen çözünmüş toplam azot değişimi Şekil. 2 de verilmiştir. Cihazının iç tank sıcaklığı 25 °C ve 2 L lik işletme seviyesine ayarlanarak deneysel çalışmalar gerçekleştirılmıştır.



**Şekil 2.** Ultrasesin Çözünmüş Toplam Azot Değişimine Etkisi

Ultrases çalışmalarında en çok çözünmüş toplam azot 35 kHz frekans da uygulanan çalışmanın 15. dakikasında alınan örnek de tespit edilmiştir. 53 kHz ultrases uygulamalarında ise en çok çözünmüş toplam azot miktarı 243 mg/L ile 45. dakika da elde edilmiştir. Ayrıca yüksek frekans da süreye bağlı olarak çözünmüş toplam azot miktarı liner olarak artmıştır.

## 4. SONUÇLAR ve TARTIŞMALAR

Günümüz de en önemli sorunlardan biri olan organik atıklar gerekli geri kullanım süreçlerine tabi tutulmadığı durumunda gelecek yıllarda da sorun oluşturulması muhtemeldir. Elma atıklar kolay parçalanabilir olmasından dolayı anaerobik süreçler için uygun bir besi maddesidir. Elma atıklarında toplam karbon miktarı fazla iken azot miktarının az olmasında dolayı anaerobik çözüme işlemelerde tek başına kullanılması oldukça zordur. Bu çalışma da atığın dezavantajlarından dolayı çeşitli ön işlemler (termal ve ultrases gibi) ile toplam azot

çözünebilir hale getirilerek mikroorganizmaların kullanılacağı formlara getirileceği görülmüştür.

Başlangıç da 95.5 mg/L olan çözünebilir toplam azot miktarı ön işlemler ile 527 mg/L değerlerine getirilmiştir. En çok toplam azotun çözünmüş hale geçtiği çalışma 40 °C de 15. dakikada elde edilmiştir. -18 °C gibi düşük sıcaklıklar da az da olsa toplam azotun çözünür forma dönüştüğü belirlenmiştir. Sıcaklığın yükselmesi azot çözünürlüğү ile linner olmadığı sonucuna varılmıştır.

Oda koşullarında %100 verim ile 53 kHz frekans da çalıştırılan ultrases çalışmalarında süreye bağlı olarak çözünür azot miktarı artarak 45. dakikada 271 mg/L değerine ulaştığı belirlenmiştir.

Bu ön işlemler substratın parçalanması ve mikroorganizmaların kullanacağı formalara dönüştürebildiği sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

Anonim, 2008, Atık eylem planı (2008-2012), Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara, 12.

Ariunbaatar, J., Panico, A., Esposito, G., Pirozzi, F., Lens P.N.L., 2014, Pretreatment methods to enhance anaerobic digestion of organic solid waste, *Applied Energy* 123, 143-156.

Ariunbaatar, J., Panico, A., Frunzo, L., Esposito, G., Lens, P.N.L. and Pirozzi, F., 2014, Enhanced anaerobic digestion of food waste by thermal and ozonation pretreatment methods, *Journal of Environmental Management*, 146, 142-149.

Carlsson, M., Lagerkvist, A., and Morgan-Sagastume, F., 2012, The effects of substrate pre-treatment on anaerobic digestion systems: A review, *Waste Management* 32, 1634-1650.

Feng, X., Deng, J., Lei H., Bai T., Fan, Q. and Li, Z., 2009, Dewaterability of waste activated sludge with ultrasound conditioning, *Bioresource Technology* 100, 1074-1081.

Kafle, G.K. and Kim S. H., 2013. Anaerobic treatment of apple waste with swine manure for biogas production: Batch and continuous operation, *Applied Energy*, 103, 61-72.

Kim, D.- H., Jeong, E., Oh, S.- E. and Shin, H.- S., 2010. Combined (alkaline + ultrasonic ) pretreatment effect on sewage sludge disintegration, *Water Research*, 44, 3093-3100

Kim, J., Park, C., Kim, T.- H., Lee, M., Kim, S., Kim, S.- W. and Lee, J., 2003, Effects of various pretreatments for enhanced anaerobic digestion with waste activated sludge, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 95(3), 271-275.

Kuglarz, M., Karakashev, D. and Angelidaki, I., 2013, Microwave and thermal pretreatment as methods for increasing the biogas potential of secondary sludge from municipal wastewater treatment plants, *Bioresource Technology*, 134, 290-297.

Liu, X., Wang, W., Gao, X., Zhou, Y. and Shen R., 2012, Effect of thermal pretreatment on the physical and chemical properties of municipal biomass waste, *Waste Management*, 32, 249-255.

Moraes, P.B. and Bertazzoli, R., 2005, Electrodegradation of landfill leachate in a flow electrochemical reactor, *Chemosphere*, 58, 41-46.

Qiao, Wei., Yan, X., Ye, J., Sun, Y., Wang, W and Zhang, Z., 2011, Evaluation of biogas production from different biomass wastes with/without hydrothermal pretreatment, *Renewable Energy*, 36, 3313-3318.

Tsai, C.T., Lin, S.T., Shue, Y.C. and Su, P.L., 1997, Electrolysis of soluble organic matter in leachate from landfills, *Water Research*, 31(12):3073-3081.

## İSKENDERUN İLÇESİNİN TİBBİ ATIKLARININ BERTARAFI VE STERİLİZASYONU

Ali Kağan KIRCA<sup>1</sup>, Gülden GÖK

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü  
alikagankrc@gmail.com

**ÖZET:** Her türlü sağlık kuruluşundan, veteriner klinikleri, özel muayenehanelerden kaynaklanan enfeksiyöz, patolojik ve kesici delici atıklar tıbbi atıkları oluşturmaktadır. Tehlikeli atıklar; enfekte atıklar, patolojik atıklar, kesici-delici atıklar, farmasotik atıklar, genotoksik atıklar, kimyasal atıklar, ağır metal taşıyan atıklar, basınçlı konteynırlar ve radyoaktif atıklardır. Tıbbi atıkların çevresel etkileri hastalara ve sağlık çalışanlarına oluşturduğu risklerin yanı sıra atıklarla çevrenin kirlenmesi halkın sağlığını da olumsuz etkilerine dikkat edilmelidir. Tıbbi atıkların direkt havaya ve suya karışmasıyla çevre kirlenebilmekte ve bu nedenle halkın sağlığını indirekt etkileri olabilmektedir. Tıbbi atıkların bu zararlı etkilerinin ortadan kaldırılması için atık minimizasyonu, ayrı bir alanda depolanması ve bertaraf edilmesi gereklidir.

Bu çerçevede Hatay'ın İskenderun ilçesinde oluşan tıbbi atıkların depolanması ve bertarafı için yapılan çalışmalar anlatılmıştır. İskenderun'da günde ortalama 4.5 ton tıbbi atık toplanmaktadır. Katı Atık Düzenli Depolama Sahası, Tıbbi Atık ünitesinde otoklavlama yöntemi ile sterilizasyonu gerçekleştirmektedir. Sterile olmuş tıbbi atıklar, diğer katı atıklarla birlikte düzenli katı atık toplama sahasında toplanarak bertarafı gerçekleştirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Atık Minimizasyonu, İskenderun, Otoklavlama, Sterilizasyon, Tıbbi Atık.

### Sterilization and Disposal of Medical Waste at İskenderun

**Abstract:** All manner of health institutions, veterinary clinics, arising from private practice infectious, pathological and cutting-perforator wastes compose of medical wastes. Hazardous wastes are infected waste, pathological waste, cutting-perforator waste, pharmaceutical waste, genotoxic waste, chemical waste, heavy metal bearing wastes, pressurized containers and radioactive waste. Environmental impacts of medical wastes should be attention patients and health personnel's create risks as well as contamination of the environment with waste their negative effects on public health. Medical wastes can polluted environment mixing directly into the air and water and therefore may have an indirect impact on public health. Waste minimization for the elimination of these harmful effects of medical wastes, must be done storage in a separate area and eliminate.

In this context Hatay, İskenderun district are described studies for the storage of medical waste generated and disposed of. The average of 4.5 tons of medical waste in İskenderun is collected daily. Solid Waste Landfill, sterilization by autoclaving process in medical waste unit is materializing. Medical waste sterility is realized disposal of collected of solid waste collection, along with other solid waste.

**Keywords:** Waste Minimization, İskenderun, Autoclaving, Sterilization, Medical Waste.

### GİRİŞ

Son yıllarda insan aktiviteleri ve yaşam tarzları ile birlikte tüketim şekillerindeki değişim farklı tip atıkların oluşmasına rol açmıştır. Bu atıklar canlıların yaşamlarına olduğu gibi doğal kaynakları da kaçınılmaz bir şekilde tehdit etmektedir (Henry ve Heinke, 1996). Dünyadaki teknolojik ilerlemeler ile birlikte önemli gelişim gösteren sektörlerden biride sağlık sektörüdür. Halk sağlığı ile ilgili tehlikeli atıklardan biride hastanelerden ve diğer

sağlık kuruluşlarından çıkan tıbbi atıklardır. Hastaneler ve diğer sağlık kuruluşları tıbbi atıkların insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyecek emniyetli şekilde taşınması, depolanması ve elden çıkarılması işlerinden sorumludurlar. Sağlık problemleri ve engellenebilir risklerin azaltılmasından kastedilmiş olan, sağlık kuruluşları kaçınılmaz şekilde tehlikeli atık üretilebilmekte ve bu atıklar hastalar, halk, sağlık personeli ve yardımcı hizmetli personellerin gittikçe daha çok maruz kaldığı önlenebilir sağlık riskleridir (Li ve Jeng, 1993).

Tıbbi atıkların en genel problemlerinden birisi de yetersiz atık yönetimi, sağlığa zararlı etkilerinden haberdar olmama, yetersiz finans ve insan kaynakları ile atıkların beklenen düzeyde olmayan kontrolüdür (WHO, 1999; TAKY, 2005). Uygun olmayan taşıma, toplama, işleme tarzı ve imha metodları halkın sağlığı ve çevre için önemli etkilerle sonuçlanmaktadır. Tıbbi atıkların uygunsuz işleminden geçirilmesi, kötü bir şekilde planlanan ve kontrol edilen yakma tesisleri önemli miktarda tehlikeli kirleticiler üretmektedir. Bunlardan bazıları; dioksinler ve furanlar, ağır metaller içeren Cd, Hg ve Pb örnek olarak verilebilir (Lerner, 1997).

Tıbbi atık yakma tesisleri dünyada son yıllarda kadar yaygın şekilde kabul görmektedir. Sera gazları etkisiyle meydana gelen küresel ısınmanın hava kirliliği üzerindeki ilgiyi artırmasıyla daha sıkı gaz emisyon limitleri ve standartları uygulanmaya başlandı. Bu da yakma tesislerinin inşa ve işletme masraflarını artırarak tıbbi atıkların yakılması işlemini ekonomik bir yol olmaktan çıkartmıştır.

Bu çalışmada tıbbi atık tanımı, zararları, sterilizasyon ve bertaraf yöntemleri anlatılmıştır. Çalışmanın amacı Hatay'ın İskenderun ilçesindeki tıbbi atık oluşumunun önlenmesi, tekrar kullanım ve geri kazanım yoluyla bertaraf edilecek atık miktarının azaltılması ve kalan atıkların da güvenli bertaraflarının sağlanmasıdır.

## **Tıbbi Atık**

Türkiye'de Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine göre, her türlü sağlık kuruluşundan, veteriner klinikleri, özel muayenehanelerden kaynaklanan enfeksiyöz, patolojik ve kesici delici atıkları tıbbi atıkları oluşturmaktadır (TAKY, 2005).

Ancak hastane atığı kavramı ile tıbbi atık kavramı birbirine karıştırılabilmektedir. Hastane atığı sağlık kuruluşlarından kaynaklanan tıbbi atıklar, evsel atıklar, ambalaj ve kağıt atıklar, kimyasal atıklar ve radyoaktif atıklar gibi bir çok atık türünü içermektedir. Tıbbi atıklar hastane atıklarının sadece bir parçasını oluşturmaktadır.

Sağlık Kuruluşlarından kaynaklanan atıklar içerik bakımından sınıflandırılması iki şekilde olur. Birincisi genel atıklar medikal olmayan ve yeniden kullanılamayan tüm atıkları içermektedir. Bu atıklar kurumların idari ve ofis bölümlerinden çıkan evsel atık türleridir. Bunlar yemek atıkları, paketleme malzemeleri, çevreye ve insan sağlığına özel bir zararlı etkisi olmayan atıkları kapsamaktadır (WHO, 1999). İkinci olarak tehlikeli atıklar; enfekte atıklar, patolojik atıklar, kesici-delici atıklar, farmasotik atıklar, genotoksik atıklar, kimyasal atıklar, ağır metal taşıyan atıklar, basınçlı konteynırlar ve radyoaktif atıklar olarak gruplandırılır.

Tıbbi atıklar, oluşum kaynağına ve miktarına göre sınıflandırılmıştır. Oluşum miktarına göre büyük miktarda, orta miktarda ve küçük miktarda atık üreten kurumlara olarak sınıflandırılmışlardır.

Sağlık faaliyetlerinden çıkan atıklar genellikle miktar yönünden değişkendir. Hastanelerdeki servislere göre atık özellikleri belirlenebilir. Hastanelerdeki atıklar genellikle evsel nitelikli ve enfekte atıklar olarak tanımlanır. Enfekte atıklar özellikle yoğun bakım, ameliyathane, jinekoloji, hepatoloji gibi servislerden çıkar (EPA, 1986). Bu servislerde kullanılan ve hastalarla temas etmiş her şey enfekte özellik gösterir. Enfekte olmayan katı atıklar, evsel atık olarak bilinen parçaları içerir. Birçok hastanede büro atığı veren arşiv, yazı işleri ve idari servisler vardır. Ayrıca yemekhane ve kafeteryalarda da büyük miktarda yiyecek kırlıntıları ve yiyecek paketleriyle ilgili atık meydana gelir. Bu tür atıklar normal atık olup, ayrı toplanması gereklidir. Aynı toplanmıyorsa hastanenin bütün atıklarının enfekte özellikleri olduğu kabul edilir (EPA, 1990). Hastanelerdeki yatak kapasitesi, spesifik tedavi yöntemleri uygulanması ve kuruluşun bulunduğu coğrafya bile hastane atık miktarını belirlemek, uygun bertaraf yönteminin belirlenmesi için temeldir. İstenilen kesin atık miktarı hesabı ancak verilerin yerinde ölçülmesi ile doğru değerlendirilebilir (Evirgen, 2007).

Hastanelerden çıkan atıklar heterojendir. Genel olarak; cam, karton, plastik, kâğıt, metal, gıda atığı, kimyasal maddeler bulaşmış kaplar, patolojik atıklar, tekstil atıkları ve bahçe atıkları karışımı olarak tanımlanabilir. Atık içindeki bu bileşenlerin miktarı; laboratuvarın kapasitesi, araştırma aktiviteleri, ameliyathanenin doluluk oranı ve tek kullanım aletlerin miktarına bağlıdır (Anonim, 1992; EPA, 1986).

Tıbbi atıklar miktarı, kuruluşların atık yönetim metotları, kuruluşların tipleri, hastanelerin özellikleri, kullanılan sağlık malzemelerinin yeniden kullanılabilirlik oranları ve günlük hasta miktarı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Atıkların üretim miktarları ülkelerden ülkelere farklılık gösterdiği gibi ülke içindeki bölgelerde de farklılık göstermektedir (WHO, 1999). Düşük gelirli ve orta gelirli ülkelerde tıbbi atık oluşumu genellikle yüksek gelirli ülkelerinkinden daha düşüktür. Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan radyoaktif atık miktarı, nükleer endüstrilerin ürettiği atık miktarıyla karşılaşıldığında son derece küçük miktarda olduğu görülmektedir (Nessa ve ark, 2001).

Sağlık kuruluşu atıklarının %80'i genel atıklardır ki onlar evsel ya da kentsel atık yönetim sistemiyle bertaraf edilebilmektedir, %15'i patolojik ve enfekte atık, %1'i kesici delici atık, %4'ü farmostatik atıklardır ve %1'den az miktarda da sitotoksik, radyoaktif, basınçlı kaplar, kırılmış dereceler, kullanılmış piller gibi özellikli atıklardır (WHO, 1994).

Türkiye'de atıkların miktarını belirlemek amacıyla birçok araştırma yürütülmüştür. Sistemati bir araştırma İzmir ilinde 1990 yılında gerçekleştirilmiştir. Bu araştırma sonucunda İzmir'de 8.168 yatak kapasitesine sahip 22 hastanenin günlük atık miktarı incelenmiş ve 2.700 kg enfekte atık, 6.770 kg evsel atık ve 2.855 kg da idari bölüm atığı oluştugu tespit edilmiştir (Kocasoy, 1994).

Tıbbi atıkların çevresel etkileri hastalara ve sağlık çalışanlarına oluşturduğu risklerin yanı sıra atıklarla çevrenin kirlenmesi halkın sağlığına da olumsuz etkileri göz önüne alınmalıdır. Bir de tıbbi atıkların direkt havaya ve suya karışmasıyla çevre kirlenebilmekte ve bu nedenle halkın sağlığına indirekt etkileri olabilmektedir (WHO, 1999).

## **TİBBİ ATIKLARIN YÖNETİMİ**

Tıbbi atıklar herhangi bir atık türünden daha fazla enfeksiyon riski ve yaralanma ihtimali taşıdıklarından tıbbi atıkların tehlikeleri ile ilgili artış meydana gelmiştir. Atıkların toplanması, taşınması, depolanması, işleme tarzı ve nihai bertarafında insan sağlığına büyük bir potansiyel riski bulunduğuundan sağlık kuruluşları için yürürlükte olan yönetim metotları ve maliyeti açısından problem oluşturmaktadır. Uygun atık yönetimiyle istenilen, meydana gelen atık miktarının azaltılmasıdır. Bununla birlikte bugün ülkelerin büyük çoğunluğu en ekonomik yöntemleri tercih etmektedir (Kühling, 2002).

### **Atık Minimizasyonu**

Atık yönetiminin birinci amacı atıkların oluşumunun engellenmesi, engellenemediği durumda atık miktarını en aza indirecek tedbirleri almaktır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından tıbbi kuruluşlar ve araştırma tesislerinde oluşan atıkların azaltılmasını; Kaynakta azaltma, Geri dönüştürülebilir ürünler, Yeterli bir yönetim ve kontrol uygulanması ve Atıkların ayırtılmasının politikalarının uygulanmasıyla sağlanabilir.

### **Sınıflandırma**

Bütün atık poşetleri ya da taşıyıcıları atıkların üreticileri ve içerikleri hakkında temel bilgiler ile sınıflandırılabilirler. Hastane atıkları için, ilaveten atık kategorileri gibi sınıflandırma bilgileri, toplama bilgileri, hastanenin hangi bölümünde üretildiği ve gideceği yer bilgileri olmalıdır. Problemlerden dolayı yükümlülerin meselelerini kapsayan doğru sınıflar ve tamamı atıkların kaynağını işaret etmelidir. Sınıflandırma birde atıkların doğaya tehlikelerinin genel halk sağlığına ve çalışan personele tehlikeleri karşısında uyarmaktadır (TAKY, 2005).

### **Tıbbi Atıkların Yerinde Toplanması**

Evsel atıklar kesinlikle tıbbi atıklar ile karıştırılmamalı karıştırıldığında tıbbi atık olarak muamele görmelidirler. Tıbbi atıklar tekerlekli, kapaklı, paslanmaz metal, plastik veya benzeri malzemeden yapılmış, yükleme-boşaltma esnasında torbaların hasarlanması veya delinmesine yol açabilecek keskin kenarları olmayan, yüklenmesi, boşaltılması, temizlenmesi ve dezenfeksiyonu kolay ve sadece bu iş için ayrılmış araçlar ile toplanır ve taşınırlar. Bu taşıma araçları günlük olarak temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir (TAKY, 2005).

### **Tıbbi Atıkların Depolanması**

Sağlık kuruluşlarında tıbbi atıklar yetkili kuruluşlar tarafından nihai bertaraf ünitesine götürülmek üzere düzenli olarak alınması amacıyla depolanması gerekmektedir. 20 yatak kapasitesinden daha fazla kapasitesi bulunan sağlık kuruluşları geçici tıbbi atık deposu yapmak zorundadırlar. Yapılacak deponun özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

- a) Geçici atık deposu iki bölmeli kapalı bir mekân olarak inşa edilir. Birinci bölmede tıbbi atıklar, ikinci bölmede ise evsel nitelikli atıklar depolanır.

- b) Geçici atık deposunun hacmi en az iki günlük atığı alabilecek boyutlarda olur.
- c) Deponun tabanı ve duvarları sağlam, geçirimsiz, mikroorganizma ve kir tutmayan, temizlenmesi, temizlenmesi ve dezenfeksiyonu kolay bir malzeme ile kaplanır.
- d) Depolarda yeterli bir aydınlatma ve pasif havalandırma sistemi bulunur ve sıcak bölgelerde depo özel olarak soğutulur.
- e) Depo kapıları dışarıya doğru açılır veya sürmeli yapılır. Kapılar daima temiz ve boyanmış durumda olur. Tıbbi atıkların konulduğu bölmenin kapısı turuncu renge boyanır, üzerinde görülebilecek şekilde ve siyah renkli “Uluslararası Biyotehlike” amblemi ile siyah harfler ile yazılmış “Dikkat! Tıbbi Atık” ibaresi bulunur.
- f) Depo kapıları kullanımları dışında daima kapalı ve kilitli tutulur, yetkili olmayan kişilerin girmelerine izin verilmez. Depo ve kapıları, içeriye herhangi bir hayvan girmeyecek şekilde inşa edilir.
- g) Geçici atık depolarının içi ve kapıları görevli personelin rahatlıkla çalışabileceği, atıkların kolaylıkla boşaltılabileceği, depolanabileceği ve yüklenebileceği boyutlarda inşa edilir.
- h) Geçici atık deposu, hastane giriş veya çıkışı, otopark gibi yoğun insan ve hasta trafiğinin olduğu yerler ile gıda depolama, hazırlama ve satış yerlerinin yakınına inşa edilemez.
- i) Geçici atık deposu, atık taşıma araçlarının kolaylıkla ulaşabileceği ve yanaşabileceği yerlerde ve şekilde inşa edilir.
- j) Tıbbi atıkların konulduğu bölmenin temizliği ve dezenfeksiyonu kuru olarak yapılır. Bölme atıkların boşaltılmasına müteakiben temizlenir, dezenfekte edilir ve gerekirse ilaçlanır. Tıbbi atık içeren bir torbanın yırtılması veya boşaltılması sonucu dökülen atıklar uygun ekipman ile toplandıktan, sıvı atıklar ise uygun emici malzeme ile yoğunlaştırıldıktan sonra tekrar kırmızı renkli plastik torbalara konulur ve kullanılan ekipman ile birlikte bölümde derhal dezenfekte edilir.
- k) Evsel nitelikli atıkların konulduğu bölümde kanalizasyona bağlı izgaralı bir drenaj sistemi ve bölmenin kolaylıkla temizlenebilmesi için basınçlı bir su musluğu bulunur. Bölme atıkların boşaltılmasına müteakiben temizlenir, gerekirse dezenfekte edilir ve ilaçlanır.
- l) Temizlik ekipmanı, koruyucu giysiler, atık torbaları ve konteynırlar geçici atık depolarına yakın yerlerde depolanırlar (TAKY, 2005).

#### **Tıbbi Atıkların Nihai Bertaraf Sahasına Taşınması**

Tıbbi atıklar belediyeler ya da anlaşmalı kuruluşlar tarafından bu iş için özel olarak dizayn edilmiş araçlarla nihai bertaraf alanına taşınmalıdır. Araçta olması gereken özellikler söyledir. Atıkların yüklendiği kısmın tamamen kapalı yapılması, Sıkıştırma mekanizmasının bulunmaması, Şoför mahalli ile atık yükleme kısmı arasında boşluk bulunması, Atık yükleme kısmının kaza halinde zarar görmemesi için sağlam yapılması, Atık yükleme kısmının iç yüzeyinin paslanmaz, kolaylıkla temizlenebilen ve dezenfekte edilebilen, düzgün yüzeyli olması, Dik köşeler içermemesi, kesişen yüzeylerin yumuşak dönüşülerle birbirine birleşmesi, Sağ, sol ve arka yüzeylerinde görülebilecek uygun büyülükte ve siyah renkli “Uluslararası

Biyokütle” amblemi ile siyah harfler ile yazılmış “ DİKKAT! TIBBİ ATIK” ibaresinin bulunması, Dış yüzeyinin turuncu renge boyanması gereklidir. Taşıma personeli özel kıyafetli ve bu iş için eğitimli olmalıdır. Atık araçları günlük olarak temizlenmelidir. Taşıma işleminde aktarma istasyonu kullanılmamalıdır.

### **Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojileri**

Son zamanlarda geliştirilmiş alternatif atık işleme metotları giderek daha popüler hale gelmiş bulunmaktadır. İşleme sisteminin son seçimi, pek çoğu yerel durumlara bağlı olan çeşitli faktörlere göre çok dikkatli olarak yapılmalıdır. Belirli işleme seçenekleri tıbbi atıkların bulaşıcı tehlikelerini etkin bir şekilde azaltıp diğer çöplerle karıştırılmasını engelleyebilir. Bunlar: Dezenfeksiyon verimliliği, sağlık ve çevresel hususlar, hacimsel ve külesel azaltma, işçi sağlığı ve iş güvenliği hususları, sistemin işleme ve bertaraf etme kapasitesi için atık miktarları; işleme ve bertaraf etme için atık tipleri; altyapı sistemi gereksinimleri, nihai bertaraf için seçenekler, yerel olarak mevcut işleme seçenekleri ve teknolojileri, metodun çalışması için eğitim gereksinimleri, işletme ve bakım ile ilgili hususlar; kullanım için mevcut saha/alan durumu, atıkların işleneceği saha ve bertaraf tesisinin bulunduğu yerin konumu ve çevre; yatırım ve işletme maliyetleri, toplumun kabulü, düzenleyici (yasal ve yönetmeliklerden kaynaklanan hususlar).

Bertaraf etme teknolojileri: Yakma (Döner fırınlı yakma tesisleri ve prolinik yakma fırınları), otoklavlama, mikrodalga ile ışınlama teknolojisi, kimyasal dezenfeksiyon (Islak ve kuru termal işlem), proliz ve erime, termal plazma, ışınlama, düzenli depolama, enkapsülasyon işlemi, inert hale getirme işlemi.

### **İSKENDERUN'DA TIBBİ ATIK STERİLİZASYONU VE BERTARAFI**

Hatay iline bağlı İskenderun ilçesinde Türkiye İstatistik Kurumu'nun güncel adrese dayalı nüfus kayıt sistemine göre şehirdeki toplam nüfus yaklaşık 244.970 olarak tespit edilmiştir (TUİK,2015). İskenderun'da Akdeniz iklimi görülür. Yaz sıcaklığı güneş ışınlarının düşme açısına; kuralık ise alçalıcı hava hareketlerine bağlıdır. En sıcak ay ortalaması 32-34 °C, en soğuk ay ortalaması 10-12 °C dir. Yıllık sıcaklık ortalaması 18 °C dir. Kar yağışı ve don olayı çok ender görülür. Yılda ortalama kar yağan gün sayısı 0.1, dolulu gün sayısı ise 1,8'dir. Açık gün sayısı 88.3, bulutlu gün sayısı 225.8'dir. Yılda 51.2 gün ise kapalı geçmektedir. En fazla yağış kışın, en az yağış yazın düşer. Kışın görülen yağışlar cephesel kökenlidir. Cephesel yağışlar en fazla bu ikimde görülür. Yıllık yağış miktarı yükseltiye göre değişir. Ortalama 600-1000 mm arasındadır. Yağış rejimi düzensizdir (MGM, 2015).

Kent merkezinde ilki 1923, ikincisi 1968 yılında hizmete giren; toplam 73 poliklinik, 11 ameliyathane ve 570 yatak kapasitesine sahip 2 adet devlet hastanesi bulunmaktadır ve 1990 yılında açılan; 6 poliklinik, 3 ameliyathane ve 125 yatak kapasitesine sahip 1 adet doğum ve çocuk hastanesi hizmet vermektedir. Ayrıca 4 tıp merkezi, 1 kardiyoloji merkezi, 1 nöroloji merkezi ve 2 özel hastane olmak üzere 8 özel sağlık kuruluşu; 10'u merkezde 19'u bağlı belde ve köylerde olmak üzere toplam 29

tane sağlık ocağı, Hatay'in en büyük Verem Savaş Dispanseri, 1 Ana-Çocuk Sağlık ve Aile Planlaması Merkezi, 1 Halk Sağlığı Laboratuvarı bulunmaktadır. Yıllık oluşan tıbbi atık miktarı ortalama 1642.5 tondur (Sağlık Bakanlığı).

İskenderun ilçesinde oluşan tıbbi atıklar ENVİTEC şirketine bağlı iki adet lisanslı tıbbi atık toplama taşıtı ile toplanmaktadır. Günde ortalama 4.5 ton tıbbi atık toplanmaktadır. Toplanan tıbbi atıklar İskenderun Düzenli Katı Atık Depolama Tesisi, Tıbbi Atık Sterilizasyon Ünitesinde tıbbi atık depolarında biriktirilir.

Geçici atık deposunun hacmi en az 5 ton atığı alabilecek boyutlarda, deponun tabanı ve duvarları sağlam, geçirimsiz, mikroorganizma ve kir tutmayan, temizlenmesi, temizlenmesi ve dezenfeksiyonu kolay bir malzeme ile kaplıdır. Sürgülü kapı mekanizmasına sahiptir.

İskenderun Tıbbi Atık Sterilizasyon Ünitesinde kullanılan bertaraf yöntemi buhar ile sterilizasyon (otoklavlama) yöntemidir. İki tip tekerlekli konteynır vardır bunlar büyük ve küçük konteynırlardır. Büyük konteynırın kapasitesi 500 kg, küçük konteynırın kapasitesi 250 kg'dır. Otoklav cihazı tek işlemde 500 kg tıbbi atığı sterile etme kapasitesine sahiptir. Tekerlekli konteynırlar ile depolama alanından alınan atıklar kantarda net ağırlıkları ölçüldükten sonra otoklav cihazına götürülürler. Otoklav, 2-3 bar arası basınç ve 147°C 'lik sıcaklıklı basıncı buhar ile sterilizasyonu gerçekleştirilir. Bu işlem minimum 50 maksimum 75 dakika sürer. Günde ortalama 6 kez sterilizasyon gerçekleştiren otoklav cihazı, yaklaşık 3-3.5 ton atığı sterile eder.

Tıbbi atığın sterilizasyonu başlamadan önce konteynira metal indikatör oku yerleştirilir. Biyolojik ve kimyasal indikatörler bu okun içine yerleştirilerek sterilizasyon işlemi başlatılır. Sterilizasyon sonunda biyolojik indikatörler biriktirilerek haftada bir, kimyasal indikatörün ise her seferinde analizi yapılır.

Otoklavdan çıkan ve sterile olmuş tıbbi atıklar, kırma makinesinden geçirilerek hacimleri küçültülür. İstenilen boyutlara ulaştıktan sonra sterilize tıbbi atıklar, diğer katı atıklarla beraber İskenderun Düzenli Katık Atık Toplama Alanında toplanarak bertaraf edilir (ENVITEC, 2015).

## **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Bu çalışmada İskenderun ilçesindeki tıbbi atık miktarı, sterilizasyonu ve bertarafi, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği doğrultusunda incelenmiştir. İnceleme sonunda İskenderun'da günlük 4,5 ton tıbbi atık toplandığı görülmüştür.

Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği kapsamında değerlendirildiğinde, tıbbi atıkların canlı sağlığına ve çevreye verecekleri zararı en aza indirmek için sınıflandırma, toplama, depolama ve sterilizasyon aşamalarında; Tıbbi atıkların yönetimiyle ilgili personele gerekli eğitimin verildiği, Çalışan personelin tıbbi atık sterilizasyonu konusunda bilinçli olduğu ve Tıbbi atıkların sterilize edildiği tespit edilmiştir.

2014 yılsonu itibarı ile Türkiye'de 1,498 sağlık kuruluşunun tümünde 74.5 ton/yıl tıbbi atık toplandığı ve tıbbi atıkların diğer atıklardan ayrı toplandığı tespit edildi. Toplanan tıbbi atığın, %68'i düzenli depolama sahalarında, %22'si belediye çöplüğünde, %10'u ise yakma tesislerinde bertaraf edildi. Düzenli depolama sahalarında ve belediye

çöplüklerinde bertaraf edilen tıbbi atıkların %84'ünün sterilize edildiği, %16'sının ise sterilize edilmediğibelirlenmiştir.

Tıbbi atığın %23'ünün İstanbul, %11'inin Ankara, %7'sinin ise İzmir'deki sağlık kuruluşlarında toplandığı tespit edilmiştir (TUİK,2015).

## KAYNAKLAR

Anonim, 2001, Türkiye Ortadoğu Amme İdaresi Yayıncıları, Ankara.

ENVITEC, 2015, ENVİTEC Çevre Teknolojileri A.Ş. 2009, Hatay- İskenderun.

EPA, 1986, Guide for infections Waste Management, EPA/530-SW-86-014.

EPA, 1998, Waste Minimiztion Opportunites Assesment Manual, EPA/625/7-88/003, Amerika Birleşik Devletleri Katı Atıklar Çevre Koruma Ajansı, Roma.

EPA, 1990, Operation and Maintenance of Hospital Medical Waste Incinerator.

Evirgen, H., 2007, Çumra Devlet Hastanesi Katı Atıklarının Potansiyeli, Bertarafi ve Değerlendirme Yöntemlerinin Belirlenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Henry, J.G., and Heinke, G.W., 1996, Environmental Science and Engineering, Second Edition, 778 Pp, Prentice Hall, Inc., New Jersey, USA.

Kocasoy, G., 1994, Hastahane Atıklarının Uzaklaştırılması İzmir'de Uygulanan Yöntem, Katı Atık ve Çevre, Sayı 13, Ocak 1994.

Kuhling, J.G., 2002, Hastane atıkları, Dünya Katı Atık Çevre Kongresi, Boğaziçi Üniversitesi, s.275-282, İstanbul.

Lerner, B.J., 1997, Prevention of Dioxin Formation in Medical Waste Incineration, yıllık 90 toplantı ve sunum, Kanada, 8-13 Haziran 1997, sayfa;97.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2005, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kütükçü Alibey Caddesi No:4 06120 Kalaba Keçiören/ANKARA.

Nessa, K., Quaiyum, M.A., Khuda, B., 2001, Waste Management in Healthcare Facilities: Arewiev No. 144, Centre of Heakth and Population Research, Bangladeş.

Shih,L.H., Chang, H.C., 2001, A Routing and Scheduling System for Infectious Waste Collection, Environmental Modeling and Assessment, S: 261-269.

TAKY, 2005, Tıbbi Atık Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, 25883 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

TUİK, 2015. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.

WHO, 1994, Managing Medical Wastes in Developing Countries: Report of a Consultation on Medical Wastes Management in Developing Countries WHO/PEP/RUD/94.1, Genova.

WHO, 1999, Safe Management of Wastes from Health-Care Activities, Dünya Sağlık Örgütü, Cenevre.

WHO, 2000, Suggested Guiding Principles and Practices for Sound Management of Hazardous Hospital Waste, Dünya Sağlık Örgütü, Güney-Doğu Asya Bölge Ofisi, New Delhi,3-5.

## **ARSENİK-ÇEVRESEL ETKİLERİ VE SULARDAN GİDERİM YÖNTEMLERİ; EMET ÖRNEĞİ**

Ahmet DEMİRTAŞ<sup>1</sup> Yrd.Doç.Dr.İsmail ŞİMŞEK<sup>2</sup> Doç.Dr.Levent ALTAŞ<sup>3</sup>  
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,  
<sup>1</sup>ahmet435243@outlook.com.tr, <sup>2</sup>ismailsimsek83@hotmail.com, <sup>3</sup>laltas@yahoo.com

**ÖZET:** Metal ile ametal arasında bir özelliğe sahip olan arsenik yer kabuğunda en çok bulunan elementlerden biridir. Doğada hem doğal hem antropojenik kaynaklı olarak bulunabilen arsenik toksik ve kanserojen bir maddedir. Sularda en çok bulunan inorganik arsenik türleri, 3+ değerlikli Arsenit ve 5+ değerlikli Arsenattır. Dünyada birçok bölgede doğal olarak sularda bulunan arsenik sebebiyle çok sayıda kişi zehirlenme riski ile karşı karşıya bulunmaktadır. Türkiye'nin bazı bölgelerinde, içme sularında arsenik için belirlenen maksimum kırletici seviyesinden ( $10 \mu\text{g/L}$ ) daha yüksek miktarda arsenik konsantrasyonlarına rastlanmıştır. Bu çalışmada, arseniğin çevresel etkileri ve sulardan giderim yöntemleri hakkında literatür bilgisi verilmiştir. Kütahya ilinin bazı yerleşim bölgeleri içme ve kullanma suyu kaynaklarının arsenik seviyeleri belirlenerek sağlık riskleri ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** İçme Suyu, Arsenik, Halk Sağlığı, Kütahya-Emet

### **Arsenic; Removal Methods from Waters and Environmental Effects In Case Study of Emet-Kütahya**

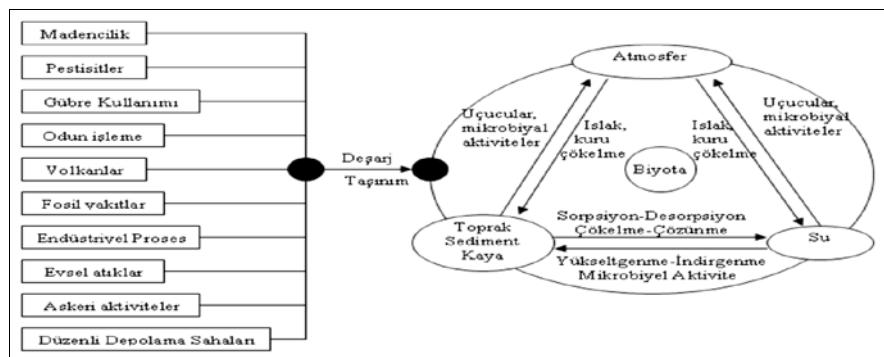
**Abstract:** Arsenic which is a feature of nonmetallic metal is one of the most abundant elements in the earth's crust. Arsenic as found in both natural and anthropogenic sources in nature are toxic and carcinogenic. The most common types of inorganic arsenic in water are Arsenide (3+ valent) and Arsenate (5+ valent). There are many people faced with the risk of poisoning because of arsenic which found in waters naturally in many parts of the world. It was found that arsenic concentrations higher than the maximum contaminant level in drinking water ( $10 \mu\text{g/L}$ ) of some parts of Turkey. In this study, it was given literature information about environmental impact and removal methods from waters of arsenic, and presented health risk of arsenic determining its levels in drinking waters of some parts of residential area of Kütahya province.

**Keywords:** Drinkingwater, Arsenic, Public Health, Kütahya-Emet,

### **GİRİŞ**

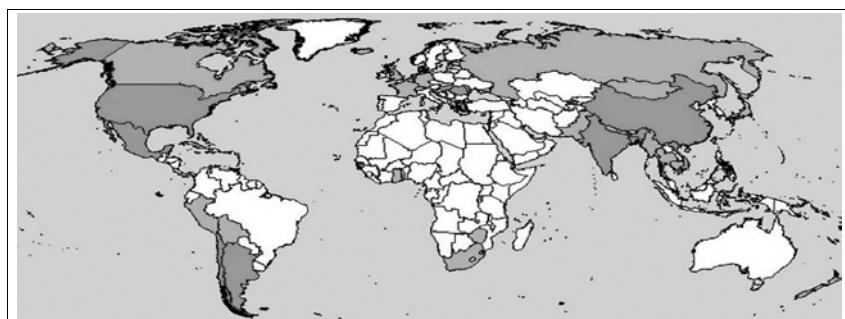
Arzenik yer kabuğunda en çok bulunan elementlerden biridir. Periyodik tablonun VA grubunda yer alan arzenik metal olmayan ya demetaloid olarak sınıflandırılmaktadır. Tarımda, eczacılıkta ve başka endüstri dallarında ham madde olarak kullanılıyormasına rağmen insanı da içeren çeşitli organizmalar üzerinde toksik etkisi vardır. Özellikle yeraltı suyunun toprak ve kaya içerisinde geçerken arzenik gibi bazı bileşikleri ve mineralleri çözmeyi bir sonucu olarak sularda arzenik bulunabilmektedir. Aldığımız numuneler ve analizlerimiz doğrultusunda Kütahya Emet'te standartların üstünde arzenik konsantrasyonunu tespit edilmiştir. Halkın sağlıklı bir içme suyuna kavuşması, daha sağlıklı bir yaşam sürebilmesi, arzenikten kaynaklanan hastalıkların, ölümlerin azalması ve halkın bilinçlendirilmesi, arzenik giderim

yöntem, teknolojilerinin Emet'e uygulanabilirliğini değerlendirmek amacıyla bu çalışma hazırlanmıştır.



**Şekil 1:** Doğada Arsenik Döngüsü

Kütahya'da içme ve kullanma sularında ölçülen yüksek arsenik konsantrasyonlarının en önemli kaynaklarından birisi bölgede yer alan tersiyer çökellerdeki alünit, çört, kolemanit ( $\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3\text{H}_2\text{O}$ ) ve jips( $\text{CaSO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ ) gibi minerallerdir. Ege Bölgesi'ndeki bor yatakları, volkanik yapı, kaya ve mineral yapısı nedeniyle içme suyu kaynaklarında yüksek miktarda arsenik çıkacağı tahmin edilmektedir.



**Şekil 2:** Dünyada İçme Suyunda Arsenik Olan Bölgeler(Bangladeş, Şili, Tayvan, Çin)

Dünyada birçok ülkede (ABD, Çin, Şili, Bangladeş, Tayvan, Meksika, Arjantin, Polonya, Kanada, Macaristan, Yeni Zelanda, Japonya, Hindistan, Finlandiya) doğal olarak oluşan yeraltı suyu arsenik kirliliği ( $\approx 1000 \text{ ppb}$ ) nedeniyle 100 milyonun üzerinde kişi arsenik zehirlenmesi riski ile karşı karşıya kalmıştır.

**Tablo 1:**Türkiye ve Kütahya Özelindeki Arsenik Değerleri ( $\mu\text{g/L}$ )

Türkiye	Kütahya
Nevşehir Karahasanol: 500	Hisarcık: 45-1210
Afyon Yakasenek: 104.4	Hisarcık Yeraltı Suyu: 70-7754
İzmir Sarıkız-Göksu: 32-59	Emet (Malı1,Malı): 448-633
Bursa Kestel Şükraniye: 80	Emet Yeraltı Suyu: 8900-10700
Aksaray : 1-200	Emet Şebeke Suyu: 100-400
Nevşehir İnalli: 36	Emet Yüzey Sularında: 21-655
Nevşehir Hacıbektaş Killik Köyü: 150-212	Simav Yeraltı Suyu: 99 (Ort) 561 (Mak)
Bursa Gürsu Ericek: 35	Simav Jeotermal: Ort 502
Afyon Seydiler: 54.6	Emet İğdeköy Hastalıklı Pınar: 8900-9300
Nevşehir Kozaklı Kaynak Suyu: 29.3-94	Hisarcık: 460

**Tablo 2:** Ulusal ve Küresel İçme ve Kullanma Suyu Arsenik Standartları ( $\mu\text{g/L}$ )

DÜNYA	TÜRKİYE
DSÖ(WHO-1958) 200	TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik
DSÖ(WHO-1963) 50	(1997) 50
DSÖ(WHO-1999) 10	(2005) 10
ABD(EPA-1975) 50	
ABD(EPA-2001) 10	
(EC-1998) 10	

## MATERIAL-METOT

Numune alma ve saklama koşullarına uygun olarak alındı ve uygun ortam sıcaklığında koruma altına alınmıştır. Numunelerin Analizi ICP - OES cihazıyla Hidrür Yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Sodyum Bor Hidrür Çözeltisi, HCl Çözeltisi, Potasyum İyodür, Askorbik Asit çözeltileri ve Ultra Saf Su kullanılmıştır.



Şekil 3: Numunne Alma Noktaları (Kütahya Merkez, Emet, Tavşanlı, Domaniç)



Şekil 4: Numunne Alma Noktaları (Emet, Esentepe, İğdeköy, Yeniceköy)

## ARAŞTIRMA BULGULARI

2015'te Mayıs ve Ekim, 2016'da Nisan aylarında numune aldık. Aldığımız numunelerdeki arsenik değerleri 0.207-1960 µg/L arasındadır. Kış aylarında arsenik değerlerinin arttığını gözlemlemekteyiz. Emet yenice köy ve iğde köy'de arsenik derişimlerinin diğer bölgelere göre daha üst düzeylerde olduğunu tespit ettik. 20 numuneden 16 tanesi İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik (17.02.2005)'de belirlenen 10(µg/L) standardının üzerinde, 4 tanesi standardın altında bulunmuştur (Tablo 3).

**Tablo 3:** Numune Alınan Yerler ve Arsenik Konsantrasyonları

İstasyon	Arsenik Değerleri (µg/L)		
	Mayıs 2015	Ekim 2015	Nisan 2016
Emet Dağ Suyu Çeşmesi	6.502	557.4	0.207
Emet Esen Tepe Mah. Cami Çeşmesi	14.62	66.06	
Emet Yenice Köy Malı Gül Çeşmesi	1050	1960.4	
Emet İğde Köy Köy Çeşmesi	712.8	1176.8	
Emet Yenice Köy Malı Şebeke Suyu	22.62	252.8	
Tavşanlı Tepecik	52.51	89.2	8.18
Emet Şebeke Suyu	16.83	88.32	11.36
Domaniç		125.12	
Emet İğdeköy Şebeke Suyu		169.98	
Kütahya Merkez Şebeke Suyu			8.63

## **SONUÇLAR ve TARTIŞMA**

Arseniğin içme suyunda rengi, kokusu olmadığından zararlı etkilerinin anlaşılmasında güçlük çekilmiştir. Bu yüzden insanlar uzun yıllar içme suyundaki arseniğe maruz kalmıştır. Uzun süre arseniğe maruz kalan kişilerde kronik arsenik zehirlenmeleri, ciltte pigmentasyonlar ve aşağıdaki semptomlar görülmüştür. Arseniğin yüksek konsantrasyonlarının neden olduğu hastalıklar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 4:** Emet-Kütahya'da Arseniğe Bağlı Olarak Oluşan Dermatolojik Bulgular

Semptom ve Bulgular	İğde köy Nüfus(E/K)	Dul kadir Nüfus(E/K)	Toplam Nüfus(Erkek/Kadın)
	As =8900-9300 µg/L	As =300 -500 µg/L	
Palmo plantar keratoz	17 (9/8)	1 (1/0)	18 (10/8)
Basal hücreli karsinom	2 (1/1)	0	2 (1/1)
Verru plantaris	3 (3/0)	0	3 (3/0)
Verru plantaris ve palmaris	1 (0/1)	0	1 (0/1)
Plantar keratodermi	1 (0/1)	0	1 (0/1)
Plantar hiperkeratoz	1 (0/1)	0	1 (0/1)
Pigmente nodüler lezyon	0	1 (0/1)	1 (0/1)
Hiperhidrozis	0	1 (0/1)	1 (0/1)
Keratik papüller	3 (0/3)	0	3 (0/3)
Bowenoid lezyonlar	1 (0/1)	0	1 (0/1)
Arsenikle ilgili bulgular toplamı	30 (14/16)	3 (1/2)	33 (15/18)



**Şekil 5 :**Arseniğe Bağlı Olarak Oluşan Ciltte Pigmentasyonlara Örnek Şekiller (Emet)

Tablo 4'e bakıldığından arsenik toksikasyonu ile ilgili cilt lezyonları ve sudaki arsenik dozu arasında ilişki kurulabilir. Sudaki arsenik konsantrasyonun 8900-9300 µg/L kadar ulaştığı Köy1'de arsenikle ilgili zehirlenmeleri gösteren 30 vaka gözlenmiştir. Sudaki arsenik miktarını 300-500 mikrogram/litre arasında değişen 2 numaralı köyde ise 3 vaka gözlenmiştir. 1 numaralı köyde bu araştırmaya katılanların % 30,9'unda; 2 numaralı köyde ise %5,4'unda arseniğin neden olduğu cilt değişimleri gözlenmiştir. Palmo plantar keratoz, 1 numaralı Köy'de 17 kişide (çalışmaya katılanların %17,5'i) görüldüğü halde 2 numaralı köyde sadece 1 kişide (çalışmaya katılanların %1,8'i) kişide bulunması bu ilişkiye destekler.

Yüksek dozda arseniğe maruz kalmış kişilerde görülen cilt lezyonları arasında keratoz ve hiperpigmentasyon arsenik toksikasyonunu erken teşhis için önemli bir göstergedir. Sonuç olarak Kütahya/Emet'te Dünyadaki ve Ülkemizdeki standartların çok üstünde içme suyunda arsenik konsantrasyonları tespit edilmiştir. Bu nedenle özellikle Ege Bölgesi olmak üzere ülkemizin her bölgesinde yaşayan insanlarda (saç, deri, kan, tırnak) arsenik düzeylerinin tespiti amacıyla sağlık taraması yapılması ve içme ve kullanma sularında arsenik konsantrasyonunun sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir. İçme suyu arıtma tesisi arsenik giderim üniteleriyle birlikte kurulması halkın sağlıklı bir içme suyuna kavuşması açısından ve bölgedeki hastalıkların önlenebilmesi açısından son derece önem arz etmektedir.

## KAYNAKLAR

Pala A,Başkan M Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi YIL:2009 CİLT:15 SAYI:1

SAYFA:69

Oruç N, Türkiye'de Arsenikli Su Problemi:Genel Değerlendirme Uluslararası Tıbbi Jeoloji Birliği Üyesi  
Eskişehir

Atakuru İ,Emet ve Hisarcık Bölgesi Sularında Arsenik ve Bor Tayini DPÜ Yüksek Lisans Tezi Kimya Anabilim  
Dalı, Temmuz 2009

Atabey E,Jeolojik Unsurlar ve Halk Sağlığı (TİBBİ JEOLOJİ )Dr. Atabey E,Jeoloji Yüksek Mühendisi (Tıbbi  
JEOLOG)(2008)

## AKSARAY RÜZGAR HARİTASI

Merih Özdemir<sup>1</sup>, Melayib Bilgin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

meriozdemir1905@hotmail.com, melayib@gmail.com

**ÖZET:** Rüzgar enerjisi geçmiş zamandan bu zamana hep fayda sağlayan bir enerji olmuştur, temiz tükenmeyen çevre dostu bir enerji olması bu enerjiye olan ilgiyi her geçen gün arttırmıştır. Aksaray ili, rüzgar enerji santrali işletebilecek kadar rüzgar potansiyeline sahip değildir ancak küçük ölçekli bir türbini kurmaya yatkın bir rüzgar potansiyeli bulunmaktadır. Aksaray ilinde yapılan rüzgar ölçümüleri hızlara göre ve rüzgar enerji santrali kurulabilir alanlara göre haritalanmış ve genel durum gözlemlenmiştir. Rüzgar enerjisi tükenmeyen ve çevre kirliliği yaratmayan bir kaynak olmasından dolayı göz ardı edilmemesi gereken bir kaynaktır. Ülke olarak bizlerin de yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik çevre dostu tüketimler yapması gerekmektedir. Gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakmanın ilk adımı da yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelikdir.

**Anahtar Kelimeler:** Rüzgar Enerjisi, Yenilenebilir Enerji, Çevre Dostu, Rüzgar Türbini, Rüzgar Potansiyeli

## AKSARAY'S WIND MAP

**Abstract:** Since wind energy has been an energy that has always been beneficial dating back from the past to nowadays, the interest in this type of energy has increased with each passing days since it being a clean, inexhaustible and eco-friendly one. The wind energy plant in the province of Aksaray does not possess enough wind potential to operate the plant but has the wind potential to lead to the establishment of a small-scale wind turbine. The province of Aksaray has been mapped and the overall situation has been observed according to the measurements taken as per wind speeds and also according to the areas that energy wind plants can be built. Due to the fact that wind energy is an inexhaustible and a non-polluting energy resource, it should not be ignored.

We, being a country that is routed towards renewable energy, eco-friendly consumption should be put in place. The first step in leaving behind a livable environment to the future generations is to turn to renewable energy sources.

**Key words:** Wind energy, Renewable Energy, Eco-Friendly, Wind Turbine, Wind Potential

## GİRİŞ

### Yenilenebilir Enerji Nedir?

Yenilenebilir enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerjidir. Bu kaynaklar güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerjisi, biyokütle enerjisi ve hidrojen enerjisi olarak sıralanabilir.

## RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar, güneş radyasyonunun yer yüzeyini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Yer yüzeyinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu farklı basınç da havanın hareketine neden olur. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık % 2'i kadarı rüzgar enerjisine çevrilir.(URL 1)

Rüzgârin gücünden yararlanılmaya başlanması çok eski dönemlere dayanır. Rüzgâr gücünden ilk yararlanma şekli olarak yelkenli gemiler ve yel değirmenleri gösterilebilir. Daha sonra tahıl öğütme, su pompalama, ağaç kesme işleri için de rüzgâr gücünden yararlanılmıştır. Günümüzde daha çok elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır.(Karaaslan1998)

### **Rüzgar Enerjisinin Olumlu Yönleri**

- Atmosferde serbest olarak bulunur.
- Yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır, çevre dostudur.
- Kaynağı güvenilirdir, tükenme ve zamanla fiyat artma riski yoktur.
- Maliyeti günümüz güç santralleriyle rekabet edebilecek düzeye gelmiştir.
- Bakım ve işletme maliyetleri düşük ve kolaydır.
- İstihdam yaratır.
- Rüzgar enerji santralları; toplam santral sahasının %1'ini işgal ederler. Geri kalan kısım tarımsal ve hayvansal faaliyetler için kullanılabilir.
- Yakıt maliyeti yoktur, büyük ölçüde yerli kaynak kullanımını olacağından, ithale dayalı diğer fosil yakıtların (doğal gaz ve ikincil ithal kömür ve petrol ürünleri) hemen tümüne karşı temin güvenliği avantajına sahiptir.
- İthal kömür her ne kadar temiz olarak kabul edilse de karbon dioksit ve az oranda da diğer kirleticilerin üretimine neden olmaktadır. Buna karşın yenilenebilir enerji kaynaklarının atmosferik emisyonları yok denenecek kadar az olacağında kirliliğe sebep olmayacağı ve sera etkisi azalacaktır.
- Yenilenebilir enerji kaynakları, dağlık yöreler gibi kırsal ve gelişmemiş alanlarda yarattıkları iş ve altyapı imkanları sayesinde sosyo-ekonomik gelişmeye katkıda bulunacaktır. (URL 2)

### **Rüzgar Enerjisinin Olumsuz Yönleri**

- İlk yatırım maliyetleri yüksektir,
- Kapasite faktörü düşüktür (%25-40 arasındadır),
- Kesintili bir enerji kaynağıdır,
- Yenilenebilir enerji kaynakları projelerinin işletmeleri daha ucuz olmakla beraber ilk yatırım maliyetleri fosil kaynaklı teknolojilere göre daha yüksektir

- Rüzgar türbinleri göç eden için ciddi sorunlara yol açmaktadır.
- Rüzgar santralleri eğer çok fazla miktarda bir bölgede ise, o bölgenin cep telefonu ve tv sinyallerini bozabilmektedir,
- Türbinlerin çıkardığı gürültü, şehirlere yakın bölgelerde oluşturdukları ses kirliliği sebebiyle insanlara, hayvanlara ve doğal yaşama rahatsızlık vermektedir. (URL 3)

### **Rüzgar Enerjisinin En Etkin Kullanım Biçimleri**

- Mekanik uygulamalar (su pompalama sistemi)
- Elektriksel uygulamalar (şebekе bağlantılı ve şebekе bağlantısız-stand alone sistemler)
- Isıl enerjisi uygulamaları

### **Rüzgar Türbini**

Rüzgarın kinetik enerjisini mekanik enerjiye ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlere rüzgar turbini denir. Rüzgar türbinlerinin ömrü, türbin kalitesine ve yerel iklim özelliklerine göre değişmekte beraber ortalama 20-25 yıldır. Rotor yüksekliğindeki türbülans yoğunluğu ve bunun sonucu ortaya çıkan mekanik yorulma, türbin ömrünü birinci dereceden etkileyen faktördür. Rüzgar enerjisi teknolojisinin kapasite faktörü (C F ) %25-40 arasında değişmektedir. Kapasite faktörü; yıllık üretilen net enerji miktarının, bir yıl tam kapasiteyle çalışması durumunda üretilebileceği enerji miktarına oranı şeklinde tanımlanmaktadır.

Rüzgar türbinleri, elektrik enerjisi üretimine ancak belirli bir rüzgar hızında başlayabilmektedir. "Cut-in" adı verilen bu rüzgar hızının altında sistem tamamen durmaktadır. Sistemden elde edilen elektrik enerjisi rüzgar hızının artmasıyla birlikte artmaktadır. Her bir rüzgar turbini için belirlenmiş bir rüzgar hızında, sistemden elde edilen güç en büyük değere ulaşır. Bu en büyük güçe "nominal güç" ve bu rüzgar hızına "nominal hız" adı verilmektedir. Rüzgar hızının, nominal hız değerini aşması halinde sistemden elde edilecek güç nominal güç kadar olacaktır. Sistemin hasar görmemesi için belirli bir rüzgar hızından sonra rüzgar türbinlerinin stop konumuna geçmesi otomatik olarak sağlanır. Bu maksimum hıza sistemin "Cut-out" hızı adı verilmektedir. Diğer bir ifadeyle, bir rüzgar turbini Cut-in ve Cut-out rüzgar hızları arasında enerji üretimini gerçekleştirir. Modern rüzgar türbinlerinin Cut-in hızları 3-4 m/s, nominal hızları 11-15 m/s ve Cut-out hızları ise 25-30 m/s arasındadır. Şebekе bağlantısı olmayan bağımsız küçük rüzgar türbinleri için gerekli minimum yıllık ortalama rüzgar hızı 4 m/s, şebekе bağlantılı küçük sistemler için ise 4.5 m/s dir. (URL 2)

## TÜRKİYE VE DÜNYA'DA RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ

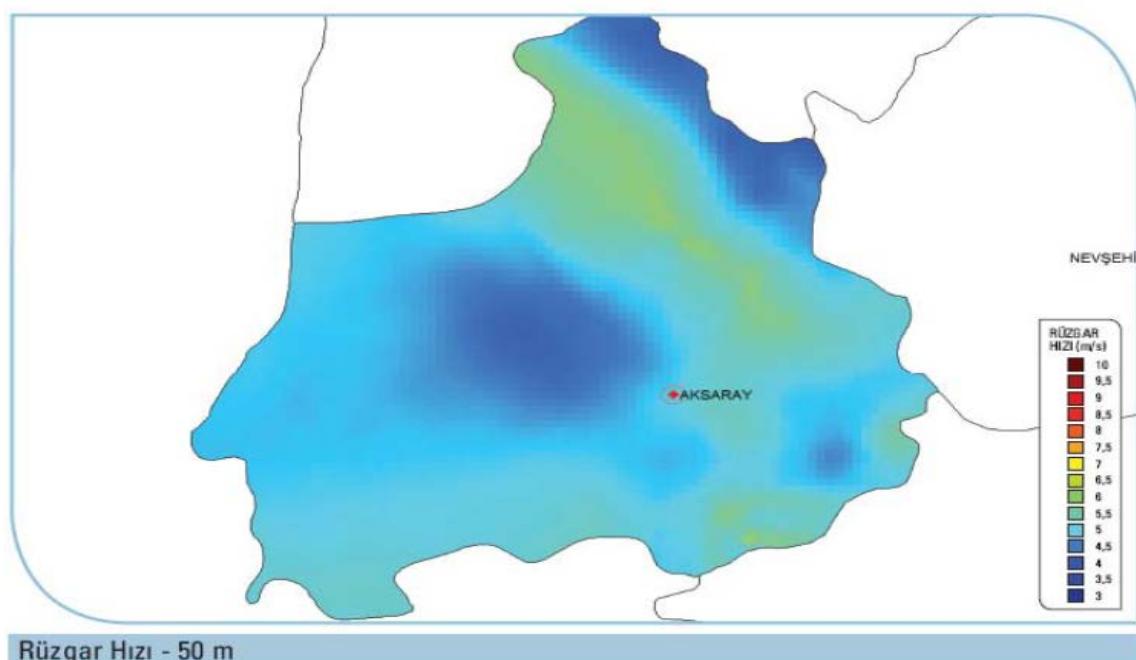
Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7.5 m/s üzeri rüzgar hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgar santralı kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabuller ışığında Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün %1.30'una denk gelmektedir.

World Energy tarafından yayınlanmış çalışmaya göre; 5.1 m/s üzeri rüzgar hızlarına sahip bölgelerin uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile %4 'nün kullanılacağı kabul edilerek, dünya rüzgar enerjisi teknik potansiyeli 53.000 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır. 2000'li yılların başından itibaren denizüstü rüzgar enerji santralları (RES) projelerinde gelişmeler olmuştur. Kuzey Denizi civarındaki ülkeler olan Almanya, Danimarka, İngiltere ve Hollanda'da denizüstü RES'leri kurulmaya başlanmıştır.(URL 4)

## AKSARAY'IN RÜZGAR POTANSİYELİ

Aksaray ilinde 50 m de rüzgar hızları ölçülmüş ve aşağıdaki gibi haritalanmıştır.

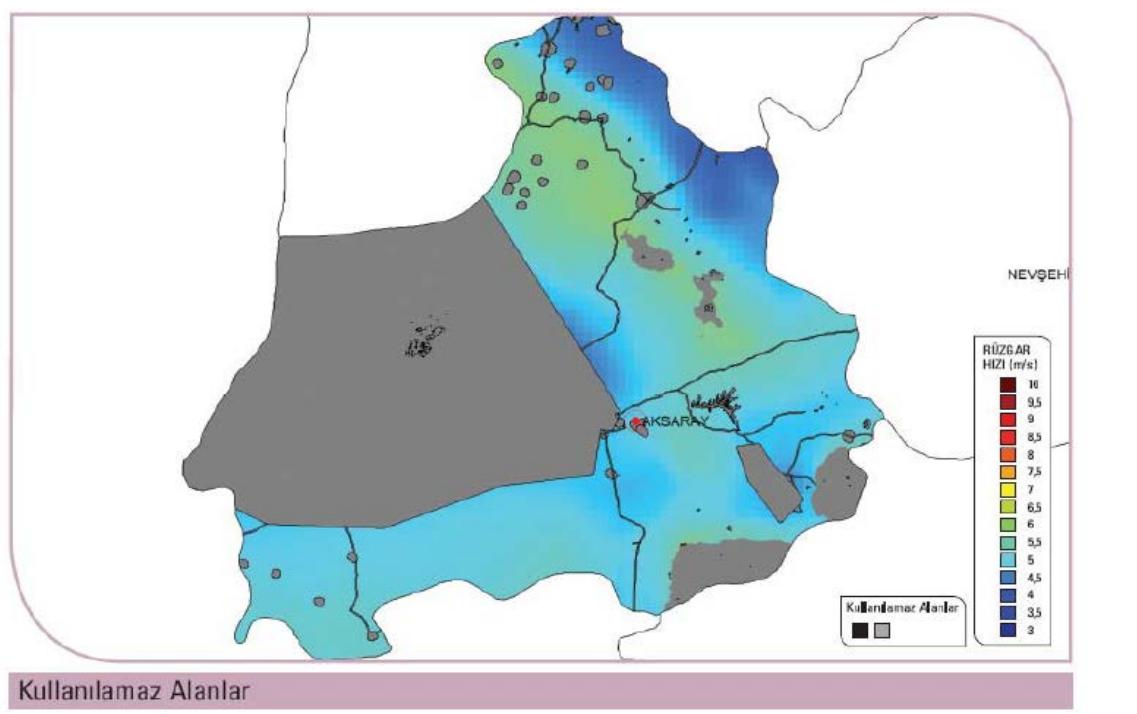
### RÜZGAR HIZ DAĞILIMI-50 M



Ekonomik RES yatırımı için 7m/sn veya üzerinde hız gerekmektedir.(URL5)



## RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALİ KURULABİLİR ALANLAR



Gri renkli alanlara rüzgar santrali kurulamayacağı kabul edilmiştir. (URL 5)

## Aksaray İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrali Güç Kapasitesi

50 m'de Rüzgar Gücü (W/m <sup>2</sup> )	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km <sup>2</sup> )	Toplam Kurulu Güç (MW)
300 – 400	6.8 – 7.5	0,00	0,00
400 – 500	7.5 – 8.1	0,00	0,00
500 – 600	8.1 – 8.6	0,00	0,00
600 – 800	8.6 – 9.5	0,00	0,00
> 800	> 9.5	0,00	0,00
		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

## SONUÇ

Tüm dünyada nüfusun artışı ve sanayinin gelişimiyle enerji kaynaklarına olan ihtiyaç artmaktadır. Fosil yakıtların bir gün tükeneneceği düşüncesi ve çevreye verdiği zararlardan dolayı temiz ve tükenmeyecek enerji kaynaklarına yönelik olmuştur.

Rüzgar enerjisi temiz ve çevre dostu tükenmeyecek bir enerji olduğundan bu enerjiye ilgi her geçen gün artmaktadır. Aksaray ilinde 10 m yükseklikte ölçülen rüzgar hızı verileri 30, 50 ve 100 m yükseklikler için hesaplanmıştır. Yaklaşık rüzgar hızı değeri 4-5 m/sn bulunmuştur. Bu rüzgar hızı küçük bir rüzgar türbini kurup üniversitemizin elektriğinin karşılanması için yeterlidir.

Aksaray ili rüzgar enerji santrali kurmak için çok uygun bir il değildir ancak Hasandağ'ına kurulan küçük ölçekli bir rüzgar türbiniyle üniversitemizin elektiriginin kullanılabileceği düşündürmektedim bu şekilde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik önemli bir adım atabileceğimizi yaşanabilir bir çevre için üniversite olarak bizlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına destek olabileceği kanaatindeyim.

## KAYNAKLAR

Bozyigit, Karaaslan (1998) ,Ankara, Nobel Yayın Dağıtım S:132

Doğanay, H., 1991, Enerji Kaynakları, Atatürk Univ. Yay. No:707, Kazım Karabekir Eğitim Fak. Yay. No:18, Ders Kitapları Serisi No:13, ERZURUM

URL1([http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar\\_en\\_hak.html](http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_en_hak.html))

URL 2( [http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar\\_enerjisi.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx))

URL 3( <http://www.enerjibes.com/ruzgar-enerjisinin-avantajlari-ve-dezavantajlari/>)

URL 4 ([http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar\\_en\\_hak.htm](http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_en_hak.htm))

URL5(<http://www.eie.gov.tr/YEKrepa/AKSARAY-REPA.pdf>)

Hayli S.,Fırat Üniversitesi, web.firat.edu.tr,arşiv,cilt 11,sayı 1

Aksaray Üniversitesi Yenilenebilir Enerjiler Lisans Tezi

Dereli S. “Rüzgar enerjisi”, Ankara; Tübitak Yayımları; 2001.

## **İNDİGO BOYA ARITIMI**

Ali Sacit EVCI, Mustafa IŞIK

<sup>1</sup>Aksaray üniversitesi, mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 68100/AKSARAY

E-mail:alisacitevci@hotmail.com

**ÖZET:** Son yıllarda ülkemizde su kontrolü açısından büyük adımlar atılmıştır.. Alıcı ortama deşarj edilen boyar maddeler bu kirlilik yükünün az bir kısmını oluştursa da, alıcı ortam suları üzerinde değişik etkileri olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı tekstil endüstrisinde boyar maddeler kontrolü ekolojik düzeni bozduğundan önemli bir yer kaplamaya başlamıştır. Günümüzde boyar maddelerin giderimi büyük oranda fizikal ve kimyasal yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Ancak bu yöntemlerin maliyeti oldukça yüksektir ve ortaya çıkan büyük miktarlarda konsantrasyonun bertarafı problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle yüksek debili atık suların boyar maddelerin etkili ve ekonomik bir şekilde giderilebilmesi için biyolojik sistemler gibi alternatif yöntemlere gereksinim vardır. Ülkemizi göz önünde bulunduracak olursak tekstil endüstrisi gelişmesine paralel olarak atık su miktarları da artmaktadır. Bu çalışmada daha çok biyolojik sistemler üzerine yoğunlaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** bertaraf, biyolojik arıtma boyar maddeleri, deşarj, tekstil endüstrisi.

## **INDIGO DYE TREATMENT**

**ABSTRACT:** In recent years, great strides have been taken in our country in terms of water control. Dyes discharged to the receiving environment are different effects on the receiving environment waters even though they constitute only a small proportion of the pollution load. Because of ecological effects, the control of dye substances in the textile industry have begun important part of the environmental control. Nowadays dye removal is carried out largely by physical and chemical methods. However, these method are very cost and the resulting concentrate in large quantities leads to sludge disposal problem. For this reason, in order to treat effectively and cost effective dyes in textile wastewater having highly flowrate, alternative methods like biological system have been needed. If we take into consideration our country's, the amount of wastewater is also increasing textile industry development in parallel. This study focused on more in biological systems.

**Keywords:** biological treatment, disposal, discharge, dyes, textile industry

## **GİRİŞ**

Bir bitkiden indigo boyarmaddesi fermantasyon yöntemi ile elde edilmektedir ve Asya'da 5000 yıldan daha uzun bir süredir kullanılmaktadır. 17.yüzyılın başlarında Batı Avrupa'da daha güçlü bir boyarmadde olması nedeniyle çivit boyasının yerini almıştır. Karmaşık hazırlık işlemeye rağmen indigo solmayan, soğukta da boyanabilen, mordan lama gerektirmeyen nadir doğal boyarmaddelerdir. Amerika'nın keşfedildiği ilk yıllarda indigonun bazı tipleri küpler halinde para olarak kullanılacak kadar değerliydi. Ayrıca Güney Carolina ve Georgia eyaletlerindeki bazı adalarda çok değerli bir tarımsal ürün haline gelmiştir. Bu adalarda boyarmaddenin oksitlenmesi için köleler fişaların içinde 2-3 gün boyunca ayakta durup ayaklarını suda sürekli oynatmaları için zorlanıyordu. Hindistan'da kara kına olarak

bilinmektedir. Saç boyası ve saç süslemesi olarak kullanıldığı gibi vücut süslemesi olarak da kullanılmaktadır. İngilizler için bu renk o kadar değerliydi ki köylülere gıda olabilecek pirinç yerine indigo ekmelerine zorlanıyordu. Bu bitki ayrıca Geleneksel Çin Eczacılığında önemli bir rol üstlenmektedir. Bitkinin acımsı hali kanamaları durdurmakta ve antiseptik olarak kullanılır. Kızıl indigo denilen bu boyanın kahverengi görünümlü hali lösemiye karşı da etkili olduğu görülmüştür ( URL 1, 2016 ).

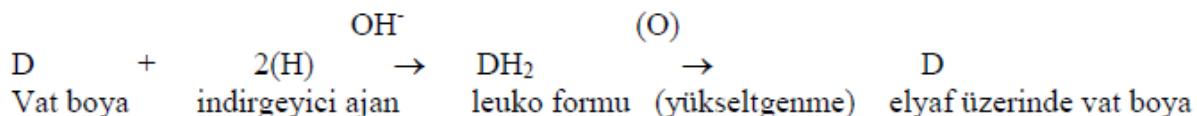


Şekil 1. İndigo Bitkisinin Zamanla Almış Olduğu Şekiller (URL 2; 2016 )

## INDİGO BOYAMA

Doğal indigo, sentetik indigo'nun kullanımı ile 500 yıl önce Hindistan'da yetişen bir bitki olan indigo fera'dan elde edilmiş ve boyacılıkta kullanılmıştır. 1900'lü yıllarda ise indigo'nun antraquinon ve indantron türevleri elde edilmiştir. Indigo bileşikleri pamuklu üzerine baskı yapmada ve zayıf alkali ortamda indirgenmeleri nedeni ile yün boyamada kullanılır (Özcan, 1978). Indigo boyar maddeleri, halkaya bağlı ve halka elektronları ile konjuge olmuş en az iki oksijen atomu içeren suda çözünmeyen renkli bileşiklerdir. Alkali ortamda bir indirgen madde ile muamele edildiklerinde bu oksijenler kolaylıkla “fenolat” şekline dönüşerek molekülün suda çözünmesini sağlarlar. Bu olaya eski adı ile “küpeleme” oluşan ürüne de sodyum leuko bileşiği denir.

İndigoid boyar maddeler suda çözünmezler. Ancak NaOH ve  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  gibi indirgen maddelerle suda çözünebilen Leuko bileşiklerine dönüştürler. (Vigo, 1997).



Lueko bileşiği, selüloz kumaş yüzeyinde tutulduktan sonra hava ve bazı oksitleme maddeleri ile derhal yükseltgenerek suda çözünmeyen pigmentlere dönüşür. Ancak Vat boyaların çözünebilen leuko esterleri indirgenmeden, doğrudan kumaş boyamada kullanılabilir. Vat boyalar genellikle selülozik ve poliamid türü kumaş türlerine uygulanır. Uygulamadan önce yıkanır, ağartılır ve alkali banyodan geçirilir. İndigo boyar maddeleri selülozik ve kısmen de proteinik elyafın boyanmasında ve baskısında kullanılmaktadır(Vigo, 1997).

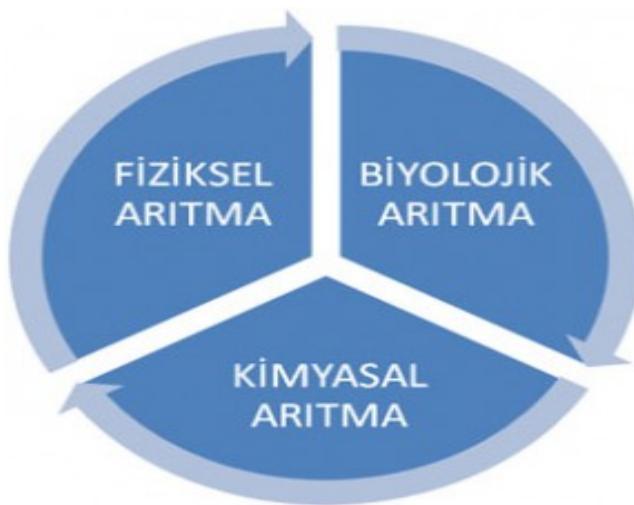
Indigo boyar maddelerine örnek olarak, katkısız indigo , indigo carmin, thioindigo, tetra brom indigo boyaları; indigoid boyar maddelere de hidroblue R örnek olarak verilebilir. Karbazol indifenol ve sodyum polisülfürden elde edilen bu boyar maddelerin leuko forma dönüşmesi sırasında disülfür köprüleri parçalanarak tiofenolat gurupları meydana gelir. Durindon, Anthra, Algol, Solindon ve Tinalden bu gurup boyaların ticari isimleri olmaktadır. Leuco vat boyalarının sülfürik asit esterleri (indigosol) de yün, keten boyamada ve polyester ile selülozik tekstil ürünlerinin boyanmasında kullanılmaktadır (Alan, 1989).

İndigo boyama pamuklu kumaşları işleyen tekstil endüstrisinin önemli bir kısmını teşkil eder (Kabdaşlı vd., 1996). İndigo boyamada boyar maddelerin indirgenmesinde kullanılan kükürtlü bileşikler ile indigo carmin boyasının yapısından kaynaklanan kükürtlü bileşikler aerobik arıtımada korozyon problemine neden olmaktadır. Arıtma tesisiinde beton yapı ve kanallar ile mekanik aksamın bozulmasına neden olmakta ve alıcı ortama  $\text{S}^{2-}$  ve  $\text{SO}_4^{2-}$ 'ın verilmesine neden olmaktadır. Anaerobik arıtımada indigo boyalarından kükürt içeren indigo karmin gibi boyalar kullanıldığından ve alkali ortamda kükürtlü bileşikler ile boyaya muamele edildiğinde  $\text{KOI/SO}_4^{2-}$  oranı 2 ve 3'ten büyük olduğunda ortamda sülfür ve sülfatlı bileşiklerin metan bakterileri üzerinde inhibisyon etkisi olmamaktadır (Speece, 1996).

## ATIK SULARIN ARITILMASI

Atık suların arıtılması, günlük hayatı evsel veya endüstriyel ihtiyaçlar doğrultusunda kullanılan içilebilir suların belirli teknik aşamalardan geçirilerek tekrar kullanımını sağlama sürecine verilen addır (Şekil 2). Atık suları arıtmak için kullanılan yöntemler genellikle üç ana başlık altında toplanabilir:

- Fiziksel arıtım
- Kimyasal arıtım
- Biyolojik arıtım



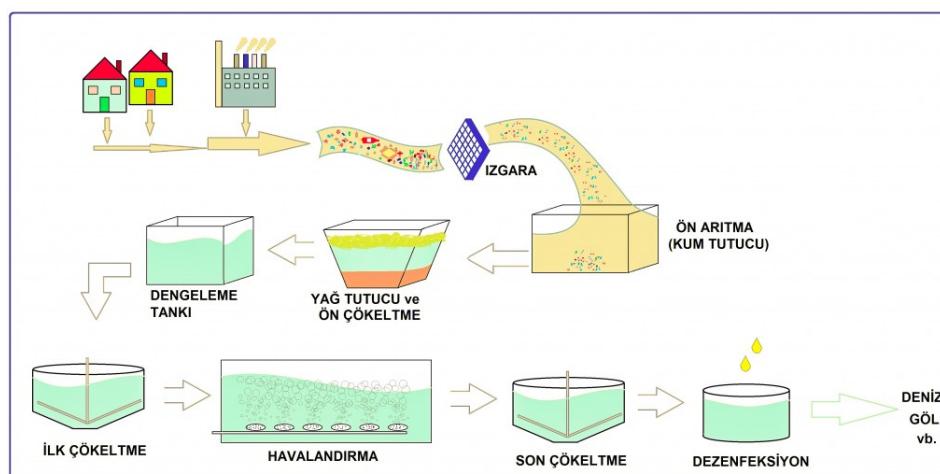
**Şekil 2.** Atıksu Arıtma Yöntemleri (URL 4, 2016 )

Bu üç ana başlık haricinde ileri arıtma metotları adı altında toplanan daha karmaşık işlemler de kullanılmaktadır.

Atık suların arıtılması için kurulacak tesisler ve arıtma yöntemleri tamamen bölgeseldir. Tesis kurulumu için tüm maliyetler ve elde edilecek su miktarı hesaplandıktan sonra optimum çözüm yöntemi uygulanmaya konur.

### **1 - Fiziksel Arıtım Yöntemleri**

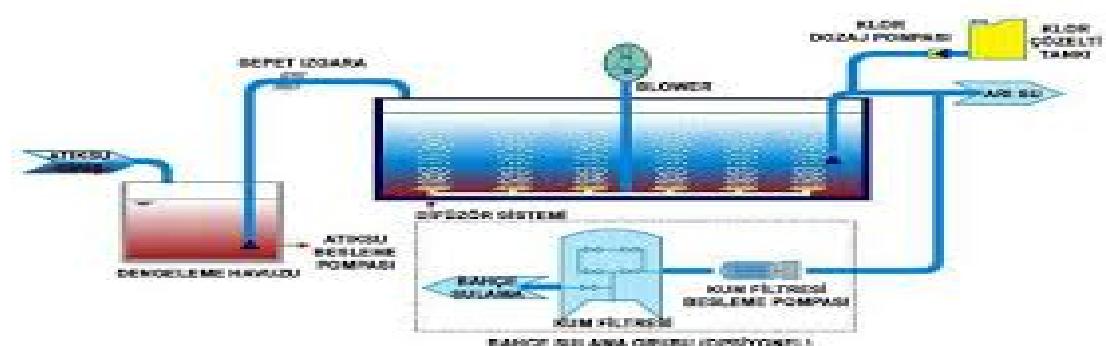
Bu yöntemde herhangi bir kimyasal ayırıcı madde veya bakteri kullanılmaz. Atık su pompalar aracılığıyla belirli fiziksel yapılar içerisinde geçirilerek kısmen temizlenir.



**Şekil 3.** Arıtma Yöntemi Şematik Gösterimi (URL 5, 2016 )

### **2 - Kimyasal Arıtım Yöntemleri**

Atık su arıtmasında uygulanan fiziksel yöntemler ile suda çözünen maddeler ayırtılabilir. Bu aşamada devreye kimyasal arıtma yöntemleri girer.

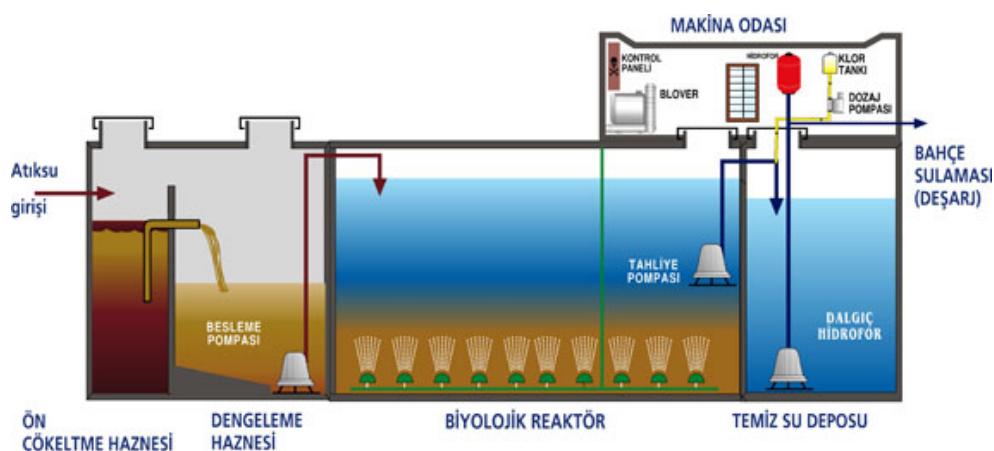


Şekil 4. Kimyasal Arıtma Yöntemi Şematik Gösterimi (URL 6; 2016 )

### 3 - Biyolojik Arıtma Yöntemleri

Biyolojik atık su arıtma yöntemleri aerobik ve anaerobik olmak üzere ikiye ayrılır. Bu aşamada suyun içinde bulunan biyolojik olarak ayrılabilen maddeler, mikroorganizmalar tarafından besin olarak kullanılır. Bakterilerin yaşam döngülerine göre alınan besin, kendilerine enerji sağlar ve aynı zamanda ortaya çıkan yan ürünler de atmosfere gaz olarak salınır.

Atık suların arıtılması insanlığın yerlesik hayatı geçmesi ve nüfus yoğunluğunun artması sonucunda çözülmesi gereken esas problemlerden biri haline gelmiştir. Popülasyon oranının sürekli fazlalaşması sonucunda problemin büyülüklüğü ve ciddiyeti her geçen gün katlanarak artmaktadır. Doğada, herhangi bir şekilde insan müdahalesi olmadan gerçekleşen su döngüsü arıtma işinin gerçekleştirmektedir. Fakat, bu döngü sonucunda tüm popülasyonun yararlanabileceği ve problemi çözebilecek kadar temiz su elde edilememektedir. Bu nedenle insanoğlunun kirlettığı suyu tekrardan kullanabilecek hale getirmesi gelecek kuşaklar için oldukça fazla önem arz etmektedir.(URL 7, 2016 )



Şekil 5. Biyolojik Arıtma Yöntemi Şematik Gösterimi (URL 8, 2016 )

Aerobik ortamda, boyaların mikroorganizmalar tarafından parçalanmasının zor olduğu saptanmıştır (Kulla, 1981). Aerobik arıtma sistemlerinde % 40-50 arasında değişen renk giderimi boyanın biyolojik kullanımı ve çamur floklarına adsorbsiyonu ile sağlanır. KOİ gideriminin de % 60 oranında olduğu belirtilmiştir. Biyolojik ve fizikokimyasal proseslerle %

80 KOİ ve % 40-50 arasında renk giderimi sağlanmaktadır. Sözü edilen proseslerle 150-300 mg/L arasında inert KOİ , yüksek oranda toplam KOİ ve renkli su içeren arıtma tesisi çıkış suları alıcı ortama sürekli deşarj edilmektedir. Tekstil endüstrilerinde kalıntı (giderilemeyen renk) genellikle suda çözünemeyen ve düşük oranlarda ayırsabilir boyar maddelerden kaynaklanmaktadır. Vat boyalardan Vat-violet 21 boyalarının KOİ/BOİ<sub>5</sub> oranı 10.8 olarak belirlenmiştir. Tekstil endüstrisinde bulunan Vat boyalardan Vat 4 ve Vat green 1 sırası ile yaklaşık 1600 ve 1800 g KOİ/g boyaya oluşturmaktadır. Vat boyalar; sülfür, reaktif, asit ve mordan boyalarla kıyaslandığında atıksuya verdikleri KOİ oranlarının daha yüksek olduğu saptanmıştır. Vat boyaların kimyasal reaksiyonlarla koagüle olduğu ancak oluşan flokların zayıf çökelme özellikleri nedeni ile iyi bir renk giderme veriminin oluşmadığı gözlenmiştir. Vat boyalardan Blue 4 ve Green 1'de membran proseslerden ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyonla % 90 KOİ ve renk gideriminin sağlandığı ancak çok pahalı olduğu gözlenmiştir. Mikrofiltrasyonla ise % 30 KOİ ve % 70 renk giderimi saptanmıştır. Aktif karbon adsorbsiyonu ile Vat boyalarda % 0 KOİ giderimi ve % 10 renk giderimi saptanmıştır (Charmange ve Coste, 1996). O3 ile yapılan kimyasal oksidasyon işleminde % 3-30 KOİ ve % 10-35 renk giderme verimi elde edilmiştir. Özel bazı mantar türlerinin hiflerine adsorbsiyon ve mantar hifi yüzeyinde salgılanan bazı hücre içi ve dışı özel enzimlerle boyaya giderimi belli bir boyaya konsantrasyonuna kadar (80 mg/l) verimli olmaktadır (Wang ve Yu, 1998). Yukarıda belirtilen arıtma proseslerden geçirilen ve alıcı ortama verilen çıkış suyu yüksek oranda toplam KOİ, inert KOİ ve boyar madde içermektedir.

Biyosorpsiyon Kimyasal maddelerin mikrobiyal kütle tarafından adsorbsiyonu veya kütlede birikimi biyosorpsiyon olarak ifade edilmektedir. Ölü bakteriler, maya ve mantarlar boyar madde içeren atıksuların renginin giderilmesinde kullanılabilir. Tekstil boyalarının kimyası geniş bir yelpazede değişiklik gösterdiği için mikroorganizmalarla olan etkileşimler boyanın kimyasına ve mikrobiyal kütlenin spesifik kimyasına dayanmaktadır. Bu nedenle kullanılan mikroorganizmanın cinsine ve boyaya bağlı olarak farklı bağlanma hızları ve kapasiteleri sözkonusudur. Boyar madde içeren atıksu çok toksik olduğunda biyosorpsiyon avantajlı olmaktadır. (Robinson vd., 2001)

## **SONUÇ**

Çalışma sonucuna göre biyolojik yöntemin daha çok verimli olduğunu ileri sürebilir. Bunun sebeplerini arasında en önemli olanı biyolojik arıtım, endüstriyel proseslerden alıcı sistemlere transfer olan organikler için en önemli giderim prosesi olmalıdır. Tekstil endüstrisi atıksuları için önerilen fiziksel ve kimyasal yöntemlerin yüksek maliyet gerektirmeleri ve her boyaya için kullanılmıyor olmaları ve atık çamur oluşumu uygulanmalarının sınırlı olmasına neden olmuştur. Son zamanlarda yapılan çalışmalar birçok boyaya ürünü atıksudan giderebilme yeteneğine sahip yaygın mikroorganizma türlerinin mevcudiyetini vurgulamış ve biyoteknolojik metodları ön plana çıkarmıştır. Yani, teorik olarak biyolojik arıtma sistemleri kimyasal ve fiziksel arıtma yöntemlerine göre daha az çamur üretmesi, maliyetinin daha

düşük olması veya alıcı ortamlar için zararlı yan ürünlerin oluşmaması gibi özelliklerinden dolayı tekstil endüstrisi atıksularının arıtımı için en iyi çözüm olarak kabul edilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Alan, J., 1989, The theory of coloration of textiles, Second Edition, ISBN 090 195 6481, England.
- Charmagne, O.; Caste, C., 1996, Color removal from textile plant effluents, American dyestuff reporter, Degremont S.A., Cedex, France.
- Kabdaşlı, I, Tünay O., ve Orhon D., 1995, Sulfate removal from indigo dyeing textile wastewaters, Wat. Sci. Tech. Vol. 32, no. 12, pp. 21-27.
- Kulla, H.G., 1981, Aerobic bacterial degradation of azo dyes, FEMS symp., 12, 387-399.
- Özcan, Y., 1978, Tekstil elyaf ve boyama teknigi, İstanbul Üniversitesi yayinları, İstanbul.
- Robinson, T. McMullan, G. Marchant, R. and Nigam, P. (2001) Remediation of Dyes in Textile Effluent: A Critical Review on Current Treatment Technologies With a Proposed Alternative, Bioresource Technology, 77, 247-255.
- Speece, R. E., 1996, Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters, Archae Press, Nashville, Tennessee, USA.
- URL 1, 2016 <http://www.island-denim.com/Sayfa/indigo-nedir/45/>
- URL 2, 2016 <https://www.linkedin.com/pulse/how-indigo-blue-conquered-jeans-george-ayompe>
- URL 3, 2016 <http://www.yagyemezler.com/iceriktr.php?sayfa=indigo>
- URL 4, 2016 <http://atiksuaritmasistemi.com/fiziksel-atiksu-aritma-prosesleri.html>
- URL 5, 2016 <http://www.watermetropol.com.tr/su-aritma-nedir-genel-bilgilendirme>
- URL 6, 2016 <http://www.armasan.com.tr/teknik.html>
- URL 7, 2016 <http://www.su.gen.tr/atik-sularin-aritilmasi.html>
- URL 8, 2016 <http://www.biolandaritma.com.tr/biolanadbetonarme.htm>
- Vigo, T.L., 1997, Textile processing and properties; preparation, dyeing, finishing and performance, Elsevier,The Netherlands.
- Wang, Y.; Yu, J., 1998, Adsorption and degradation of synthetic dyes on the mycelium of *trametes versicolor*, Wat. Sci. Tech. V.38, n. 4-5, p.232-238.

## **EVSEL NİTELİKLİ KATI ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ VE BERTARAFI**

Alper Emre KAYA  
Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği  
alpermrk@gmail.com

**ÖZET:** Evsel nitelikli katı atıklar, son yıllarda katı atıklardan kaynaklanan problemler ülkemizin en önemli çevre sorunlarındandır. Nüfus artışına paralel olarak katı atık miktarları da artmakta, özellikle büyük kentlerimizde tüketim alışkanlıklarının değişimine paralel olarak atık kompozisyonu da hızla değişmektedir. Yine son yıllarda hızlı sanayileşme ve sanayi bölgelerinin de belirli merkezlerde yoğunlaşması nedeniyle sanayiden kaynaklanan atık miktarının artmasına yol açmıştır. Önümüzdeki dönemlerde nüfus artışımızın devam edeceğinin ve sanayi tesislerinin sayısının artmaya devam edeceğini kabulünden hareketle atık miktarının artacağını ve buna paralel olarak atık problemlerinin de artacağını söyleyebiliriz. Bu nedenle mevcut sıkıntıların en aza indirilmesi için yapılması gerekenler ve özellikle gelecekte olası problemler ve çözüm yöntemlerinin şimdiden ortaya çıkarılması ve buna uygun bir planlama yapılması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** evsel, nitelikli, katı, atık, dönüşüm

## **RECYCLING AND DISPOSAL OF DOMESTIC SOLID WASTE**

**Abstract:** Domestic solid waste, solid waste problems arising from one of the most important environmental problems in our country in recent years. Population growth in parallel to increase the amount of solid waste, especially in parallel to change our consumption habits are changing rapidly in the largest city in the waste composition. However, the rapid industrialization and industrial region in recent years has also led to an increase in the amount of waste resulting from industrial concentration in certain centers due. Population movement in the coming period will increase the acceptance of waste will continue to increase the number of industrial facilities and continues to increase, and we can say it will also increase the parallel problem of waste. Therefore it needs to be done to minimize the already existing problems and especially the discovery of possible problems and solutions in the future and it should be a proper planning.

**Keywords:** household. qualified. solid. waste. recycle

### **GİRİŞ**

Katı Atıkları Kaynaklarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz.

- Evsel Katı Atıklar      - Endüstriyel Nitelikli Katı Atıklar
- Tehlikeli Atıklar      - Evsel Nitelikli Endüstriyel Atıklar
- Tıbbi Atıklar              -Özel Nitelikli Katı Atıklar

Evsel Katı Atıklar, D.I.E. verilerine göre ülkemizde kişi başına günde 0,6 kg evsel nitelikli katı atık olmak üzere ortalama 1,0 kg belediye atığı üretilmektedir. Buna göre günde ortalama 68.000 ton, yılda toplam 28,4 Milyon ton civarında evsel nitelikli belediye atığı üretildiği tahmin edilmektedir. Evsel nitelikli katı atıkların kompozisyonu ile ilgili ulusal

düzeyde yapılmış olan tek çalışma D.I.E. tarafından 1992 yılında gerçekleştirılmıştır. Bu çalışmaya göre atık kompozisyonumuz aşağıdaki gibidir:

<b>Atık Cinsi</b>	<b>( % )</b>
Organik Atık	65,45
Kül-Curuf	22.48
Geri Kazanılabilir Atık	12.05

Geri Kazanılabilir Atıkların Kompozisyonu ise;

<b>Atık Cinsi</b>	<b>( % )</b>
Kağıt- Karton	45,48
Metal	8,62
Cam	18,46
Plastik	13,19
PET,PVC	6,15
Lastik Kauçuk	3,30

Bu verilere göre, evsel katı atıklar içindeki geri kazanılabilir atıklar tam bir ayırtmeye tabi tutulsa, depolanacak atık hacminde yaklaşık % 35 oranında bir azalma gerçekleştirilebilir. Ağırlık olarak ise evsel atıklarımızın % 12'si geri kazanılabilir atıklardır. Bu da yıllık olarak yaklaşık 3 milyon tona karşılık gelmektedir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında ana materyal evsel nitelikli katı atıklardır.Evsel katı atıklar yok edilmesi gereken bir madde değil, geri kazanılması gereken bir kaynak olarak düşünülmektedir. Bunun için öncelikli olarak tüketim kısılmalı, ambalajsız veya geri dönüşümlü ambalajı olan ürünler tercih edilmelidir. Evlerde oluşan atıklar cinsine göre ayrı ayrı poşetlenmeli, bu şekilde uygun çöp kutularına atılmalıdır. Böyle davranışlırsa atıkların değerlendirilmesi, geri dönüşümü ve depolanması daha kolay olur.Organik katı atıklar kompostlama yöntemiyle geri dönüştürülebilir. Kompost; tarımda, tıpkı hayvan gübresi gibi zemini iyileştirmek için bahçelerde, spor alanlarında ve parklarda kullanılır.Cam, metal, plastik , kağıt, karton ve tekstil artıkları gibi değerlendirilebilir atıklar çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçirilerek yeni bir ürüne dönüştürülebilir.Geri dönüşümün aşamaları: Değerlendirilebilir atıklar, diğer atıklarla karıştırılmadan temiz ve ayrı olara biriktirilmelidir.

Ayrıştırılmış atıklar belediyeler tarafından toplanır. Eğer atıklar karıştırılmışsa belediye araçları karışık haldeki atıkları bir ön toplama istasyonunda toplayarak burada kısmen ayırma işlemi yapar.

Genel olarak katı atıkların son izalesi üç şekilde yapılmaktadır. Gömme Metodu, Yakma (incineration) ve Kompost Metodu.

Genellikle çöpler şehir veya kasabaların dışına ve açığa dökülmekte, bazen üzerine mazot dökülerken yakılmakta, bazen de yükleniciye satılmaktadır. Çöplerin bu şekilde açığa dökülmesi tehlikeliidir. Geniş saha üzerine yayılan çöpler fareler, sinek ve sıvrisinekler ve diğer hastalık için bir üreme ortamı haline gelmektedir. Burası ayrıca fena koku ve görünüşlü, yanım çıkması İçin de uygun bir durumdur. Bu nedenle bu tip çöp yığınlarıyla buraya gelecek olan çöpleri aşağıda açıklanacağı gibi toprağa gömerek zararsız hale getirmek daha uygun olmaktadır.

**1. Gömme Metodu** Çöpler rahatsızlık nedeni olmadan yanım ve kirlilik tehlikesi oluşturmadan, toplum sağlığını tehlikeye düşürmeden yok edilmelidir. En uygun yöntem gömme yöntemidir. Ucuzdur. Etkindir. Ayırma işlemi zorunlu değildir. Ayırma yapılmaksızın gömme yapılabilir. Personel ve araç eklenmesiyle kapasite kolayca artırılabilir. Çöplük alanının sonradan park, oyun ve gezinti yeri haline getirilmesi, hatta havaalanı yapılması da mümkündür. Ancak çok kalabalık alanlarda yer bulma güçtür. Hızla kentleşme seçilen çöplük alanlarının kısa sürede kent içerisinde kalmasına neden olabilir. Bazan çökmeler olabilir. Çöken bölgelerin takviye edilmesi ve periyodik olarak bakımlarının sağlanması gereklidir. Bu bölgelere inşaat yapılacaksa Özel teknik gereklidir. Kırsal kesimde açılacak 2.5 metre derinliğinde bir çukura gömülür. Üzeri çukur toprağı ile örtülür. Sonra sıkıştırılır. Kırsal kesimde çöplerin insan atıkları ile birlikte yada onlara yakın biriktirilmesinden kaçınılmalıdır. Çöp ve hayvan atıklarının üzerlerinin ince bir tabaka halinde toprak, kül ve samanla örtülmeli sağlanmalıdır. Gübre olarak yararlanılabilir. Çöp gömme derinliği genellikle 2.5 metre olarak alınır. Nadiren beş metre olabilir. İki büyük metreden daha kalın çöp tabakalarında çatlamalar ve çökmeler olabilir. Büyük çöplüklerde çöp boşaltılır, sıkıştırılır, toprakla örtülerek tekrar sıkıştırılır. Bataklık bölgelerde yayılan çöp en az 15 santimetre kalınlığında toprakla örtülür. Toprak yanlardan alınarak örtülür. En son örtü tabakası en az 60 santimetre kalınlığında olmalıdır. Düz bölgelerde hendeke açılır. Hendeke rüzgar yönüne göre uçuşmaların engellenilebilmesi için set yapılır. Aynı hendeğin yada yandaki hendeğin toprağının çöpün örtülmesi için kullanılması mümkündür. Her gün 15 santimetre kalınlığında bir toprakla örtülmeli sağlanır. Son örtü tabakasının 60 santimetre kalınlığında olması gereklidir. Yamaçlarda çöpler yamacın rüzgara ters yönünde yığılır ve sıkıştırılır. Sıkıştırmada esas çöpün hacminin azaltılmasıdır. Üzeri onbeş santimetre kalınlığında toprakla örtülerek sıkıştırılır. En son örtü tabakasının kalınlığı yine 60 santimetre olmalıdır.

**2. Yakma Metodu** Çöplerin yakılması pahalı bir yöntemdir. Optimal ısı gereklidir. Yakma 750-1000 santigrad arasında yapılmalıdır. Ancak bu ısı değerlerinde yakma sağlanırsa sinek ve kemircicilerin üremesine olanak sağlayacak organik maddeler yok edilebilir. Daha yüksek ısı ve teknolojisi yetersiz fırınlar kömürleşmeye neden olur. Organik kömürler kemircicilerin beslenmesine elverişli niteliktir. Çıkan ısından yararlanılarak maliyetin az da olsa düşürülmeye çalışılmaktadır. Baca gazları hava kirliliğine neden olmaması için özel filtrelerle süzüllererek atmosfere verilmelidir. Münih, Frankfurt, Paris ve Montrealde bu tip fırınlar bulunmaktadır.

**3. Komposto Metodu** Çöpte bulunan organik atıkların ılık ve nemli bir ortamda saprofit organizmaların etkisiyle ayırtılaraak gübre haline getirilmesine komposto işlemi denmektedir. Genellikle uygun bir yöntem olarak kabul edilmez. Geniş bir alan gerektirdiğinden uygulanması güç ve pahalıdır.

## **ARAŞTIRMA VE BULGULAR**

### **Yeraltı Sularının ve Yüzeysel Suların Kirlenmesi**

Gömülü çöplerin bölgedeki yeraltı ve yerüstü sularını kirletme olasılığı unutulmamalıdır. Gömülü çöp tabakalarından sızarak yeraltı sularına karışan yağmur sularının çöplerden aldığı organik ve inorganik kaynaklı maddelerle yeraltı suyunu kirletmesi hususunda birçok ülkede araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalara göre, yeraltı suyunu kirleten üç durum vardır: Gömme sahası yeraltı suyunun üzerinde veya bitişliğinde ise gömülü çöpler suya doymuşsa çöp tabakasını sızarak geçen yağmur veya benzeri sular yeraltı suyuna karışabiliyorsa. Eğer yağmur suları ve diğer yüzeysel sular gömülü çöp tabakalarından geçebiliyorsa, çevredeki yeraltı suları aşırı derecede kirlenerek içme ve kullanma yönünden elverişsiz bir hale gelebilir. Şayet gömülü çöplerde anaerobik koşullar hüküm sürüyorsa, organik maddelerin ayrışmasıyla genellikle, metan, karbondioksit, amonyak ve hidrojen sülfür gazları oluşur. Metan bütün yönlere yayılır, fakat çoğu yüzeydeki toprak tabakasından dışarı çıkar. Hidrojen sülfür çok az miktarlarda olsa da, çöplerden sızan sulara rahatsız edici bir tat ve koku verir; buna rağmen, sülfürler tatsız ve kokusuz küükürt ve sülfatlara dönüşürler. Bu dönüşme oksijenli yeraltı suyu veya difüzyon yoluyla gömülü çöplere giren atmosferik oksijenle olur.

### **Toprakla Örtmenin Diğer Yöntemlere Göre Olumlu ve Olumsuz Yönleri Olumlu Yönleri**

1. Uygun arazinin bulunduğu yerlerde gömme çoğu zaman en ekonomik katı atık giderme yöntemidir.
2. İlk yatırım diğer metodlara göre daha düşüktür.
3. Katı atıklar ayırma işlemine tabi tutulmaksızın gömülebilir.
4. Yöntem esnektil. Az bir personel ve ekipman ilavesiyle çok miktarda katı atık gömülebilir. 5. Gömme işlemiyle elde edilen alan rekreatif amaçlı kullanılabilir.

### **Olumsuz Yönleri**

1. Çok nüfuslu yerlerde, kısa taşıma mesafesi olan uygun bir arazi bulunmayabilir.

2. Günlük olarak gömme standardına uyulmadığı taktirde gömme alanı çöplüğe dönüşebilir. 3. Yerleşim bölgelerindeki gömme alanlarına karşı halk tarafından tepki gelebilir.

4. Gömülmesi tamamlanmış bir alan çökebilecektir. Bu yüzden periyodik bakıma ihtiyaç gösterecektir.

5. Çokmeden dolayı, gömülü katı atıkların üzerine yapılan binalar özel planlama ve inşaata gerek gösterecektir.

6. Katı atiktaki organik maddelerin ayrışmasıyla oluşan metan ve benzeri patlayıcı gazlar tehlike arzedecektir.

**Çöp Doldurulan Alanların Çevre Kirliliğine Etkileri** Çöple doldurulan alanların çevre kirlenmesine olan etkileri başlıca şıra ve gaz oluşumundan kaynaklanmaktadır.

**Şıra Oluşumu** Çöplerden şıra oluşumunun başlıca nedeni yağmur sularıdır. Bilindiği gibi, yağmur sularının bir kısmı yüzey sularını oluşturur, bir kısmı bu harlaşıır, bir kısmı da toprağa geçer. Toprağa geçen suların bir kısmı toprak yüzeyinde bulunan bitki örtüsü tarafından kullanılır. Eğer toprak kuruysa toprağın doygunlaşma kapasitesi de bu suyla karşılandıktan sonra kalan kısım şıra oluşumunu sağlar. Eğer çöple dolgu yapılan alanın üzeri toprakla örtülü değilse yüzey suları da şıra halinde çevre kirliliği problemi yaratır. Çöple dolgu yapılabilen alanlardan oluşan şıranın içinde suda çözünebilen organik ve inorganik kirleticiler bulunmaktadır. Bu kirleticiler genellikle bulaşıcı hastalıkların yayılmasına yol açacak maddeler ile diğer zararlı maddeleri içerdiklerinden yeraltı ve yerüstü sularına karışmasına izin verildiğinde insan sağlığına zarar verebilirler.

**Gaz Oluşumu** Evsel katı atıklarda bulunan organik maddeler arazide mikroorganizmalar tarafından ayrışarak daha küçük moleküllü organik maddelere dönüşür. Bu ayrışma oksijenli ortamda olursa aerobik ayrışma, oksijensiz ortamda anaerobik ayrışma olarak adlandırılır.

## **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

### **MEVCUT SORUNLAR**

Evsel katı atıkların toplama, taşıma, bertaraf ve geri kazanımı konularında ülkemizde yaşanan problemlerden başlıcaları aşağıda özetlenmiştir.

- Ülkemizde yaklaşık 3260 adet Belediye kurulmuştur. Bunlardan sadece 12'sinin düzenli katı atık depolama tesisi mevcuttur. Dolayısı ile katı atıklarımızın büyük bir bölümü vahşi çöp depolama alanlarında bertaraf edilmektedir. Bu da büyük bir çevre problemine yol açmaktadır.

- Mevcut düzenli katı atık depolama tesislerinin işletimlerinde büyük sıkıntılar yaşanmaktadır. Özellikle bu konuda hizmet verebilecek özel sektör girişimlerinin oluşmamış olması en önemli sıkıntılardan birisidir.

- Katı atıklar ile ilgili yeterli veri bulunmamaktadır. Özellikle katı atık miktar ve kompozisyonu ile ilgili elimizdeki veriler oldukça yetersizdir.

- Mevcut yasa ve yönetmelikler günün koşullarına yeterince uygun olmaması nedeniyle, Belediyeler gerek katı atık yatırımları gerekse işletimleri konusunda sıkıntılar yaşamaktadır.

- Bölgesel çözüm arayışları oldukça yetersizdir. Her belediye bu konudaki çalışmalarını bireysel olarak yürütmektedir.

- Entegre atık yönetimi konusunda hizmet verebilecek özel sektör kuruluşları yeterince oluşmamıştır. Sadece katı atıkların toplanması konusunda bazı girişimler mevcuttur.
- Özellikle geri kazanım konusunda kamuoyu katılımı, yetersiz bilgilendirme ve eğitim nedeniyle sağlanamamaktadır.

### **ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

- Öncelikle detaylı bir ulusal katı atık envanterinin hazırlanması gerekmektedir. Bu envantere göre geleceğe yönelik bir katı atık yönetim planı (hem bölgesel, hem de ulusal) hazırlanmalıdır.
- Katı atık bertarafı için hangi yöntemlerin ülke koşullarına uygun olduğu belirlenerek yapılacak yatırımlar teknolojilerin kullanılması gerektiği Özellikle katı atık depolama ve geri kazanım tesislerinin yapımına hız verilmelidir.
- Katı atık ile ilgili yasa ve yönetmeliklerin mevcut ülke koşulları ve AB direktifleri dikkate alınarak yeniden gözden geçirilmelidir.
- Katı atık yönetimi konusunda özel sektörün teşvik edilerek, uygun teknolojilerle yatırım yapmaları sağlanmalıdır.
- Kamuoyu katı atık ve geri kazanım konusunda bilinçlendirilmeli, özellikle ilköğretim okullarında daha etkin bir çevre ders programı yapılmalıdır. Bu kapsamında katı atık ve geri kazanım konularında uygulamalı eğitimlere ağırlık verilmelidir.
- Geri kazanım konusunda yapılan çalışmalar süratle yaygınlaştırılmalıdır. Belediyelerin bu konuda faaliyette bulunurken karşılaşlıklar bürokratik engeller kaldırılmalıdır. Ayrıca bu tür uygulamalar için belediyeler özendirilmelidir.
- Bölgesel çözümler için Belediye Birlikleri kanalı ile katı atık bertaraf tesislerinin yapılması sağlanmalıdır.
- Çevre Temizlik Vergisi yerine Atık Bedeli toplanabilmesi için gerekli hazırlıkların yapılması (Mevcut Yerel Yönetimler Yasa Tasarısında bu konuda bazı düzenlemeler yer almaktadır. Bu yasanın süratle Meclis'ten geçirilmesi ) sağlanmalıdır.
- Mevcut düzensiz (vahşi) çöp depolama alanları rehabilite edilmelidir.
- Özellikle mevcut çöp depolama sahalarında metan gazı yakılarak elektrik enerjisi elde edilmesi amacıyla tesislerin kurulması teşvik edilmelidir.

### **KAYNAKLAR**

- Anonim, <http://www.fenokulu.net/>  
Neyim, C; Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli, ÇEVKO Vakfı (Tubitak Arşivi)  
Güler, Ç; Z. Çobanoğlu; Katı Atıklar Kitabı , 2001, Çevre Sağlığı Temel Kaynaklar Dizisi

## ANKARA İLİ ÇANKAYA İLÇESİ GERİ DÖNÜŞÜM UYGULAMALARI

Aslı ÖZSOY, Zübeyde ŞİMŞEK, Melayib BİLGİN  
Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray  
[www.aksaray.edu.tr](http://www.aksaray.edu.tr)

**ÖZET:** Hızla büyüyen nüfus, ekonomi ve sanayinin sonucunda kullanılan her türlü malzemenin artması aynı zamanda oluşan atık miktarında yükselmeye sebep olmaktadır. Atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi ve ekonomiye kazandırılması için geri dönüşüm kaçınılmazdır. Geri dönüşüm, potansiyel olarak yararlı maddelerin israfının önlenmesi ile çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemler uygulayarak yeni ürün ve malzemeler oluşturmak için yapılan imalat sürecinin tümüdür. Geri dönüşümde amaç taze hamadde tüketimini ve enerji kullanımını azaltmak, hava, su ve toprak kirliliğini önlemeyi yanında çöp ve atık malzeme miktarını minimum düzeye düşürmek olarak sıralanabilir. Geri dönüşüm modern atık azaltma yönteminin en önemli bileşenidir. Başlıca geri dönüştürülebilir malzemeler ise cam, kağıt, metal, plastik, tekstil ve elektronik çeşitlerinin tümüdür.

## PROVINCE ANKARA DISTRICT ÇANKAYA RECYCLING APPLICATIONS

**Abstract:** Rapidly growing population , the growth of any material used as a result of economy and industry but also causes a rise in the amount of waste generated . Disposal of waste without harming the environment and recycling is essential for economic benefits . Recycling and all manufacturing process for the creation of new products and materials potentially by applying various physical and chemical processes and the prevention of waste of useful substances . aim to reduce the consumption of fresh raw materials recycling and energy use , air, the amount of garbage and waste materials next to prevent water and soil pollution can be classified as to reduce to a minimum. Recycling is the most important component of modern waste reduction methods . The main recyclable glass , paper, metal , plastic, all kinds of textiles and electronics .

### GİRİŞ

Sanayileşmenin ve sosyal yaşam koşullarının sürekli ileriye gittiği günümüzde, bu gelişmelerin beraberinde getirdiği çevre kirliliği; ülkemizin gündeminde ilk sıralarda yer almaya başlamıştır. Yanlış teknoloji kullanımı, bilinçsizlik, doğa sevgisinden yoksunluk ve çevre sağlığının önemini anlamamaması, çevre kirliliğinin artışını daha da hızlandırmıştır. Dünyadaki doğal kaynaklar, hızlı nüfus artışı ve bilinçsiz aşırı tüketim sebebiyle hızla azalmaktadır. Doğal kaynakların ham madde olarak üretimde bilinçsiz kullanımları sebebiyle bu kaynakların verimli kullanımı ortadan kalkmakta ve hızla yok olmaktadır. Mevcut kirliliklerin içerisinde yer alan katı atıklar, bertaraf edilmemeleri halinde; özellikle şehirlerde yaşayan insanlar için ilk göze çarpan çevre kirliliğine dönüşmektedir . Çevre kirliliğine yol açan bu atıklar, başlıca; yiyecek atıkları, kağıt-karton, plastik, naylon, metal teneke, cam, deri, kemik, lastik, taş-toprak, odun, tekstil, bahçe atıkları ve ince taneli çöplerdir. Kent merkezlerinin gelişimi, evlerden ve ticari hizmet tesislerinden kaynaklanan katı atık miktarındaki artışı desteklemektedir .Atıkların gelişigüzel doğaya atılmaları, sağlıklı yaşamda endişelere yol açtıgından dolayı insanlar da çevresel duyarlılık artmaya başlamıştır. Gelişmiş ülkelerin yaşam standartlarını yükseltme istekleri doğal kaynak tüketimini de artırılmıştır. Gerek evsel gerekse de endüstriyel atıklar genellikle vahşi (gelişigüzel) depolama yoluyla uzaklaştırılmaktadır. Bu durum vahşi depolamanın sebep olduğu olumsuzluklardan dolayı insanlardaki endişeleri artırmıştır. Sonuç olarak, katı atıkların daha iyi yönetilmesinde ve doğal ham madde kaynaklarının verimli kullanılmasında, günümüzde geçmişe nazaran ilerlemeler meydana gelmiştir . İnsanların kullanım ve tüketimine sunulan bir ürünün, üretimden tüketimine kadar olan süreç içerisinde ortaya çıkardığı atıklar, nüfus yoğunluğu fazla olan yerleşim alanlarında önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu sorunları azaltmak için, hamadde temininden ürünün üretimi ve tüketimi süreçlerinde ortaya çıkan katı atıkların

bertaraf edilmesinde; çevreye en az zarar verecek uygulamaların tercih edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda amaç, katı atıklar içerisinde kağıt, karton, mukavva, cam, plastik, metal gibi önemli miktarda yer alan geri kazanılabilir katı atıkların yeniden değerlendirilmesidir. Mevcut sistemde, düzensiz çöp depolama sahalarındaki değerlendirilebilir atıklar buraları ihale yolu ile alan müteahhitler (hurdacılar) vasıtası ile geri kazanılmaktadır. Ülke çapında tam teşekkülü bir kaynakta ayrı toplama sistemi devreye girdiğinde, değerlendirilebilir atıklar depolama sahasına gelmeden ayıplanıp geri kazanılmış olacaktır. Ancak mevcut durumda genel olarak düzensiz ve/veya düzenli depolama yapan ancak kaynakta ayrı toplamaya henüz başlamamış olan belediyelerde, değerlendirilebilir atıkların büyük bir kısmı çöplerle birlikte gömülmektedir. Bu uygulama hem depolama sahalarının ömrlerini kısaltmaktadır, hem de kaynak kaybına sebep olmaktadır. Bu nedenle, depolama sahalarına ayırma tesisi kurularak, değerlendirilebilir atıkların karışık gelen çöplerden ayılanması ve böylelikle bunların geri kazanılması sağlanabilir. Düzenli depolama sahalarında inşa edilecek katı atık ayırma/yönetim (KAY) tesisi depolama sahasına ait yatırıım maliyetini ve tesis kurmak için gereklili olan alan ihtiyacını çok az ve sınırlı bir oranda artıracagından tercih edilmelidirler. Katı atık miktarı; mevsimsel şartlara, tüketim alışkanlıklarına ve coğrafik konuma göre değiştiği için, buna paralel olarak geri kazanım oranı sürekli değişmektedir. Bunun yanı sıra geri dönüşüm programlarının ilk başlatıldığı yerlerde halkın geri kazanım konusunda bilgilendirilmelerinden dolayı geri kazanım oranı daha yüksektir. Katı atıklar, oluştukları yere göre sınıflandırıldıklarında yedi alt bölüme ayrılmaktadır. Bunlar; evsel katı atıklar, endüstriyel atıklar, tehlikeli atıklar, özel atıklar, tıbbi atıklar, tarımsal ve bahçe atıkları, inşaat artığı ve moloz atıkları olarak belirtilmektedir.

**a) Evsel Katı Atıklar:** Normal belediye hizmeti ile toplanıp taşınan, evsel çöp depolama sahalarında bertaraf edilebilen, ayırma yolu ile geri kazanılabilen, kompost yapılabilen veya yakılabilen evsel ve endüstri kökenli atıklardır. Mutfak çöpleri, ambalaj atıkları, ofis çöpleri vb. atıklardır (Sayar, 2012).

**b) Tehlikeli Atıklar:** Atık Yönetimi Genel Esasları Yönetmeliği; tehlikelilik özelliğine göre 15 sınıfa ayrılmıştır: Patlayıcı, oksitleyici, yüksek oranda tutuşabilenler, tahrış edici, zararlı, toksik, kanserojen, korozif, enfeksiyon yapıcı, üreme yetisini azaltıcı, mutagenik, Havayla, suyla veya bir asitle temas etmesi sonucu zehirli veya çok zehirli gazları serbest bırakın madde veya preparatlar, Yukarıda listelenen karakterlerden herhangi birine sahip olan atıkların bertarafı esnasında ortaya çıkan madde ve preparatlar, ekotoksik atıklardır (Atık Yönetimi Genel Esasları Yönetmeliği, 2008).

**c) Endüstriyel Atıklar:** Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan atıklardır. Endüstriyel işlemler sırasında ve/veya endüstriyel işlemler sonucunda oluşan atıkları kapsamaktadır (Sayar, 2012).

**d) Tarımsal ve Bahçe Atıkları:** Bitkisel ve hayvansal ürün elde edilmesi ve işlenmesi sonucunda ortaya çıkan atık ve artıklardır. Üretilen katı atıkların miktarı ve içerik özellikleri toplulukta da toplumların sosyoekonomik özellikleri, beslenme alışkanlıkları, gelenekler, coğrafya, meslekler ve iklim gibi değişik şartlardan etkilenmektedir (Palabıyık ve Altunbaş, 2004).

**e) Özel Atıklar:** Uzaklaştırılması özel önem taşıyan atıklardır. Radyoaktif atıklar, tehlikeli ve zararlı endüstriyel atıklar, evsel atıklar içerisindeki boyalı, inceltici, temizlik maddeleri, piller vb. lastik tekerlekler, atık su çamurları, inşaat ve yıkıntı atıkları ile hastane atıkları bu gruptandır (Palabıyık ve Altunbaş, 2004).

**f) Tıbbi Atıklar:** 22.07.2005 tarih ve 27555 sayılı Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre “Ünitelerden kaynaklanan, enfeksiyon, patolojik ve kesici-delici atıkları” ifade eder (Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2005)

**g) İnşaat Artığı ve Moloz Atıklar:** Herhangi bir inşaatın yapılması sırasında artan ya da yıkılması sonucu ortaya çıkan atıklardır

Atık çeşitleri sadece katı atıklarla sınırlı değildir. Ayrıca; sıvı, gaz atıklar ve ambalaj atıkları da vardır. Sıvı ve gaz atıklar; Sıvı atıklar; hastane kaynaklı olan kan, dışçilik yıkama suları, diyaliz makineleri suları, evsel kaynaklı olan temizlik suları, kanalizasyon suları vs. atıkları ifade etmektedir (Karasu, 2013). Gaz atıklar ise; Nükleer enerji santralleri, sanayi tesis bacaları, yakma tesisleri, enerji amaçlı fosil yakıtların kullanımı, çöp depolama ve kompostlaştırma alanları vs. gaz atıkların kaynaklarını oluşturur.

**h) Ambalaj Atığı:** Avrupa Birliği Ambalaj ve Ambalaj atıkları direktifine göre ambalaj; hammaddeden işlenmiş ürüne kadar, bir ürünün üreticiden kullanıcıya veya tüketiciye ulaştırılması aşamasında, taşınması, korunması, saklanması ve satışa sunumu içinkullanan herhangi bir malzemeden yapılmış geri dönüşümlü ve geri dönüşümü olmayan ürünlerin tümüdür (Avrupa Birliği Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği, 2008). Ambalaj atıkları; üretim artıkları hariç, ürünlerin veya herhangi bir malzemenin tüketiciye ya da nihai kullanıcıya ulaştırılması aşamasında ürünün sunumu için kullanılan ve ürünün kullanılmasından sonra oluşan kullanım ömrü dolmuş tekrar kullanılabılır ambalajlarda dâhil çevreye atılan veya bırakılan satış, ikincil ve nakliye ambalaj atığı olarak tanımlanmaktadır.

2013 yılında Türkiye'de Atık Yakma ve beraber yakma tesis sayısı 38, Tehlikeli Atık Düzenli Depolama Tesisi (1. Sınıf) 6, Tehlikeli Atık Geri Kazanım Tesisi 282, Tanker temizleme tesis sayısı 46 ve ara depolama tesis sayısı 14 olarak belirlendi. 576 adet ambalaj atığı toplama ve geri dönüşüm tesisi ile yılda 2 milyon 250 bin ton ambalaj atığı geri kazanıldı. Ayrıca 2012'de 45 bin ton madeni atık yağ, 59.500 ton atık akü toplandı. Bununla birlikte bir yılda çöpe atılıp geri dönüştürülemeyen atıkların değeri ise hala yaklaşık 1.5 milyar TL düzeyinde. Bu atıkların parasal değeri, sektörde potansiyel pazarı da ifade ederken, söz konusu atıkların geri dönüşüme kazandırılmasıyla hem enerji hem de hamadden konusunda önemli tasarruf sağlanacağı tahmin ediliyor. Sektör aktörleri, alüminyum kutunun geri dönüşümyle, hammaddeden alüminyum üretimine kıyasla % 95 enerji tasarrufu sağlanabileceğini belirtiyor. Bugün 192 litre ham petrolden üç litre madeni yağ elde edilirken, sadece 4.8 litre atık madeni yağdan üç litre madeni yağ elde edilebiliyor. Bu örnekler, geri dönüşüm sektöründe dışa bağımlılığın azalacağı ve mevcut atık kaynaklarının kullanımıyla ülke ekonomisine katkının önemli ölçüde artırılabileceğini gösteriyor. Lisanslı çalışan işletme sayısının son üç yılda % 70 oranında artış gösterdiği sektörde, toplanan atık rakamlarının Avrupa'yı giderek yakaladığı, önumüzdeki yıllarda hem geri dönüşümü ucuzlatacak teknolojiler üretmeye, hem de atıkları yok etme işlemini pozitif endüstriye çevirerek elektrik, biyogaz, gübre üretimine dönüştürmeye yönelik yatırımlara odaklanacağı tahmin ediliyor. Atıkların tekrar hayata döndürülmesi aşamasında ekonomik değere en çok sahip olan ürünlerin başında ise metal ürünleri geliyor.

## MATERİYAL VE METODLAR

Çankaya ilçesi, 9 Haziran 1936 tarihinde kabul edilen 3030 sayılı yasa ile ilçe konumuna gelen Ankara'nın en büyük ilçelerinden birisidir. Nüfusu bir milyona yakın olan ilçe 124 mahalleyi kapsamaktadır. Çankaya Belediyesi, çevreci uygulamaları sayesinde ekonomiye ve doğaya geri kazanım sağlamaktadır. Teknolojik gelişmelerin büyük bir hızla

devam ettiği günümüzde, kaynağında ayrılarak toplanan atıklar yaşanılabilir bir dünya için büyük önem taşımaktadır. Değerlendirilebilir katı atıkların ayrı toplanması ile fiziksel, kimyasal ya da biyolojik işlemlerden geçirildikten sonra ekonomiye girdi sağlanabilmektedir. İlçenin birçok noktasına katı atık kumbara ve konteynerleri yerleştiren Çankaya Belediyesi, 5 ayda 10 bin 523 ton katı atık toplamıştır.

Çankaya ilçesinde bulunan 124 mahalle, daha kolay ve düzenli takip edilmesi açısından 5 bölgeye bölünmüştür. Bu bölgelendirme işleminde mahallelerin birbirine yakınlığı, sosyoekonomik ve kültürel yapısı gibi etkenler göz önünde bulundurulmuştur.

Am balaj cinsi	1. Ay	2.A y	3.A y	4.A y	5.A y	6.A y	To plam
<b>Plas tik</b>	36 4240	336 360	411 595	526 430	513 760	555 210	<b>274 7595</b>
<b>Met al</b>	74 460	747 60	904 03	140 707	156 460	163 800	<b>700 590</b>
<b>Ca m</b>	66 520	663 00	108 540	397 041	662 660	622 910	<b>192 3971</b>
<b>Kağı t</b>	44 1820	416 780	505 790	861 565	781 810	796 930	<b>380 4695</b>
<b>Ko mpozit</b>	26 0120	229 900	260 080	109 983	651 80	671 80	<b>400 0208</b>
<b>Ahş ap</b>	22 520	236 60	246 42	250 72	246 20	248 50	<b>407 8392</b>
<b>Tek stil</b>	56 0	620 0	179 2	434 0	346 0	383 0	<b>146 02</b>
<b>Top lam</b>	<b>12 30240</b>	<b>114 8380</b>	<b>140 2840</b>	<b>206 5140</b>	<b>220 7950</b>	<b>227 4710</b>	<b>172 70053</b>

*Tablo:1 Çankaya İlçesi 2015 Yılı İlk 6 Ay İçin Toplanan Ambalaj Atığı Kompozisyonu (kg/ay)*

Yıl	Cam	Plastik	Metal	Kağıt	Ahşap
<b>2015</b>	48	48	48	48	5

*Tablo:2 Malzemeye Göre Yıllık Geri Kazanım Hedefleri (%)*

## BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

İkinci Dünya Savaşı sonrası kaynak sıkıntısı nedeniyle başlayan geri dönüşüm hareketi, sunduğu birçok avantajla dünyadaki cazibesini giderek artırmaktadır. Günümüzde geri dönüşüme yatırım yapan ülkeler pek çok avantaja sahip olmaktadır. Öyle ki; demir, çelik, bakır, kurşun, kağıt, plastik, kauçuk, cam, elektronik atıklar gibi maddelerin geri kazanılması ve tekrar kullanılması, çevre kirliliğini önlediği gibi doğal kaynakların tüketimini azaltmakta ve ekonomik anlamda büyük tasarruf sağlamaktadırlar. Son yıllarda Türkiye de büyük bir hızla geri dönüşüm sektöründe yerini almaktadır. 2015 yılındaki verilere ait olan yukarıdaki tabloda da bu durum gözler önüne serilmiştir. Ankara gibi diğer birçok il de bu zincire katılmıştır. İlk 6 ay verilerinin alındığı bu tabloda her geçen ay için toplanan atık miktarının gittikçe arttığı gözlemlenmiştir. 2016'nın sonunda bu rakamların daha da artacağı düşünülmektedir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Tüm bu çalışmalar sonucunda; katı atıkların toplanması, taşınması ve uzaklaştırılmasından sorumlu belediyeler için, katı atıkların bertaraf edilmesinde “Kaynakta Geri Kazanım” yöntemi uygulanmalı ve gerek çevre kirliliğinin önlenmesi gerekse ekonomik yönden yararlı olacağından, bu yöntemin tüm belediyelerin uyması gereken bir sorumluluk olduğu unutulmamalıdır. Katı atıkları mümkün olduğunca az üretmeye çalışmak, atılan atıkları da elden geldiğince değerlendirmek, kullanılacak malzemeleri uzun süre tekrar kullanması sağlanmalıdır. Üreticilerin çevre dostu ve geri dönüştürülebilir ürün üretimini artırmaları ve depozito uygulamasıyla geri kazanımın sağlanması gereklidir. Bireyler olarak ayrı toplama, depozitosuz kaplarda sunulan tüketim malları almama gibi bilinçli yaşam tarzı ile hem ham maddelerimiz hem de ekonomimiz korunmalıdır. Çevre konusuna ilişkin olarak yapılan araştırmaların sürekli ve daha kapsamlı olarak yapılması ve sonuçların kamuoyuna sunulması, elde edilen sonuçlara göre disiplinlerarası eğitim programları hazırlanmalıdır. Hane halkı geri kazanılabilir katı atıklar konusunda sistematik bir biçimde ve her türlü eğitim-öğretim aracından yararlanılarak bilgilendirilmelidir. Özellikle katı atıkları toplamada görevli belediyelerin atıkları ayrı toplama konusunda yeterli altyapıya sahip olmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Berkay, A., Pehlivan, E. (1996). Konya Kent Merkezinde Yaşayanların Evsel Katı Atıkların Kaynağında Geri Kazanılabilirliğinin Konusundaki Eğilimlerinin Belirlenmesi
- Çankaya Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü
- Demir İ., Altınbaş M., Arıkan O. Katı Atıklar İçin Entegre Yönetim Yaklaşımı, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu (17-19 Şubat 1999)
- [www.makaleler.com](http://www.makaleler.com)
- [www.cankaya.bel.tr](http://www.cankaya.bel.tr)

## **ANKARA ÇUBUK İÇME SUYU ARITMA TESİSİ KALİTE PARAMETRELERİ**

Berk SEÇER

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

*berksecer@hotmail.com*

**ÖZET:** Ankara ili Çubuk ilçesinin su ihtiyacının karşılanması sırasında yararlanılan Çubuk 2 barajı; Çubuk ilçesinin yaklaşık 6 km. kuzeyinde yer almaktadır. Yılda 38 hm<sup>3</sup> içme ve kullanma suyu sağlamaktadır. Çubuk II Barajından çekilen su, 1996 yılında işletmeye açılan Çubuk İçme Suyu Arıtma Tesisi'nde arıtılmakta ve Çubuk İlçesinin içme ve kullanma suyunu karşılamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Çubuk Barajı, İçme Suyu

## **ANKARA ÇUBUK 2 DAM DRINKING WATER QUALITY PARAMETERS**

**Abstract:** Ankara and Çubuk district of Çubuk utilized to meet the water needs of two dams ; Çubuk district of about 6 km located north. 1 year 38 hm<sup>3</sup> provide drinking water. Çubuk 2 water from the dam , which began operations in 1996 Çubuk Drinking Water Treatment Plant and being treated in Çubuk County meets the drinking water use

**Keywords:** Çubuk Dam, Drinking water

### **GİRİŞ**



**Şekil 1:** Çubuk 2 Barajının Konumu

Çubuk-2 Barajı, Ankara'da, Çubuk Çayı üzerinde, içme suyu temini amacıyla 1961-1964 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Toprak dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 1.100.000 m<sup>3</sup>, akarsu yatağından yüksekliği 61,00 m'dir. Normal su kotunda göl hacmi 24,60 hm<sup>3</sup>, normal su kotunda göl alanı 1,20 km<sup>2</sup>'dir.

Su canlı yaşamının vazgeçilmez ve hayatı maddelerinden birini oluşturmaktadır. Canlılar için gerekli suyu yer yüzünde, akarsu, göl ve deniz gibi kaynaklardan veya kütlelerin boşluk yada

çatlıklarında toplanan sulardan sağlanmaktadır. Son yıllarda hızlı nüfus artışı , endüstrileşmenin muazzam bir hızla gelişimi ve çarpık kentleşme nedeniyle su ve su kaynaklarına olan ihtiyaç giderek artmış , bunun sonucunda ise su kirlenmesi problemi ortaya çıkmıştır. Türkiye'de önemli sorunlardan biri de yeterli miktarda içme ve kullanma suyu temin edilememesidir..

İnsan sağlığını ilgilendiren en önemli etmenlerden birisi sudur. Vücut yapısının büyük bir kısmını su oluşturmaktadır. Kişinin vücut ağırlığının %65-70 i sudur. Canlı organizmaları oluşturan hücrelerin yaşamaları ve faaliyetlerini sürdürmeleri ancak su ile mümkün olabilir. Su, canlı doğanın temel unsuru olduğu için susuz yaşamın düşünülmeside mümkün değildir. Hücre metabolizması , su içinde gerçekleşmektedir. Besi maddeleri su içinde hücrelere getirilmekte ve atıklar su içinde uzaklaştırılmaktadır.

### **Fiziksel,Kimyasal Ve Biyolojik Kalite Parametreleri**

İçme sularının kalitesi ; fiziksel , kimyasal ve biyolojik parametreler ile ifade edilir. Bu kapsamında içme sularında bulunması gereken özellikler aşağıdaki gibi olmalıdır.

- Su kokusuz , renksizi , berrak ve içimi lezzetli olmalıdır.
- Sular hastalık yapan mikroorganizma ihtiva etmemelidir.
- Su kullanım amaçlarına uygun olmalıdır.
- Sular agresif olamamalıdır.
- Suda sağlığa zararlı kimyasal maddeler bulunmamalıdır.

### **Fiziksel Kalite Parametreleri**

#### **Tat ve Koku :**

Koku , bazı alg cinslerinin normal metabolik faaliyetleri sonucu meydana gelmektedir. Yeşil alglerin büyük çoğunluğu canlı kaldıkları müddetçe suya fark edilebilir bir koku ve tat vermemektedir.

#### **Renk :**

Tüketicilerin memnuniyeti açısından suyun görünüşü çok önemlidir. Su içindeki metalik iyonlar ( demir , mangan , v.b ) , hümik ve fulvik asitler , planktonkar , çürümüş bitkiler ve endüstriyel atıklar renk kaynaklarıdır.

#### **Bulanıklık :**

Tüketicinin memnuniyeti için suyun görünüşü çok önemli bir faktördür. Düşük bulanıklık ve renk , kullanma suyu açısından çok önemlidir. Bulanıklık ; askıda katı maddelerden yani kil , silt ve çok küçük organik ve inorganik maddelerden kaynaklanmaktadır.<sup>1</sup>

#### **Sıcaklık :**

Yüzeysel suların sıcaklıkları doğal olarak iklime göre belirlenir genel olarak ekvatorдан uzaklaşıkça ve deniz seviyesinden yükseldikçe suların sıcaklığı düşer. Yer altı sularının sıcaklığı ise daha çok derinliğe bağlı olup 20-40 metre derinlikte 1°C yükselir. İçilmeye elverişli suyun sıcaklığı 7-12°C arasında olmalıdır.

#### **İletkenlik:**

İletkenlik sulu çözeltilerin elektrik akımını iletme yeteneğidir. Bu özellik iyonların mevcut olmasına , toplam konsantrasyonuna , hareketliliğe , valans ve sıcaklığa bağlıdır. Birçok organik bileşikler iyi iletkendir.

**Lezzet :**

Suyun lezzeti daima doğal ve içimi hoş olmalıdır. Suyun lezzeti , içerisinde erimiş oksijen ve karbondioksit gazları ile diğer mineral tuzları , sıcaklık ve soğukluğuna bağlıdır.

**Kimyasal Kalite Parametreleri**

**Sertlik :**

Sertlik , suyun sabunu köpürtmesinin bir ölçüsüdür. İlk bileşenler sertliği oluşturan kalsiyum ve magnezyumdur. Ayrıca alüminyum , demir , mangan ve çinko da sertliğe sebep olmaktadır.

**Asitlik :**

Suyun asitliği esas olarak suyu içinde bulunan mineral asitlerden ve karbonik asit , silisik asit borik asit vb. gibi zayıf asitlerden ileri gelir . Bir suyun asitliği suyun pH derecesini belli bir değere çıkarıncaya kadar kuvvetli bazlar ile nötralize edilmesi sırasında harcanan baz miktarı olarak tanımlanır.

**pH Değer :**

Suların pH değeri asitlik ve alkalilik derecesinin bir ölçüsüdür. Aynı zamanda suyun temas halinde bulunduğu malzemelere olan etkisi hakkında bir fikir verir.

**Demir ve Mangan :**

Demir ve mangan (manganez) tabiatta çözünmeyen ve çözünen hallerinin her iki şekilde de bulunmaktadır. İki değerlikli demir ve mangan , çoğunlukla yeraltı sularında bulunur. Bunlar oksijene maruz bırakıldıklarında okside olarak iki değerlikli demir , üç değerlikli demire , iki değerlikli mangan ise dört değerlikli mangana dönüşür.

**Çözünmüş Oksijen :**

Suda çözünen oksijen su içindeki yaşamın temelini oluşturur. Bu oksijen konsantrasyonu , su ile temas halinde olan havadaki oksijenin kısmi basıncı su içinde çözünmüş olarak bulunan tuzların konsantrasyonu ve suyun sıcaklığına bağlıdır. Sularda minimum bir çözünmüş oksijen konsantrasyonunun muhafaza edilmesinde amaç , balık ve vahşi hayatın korunması , suyun dirlendirici tesirinin devamı ve atık maddelerin ayrışmasından doğan kokuların önlenmesidir.

**Azot Bileşikleri ( Nitrit , Nitrat ve Amonyak ) :**

Azotun bu üç şekli , su içerisindeki organik madde miktarının dolaylı ölçümleleridir. Kirlenmenin bir ölçüsü olarak değerlendirmek amacı ile tayin edilirler. Yüzey ve yer altı sularına karışan azot bileşikleri doğal veya insan kökenli olabilir.

**Trihalometanlar :**

Bir çok klorlu organik bileşik çeşitli endüstrilerden atık olarak kaynaklanmaktadır. Bu bileşiklerin içinde trihalometanlar önemli yer tutar ve bu bileşikler içme sularının klorla dezenfeksiyonu sırasında doğal organik maddelerin klor ile reaksiyona girmeleri sonucunda oluşurlar. Trihalometanların içme suları analizlerinde varlığı tespit edildikten sonra sağlık üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bir çok araştırmada trihalometanların kanserojen ve mutajenik etkiye sahip oldukları belirlenmiştir.

**Biyolojik Parametreler**

- Bakteriler
- Virüsler

- Parazitler

**Tablo 1.** Çubuk 2 barajının mevsimlere göre parametrelerinin değişimi

PARAMETRELER	BİRİM	3.AY (İLKBAHAR)	6.AY (YAZ)	9.AY (SONBAHAR)	12.AY (KİŞ)
Sıcaklık(°C)	°C	5,0	22,0	23,0	5,0
PH	\N	8,3	7,7	7,8	7,9
Toplam Çözünen Madde)	Mg/l	276	236	201	288
Bulanıklılık	NTU	148,0	8,0	14,0	16,0
Renk	Pt-Co	10	10	5	9
NH3-N	Mg/l	0,078	0,124	0,389	0,000
NO2. --N	Mg/l	0,024	0,008	0,021	0,000
NO3. --N	Mg/l	0,17	0,31	0,10	0,50
Çözünmüş Oksijen	Mg O <sub>2</sub> /l	9,3	9,7	12,4	10,0
Toplam Sertlik	Mg/l	428,5	180,0	151,0	230,0
SO <sub>4</sub>	Mg/l	16,0	14,9	23,5	21,6
Mg	Mg/l	13,5	10,1	8,9	7,3
Ca	Mg/l	69	55,5	45,9	80,2
Na	Mg/l	6,8	6,40	8,35	6,75
Cl	Mg/l	12,4	11,0	14,2	15,2
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Mg/l	0,10	1,10	0,43	0,32
BO <sub>15</sub>	Mg/l	13,0	14,0	7,0	4,4
KO <sub>1</sub>	Mg/l	13,4	15,6	8,9	12,4
Toplam fosfor	Mg/l	0,05	0,50	0,20	0,19
K	Mg/l	3,8	3,20	4,21	3,33
Elektriksel İletkenlik	Moh m/c m	44	37	32	45
Toplam Alkalinité	Mg/l	210,0	173,0	159,2	250,1

Çubuk 2 barajına ait parametreler Tablo 1'de 3. 6. 9. ve 12. aylara ait parametre değerleri gösterilmiş olup, aynı Tablo 1'de aritmetik ortalamasına da yer verilmiştir.



**Şekil 2:**Ankara Çubuk 2 Barajı

**Tablo 2:** Çubuk 2 Barajı Arıtma Tesisi Çıkışı İçme Suyu Parametrelerinin Karşılaştırılması

PARAMETRELER	WHO DÜNYA SAĞLIK ÖRGÜTÜ	TS266	SAĞLIK BAKANLIĞI İNSANI TÜRKETİM AMAÇLI SULAR YÖNETMELİĞİ DEĞERLERİ	ÇUBUK İÇME SUYU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ SUYU PARAMETRESİ
RENK(PT-Co)	15	20	YOK	<5
BULANIKLIK (NTU BİRİMİ)	5	5	1	0.20
KOKU	YOK	YOK	YOK	YOK
TAT	-----	NORMAL	NORMAL	NORMAL
BAKİYE KLOR	5	-----	UÇ NOK. <0.5	1.00
PH	6.8-8.5	6.5-9.5	6.5-9.5	7.3
İLETKENLİK	-----	250	250	30.8
TÇM(mg/l)	1000	-----	-----	199
AMONYUM(mg/l)	-----	0.5	0.5	<0.06
NİTRAT(mg/l)	50	50	50	1.02
SODYUM(mg/l)	200	200	200	27.8
KLORÜR(mg/l)	250	250	250	33.7
SÜLFAT(mg/l)	250	250	250	60.7
FLORÜR(mg/l)	1.5	1.5	1.5	0.08
NİKEL(ppb)	-----	20	20	<1
TOPLAM KROM	50	50	50	10
BAKIR(mg/l)	2	2	2	<0.003
BOR(mg/l)	-----	1	1	0.005
ALİMİNYUM(ppb)	200	200	200	45.7
DEMİR(ppb)	-----	200	200	<5
MANGAN(ppb)	00	50	50	<1
CİVA(ppb)	1	1	1	<1
ANTİMON(ppb)	5	5	5	<1
ARSENIK(ppb)	10	10	10	2.1
SELENYUM(ppb)	10	10	10	<1
SERTLİK mg CaCO <sub>3</sub> /L	-----	-----	-----	127

## Sonuçlar

Çubuk İçme Suyu Arıtma Tesisi çıkış suyu parametreleri Tablo 2 deki verilere göre değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar yönetmeliklerde belirtilen sınır değerlerinin altındadır. Buna göre tesisin arıtım veriminin iyi olduğu söylenebilir.

## Kaynaklar

Çevre Mühendisliği Kimyası , İstanbul Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü , Birsen Yayın evi  
USLU, O; TÜRKMAN, A; Su Kirliliği ve Kontrolü Çevre Genel Müdürlüğü Yayıncıları

Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği

[www.aski.gov.tr](http://www.aski.gov.tr)

## KASKİ İLERİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ ARITMA PROBLEMLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Cengizhan DURAN

Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

cengizhanduran93@hotmail.com

**ÖZET:** Nüfus artışı, toplumlar halinde yaşama, hayat standartlarının yükselmesi, teknolojinin gelişmesi, sanayinin gelişmesi gibi nedenlerle dünyada ve ülkemizde atıksu üretimi artmıştır. Oluşan bu atıksuların kontrollsüz bir şekilde doğaya verilmesi çevre sorunlarına yol açmaktadır. Çevre sorunlarını en aza indirmek için, oluşan atıksular arıtılıarak zararları en aza indirilmelidir. Atıksuların kirlilik değerleri çevre için kabul edilebilir değerlere indirildikten sonra atıksular doğaya verilmelidir. Atıksuların arıtılması için çeşitli sistemler geliştirilmelidir. Kayseri 'nin merkez ilçesinde oluşan evsel atıksular uygun sistemlerle arıtılmaktadır. Bu çalışmada, KASKİ atıksu arıtma tesisindeki arıtma problemleri ele alınmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Atıksu, arıtma, çevre

## KASKİ ADVANCED BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT PLANT TREATMENT PROBLEMS AND SOLUTIONS

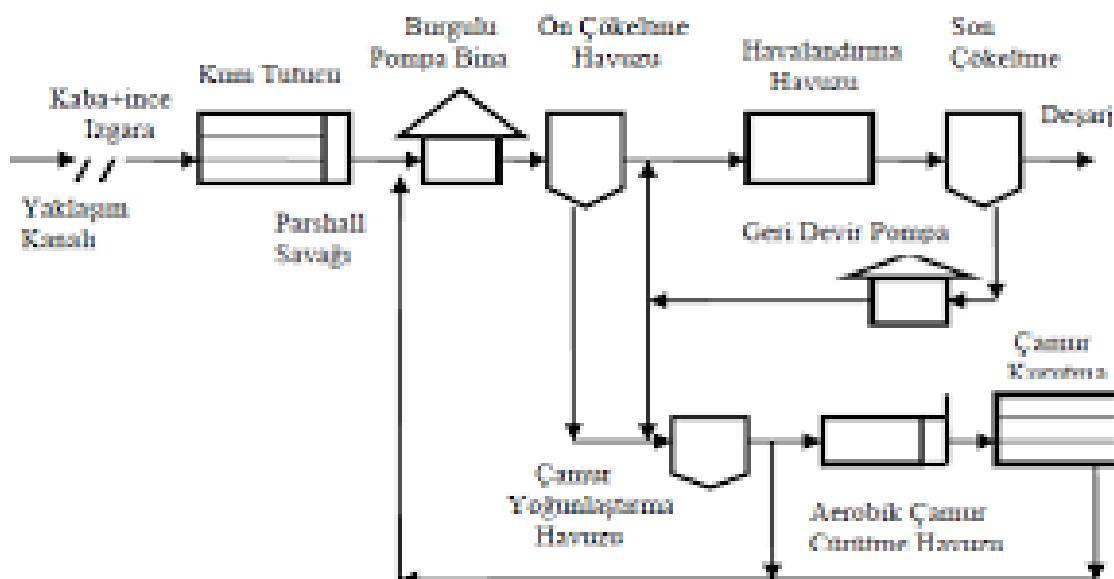
**Abstract:** It is an indispensable resource for the existence and continuity of aquatic life. Firstly, it is necessary to ensure that the needs of our people healthy drinking and potable water . Although spring water sources to produce favorable hygienic main issues under consideration for many years, it began rapidly with increasing industrial and agricultural activities. Over time, appeared more compelling reason for the demand of society in this regard today odor, turbidity, taste , nitrate, has become harmful metal ions to pesticides or solvents, such as it is expected to provide water free of various organic chemicals. The increase in the standard of living is increasing population with increasing needs for clean water. Problems occur in fresh water. To resolve these problems and drinking water treatment plants to meet the water needs has become imperative.

**Keywords:** Drinking water, population, treatment plant, pollution

### GİRİŞ

Atıksu Arıtma Şube Müdürlüğü, bünyesindeki 54 personeli ile Kayseri şehrinden toplanarak KASKİ ana kolektör hattı ile Kayseri İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisine ulaştırlan atıksuların herhangi bir çevre problemi oluşturmayacak şekilde arıtılıarak alıcı ortama deşarj edilmesini sağlamak, Atıksu Arıtma Tesisini işletmek, tesisten çıkan arıtma çamurlarının herhangi bir çevre problemi oluşturmadan güvenli bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlamakla görevlerini yerine getirmektedir. Kayseri ve civarında oluşan atıksuların tamamına yakını KASKİ ana kolektöründe toplanmaktadır. 31.12.2004 tarihli 25.687 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre yapılması yasal bir zorunluluk olan arıtma tesisi, 07.08.2003 tarihinden itibaren Kayseri ve civarındaki yerleşim birimlerinin atıksularını kabul etmeye başlamış olup çevre kirliliğine sebep olmayacak şekilde bertaraf ederek Kızılırmak'a bağlanan Karasu'ya deşarj etmektedir. Kayseri İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin inşaat işleri ve tüm proses ünitelerinin tam anlamıyla çalışması 20 Şubat 2004 tarihinde tamamlanmıştır. Bu tarihten itibaren başlayan bir yıllık işletme ve bakımı "VaTech Wabag - Tekser" konsorsiyumu tarafından yapılmış ve 20 Şubat 2005 tarihinden

itibaren KASKİ kendi personeliyle işletmeye devam etmektedir. Arıtma Tesisi çıkış suyu Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin ön gördüğü alıcı ortama deşarj standartları sağladığı gibi sorumluluğu olmadığı halde karbon gideriminin yanı sıra azot ve fosfor giderimi de yaparak AB standartlarında bir çıkış suyu kalitesini sağlamaktadır. Atıksuların işlendiği arıtma tesiste, ham çamur stabilize edilerek ekolojik yönden kullanıma uygun hale getirilirken biogaz, getirildikten sonra arıtma çamuru elde edilmektedir. Üretilen gaz (biogaz) ile elektrik üretilmekte ve tesisin elektrik ihtiyacının bir kısmı buradan karşılanmaktadır. 2010 yılı içerisinde tesisde kullanılan elektriğin % 23'ü biogaz ile üretilmiştir. Tesisde yaklaşık olarak 7.000 m<sup>3</sup>/gün gaz üretilmekte ve elde edilen elektrik enerjisi yaklaşık 10.000 kwh/gün mertebelerindedir. Elektrik üretilirken elde edilen ısı enerjisinden kış aylarında tesisdeki binaların ısıtılması sağlanmaktadır ve tesisde sürekli sıcak su kullanılmaktadır. İşlenmiş arıtma çamurları (Biyokatılar), bünyelerinde dirençli organik bileşikleri ve bitki gelişimi için gerekli makro ve mikro besin elementlerini bulundurmaktadırlar. Azot ve fosfor içerikleri biyokatıların gübre değerini ortaya koymakta, organik madde içerikleri de bu materyalin toprak ıslah etme özelliğinden ayrı bir önem taşıdığını göstermektedir. Biyokatıların arazide, tarım alanlarında, ıslah amaçlı, yeşil alanlarda ve ağaçlandırma alanlarında kullanılması mümkündür. Arıtma tesistinden günlük 325 m<sup>3</sup> arıtma çamuru (biyokatı), yaklaşık 15 m<sup>3</sup> kum ve izgara atığı çıkmaktadır. Dolayısıyla arıtma tesisi öncesi nazaran günlük 340 m<sup>3</sup> arıtma malzemesi Kızılırmagi besleyen Karasu'ya verilmemektedir ve Kayseri Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi çevre kirliliğinin önlenmesi konusunda üzerine düşeni yerine getirmektedir.



Şekil: KASKİ ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi akım şeması

### Kayseri Atıksu Arıtma Tesisinin İşleyişi

**Atıksu Yolu :** 9 cm aralıklı giriş izgarasından geçerek ileriki ünitelerde atıksuyun cazibeyle akması için yaklaşık 12 m yükseltilir. Yükseltilen atıksu önce 3 cm aralıklı kaba izgaradan, sonra 3 mm aralıklı ince izgaradan geçirilerek mekanik aksamlara zarar verecek maddeler

atıksudan ayrılır. Izgara ünitesinden çıkan atıksu iki bölmeli kum-yağ tutucuya girerek inorganik madde olan kumlar havuz dibine hava yardımıyla çökertilerek, üzeren maddelerde havuz yüzeyinde biriktirilerek atıksudan ayrılır. Atıksu sonra ön çöktürme havuzlarına girer ve debiye bağlı olarak burada dinlendirildikten sonra savaklanan atıksu selektör/bio-fosfor tankına girer. Tank girişinde ham atıksu ile geri devirden gelen çamur karıştırılır. Bu tankta mikroorganizmalar oksijensiz bir ortama tabi tutularak bünyelerindeki orto-fosfatları atıksuya vermeleri sağlanır. Tank çıkışında atıksu havalandırma havuzlarına iletilerek nitrifikasyon-denitrifikasyon olaylarının gerçekleşmesi sağlanarak atıksudaki azot, fosfor ve diğer kirleticilerin giderilmesi sağlanır. Havalandırma çıkış suyu son çöktürme ünitesine iletilir. Son ünite olan son çöktürmede debiye bağlı olarak atıksu dinlendirilerek savaklanan atıksu Karasu Deresine, çöken çamurda havuz dibinden alınarak cazibeyle geri devir pompa istasyonuna akar.



Şekil 2:KASKİ ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi giriş pompa istasyonu

**Çamur Yolu:** Atıksu, ön çöktürme havuzunda dinlendirildikten sonra havuz dibine çökelen çamur cazibeyle ön çamur pompa istasyonuna akar. Çamur ilk önce, çamur ızgara-presi makinelerine girerek hem çamur yoğunlaştırma ve çürütmeye tankında meydana gelen katılışma hemde susuzlaştırma ünitesindeki problemlere sebep olan kıl, tekstil lifi gibi malzemelerin çamur bünyesinden ayrılması sağlanır. Sonra ön çamurun katı madde muhtevalarının artması için ön yoğunlaştırmaya basılarak dinlendirilir. Dirlendirilen çamur havuz dibinden emilerek çürütmeye tankına basılır. İlk ham çamur çürütmeye tankına basılırken çürülmüş çamurla karıştırılır ve ısı eşanjöründe 37 dereceye ısıtılır. Ham çamurun çürütmeye tankı içerisinde homojen bir şekilde dağıtılması için tank içerisinde bulunan mikser yardımıyla 24 saat karıştırılır. 20 gün sonunda taşkan çamur son yoğunlaştırmaya, tank üzerinde biriken metan

gazı da gaz tankına iletilir. Son yoğunlaştırma tankı, susuzlaştırma ile çürütme tankı arasında bir nevi depo görevi görür. Susuzlaştırma ünitesine gerek son yoğunlaştırmadan, gerekse de geri devir pompa istasyonundan gelen çamur karıştırılarak belt preslere basılır. Belt preslere basılmadan hemen önce susuzlaştırmaya yardımcı eleman olarak seyreltilmiş polimer dozlanır ve çamur %18-21 katı madde muhtevasında çamur depolama sahasında depolanır. Gaz tankında depolanan metan gazıda ısı-güç ünitesindeki gaz jeneratörlerinde yakılarak elektrik enerjisi elde edilir. Ve bu enerji tesis içerisinde kullanılır. Atıksu arıtma tesislerinin çevresel etkileri şöyle sıralanabilir:

- Arıtma çamurları,
- Arıtılan suyun kalitesi ve deşarj edileceği ortam,
- Atıksuyun sızma riski,
- Koku



**Şekil 3:KASKİ ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi çamur susuzlaştırma**  
**Sonuç ve Öneriler**

Kaski ileri biyolojik atıksu arıtma tesisisinde yapılan çalışmalar sonucunda, tesisin işlevini düzenli bir şekilde yerine getirdiği gözlenmiştir. Önceki yıllarda tıkanmalardan dolayı giriş kaba ızgara aralığı 10 cm'den 9 cm'ye indirilerek sorun giderilmiştir. Ayrıca metal parçalarından oluşan aksamların düzenli olarak kontrolünün sağlanması gerekmektedir.

## **Kaynaklar**

- KASKİ, 2011, <http://www.kaski.gov.tr/detaylar.asp?id=26>, 4 Mart 2016
- Ayvaz, Z; (2000) "Atıksu Arıtma Çamurlarının Değerlendirilmesi", Ekoloji Magazin Dergisi, Nisan-Mayıs-Haziran 2000, Sayı 35, 3-11.
- Küçükhemek, M; (2010) "Evsel Arıtma Çamurlarının Yeşil Alanlarda Toprak İyileştirici ve Gübre Olarak Kullanımı", Uluslararası Sürdürülebilir Su ve Atıksu Yönetimi Sempozyumu, 26-28 Ekim 2010, Konya, 1273-1284.

## RÜZGÂR ENERJİSİ

Coşkun İNCE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

Cskn16@windowslive.com

**ÖZET:** Rüzgâr enerjisi, yenilenebilir ve sonu olmayan enerji kaynaklarından biridir. Mekanik ve elektrik enerjisi elde etmede yararlanılan rüzgâr enerjisi, günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan bir çok ülkede kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılabılır rüzgâr enerjisi ve rüzgar enerji sistemlerinin gelişimi incelenmiştir. İlk olarak rüzgar enerjisinin özellikleri, rotor yarıçapı, rüzgar hızı ve rüzgar gücü yoğunluğu ile beraber bir matematik işlem kullanılarak güç formülü bulunmuştur. Elde edilen güç formülü ile rotor çapı ve yörenin rüzgar hızına göre elde edilebilecek maksimum güç hesaplanmıştır. Ülkemizde de Bandırma, Antalya, Kumköy, Sinop, Mardin, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale'nin yıllık ortalama rüzgar gücü yoğunluğu ile rüzgar enerji sistemleri için uygun olduğu görülmüştür. Söz konusu rüzgar gücü yoğunluğu ve rüzgar hızından yararlanma imkanları mevcut bulunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Rüzgâr, Enerji, Türbin, Bursa

## WIND ENERGY

**Abstract:** Wind energy is one of the renewable energy source. Wind energy use to mechanical and electrical energy. And today, it is using in many countries. In this study, wind energy and wind energy system examined. First, Power formula found with characteristics of the wind, the rotor radius, wind speed. Maximum power calculated with power formula. In our country, Bandırma, Antalya, Kumköy, Sinop, Mardin, Gokceada, Canakkale and Çorlu's avarage annual wind power density showed to suitable for wind energy systems. Power density and wind speed facilities are available.

**Keywords:** Wind energy, Bursa city, turbine

### Giriş

1970'li yılların başlarında yaşanan petrol krizi, insanları yenilenebilir enerji kaynaklarından özellikle rüzgâr'dan enerji elde etme çabasına yöneltmiştir. Bunun yanında, nüfus artışına bağlı olarak tüketilen enerjinin artması ve fosil kaynaklı enerjilerin tükenebilir olması da insanlığı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına iten diğer sebeplerdir [1-4]. Bunların yanında rezervlerin azalması, rezervleri azalan fosil yakıtların her geçen gün biraz daha pahalanması, çevre kirlenmesi, atmosferde oluşan sera etkisi, doğal bitki örtüsünün yanı sıra insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri gibi önemli nedenlerle hızla yeni enerji kaynaklarından daha fazla faydalanalma zorunluluğu doğurmuştur [1-4]. Enerji kaynakları üretim, taşınım ve tüketim safhalarında doğaya zararlı atık ve gazlar bırakmaktadır. Petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların yakılması bağlı olarak küresel, bölgesel ve yerel ölçekte kirlenme problemleri meydana gelmektedir [1-4]. Bugün geçmişe nazaran daha fazla dikkate alınan çevre kirliliği, mühendislik disiplinlerinde önemli yer tutmaktadır. Dünya genelinde çevre kirliliği açısından tehdit oluşturan etkenlerden ilk sırayı fosil kökenli yakıtlar almaktadır. Hızla gelişen sanayileşme ile birlikte aşırı derecede fosil yakıt kullanılması sonucu, yakacağın türüne ve yakma sürecine bağlı olarak açığa çıkan kirleticiler çevre problemine sebep olmaktadır [1-4]. Bunlar canlı yaşamını tehdit etmekte, doğal hayatı birçok olumsuz etkilerde bulunmakta ve ekolojik dengeyi bozmaktadırlar [1-4]. Bu

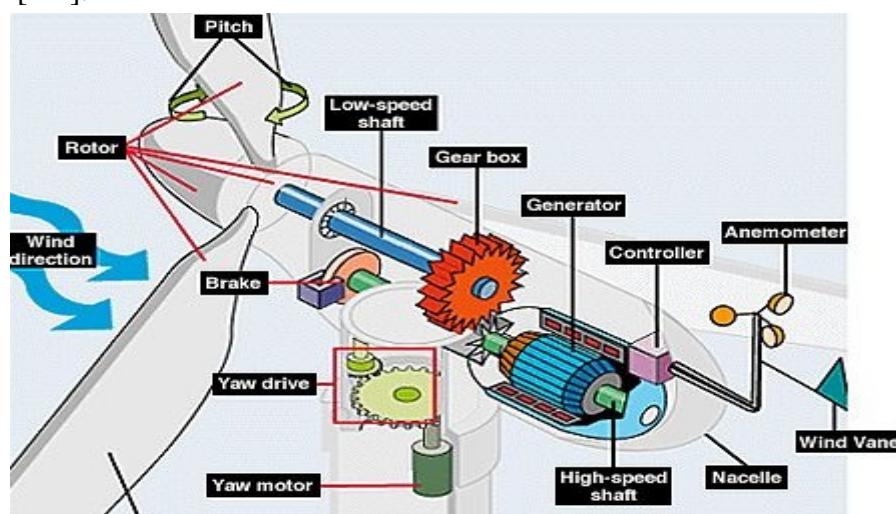
yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanma çabası sürecinde güvenirlik, süreklilik, çevreye zarar vermemesi ve yapılarının tek kaynağa bağımlı kalmasından kaçınılması genel olarak benimsenen politikalar olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik olmadıkça ve bu kaynakların kullanımı artmadıkça enerji sorunu devam edecektir [4].

### Türkiye'de Rüzgar Enerjisi:

Türkiye'de de rüzgâr enerji santralleri ve üretikleri enerji miktarı da yıllar içinde bir artış gösteriyor. 2011 yılından bu yana yıllık %27-28 oranında bir artış gösteren rüzgâr enerjisi üretimi, 2014 yılsonu itibarıyla 3,76 gigawatt'a ulaştı. İnşa halindeki rüzgâr enerji santralleri de yaklaşık 1,2 gigawatt kapasiteye sahip. Türkiye'de rüzgâr enerjisi üretimi konusunda lider bölge Ege Bölgesi (%39,51). Onun hemen ardından %36,13'lük bir oranla Marmara Bölgesi geliyor. Yani Türkiye'deki rüzgâr enerjisi üretiminin yaklaşık dörtte üçü bu iki bölgede üretiliyor. İller bazında bakıldığındaysa lider Balıkesir. Balıkesir tek başına Türkiye'deki rüzgâr enerjisi üretiminin beşte birinden fazlasını sağlıyor. Balıkesir'i İzmir ve Manisa takip ediyor [1, 2].

### Rüzgâr Türbinleri:

Rüzgâr turbini hareket halindeki havanın kinetik enerjisini mekanik veya elektrik enerjisine dönüştürür. Ürettiği enerji rüzgâr hızına göre değişir, birim maliyeti düşüktür. Ancak, kurulacak bölgenin rüzgâr hızının yüksek olması ve hava akışını engelleyen yükseltilerin çevresinde olmaması gereklidir. Rüzgâr hızı çok değişken olduğu için üretilen enerji de değişken olmaktadır. Kanatlara çarpan hava akımı kanatların dönmesini ve dolayısıyla da kanatların bağlı olduğu milin dönmesini sağlar. Küçük ölçekli rüzgâr turbinlerinde mil doğrudan, büyük ölçülülerde ise dişli kutu yolu ile jeneratöre bağlanır. Jeneratör mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Düşük güçlü rüzgâr turbinlerinde jeneratör olarak sabit mıknatslı alternatörler kullanılırken, yüksek güçlülerde ise asenkron veya senkron jeneratör kullanılır. Şebekeden bağımsız çalışan sistemlerde frekansı sabit tutmak rüzgâr hızındaki değişimlerden dolayı mümkün olmadığından, jeneratör çıkıştı doğru akıma (DC)'a dönüştürülür. Birçok rüzgâr turbini 3 veya 2 kanatlı olarak üretilir. Rüzgâr turbininden elde edilebilecek güç rüzgâr hızının küpüyle ve kanat süpürme alanı ile doğrudan orantılıdır. Üretici firmalar turbinin üretmeye başladığı rüzgâr hızını, üretimi durdurduğu rüzgâr hızını ve rüzgâr hızı- güç eğrisini kullanıcılaraya verirler [4]. Yel değirmenlerinin en modern şekli olarak kabul edilen ve onun prensiplerine göre çalışan ilk rüzgâr turbini 1890'da Danimarka'da üretilmiştir. Rüzgâr enerjisinden en yoğun yararlanan ülke olan ABD'de ilk kez rüzgâr enerjisinden yararlanma çalışmalarını 1944 yılında gerçekleştirmiştir [1-4].



Şekil 1. Tipik bir turbin gösterimi [3, 4].

### **Nacelle**

Rüzgar türbininin dişli kutusunu ve jeneratör dahil ana parçalarını içine alır. Servis personeli nacelleye türbin kulesinden girebilir. Nacellenin solunda rüzgâr türbin rotoru, rotor blades ve hub bulunur.

### **Rotor Blades**

Rüzgârı yakalar ve onun gücünü rotor hub'a aktarır. 600 KW'lık modern bir rüzgar türbininde her bir rotor blade'i 20 m (66 ft) uzunluğundadır ve bir uçak kanadının oldukça benzeri olarak dizayn edilmektedir. Rüzgâr türbininin düşük hızlı shaft'ı ile bağlantılıdır.

### **The Low Speed Shaft**

Rüzgâr türbinini rotor hub yüksekliğinden dişli kutusuna bağlar. 600 KW lık modern bir rüzgar türbin rotoru 19-30 dönü /dakika (RPM) kadar nispeten yavaş döner. Shaft, aerodinamik frenleri işletebilecek hidrolik sistemleri borulara bağlar.

### **The Gearbox**

Solunda düşük hızlı shaft vardır. Düşük hızlı shafttan yaklaşık olarak 50 kat daha hızlı dönen high speed shaft ise sağındadır.

### **The High Speed Shaft**

Yaklaşık 1.500 devir/dak. (RPM) ile döner ve elektrik jeneratörünü çalıştırır. Acil bir mekanik disk freni ile birliktedir. Aerodinamik frenler kusurlu olduğu zaman veya türbin hizmette olduğu zaman mekanik fren devreye girer.

### **Elektrik Jeneratör**

Ekseriya indüksiyon jeneratörü veya asinkronous jeneratör olarak bilinir. Modern bir rüzgar türbininin maksimum elektrik gücü halen 500-1500 kilowat (1.5 MW ) kadardır.

### **Elektronik Kontrolcü**

Elektronik kontrolcü, rüzgar türbininin şartlarını sürekli olarak takip eden ve yaw mekanizmasını kontrol eden bir bilgisayar bulundurur. Herhangi bir bozukluk (dişli kutusu veya jeneratörün aşırı ısınması gibi ) durumunda türbini otomatik olarak durdurur ve türbin operatörü bilgisayarına modem hattı ile çağrı mesajı gönderir.

### **Hidrolik Sistem**

Türbinin aerodinamik frenlerini ayarlamak için kullanılır [4].

### **Soğutma Birimi Fanı**

Elektrik jeneratörünü soğutur. Ayrıca dişli kutusunun yağını soğutan bir yağ soğutma birimini de bulundurur. Bazı türbinler su-soğutmalı jeneratörlere sahiptir[3].

### **Kule**

Rüzgâr türbininin kulesi, nacelle ve rotoru üzerinde taşırl. Genellikle kulenin yüksek olması bir avantajdır çünkü rüzgâr hızları yerden yükseldikçe artar. Tipik olarak 600 KW lık modern bir rüzgâr türbininin kulesi 40-60 m yüksekliktedir ( bir 13-20 katlı bina yüksekliği kadar ) [3, 4]. Kuleler ya tüp ya da kafes biçimindedir. Tüp biçimli kuleler çalışanlar için daha avantajlıdır, çünkü gerekiğinde bir merdivenle içerdene türbinin tepesine çıkmak daha kolaydır. Kafes kulelerin avantajı esas olarak ucuz oluşlarıdır.

### **Yaw Mekanizması**

Yaw mekanizması, rüzgâr vanasını kullanarak rüzgâr yönünü belirleyen elektronik kontrolcü tarafından işletilir. Rüzgâr yönü değiştiği zaman, normal olarak o anda yaw sadece bir kaç derece kadar olacaktır. Rüzgâra karşı nacelle ile rotoru döndürmek için elektrik motorlarını kullanır [3, 4].

### **Anemometre ve Rüzgâr Vanası**

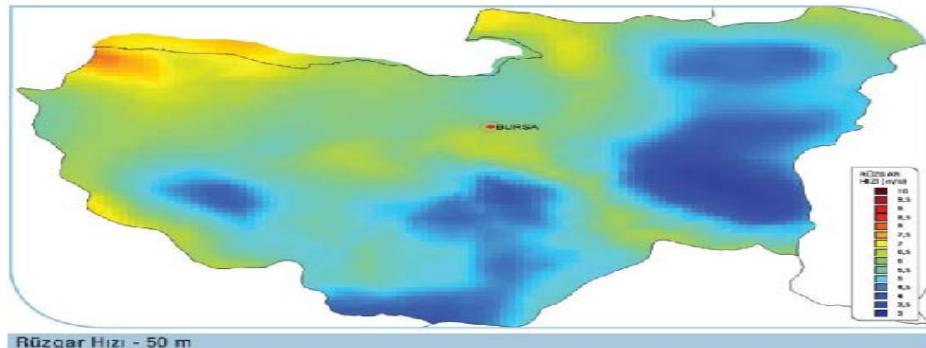
Rüzgârin hızını ve yönünü ölçmek için kullanılırlar. Rüzgar hızı 5 m/s ye eriştiğinde turbini harekete geçirmek için rüzgar türbininin elektronik kontrolcüsü tarafından anemometrenin

gönderdiği elektronik sinyaller kullanılır. Eğer rüzgar hızı 25 m/s i aşarsa bilgisayar, türbini ve çevresindekileri korumak için rüzgar turbinini otomatik olarak durdurur. Rüzgar vanasından gelen sinyaller, rüzgar turbin elektronik kontrolcüsü tarafından alınarak, yaw mekanizması yardımıyla rüzgara karşı turbinin döndürmek için kullanılır [3, 4].

### Bursa İli Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

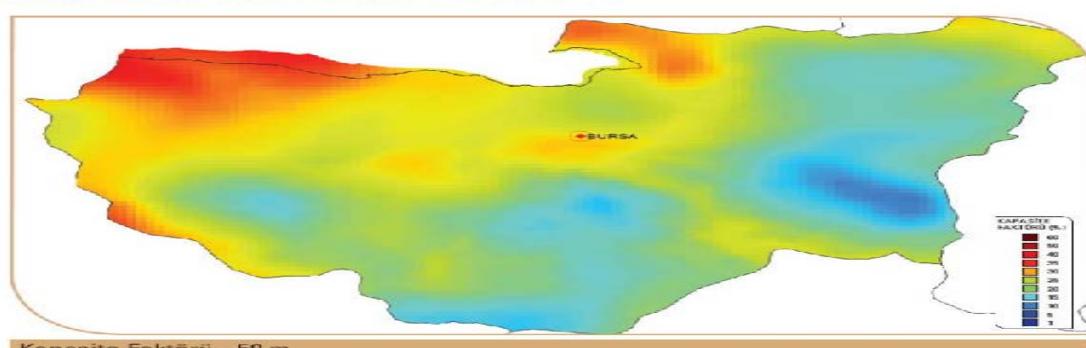
Türkiye'nin Marmara bölgesinde yer alan Bursa genel olarak rüzgar enerjisi potansiyeline sahip bir bölgedir. Farklı rüzgar hızında elektrik üretebilecek tribün teknolojisinin gelişmesi nedeniyle bölgenin (TR-52) orta derece rüzgar varlığına sahip Karacabey, Gemlik, Mustafa Kemal Paşa gibi ilçelerinde rüzgar enerjisinden elektrik üretme imkanı bulunmaktadır. Bursa için rüzgar enerjisi santrali kurulabilecek toplam kurulu güç kapasitesi 3.881,68MW'dır [3, 4].

**RÜZGAR HIZ DAĞILIMI – 50 metre**



Ekonominik RES yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgar hızı gerekmektedir.

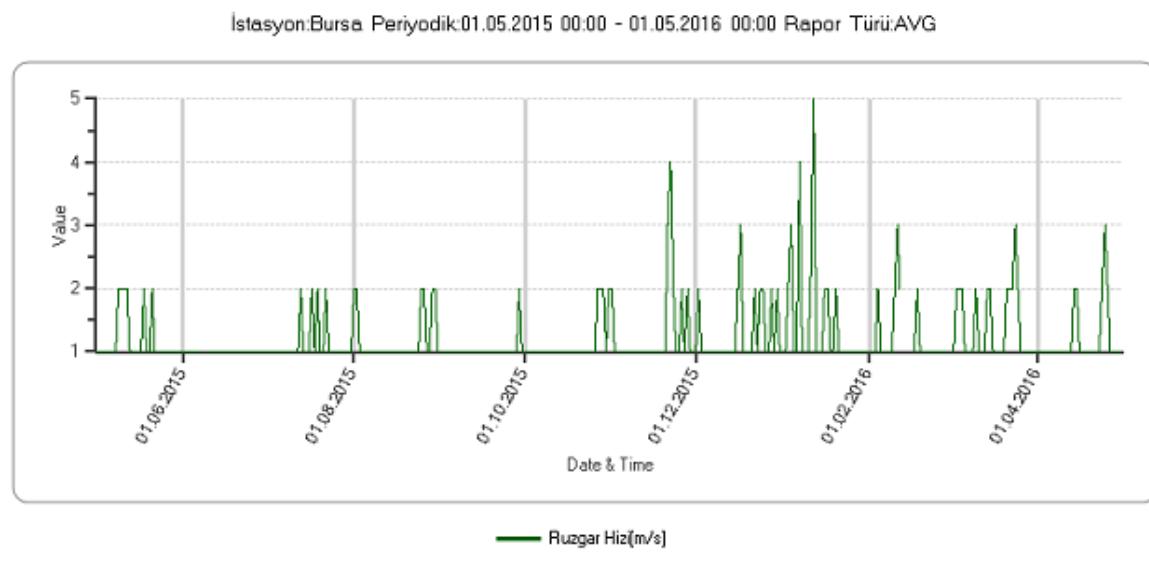
**KAPASİTE FAKTÖRÜ DAĞILIMI – 50 metre**



Ekonominik RES yatırımı için %35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekmektedir.

**Şekil 2 . Bursa ili kapasite faktörü dağılımı [1, 2]**

Ekonominik RES yatırımı için %35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekmektedir. Bu nedenle, Kapasite faktörü %35'in üzerinde olan alanlar ancak sınırlı bölgelerde olduğu şekilde görülmektedir [1, 2] . Verilen haritadaki konturlar tahmini hesaplama metodları ile elde edilmiştir. Detaylı analizler için kurulması düşünülen Türbinin göbek çapına uygun olarak en az bir yıllık periyotla potansiyel belirleme ölçümleri tekrar edilmelidir [1, 2] .



**Şekil 3.** Bursa ili yıllık rüzgar hızı grafiği [1, 2]

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava kalitesi İzleme İstasyonu Web Sitesinden elde edilmiş olan 1.06.2015 ve 1.06.2016 yılları arası yapılan ölçüm sonucu elde edilen aylık ortalama rüzgar hızı grafiği yukarıdaki şekilde verilmiştir. Ekonomik RES yatırımı için rüzgar hızının 7 m/s veya üzerinde olması gerekmektedir [1, 2]. Grafiğe bakıldığında ise maksimum aylık ortalamanın 5 m/s olduğunu görmekteyiz. Ancak bu grafik Bursa ilinin tüm ilçelerinin rüzgar hızını yansıtmaktadır. Karacabey, Gemlik ve Kemal Paşa bölgelerinde yıllık rüzgar hızı ölçümleri rüzgar hızı haritasında 7-8.5 m/s arasında olduğu görülmektedir [1, 2].

### Sonuç

Yenilenebilir ve doğa dostu olan rüzgar enerjisi çevreye herhangi bir kirlilik oluşturmaz. Aynı zamanda sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak da kullanılır. Bursa ilinin, Kemal Paşa, Gemlik, Karacabey illerinde uydun topografik analizler ve detaylı bir çalışma bu bölgelerdeki yıllık rüzgar hızlarının grafiksel olarak hazırlanması ile Rüzgar Enerjisi Santralleri kurulabileceği tartışılabılır.

### KAYNAKLAR

- [1] [online], <http://www.havaizleme.gov.tr/> [ziyaret tarihi: 12 Mayıs 2016].
- [2] [online], <http://www.eie.gov.tr/> [ziyaret tarihi: 12 Mayıs 2016].
- [3] Engin, M. 2010, Bornova İçin Güneş-Rüzgar Hibrid Enerji Üretim Sistemi Tasarımı, CBÜ Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, 11-20.
- [4] Ataseven, M.S. 2011, [online], <http://www.ruzgarenerjisikulubu.com/dosyalar/sunumlar/ruzgar-gunleri-2011-sunumlar/mserdar-ataseven-ruzgar-turbini-cesitleri-ve-ozellikleri.pdf> [ziyaret tarihi: 10 Mayıs 2016].

## DEĞİŞİK TARIMSAL ARTIKLARIN KAYIN MANTARI (*Pleurotus ostreatus*) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANIM OLANAKLARI

Emre ENGİN<sup>1</sup>, Gülden GÖK

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü  
enginemre06@gmail.com

**ÖZET:** Artık ve atıkların çevreye zarar vermeyecek şekilde değerlendirilerek, doğaya yeniden kazandırılması, bir taraftan kit kaynakların optimum değerlendirme, diğer taraftan da çevre kirliliğinin önlenmesi bakımından kaçınılmaz bir zorunluluk halini almıştır. Lignoselüloz esaslı her türlü artık ve artık malzemeler Pleurotus cinsi mantarların yetiştirciliğinde substrat olarak kullanılabileme olağanlığı vardır. Substrat kaynağı, endüstriyel amaçlı yetiştirilen bitkilerin birincil değerlendirme aşamasından geriye kalan artık ve artık olabileceği gibi herhangi bir öncelikli amaca yönelik olmadan doğada kendiliğinden yetişen her türlü otsu bitki, çeşitli odunsu atıklar, artık kağıtlar ve odunsu ağaçların yaprakları da substrat olarak kullanılabilirlerdir.

Yapılan bu çalışmada; Pleurotus türleri içinde önemli bir yer teşkil eden P. ostreatus'un artık kağıt (AK) esası olmak üzere, çeşitli lignoselüloz esaslı odunsu ve otsu artık ve artık substrat karışımı ile denemeler gerçekleştirilerek, misel gelişim süreleri ve verim değerleri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atık geri kazanım, Atık kağıt, Misel gelişim süresi, *Pleurotus ostreatus*, Tarımsal atık.

### The possibility of using different agricultural wastes in oyster mushroom (*pleurotus ostreatus*) cultivation

**Abstract:** The reclaiming of residuals and wastes so as to not harm the environment and regaining them for the nature has become an inescapable imperative due to optimal evaluation of scarce resources and the other hand, in terms of prevention of environmental pollution. All kinds of residues and waste materials based on lignocellulose have the ability to be used as substrate for Pleurotus species of fungi cultivation. The supply of the substrate can be either remaining wastes or residuals that originated from the primary evaluation phase of producing industrial plants or all sorts of herbaceous plants that grow spontaneously in nature, a variety of ligneous wastes, waste papers and leaves of ligneous trees can also be used as the sources of substrate.

In this study; the mycelial growth period and yields are examined based on the experiments include paper based wastes (PW) with a variety of substrate mixtures of lignocellulose-based ligneous and herbaceous wastes and residuals.

**Keywords:** waste recycling, agricultural waste, *Pleurotus ostreatus*, waste paper, mycelia development period.

### GİRİŞ

Ülkemiz gıda yönünden kendi kendine yetebilen ülkeler arasında yer almasına rağmen, artan nüfus ve kaynak israfı sonucu besin maddeleri ve özellikle de protein açığı olası görülmektedir (Erkel, 1992). Dünya üzerinde her yıl çıkan 500 milyon ton tarımsal artık ve 100 milyon ton orman endüstrisi atığı olmak üzere toplam 600 milyon ton artık oluşturmaktadır. Bu yüzden günümüzde çeşitli lignoselüloz içerikli bitkisel, odunsu artık ve atıklar yakılmak ve atılmak suretiyle büyük bir çevre kirliliği oluşturulmaktadır ve bu durumun sonucu olarak artık dağlarının artmasına neden olacaktır. Oysaki lignin ve selüloz esaslı bu maddelerin mikrobiyolojik degradasyon yoluyla parçalanarak protein içeriği yüksek değerli besin maddeleri haline dönüştürülmesi mümkün olabilmektedir (Zadrazil, 1978). Artık ve atıkların

çevreye zarar vermeyecek şekilde değerlendirilerek, doğaya yeniden kazandırılması, bir taraftan kit kaynakların optimum değerlendirilmesi, diğer taraftan da çevre kirliliğinin önlenmesi bakımından kaçınılmaz bir zorunluluk halini almıştır (Kalay ve ark., 1993).

Lignoselüloz esaslı her türlü artik ve atık malzemeler *Pleurotus* cinsi mantarların yetişiriciliğinde substrat olarak kullanabileceğini sağlar. Substrat kaynağı, endüstriyel amaçlı yetişirilen bitkilerin birincil değerlendirme aşamasından geriye kalan atık ve artıklar olabileceği gibi (Yalınaklıç ve ark., 1994) herhangi bir öncelikli amaca yönelik olmadan doğada kendiliğinden yetişen her türlü otsu bitki, çeşitli odunsu atıklar, atık kağıtlar ve odunsu ağaçların yaprakları da substrat olarak kullanılabilir (Sivrikaya, 2000).

*Pleurotus* yetişiriciliğinde, birçok sanayi ve tarımsal artik ve artıkların çok basit işlemlerden geçirildikten sonra kullanılabileceği (Svaprakasam and Kondaswary 1981; Ertan 1990) ayrıca bu mantarların çevre koşullarına karşı toleranslı ve çok kuvvetli misel yapıları sayesinde birçok organik materyal üzerinde fermantasyona gerek duymadan yetişirileceği bildirilmektedir (Poo 1980).

Yapılan bu çalışmada; *Pleurotus* türleri içinde önemli bir yer teşkil eden *P. ostreatus*'un atık kağıt (AK) esaslı olmak üzere, çeşitli lignoselüloz esaslı odunsu ve otsu atık ve artık substrat karışımı ile denemeler gerçekleştirilek, misel gelişim süreleri ve verim değerleri incelenmiştir.

## MATERİYAL VE YÖNTEM

### Materiyal

Çalışma kapsamında esas malzeme olarak atık kağıt kullanılmış olup; kullanılan bu atık kağıtlar mürekkep içermeyen, saman kağıt özelliğine sahip, atıl durumda olan kağıtlar kullanılmıştır. Substratlar olarak da tarımsal atık veya artıklar olarak nitelendirilen mısır sapi (MS), fındık zurufu (FZ), atık çay yaprağı (AÇY), fındık yaprağı (FY), kavak yaprağı (KY), kuru üçgül otu (*Trifolium purpureum*) (ot), ihlamur yaprağı (IY), buğday sapi (BS), kayın talaşı (OT) kullanılmıştır.

### Yöntem

**Mantar Misellerinin Üretilimi:** Çalışmada tohumlu misel Sylvan Tarım Ürünleri Sanayi ve Ticaret Ltd. şirketinden *Pleurotus ostreatus* HK 35 kodlu, besin ortamında çimlendirilerek alt kültüre alınması ve daha sonra bu kültürlerin buğday danelerine sardırılarak çoğaltılması yoluyla üretilen misel kullanılmıştır.

**Pleurotus ostreatus'un Yetişirilmesi:** *Pleurotus ostreatus*'un yetişirilmesi için yapılan çalışmalarda kullanılan ana ve tali substratlar yaklaşık olarak 5 cm büyüklüğünde olacak şekilde parçalandıktan sonra, şebekesi suyu ile %70 rutubet derecesine ulaşana kadar nemlendirme işlemi yapılmıştır. Daha sonra önceden belirlediğimiz oranlarda ana malzeme ve substrat karışımı hazırlandıktan sonra, her bir karışım polietilen torbaya, 1 kg'lık miktarlarda olacak şekilde doldurulmuştur. Bundan sonra 6-8 saat süreyle 65- 70°C'de sterilize edilen hammaddelerin soğuması beklenerek, sıcaklığın 25°C'ye düşmesinin ardından

P. ostreatus miselleri aşılaması steril bir ortamda, steril hale getirdiğimiz spatula yardımıyla tohumluk miselden % 1 oranında torbaların üst kısmına inokule edilmesiyle gerçekleştirılmıştır. Daha sonra inokule edilen malzemeler misel gelişme odasına alınmış ve burada 25- 28°C'de miseller, substratı tümüyle sarıncaya kadar bekletilmiştir. Miseller substratı tümüyle sardıktan sonra, 4- 5°C'de 48 saat süre ile termik şok işlemine tabi tutulmuşlardır (Erkel 1992, Yalınkılıç ve ark. 1994). Termik şok işleminden sonra torbalar 12- 15°C, %80 bağıl nemin sağlandığı yetişirme odasına alınmışlar ve burada gerekli bakım işleri yapılarak, verim değerleri hesaplanmıştır (Koçyiğit, 1980 ).

**Tablo 1.** Atık kağıt ve çeşitli bitkisel ve odunsu atık substratlarla oluşturulan karışım oranı

Substrat Türü	Karışım Oranı	Substrat Türü	Karışım Oranı	Substrat Türü	Karışım Oranı
AK	1	AK+OT	1:1	AK+KY	3:1
AK+BS	1:1	AK+OT	3:1	AK+KY	1:3
AK+BS	3:1	AK+OT	1:3	AK+IY	1:1
AK+BS	1:3	AK+FZ	1:1	AK+IY	3:1
AK+MS	1:1	AK+FZ	3:1	AK+IY	1:3
AK+MS	3:1	AK+FZ	1:3	AK+AÇY	1:1
AK+MS	1:3	AK+FY	1:1	AK+AÇY	3:1
AK+ot	1:1	AK+FY	3:1	AK+AÇY	1:3
AK+ot	3:1	AK+FY	1:3		
AK+ot	1:3	AK+KY	1:1		

## ARAŞTIRMA VE BULGULAR

### Bulgular

Atık kağıt ana malzeme olmak üzere çeşitli tarımsal atık ve artı substratlarla oluşturulan denemelere ilişkin elde edilen P. ostreatus'un misel gelişim süreleri Tablo 2'de yer almaktadır. Yapılan bu çalışmada Çalışmada misel gelişim süresi bakımından, atık kağıt substratının tek başına kullanılması durumunda 22,0 gün ortalama ile en uygun sonuç elde edilmiştir. Genel olarak atık kağıdın diğer tarımsal atık ve artı substratlarla 3:1 oranında oluşturulan karışımının misel gelişim süresi bakımından diğer substrat karışımımlarına oranla daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada hazırlanan yonca, atık çay yaprağı substratlı karışımlarda çok uzun süreli misel gelişim süreleri gözlemlenmiştir.

### Mantar Verimine İlişkin Bulgular

Atık kağıt ana malzemeli ve çeşitli tarımsal atık ve artı substratlarla oluşturulan denemelere ilişkin elde edilen verim değerleri Tablo 3'de yer almaktadır. Hazırlamış olduğumuz atık kağıt (AK)+odun talaşı (OT) (3:1) karışım oranına sahip substrat üzerinden %35,5 ile en yüksek verim değeri elde edilirken; AK+atık çay yaprağı (AÇY) (3:1) karışımına sahip substrat üzerinde %9,2 verim değeri ile en düşük verim değeri hesaplanmıştır. Atık kağıtların kuru üçgül otu, ve atık çay yaprağı ile oluşturduğumuz karışımlarda, düşük verimler elde edilmiş olup bu tarımsal artı veya atık substratların oranlarını arttırmamız durumda,

hem misel gelişimi hem de verim üzerinde olumsuz bir yönde etkide bulunabileceği sonucuna varılmıştır.

Çalışmada, atık kağıtların tarımsal atık ve artik substratlar üzerinde yetistiriciliğinde verim olarak yaklaşık tüm denemelerde oluşturduğumuz 3:1 oranlı karışımında verim oranı en olumlu sonuçları verirken; 1:1 ve 1:3 oranlı karışımalar verim açısından genel olarak birbirine yakın değerler elde elde edilmiştir. Ana materyalimiz olan atık kağıtlara ilave edilen düşük yüzdeli yardımcı ikincil tarımsal artik veya atık substratların aktivatör bir madde gibi davranışarak misel gelişimini hızlandırdığı ve verim üzerinde olumlu yönde etkide bulunduğu sonucu çıkarılmıştır.

**Tablo 2:** Atık kağıt ana materyal olmak üzere çeşitli tarımsal artik ve atık substratlarla oluşturulan karışımında P. ostreatus misellerinin gelişim süreleri (gün).

Substrat Türü	Karışım Oranı	Misel Gelişim Süresi(Gün)	Substrat Türü	Karışım Oranı	Misel Gelişim Süresi(Gün)	Substrat Türü	Karışım Oranı	Misel Gelişim Süresi(Gün)
AK	1	22,0	AK+OT	1:1	26,0	AK+KY	3:1	26,0
AK+BS	1:1	25,3	AK+OT	3:1	23,5	AK+KY	1:3	33,5
AK+BS	3:1	23,0	AK+OT	1:3	28,7	AK+IY	1:1	27,2
AK+BS	1:3	27,7	AK+FZ	1:1	24,5	AK+IY	3:1	26,0
AK+MS	1:1	25,3	AK+FZ	3:1	23,7	AK+IY	1:3	35,0
AK+MS	3:1	24,2	AK+FZ	1:3	25,7	AK+AÇY	1:1	32,2
AK+MS	1:3	28,7	AK+FY	1:1	28,2	AK+AÇY	3:1	29,5
AK+ot	1:1	26,7	AK+FY	3:1	25,7	AK+AÇY	1:3	38,7
AK+ot	3:1	26,0	AK+FY	1:3	32,5			
AK+ot	1:3	30,2	AK+KY	1:1	30,7			

**Tablo 3:** Atık kağıt ana materyal olmak üzere çeşitli tarımsal artik ve atık substratlarla oluşturulan karışımında P. ostreatus'un verim değerleri (%).

Substrat Türü	Karışım Oranı	Verim(%)	Substrat Türü	Karışım Oranı	Verim(%)	Substrat Türü	Karışım Oranı	Verim(%)
AK	1	23,5	AK+OT	1:1	32,9	AK+KY	3:1	22,8
AK+BS	1:1	20,5	AK+OT	3:1	35,5	AK+KY	1:3	19,5
AK+BS	3:1	29,5	AK+OT	1:3	25,9	AK+IY	1:1	19,9
AK+BS	1:3	18,9	AK+FZ	1:1	29,3	AK+IY	3:1	21,7
AK+MS	1:1	26,5	AK+FZ	3:1	31,2	AK+IY	1:3	17,7
AK+MS	3:1	32,7	AK+FZ	1:3	27,4	AK+AÇY	1:1	14,9
AK+MS	1:3	23,0	AK+FY	1:1	20,2	AK+AÇY	3:1	18,2
AK+ot	1:1	16,8	AK+FY	3:1	22,7	AK+AÇY	1:3	9,2
AK+ot	3:1	19,8	AK+FY	1:3	18,9			
AK+ot	1:3	13,1	AK+KY	1:1	19,7			

$$\text{BEO (\%)} = \frac{\text{Hasat edilen taze mantar ağırlığı (g)}}{\text{Yetişirme ortamının kuru ağırlığı (g)}} \times 100$$

\*BEO: Biyolojik Etkinlik Oranı (%)

## **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Yapılan bu çalışmada elde etmiş olduğumuz sonuçlara göre atık kağıtların; atık çay yaprakları ve ot (fiğ) haricindeki, çeşitli tarımsal atık ve artık substratlarla, *P. ostreatus* yetişiriciliğinde başarılı bir şekilde değerlendirilerek atık geri kazanımı sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucuna göre; ana materyalimiz atık kağıdın kullanıldığı substrat ile 22,0 gün ortalamaıyla en düşük misel gelişim süresi elde edilmiştir. Yapılan literatür taramasında *Pleurotus* cinsi mantarların misel gelişim süreleri 15-30 gün arasında değiştiği saptanmıştır. (Khan and Chaudry 1989). Yapılan bu çalışmada, AK'nin kuru üçgül otu ve atık çay yaprakları ile yapılan karışıntılar dışında, tüm substratlar üzerinde literatür değeri ile yaklaşık değerler elde edilmiştir. Kalay ve ark. (1993); çay atıklarının azot oranını %2,3 olarak belirtirken; kuru yoncanın azot oranı literatürde %3,4 civarında olduğu bildirilmektedir (Kacar 1984). Baysal ve ark. (2000); katkı maddesi olarak tavuk gübresi ilave ettiği odun talaşı üzerinde, tavuk gübresinin substrat karışımının azot miktarını aşırı yükselterek, *P. ostreatus*'un misel gelişim süresini uzattığını tespit etmiştir. *Pleurotus* cinsi mantar yetişiriciliğinde kullanılan birçok atık ve artık substrat kaynaklarının azot yüzdeslerinin %0,09 ile %0,84 arasında değiştiği bildirilmektedir (Zadrazil 1980).

Yapılan bu çalışmada verim değeri olarak, AK+OT (3:1) substrat karışımı üzerinde yaş substrat ağırlığına oranla %35,5 verim değeri ile en iyi sonuç gözlemlenmiştir. *Pleurotus* cinsi mantar yetişiriciliğinde verim değeri, yaş substrat ağırlığına oranla %30 olarak kabul edilmektedir (Chang and Qumio 1982). Çalışma kapsamında; AK+OT, AK+MS ve AK+FZ substrat karışıntılarında özellikle de 3:1 oranında ki karışımlarda literatür değerleri ile uyumlu ve hatta üstünde değerler elde edilirken; AK'nın çeşitli ağaç yaprakları ile oluşturulan karışıntılarında literatür değerlerinin biraz altında; ot ve atık çay yaprağı ile oluşturulan karışımlarda ise literatür değerlerinin altında verim değerleri elde edilmiştir.

Baysal ve ark. (2000); katkı maddesi olarak kayın talaşı üzerine ilave ettiği %20 oranında pirinç kavuzunun, verim üzerinde önemli derecede artış sağladığını bildirmiştir. Ağaoğlu ve ark. (1992); ana substrat olarak odun talaşı ve tali substrat olarak buğday kepeği ile oluşturdukları substrat karışıntıları üzerinde *P. sajur-caju*'nun, yaş substrat ağırlığına oranla verim değerlerini %7,3 ile %28,5 arasında değiştigini bildirmiştir. Sivaprakasam ve Kandaswary (1981); atık kağıtlar üzerinde *P. sajur-caju*'nun verim değerini yaş substrat ağırlığına oranla %18,3 ve pirinç sapları üzerinde %16,3 olarak bildirmiştir. Pettipher (1987); çeşitli lignoselüloz esaslı atık maddeleri substrat olarak kullandığı çalışmasında, *P. ostreatus* için verim değerini yaş substrat ağırlığına oranla %25 olarak bildirmiştir. Erkel ve Işık (1992); *P. ostreatus*'un çeltik sapi üzerinde verim değerini %16,8, buğday sapi üzerinde %11,4, mısır sapi üzerinde % 15,5, ayçiçeği sapi üzerinde %10,7 olarak bildirmiştir. Bir

başka araştırmada Yıldız ve ark. (1997); sorgum sapları üzerinde P. ostreatus'un verim değerini %11,4, buğday saplarında %17,5 ve soya saplarında %24,8 olarak tespit etmişlerdir. Baysal ve ark. (2000); turba toprağı, tavuk gübresi ve pirinç kavuzu ile zenginleştirilmiş odun talaşı üzerinde, en yüksek verim değerine pirinç kavuzu destekli odun talaşı üzerinde %37,2 verim değeri ile ulaşmışlardır. Bununla birlikte; tavuk gübresi ve turba karışımı substratlar üzerinde odun talaşının yalnız olarak kullanımına göre %10-15 seviyelerinde çok düşük verim değerleri elde etmişlerdir. Burada tavuk gübresi ve turba toprağının substrat karışımının azot miktarını aşırı yükselterek verimi düşürebileceği sonucuna varmışlardır.

Bundan dolayı Pleurotus cinsi mantar yetişiriciliğinde substrat ve substrat karışımlarının hazırlanmasında azot oranı yüksek olan substrat karışımının kullanılmaması tavsiyesinde bulunulabilir. Yapılan çalışmada atık kağıdın 3:1 oranlarında çeşitli tarımsal atık ve artık substratlarla oluşturulan karışımarda misel gelişimi ve verim bakımından olumlu sonuçlar vermiştir.

Sonuç olarak; mantarların misel gelişim süreleri ve verim özellikleri, yetişirildikleri substratlara bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte; Pleurotus yetişiriciliğinde her türlü odunsu artık materyal, atık kağıt ve çeşitli bitkisel atık materyaller bazı kolay işlemlerin ardından başarı ile kullanılabilmektektir. Bu amaçla; bol miktarda bulunan bu atık ve artıkların değerlendirilerek kullanılması ve ekonomiye kazandırılması büyük öneme sahiptir.

Ana materyal olarak kullandığımız atık kağıtlar üzerinde mantar kültivasyonu ile ilgili yapılacak çalışmalarda kullanılacak kağıtların, mürekkep içermeyen kağıtlar olması gereklidir. Bu tür kağıtların kullanılması durumunda, hasat edilen mantarların kimyasal analizlerinin yapılarak, insan sağlığı için tehlikeli olabilecek çeşitli ağır metal vb. bileşikleri içerip içermedikleri kontrol edilmelidir. Bunun yanında; çalışmada kullanılmış olduğumuz atık kağıtlar, kuşun kalem ile yazılmış olduğundan ihtiva etmiş olduğu grafit dolayısıyla karbon içerdiginden, yetişirmiş olduğumuz mantarların analizleri yapılarak ağır metal içerip içermedikleri belirlenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Ağaoğlu Y.S., İlbay M.E. , Uzun A., 1992, Değişik Talaş+ Kepek Karışımının Pleurotus sajurcaju'nun Verimi Üzerine Etkileri. In: *Türkiye 4. Yemeklik Mantar Kongresi Bildirileri*, 2-4 Kasım 1992, Yalova, 111-119.
- Baysal, E., Yalinkılıç, M.K., Temiz, A., 2000, Çeşitli Katkı Maddeleriyle Zenginleştirilmiş Kayın Talaşları Üzerinde *Pleurotus florida*'nın Kültivasyonu. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 6, 2-3, 281-284.
- Erkel, I., 1992, *Kayın Mantarı Yetiştirme Tekniği*. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı Yayınları, Yalova.
- Erkel, I., Işık, S.E., 1992, *Pleurotus ostreatus ve Pleurotus florida* Yetişiriciliğinde Değişik Yetiştirme Ortamlarının Verime Etkisi. In: *Türkiye 4. Yemeklik Mantar Kongresi Bildirileri*, 2-4 Kasım 1992, Yalova, 121-126.

Ertan, Ö.O., 1990, Pamuk Linteri ve Arpa Kirintisinin *Pleurotus florida* favose'nin Gelişim Devrelerine ve Ürün Verimine Etkileri. *Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi* 14, 413-420.

Kacar, B., 1984, *Bitki Besleme*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Ankara

Kalay, H.Z., Yalinkılıç, M.K., Altun, L., 1993, Çay Fabrikası Lifsel Atıklarının Kültür Mantarı *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. ve *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr. Kummer) Üretiminde Kullanılması ve Atık Substrat Kompostu ile Açık Alanda Yapay Yoldan Kompostlaştırılan Çay Atıklarının Organik Gübre Olarak Değerlendirilmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi Kod No. 89.113.001.1, Trabzon.

Koçyiğit, A.E., 1980, Türkiye İçin Yeni Bir Yemeklik Mantar Türü Olan *Pleurotus ostreatus*'un Özellikleri ve Yetiştirme Tekniği. In: *Türkiye II. Yemeklik Mantar Kongresi Bildirileri*, 9-12 Eylül 1980, Yalova, 35-41.

Sivrikaya, H., 2000, Atık Kağıt ve Bitkisel Atıklar Üzerinde *Pleurotus florida*'nın Yetiştirilmesi. In: *XI Yemeklik Mantar Kongresi Bildirileri*, 18-20 Eylül 2000, Bergama, Izmir, 156-162.

Yalinkılıç, M.K., Altun, L., Baysal, E., Demirci, Z., 1994, *Doğu Karadeniz Bölgesinde Ticari Ölçekte Kültür Mantarları Üretim Tekniklerinin Geliştirilmesi ve Yaygınlaştırılması*. TOAG-985 No'lu TÜBİTAK Projesi, Trabzon.

Yıldız, A., Karakaplan, M., Aydin, F., 1998, Studies on *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) Kum. var. *salignus* (Pers. Ex Fr.) Konr. et Maubl. Cultivation, Proximate Composition, Organic and Mineral Composition of Carpophores. *Food Chemistry* 61, 1/2, 127-130.

Zadrazil, F., 1978, Cultivation of *Pleurotus*. In the *Biology and Cultivation of Edible Mushroom*. Academic Press, Inc, New York,

Zadrazil, F., 1980, Conversion of Different Plant Wastes into Feed by Basidiomycetes. *Eur. Jour. Appl. Microbial. Biotechnol.* 9, 31-35.

<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/pajes/article/view/5000089933/5000083567>

<http://traglor.cu.edu.tr/objects/objectFile/dnvEr96y-1592013-35.pdf>

<https://www.ekoloji.com.tr/resimler/49-3.pdf>

[http://orgprints.org/19276/1/Organik\\_Kay%C4%B1n\\_Mantar%C4%B1\\_yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf](http://orgprints.org/19276/1/Organik_Kay%C4%B1n_Mantar%C4%B1_yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf)

<http://dergi.omu.edu.tr/omuanajas/article/viewFile/1009002351/1009001699>

## BATMAN ÇAYI KİRLİLİK PARAMETRELERİ İNCELENMESİ

Hatim Elhatip & Emine Seven  
*Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*  
*helhatip@gmail.com, e.emine.seven@hotmail.com*

**ÖZET:** Gelişmiş Ülkelerde, mevcut su potansiyellerini sürekli olarak takip ederek biyolojik yönden kalite basamaklarını tanımlamakta ve kirlilik kaynaklarını belirli periyotlarla izlenmesine yönelik çalışmalar yapmaktadır. Bu nedenle, bu suların kirlilik kaynaklarını tespit etmek ve önlemler almak son derece önemlidir. Dicle Irmağı'ının üç büyük kolundan biri olan Batman Çayı'nın uzunluğu 170 km olup Batman ile Diyarbakır arasında doğal bir sınır oluşturur. Batman Barajı, Batman Çayı üzerinde sulama, taşkin önleme ve enerji üretmek amacıyla 1986-1999 yılları arasında inşa edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, Batman şehrinin atıksularından meydana gelen kirlilik mümkün olduğunda azaltılmasını sağlamak için, araziden toplanan su örneklerinin analizleri sonuçlarını kullanılarak, Çayının kirlilik oranları tespit etmek ve öneriler geliştirmek için yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"ne göre, Batman Çayı sularının içilebilir bir su kaynağı olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, bu suların arıtılmadan kullanımaması gerektiği tespit edilmiştir.

## INVESTIGATION OF BATMAN RIVER POLLUTION PARAMETERS

**Abstract:** In developed countries, in order to identify steps of the quality of the current water resources, the potential sources of pollution is continuously monitored in terms of biological studies, that are conducted periodically. It is extremely important to identify the sources of pollution and to take measures for the polluted water. Batman Stream, is one of the three largest tributaries of Tigris River, and with a length of 170 km, this stream creates a natural border between Diyarbakır and Batman cities. Batman Dam was built on Batman River, during the years 1986-1999, for irrigation, producing energy and flood prevention purposes. The main objective of this study is to estimate the contamination rates and develop recommendations for reducing as far as possible the pollution sources caused from the wastewater of Batman city, by using the results of the analysis of the collected water samples from the field. The results of this study showed that, according to the "Water Pollution Control Regulations", the water of Batman River is not usable as drinking water source. Therefore, it was determined that these waters should not be used without further purification.

### 1. GİRİŞ

Dicle Irmağı'ının üç büyük kolundan biri olan Batman Çayı'nın uzunluğu 170 km olup Batman ile Diyarbakır arasında doğal bir sınır oluşturur. Yaklaşık olarak 115 kilometresi Batman il sınırları içindedir. Batman şehrinin ismi de buradan alınmadır. Diyarbakır'ın doğusundaki Mirismail ve Akçakara dağlarından doğar. Sason, Zori ve Kulp çaylarından oluşarak Batman Ovası'na ulaşır. Üzerinde Silvan'ın doğusunda Malabadi Köyü yakınında ünlü Malabadi Köprüsü vardır. Çay, bu tarihsel köprüde geçit vererek Hasankeyf önünde Dicle Nehri ile birleşir. Nehir ülke sınırlarını geçip Irak'ta Fırat Nehri ile birleşip Sattularap'ta Basra Körfezine dökülür. Düzensiz bir akış rejimi gösterdiginden yatağı her mevsim değişir. Batman Çayı'nın üzerinde bir de Batman Barajı kuruludur (Şekil 1).

Adı	BATMAN
Yeri	Batman
Akarsu	Batman
Amaç	Sul+Taşkin Koruma+Enerji
<b>BATMAN BARAJI</b>	

İnşaatın Başlama-Bitiş Yılı	1986 - 1999
Gövde Dolgu Tipi	Kaya
Gövde Hacmi	7181 $\text{dam}^3$
Yükseklik (Talvezden)	85 m
Normal Su Kotunda Göl Hacmi	1175 $\text{hm}^3$
Normal Su Kotunda Göl Alanı	49 $\text{km}^2$
Sulama Alanı	37744 ha
Güç	198 MW
Yıllık Üretim	483 GWh

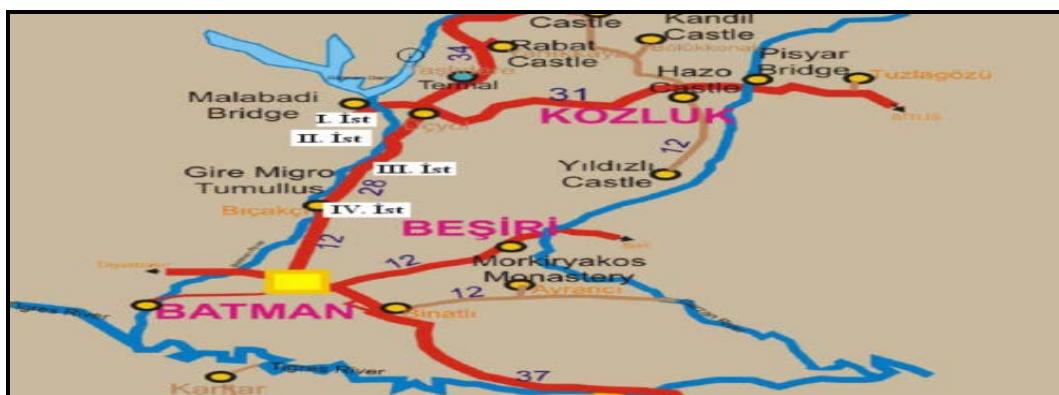


**Şekil 1.** Batman Barajı Özellikleri  
*(<http://www2.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=188>)*

Buna göre, Baraj, Batman Çayı üzerinde sulama, taşkin önleme ve enerji üretmek amacıyla 1986-1999 yılları arasında inşa edilmiştir. Kaya gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 7.181.000  $\text{m}^3$ , akarsu yatağından yüksekliği 85,00m, normal su kotunda göl hacmi 1175,00  $\text{hm}^3$ , normal su kotunda göl alanı 49,25  $\text{km}^2$  dir. Baraj 37.744 hektarlık bir alana sulama hizmeti verirken, 198 MW güç ile de yıllık 483 GWh' lik enerji üretmektedir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu araştırmada, Batman Çayı'nın aylık değişimlerini belirlemek amacıyla 4-5 km'lik aralıklarla dört ayrı istasyon belirlenmiştir. I. istasyon Malabadi Köprüsünstasyon çay üzerindeki bir balık çiftliğinden; III. istasyon nehir üzerindeki Yuvacık Köyünden; ve IV. istasyon ise yine nehir üzerindeki Bıçakçı Köyü mevkiiinden alınmıştır. Arazide ölçümü yapılamayan parametreler için, numuneler laboratuvara getirildikten sonra analizlere hemen başlanılamamışsa, gerekli koruma ve saklama önlemleri alınmıştır (Şekil 2). Organik madde, silika, sülfat analizleri için yeterli miktarda numune plastik şişelere alınarak 4°C'de buzdolabında ve karanlıkta saklanmıştır. Nitrit analizi için numunelere herhangi bir koruyucu eklenmeden plastik şişeye alınmış ve 20°C'de derin dondurucuda saklanmıştır (Çevre & Şehircilik Bakanlığı, 2013).



**Şekil 2.** Araştırma yapılan yer Batman Çayı (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013)

### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Batman İlindeki Su Kaynaklarının Durumu ve Kirlilik kaynakları**

Batman ilindeki su kaynaklarının kirlenme şekilleri ve kirlilik durumu aşağıda özetlenmiştir.

##### **Noktasal kaynaklar :**

###### **- Endüstriyel Kaynaklar:**

2012 Yılı Atıksu Arıtma Tesisine giren toplam atıksu miktarı 15.165,113 m<sup>3</sup> tür. Batman Belediyesi tahakkuk verilerine göre bu miktarın %1.37'sinin sanayi atıksuyu olduğu tespit edilmiştir. Batman Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi deşarj koordinatları Y= 125572.038; X=131579.377; Z= 505.757'dir.

###### **- Evsel Kaynaklar:**

2012 Yılı Atıksu Arıtma Tesisine giren toplam atıksu miktarı 15.165,113 m<sup>3</sup> tür. Batman Belediyesi tahakkuk verilerine göre bu miktarın % 85,49'sinin evsel atıksu olduğu tespit edilmiştir. Batman Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi deşarj koordinatları Y= 125572.038; X=131579.377; Z= 505.757'dir.

##### **Yayılı Kaynaklar:**

###### **- Tarımsal Kaynaklar:**

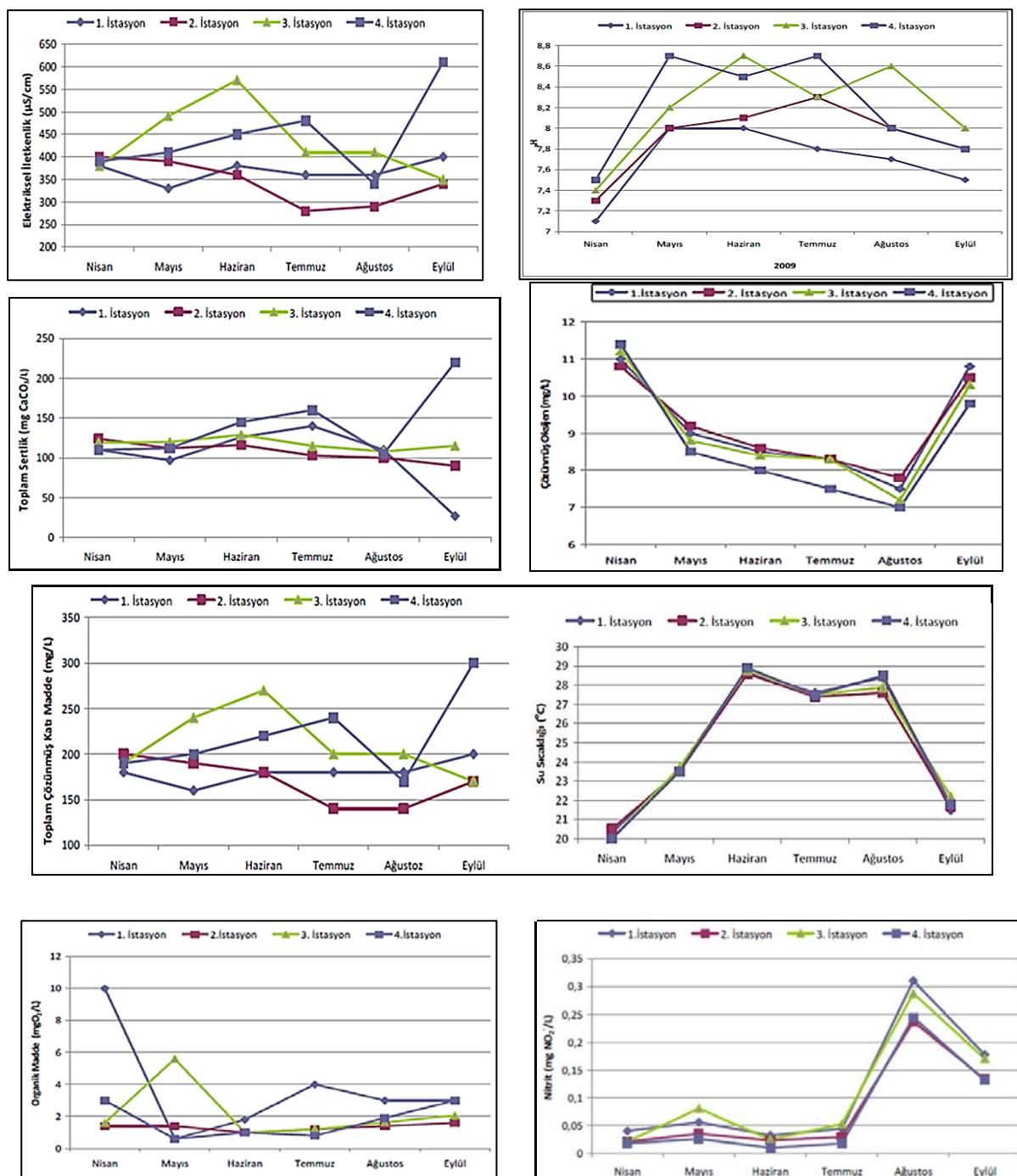
Batman İlinde 147.469,10 ha tarım arazisi, 39.866,00 ha Mera Arazisi, 81.454,00 ha Orman Arazisi kullanılmaktadır. Toplam tarım arazisi olan 147.469,10ha'lık alanın, 21.018,90'lık kısmı sulu arazi, 116.942,60lik kısmı kuru tarla arazisi, 7.570,80'si bağ arazisi, 1.936,80'i ise bahçe arazisi olarak kullanılmaktadır. Kullanım olarak arazilerimizde tütün, pamuk, karpuz, kavun, üzüm, salatalık, domates ve biber ekimi ilk sıralarda yer almaktadır (Gökot, 2009).

#### **3.2. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler Analizleri**

Batman çayı sularının fiziksel ve kimyasal parametrelerinin analiz sonuçları ve grafiksel değerlendirmeleri Tablo 1, ve Şekil 3'te verilmiştir.

**Tablo 1.** Batman Çayı Araştırma süresince, istasyonlara göre değişimi

PARAMETRELER	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon
PH	7.1	7.3	7.4	7.5
SICAKLIK (°C)	20	20	20	20
ELEKTRİKSEL İLETKENLİK (µS/cm)	330	280	350	340
ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN (mg/L)	7.5	7.8	7.2	7
T.Ç.K.M (mg/L)	160	140	170	170
TOPLAM SERTLİK (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	140	90	124	129
ORGANİK MADDE (mg/L)	0.6	1.2	1	0.6



**Şekil 3.** Kimyasal ve Fiziksel analiz sonuçları ve grafiksel değerlendirmeler

**Elektriksel İletkenlik (EC):** değerlerinin aylara göre değişimleri Batman Çayı üzerinde belirlenen IV. istasyonda, en yüksek elektriksel iletkenlik  $340 \mu\text{S}/\text{cm}$  olarak Ağustos ayında, en düşük değer ise,  $280 \mu\text{S}/\text{cm}$  olarak II. İstasyonda Eylül ayında ölçülmüştür.

**pH :** Batman nehrinde pH değerleri 7,1 ile 8,7 arasında değişmektedir. Nisan ayında, Nehirde ölçülen en yüksek pH 8 ile Mayıs ve Haziran aylarında saptanmıştır. II. istasyonda, en düşük pH 7,3 ile Nisan ve en yüksek pH 8,3 ile Temmuz aylarında saptanmıştır. III. istasyonda ise en düşük pH 7,4 ile Nisan, en yüksek PH 8,7 ile Haziran aylarında ölçülmüştür.

T.C.K.M: IV. istasyonda, en düşük PH Nisan ayında 7,5, en yüksek PH Mayıs ve Temmuz aylarında 8,7 ölçülmüştür. I. istasyonunda saptanan, en düşük toplam çözünmüş katı madde miktarı 160mg/L olarak Mayıs ayında, en yüksek toplam çözünmüş katı madde miktarı II. istasyonda, en düşük toplam çözünmüş katı madde miktarı 140 mg/L olarak Temmuz ve Ağustos aylarında, en yüksek toplam çözünmüş katı madde miktarı 200mg/L olarak Nisan ayında saptanmıştır. III. istasyonda, en düşük toplam çözünmüş katı madde miktarı 170 mg/L olarak Eylül ayında, en yüksek toplam çözünmüş katı madde miktarı 270 mg/L olarak Haziran ayında ölçülmüştür. IV. istasyonda, en düşük toplam çözünmüş katı madde miktarı 170 mg/L olarak Ağustos ayında, en yüksek toplam çözünmüş katı madde miktarı ise 300 mg/L olarak Eylül ayında saptanmıştır.

Cözünmüş Oksijen: I. istasyonda, en düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonu 7,5 mg/L ile Ağustos ayında, en yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu 11 mg/L ile Nisan ayında ölçüldü

II. istasyonda, en düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonu 7,8 mg/L ile Ağustos ayında, en yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu 10,8 mg/L ile Nisan ayında kaydedildi. III. istasyonda, en düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonu Ağustos ayında 7,2 mg/L, en yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu Nisan ayında 11,2 mg/L ölçüldü. IV. istasyonda, en düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonu 7 mg/L ile Ağustos ayında, en yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu 11,4 mg/L ile Nisan ayında ölçüldü.

Toplam Sertlik: Araştırma süresince istasyonlar için belirlenen toplam sertlik değerlerinin aylara göre değişimleri Şekil 2'de verilmiştir. I. istasyonda, en düşük toplam sertlik konsantrasyonu 27 mg CaCO<sub>3</sub>/L olarak Eylül ayında, en yüksek toplam sertlik konsantrasyonu 140 mg CaCO<sub>3</sub>/L olarak Temmuz ayında ölçüldü. II. istasyonda, en düşük toplam sertlik değeri 90 mg CaCO<sub>3</sub>/L olarak Eylül ayında, en yüksek toplam sertlik değeri ise 124 mg CaCO<sub>3</sub>/L olarak Nisan ayında ölçüldü. II. istasyonda, en düşük toplam sertlik konsantrasyonu 108 mg CaCO<sub>3</sub>/L ile Ağustos ayında, en yüksek toplam sertlik konsantrasyonu 129 mg CaCO<sub>3</sub>/L olarka Haziran ayında ölçüldü. IV. istasyonda, en düşük toplam sertlik konsantrasyonu 105 mg CaCO<sub>3</sub>/L olarak Ağustos ayında, en yüksek toplam sertlik konsantrasyonu 220 mg CaCO<sub>3</sub>/L olarak Eylül ayında ölçüldü.

Organik Madde: Araştırma süresince tüm istasyonlarda kaydedilen organik madde değerlerinin aylık\_değişimleri Şekil 2'de verilmiştir. I. istasyonda minimum organik madde değeri 0,6 mg O<sub>2</sub>/L olarak Mayıs ayında kaydedilirken organik madde değeri 10 mg O<sub>2</sub>/L ile Nisan ayında maksimum değerinde tespit edilmiştir. II. istasyonda minimum organik madde değeri 1,2 mg O<sub>2</sub>/L ile Temmuz ayında ölçülürken organik madde değeri 1,6 mg O<sub>2</sub>/L ile Eylül ayında maksimum değerinde tespit edilmiştir. III. istasyonda minimum organik madde konsantrasyonu 1 mg O<sub>2</sub>/L ile Haziran ayında kaydedilirken organik madde konsantrasyonu 5,6 mg O<sub>2</sub>/L ile Mayıs ayında maksimum değerinde tespit edilmiştir. IV. istasyonda minimum organik madde konsantrasyonu 0,6 mg O<sub>2</sub>/L ile Mayıs ayında kaydedilirken organik madde konsantrasyonu 3 mg O<sub>2</sub>/L ile Nisan ve Eylül aylarında maksimum değerinde tespit edilmiştir

Nitrat: Araştırma süresince Batman Çayı'nda tüm istasyonlarda kaydedilen nitrat konsantrasyonunun aylık değişimleri Şekil 2'de verilmiştir. Akarsu üzerinde belirlenen I. istasyonda, nitrat konsantrasyonu en düşük Haziran ayında 1,8070mg NO<sub>3</sub>-N/L olarak belirlenmiştir. En yüksek nitrat konsantrasyonu ise Nisan ayında 3,2021mg NO<sub>3</sub> -N/L saptanmıştır.

II. istasyonda, en düşük nitrat konsantrasyonu 1,3006 mg NO<sub>3</sub> -N/L olarak Eylül ayında tespit edilmiştir. En yüksek nitrat konsantrasyonu ise, 3,5444 mg NO<sub>3</sub>- -N/L olarak Nisan ayında ölçülmüştür. III. istasyonda, en düşük nitrat konsantrasyonu 1,0640 mg NO<sub>3</sub> -N/L, en yüksek nitrat konsantrasyonu 3,5124 mg NO<sub>3</sub> -N/L olarak sırasıyla Ağustos ve Nisan aylarında kaydedilmiştir. IV. istasyonda, Haziran ayında en düşük 0,5242 mg NO<sub>3</sub> -N/L olan nitrat konsantrasyonu, Nisan ayında en yüksek 2,9510 mg NO<sub>3</sub> -N/L değerlerinde ölçülmüştür.

**Çizelge 2.** 2016 Şubat ayında Batman Çayında ölçülen parametreler ve sonuçlar

PARAMETRELER	BİRİM	ÖLÇÜLEN DEĞER	MEVZUAT DİLİMİ
ÇÖZÜNMÜŞ KSİJEN	mg/lt	6	8-12
ELEKTRİKSEL İLETKENLİK	µS/cm	300	200-500
PH		7.2	6.5-8.5
T.C.K.M	mg/lt	190	

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

2009 yılına ait veriler ve 2016 Şubat ayında alınan numunenin analizlerinin sonuçları doğrultusunda ve yapılan karşılaştırmalar sonucunda 2009 ve 2016 Şubat ayındaki veriler arasında belirgin, bariz bir fark olmadığı gözlemlenmiştir.

Batman'da, yüzeysel su kaynaklarından yararlanılmamaktadır. İlde kullanılan suyun tamamı derin su kaynaklarından temin edilmektedir. Batman çayı üzerinde enerji üretme amacıyla kurulan hidroelektrik santralleri mevcuttur.

Su sıcaklığı ve ışık şiddetinin bazı tür kompozisyonu ve çoğalması üzerinde etkili olduğundan ve arıtımı mümkün olmadığından, bu durumu göz önüne alınarak "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"ne göre Batman Çayı suyunun kullanılabilir, içilebilir bir su olmadığı verilerle desteklenmiştir.

#### KAYNAKLAR

- *Bülent GÖKOT, 2009, "Dicle Nehri zooplanktonunun mevsimsel değişimi üzerine bir araştırma", D.Ü. Fen Bil. Enst., (Doktora Tezi).*
- *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013, Batman İli Çevre Durumu Raporu, Batman Valiliği 2013*
- <http://www2.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=188>

## **DÜZENLİ DEPOLAMA ALANLARININ YER SEÇİMİ VE PROJELENDİRİLMESİ. TÜRKİYE'DE VE DÜNYA'DAKİ MEVCUT DURUM VE PROBLEMLER**

Fuat KUŞ<sup>1</sup>, Gülden GÖK

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, fuat.kus7@gmail.com

**ÖZET:** Düzenli depolama sahası, atıkların su, toprak ve hava ortamına zarar vermeyecek şekilde jeolojik, hidrolojik, statik, sağlıklı ve estetik açıdan çevreyi kirletmeyecek ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde ilgili mevzuatlarca öngörülen her türlü önlemin alındığı yerlerdir. Burada amaç, mekanik, kimyasal ve biyolojik işlemlerle değerlendirilmesi, ekonomik bir şekilde mümkün olmayan veya bu işlemler sonucu açığa çıkan ve insan ve diğer canlılara çeşitli şekillerde zarar veren, çevre estetiğini bozan katı atıklarının yerlesim alanlarından uzaklaştırılıp zararlarının önlenmesidir. Uygun yer seçimi ve çevre koruma önlemleri gibi teknik standartlara uygun şekilde yapılmış düzenli depolama alanları atıklardan kurtulmanın en etkili yoludur. Ülkemizde ve dünyadaki katı atık yönetiminin üç temel ilkesi; az atık üretilmesi, atıkların geri kazanılması ve atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesidir. Düzenli Depolama Tesisi kurulması çalışmalarında karşılaşılan en büyük sorun ise belediyelerin yeterli bütçelerinin olmaması ve yer seçimiyle ilgili yaşanan sıkıntılar oluşturmaktadır. Yer seçiminde, projelendirilmesinde, işletmesi ve kapatılma aşamalarında olacak problemlerin en aza indirilmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Düzenli Depolama Alanı, Katı Atık, Yönetmelik..

### **The Choice of Location of the Landfill and Project Planning. Current Situation and Problems in Turkey and World**

**Abstract:** Regular landfill, waste water, soil and air in a way that will not harm to the environment and geological, hydrological, static, will not pollute the environment and healthy and aesthetically in a way that will not harm human health related legislation stipulated for any measure taken. Here the goal is the evaluation of the mechanical, chemical and biological processes, not possible or economically as a result of this process, resulting in a variety of ways that human beings and other organisms and damaging, environmentally distorting the aesthetics are solid waste residential area removed is the prevention of harm. Appropriate site selection and environmental protection measures are made in accordance with technical standards, such as regular storage areas is the most effective way of getting rid of waste. In our country, and the world's three main policy of solid waste management; producing less waste, wastes and waste is disposed of without harming the environment. The establishment of regular storage facility is the biggest problems encountered in the work of the municipalities lack of adequate budget and selection of place related problems. The selection, design, operation and closure phases of minimizing problems will occur.

**Keywords:** Landfill, Solid Waste, Regulations.

### **GİRİŞ**

Çevre sorunlarını oluşturan temel öğeler; kentleşme, hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojik gelişmelerdir. İnsanların aktiviteleri sonucu ortaya çıkan katı atık miktarı ve türü, nüfusun ve ihtiyaçların artması ile her geçen gün daha da artmaktadır. Halk dilinde çöp olarak bilinen katı atıklar ülkemiz için önemli bir çevre sorunu teşkil etmektedir. Türkiye'de halen kullanılan, halkın sağlığını tehdit eden ve hiçbir standarda uymayan iki bine yakın atık depo

sahası (vahşi depolama sahası) bulunmaktadır. Şehirler ve endüstriyel alanlardaki katı atık problemleri en az bu alanlardaki hava kirliliği ve atık su problemi kadar önem arz etmekte olup, toplum ve çevre sağlığını korumak için katı atıkların usulüne uygun olarak bertaraf edilmesi gerekmektedir. Atıkların bertarafının tekniğine uygun yapılmaması durumunda yakın gelecekte olumsuz etkilerinin gündeme geleceği açıklıktır.

Teknolojik gelişmeleri takiben hızlı endüstrileşme ve buna bağlı olarak üretilen atık miktarındaki artış, bu atıkların yürürlükte bulunan mevzuatlar çerçevesinde bertarafını zorunlu kılmaktadır. Yasal mevzuat ışığında katı atıkların toplanması, taşınması, geri kazanılması ve bertarafına ilişkin yükümlülükler, 5393 sayılı Belediyeler Kanunu, 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu ve 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Yasası ile Belediyelere verilmiştir. Kentsel atıkların depolanması problemi özellikle de büyükşehirlerde her geçen gün daha önem kazanmaktadır.

Bu nedenle atıkların yönetimi büyük önem taşımaktadır. Atık yönetimin temel amaçları: Reduce (Kaynakta Azaltma), Reuse (Tekrar Kullanım), Recycle (Geri Dönüşüm) ve Recovery (Geri Kazanım).

Bazı ülkeler için katı atık üretimi ve kompozisyonu çalışmaları yapılmıştır. Örneğin; Çin de kişi başına düşen yıllık katı atık miktarı 285 kg'dır. Bunun % 3'ü kağıt, % 60'sı gıda, %4'ü plastik, %1'i cam ve %2'si tekstil atıklarından oluşmaktadır. Danimarka da ise 520 kg/kİŞİ/yıl, bunların % 30'u kağıt, % 37'si gıda, %7'si plastik, %6'sı cam, %3'ü metal ve % 17'si tekstil atığıdır. Fransa da ise 560 kg/kİŞİ/yıl, bunların % 30'u kağıt, % 25'si gıda, %10'ü plastik, %12'si cam, %6'sı metal ve % 17'si tekstil atığıdır. İran da ise 324 kg/kİŞİ/yıl, bunların % 8'i kağıt, % 74'ü gıda, %5'si plastik, %3'ü cam, %1'i metal ve % 2'si tekstil atığıdır. Meksika da ise 320 kg/kİŞİ/yıl, bunların % 14'ü kağıt, % 52'si gıda, %4'ü plastik, %6'sı cam, %3'ü metal ve % 20'si tekstil atığıdır. Polonya da ise 290 kg/kİŞİ/yıl, bunların % 10'u kağıt, % 38'i gıda, %10'u plastik, %12'si cam, %8'i metal ve % 23'ü tekstil atığıdır. USA da ise 730 kg/kİŞİ/yıl, bunların % 38'i kağıt, % 23'si gıda, %9'u plastik, %7'si cam, %8'i metal ve % 16'sı tekstil atığıdır. Fildişi Sahilleri'nde ise 211 kg/kİŞİ/yıl, bunların % 4'ü kağıt, % 63'ü gıda, %7'si plastik, %1'i cam, %1'i metal, % 1'i tekstil ve %25'si diğer atıklardır. Nijerya da ise 153 kg/kİŞİ/yıl, bunların % 15'si kağıt, % 43'ü gıda, %4'ü plastik, %6'sı cam, %21'i metal, % 1'i tekstil ve %10'u diğer atıklardır. Tanzanya da ise 142 kg/kİŞİ/yıl, bunların % 9'u kağıt, % 60'sı gıda, %2'si plastik, %1'i cam, %3'ü metal, % 1'i tekstil ve %25'si diğer atıklardır (Taylor and Allen, 2006 ).

Katı atık, en yalın anlatımıyla evsel, ticari ve endüstriyel işlevler sonucu oluşan ve tüketicisi tarafından artık işe yaramadığı gerekçesiyle atılan ancak çevre ve insan sağlığı yanında diğer toplumsal faydalar nedeniyle düzenli biçimde uzaklaştırılması gereken maddeler olarak tanımlanabilir. Kavramın belirleyici özelliği, kullanıcısının ya da üreticisinin maddeyi gözden çıkartması veya bu amaca sahip olmasıdır. Atık yönetimi literatürün de katı atık kavramı sıvı, gaz veya radyoaktif atıklar dışında kalan atıklar için kullanılsa da, söz konusu katı atıkların yeniden üretim ve işleme sürecine sokulması nedeniyle artık daha fazla atık anlamına taşımayan katı ya da yarı katı maddeler için de kullanılmaktadır. Katı atıkları yok edilmesi gereken maddelerden çok geri kazanılması gereken zenginlik olarak görülen anlayışla

çöpü, arzu edilmeyen yerlerde bulunan kıymetli maddeler; ise benzer bir anlatımla atıkları yanlış zamanda yanlış yerde bulunan kaynaklar biçiminde tanımlamaktadır (Erdin, 1996).

Düzensiz (Vahşi) Depolama; katı atıkların hiçbir önleme alınmaksızın açık araziye rastgele boşaltılarak insan çevresinden uzaklaştırıldığı, gelişmemiş ya da gelişmekte olan ülkelerde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem; depo sahasında rüzgâr etkisi ile toz bulutlarının oluşması, meydana gelen gazların hava kirliliğine neden olması, geniş bir alana yayılan katı atıkların çevre ve görüntü kirliliği yaratması ve bu alanlarda barınan ve beslenen hayvanların bulaşıcı hastalıklara sebep olması gibi ciddi problemleri yaratmaktadır.

Düzenli Depolama; üretici tarafından atılmak istenen ancak, çevrenin korunması bakımından düzenli bir şekilde uzaklaştırılması gereken katı maddeler ve arıtma çamuru olarak nitelendirilen katı atıkların çevrede yarattığı fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkileri göz önünde bulundurularak belirli bir düzen içerisinde toplanması ve buna göre depolanması gerekmektedir. Düzenli depolamada amaç, mekanik, kimyasal ve biyolojik işlemlerle değerlendirilmesi, ekonomik bir şekilde mümkün olmayan ya da bu işlemler sonucu açığa çıkan ve insan sağlığını tehdit eden, diğer canlılara çeşitli şekillerde zarar veren, çevre estetiğini bozan katı atıklarının yerlesim alanlarından uzaklaştırılıp zararlarının önlenmesidir. Uygun yer seçimi ve çevre koruma önlemleri gibi teknik standartlara uygun şekilde inşa edilmiş düzenli depolama alanları atıklardan kurtulmanın en etkili yoludur.

**Düzenli Depolama Sahasının Tanıtılması:** Düzenli depolama sahası, atıkların su, toprak ve hava ortamına zarar vermeyecek şekilde jeolojik, hidrolojik, statik, sağlıklı ve estetik açıdan ve çevreyi kirletmeyecek ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde ilgili mevzuatlarca öngörülen her türlü önlemin alındığı yerlerdir.

Hızla artan insan nüfusu buna bağlı olarak ekonomik koşullar, yoğun teknoloji kullanılması çevre tahribatını hızlandırmaktadır. Çevre kirlenmesi toprağı, hava ve suyu tehdit etmektedir. Çevrenin kirlenmesi demek, canlı yaşaması için gerekli ortamın bozulması demektir.

Katı Atıkları Kaynaklarına göre; evsel katı atıklar, endüstriyel nitelikli katı atıklar, tehlikeli atıklar, evsel nitelikli endüstriyel atıklar, tıbbi atıklar ve özel nitelikli katı atıklar olarak sınıflandırabiliriz.

Düzenli depolama alanlarını açık çöp sahalarından ayıran farklar; düzenli depolama sahalarında sızıntı sularının ve depo gazı emisyonlarının kontrol edilmesini sağlayacak bir tasarım kullanılması, işletme çalışmalarının rasyonel hale getirilmesi suretiyle bertaraf işlemlerinin veriminin artırılması, aynı zamanda çevre sağlığı üzerindeki etkilerin en aza indirilmesidir, düzenli depolama tesislerinin tasarımı ve çalıştırılması, mühendislik ve ekonomik prensiplerin uygulanması ile mümkündür.

Düzenli depolama yönteminin avantajları; uygun arazi bulunduğuunda ekonomik bir yöntemdir, ön yatırımı en az olan yöntemdir, nihai imha metodudur, esnek bir metottur. katı atık miktarına göre kapasite kolaylıkla arttırılır ve kullanılıp kapatılan arazilerde regresyon amacı ile istifade edilebilir.

Düzenli depolama yönteminin dezavantajları; kalabalık yörelerde ekonomik taşıma mesafesi içerisinde uygun yer bulmak güçtür, yerlesim yerlerine yakın deponi alanlar için halkın tepkisi ile karşılaşılabilir, tamamlanmamış deponi alanlarda göçük ve yerel çökмелere

olacağından devamlı bakımı gerekmektedir, sıvı ve gaz sızıntıları kontrol edilmezse sakıncalı durumlar ortaya çıkabilir.

**Önceki Çalışmalar:** Katı atık düzenli depolama tesisi ile ilgili Türkiye ve Dünya'da birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalara örnek olarak: Tchobanoglous, Theisen ve Vigil, (1993) in yaptığı çalışmaya göre; katı atık depolama alanlarının yer seçimi, planlanması, inşası ve işletimi konusunda modern bilgiler sunularak uygun ve güvenli depolama şartları verilmiştir. Sürçü (1990) da araştırmasında, katı atık düzenli depolama alanlarının yer seçimi, atıkların toplanması ve uzaklaştırılması konusunda bilgiler verilerek katı atık yönetimi hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Bagch (1994) göre, Katı atık depolama alanlarının yer seçimi, dizaynı, inşası ve depolama sonrası izlenmesi konusunda uygulamaya yönelik bilgiler verilmektedir. Abacı (1997) tarafından yapılan incelemede, Katı atık depolama alanlarında sızıntı suyunun; miktarı ve özellikleri, su kaynaklarını kirletmesi, hidrojeoloji ile kirlenmenin ilişkisi ve katı atık depolama alanları yer seçiminde hidrojeoloji ve jeolojinin önemi üzerinde durulmuştur.

**Türkiye ve Dünya'daki Katı Atık Mevzuatları:** AB atık yönetimi politikası, önleme, geri kazanım ve güvenli bertaraf etme ilkelerine dayanmakta olup bu konuda yayınlanmış olan direktifler; Atık çerçeve direktifi, Atık Yağlar konusunda, Akümülatör ve piller konusundaki Direktifi, Ambalaj atıkları konusundaki Direktifi, Arıtma çamurları konusundaki Direktifi, Tehlikeli atıklar konusundaki Direktifi,

Düzenli Depolama Direktifi, Hurda araçlar konusundaki Direktifi, Atık Elektronik ve Elektrikli Ekipmanlar konusundaki Direktifi ve Atık Yakma Direktifi' dir.

Türkiye Ulusal mevzuatında atıkların yönetimi konusunda yayınlanmış olan mevzuatlar: Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Ambalaj Atıklarının Kontrolü, Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği, Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği, Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği, Poliklorlu Bifenil ve Poliklorlu Terfenillerin Kontrolü Hakkında Yönetmelik, Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik, Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik ve Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği' dir

Bu çalışmada, Türkiye ve Dünya'daki mevcut Katı Atık Tesislerinden kaynaklı problemler ve bu problemlerin giderilmesine yönelik yöntemler ele alınmıştır.

## **DÜZENLİ DEPOLAMA ALANLARI**

**Yer Seçimi ve Projelendirilmesi:** Düzenli depo sahalarının inşa edilmesindeki amaç; yeraltı ve yüzey sularının kalitesinin korunması, hava kalitesinin korunması, gaz toplama amaçlı sistemleriyle enerji kazanma, depo sahasının etkili ve uzun süreli kullanımı ve depolama sona erdiğinde sahanın değerlendirilmesidir.

Düzenli depolama için uygun yerler söyledir. Kurak, susuz, çorak ve düşük değerli araziler- çok az ürün veren topraklar- içinde su olmayan eski maden- taş, kum, çakıl ve kil

ocakları- yamaçlar (meyil 1/3'ten az olmalıdır)- büyük ulaşım yollarının bağlantı yerleri arasında kalan boş alanlar-yer altı suyunu tehdit etmeyen yerler.

Yer seçiminde göz önünde bulundurulan kriterlerle depolama sahalarının bölgede meydana getirebileceği çevre tesirlerinin belirlenmesi ve çıkacak sonuçlara göre en az maliyetle en az çevre kirliliği yaratacak olan alternatif sahanın tespit edilmesi sağlanmaktadır. Kurulan tesisin konumu imar planında belirtilerek, işletmeye kapatıldıktan itibaren en az 40 yıl yerleşime açılmaması sağlanmalıdır.

1991 yılında kurulan Çevre Bakanlığı aynı yıl 14.03.1991 tarihli Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Katı Atıkların Kontrolü Yönetmenliği ile düzenli depo alanlarının yer seçimi, inşaatı ve işletmesi ile ambalaj atıkların geri kazanılması konularına ilişkin teknik ve idari esaslar belirlenmiş bulunmaktadır. Bu yönetmelikte belirtilen kriterlerle uygun yerlerde çöplerin nihai bertarafı için düzenli depolama tercih edilmelidir. Ayrıca çevre koruma birliği (EPA) tarafından kabul edilen kriterler de bulunmaktadır.

Depolama alanında olması gereken tüm özelliklerle çevrenin zarar görmemesi amaçlanmaktadır. Bu özellikler; yerleşim birimlerine uzaklık, jeolojik kriterler, örtü ve dolgu malzemesi durumu, deprem durumu, taşıma mesafesi ve yol durumu, depolama kapasitesi, jeoteknik koşullar (zemin koşulları), hidrolojik durum, depolama alanında arazi mülkiyeti, hakim rüzgar yönü, kamuoyu şartları, biyolojik koşullar, iklimsel şartlar, finansal ve ekonomik kriterdir. Bu zararların hiç olmaması idealdır. Bu özelliklerin bir alanda toplanması çoğu zaman imkansız hale gelmektedir.

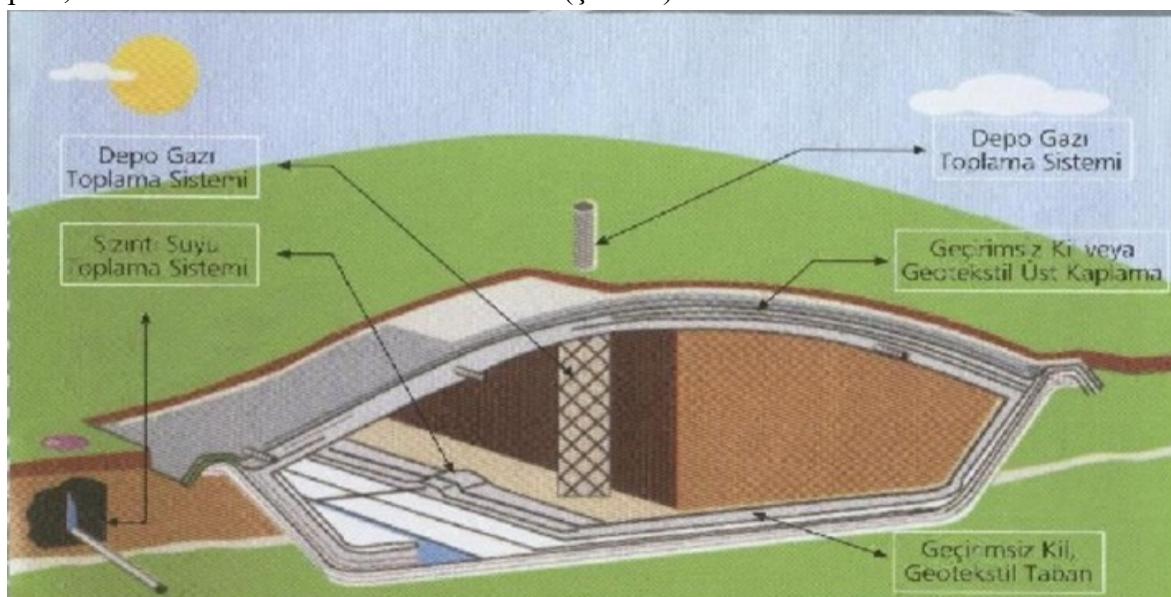
Katı atık düzenli depolama alanı yer seçiminde göz önünde bulundurulması gereken özellikler esas alınarak; arazi öncesi büro çalışmaları, arazi çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada hazırlanır.

Arazi öncesi büro çalışmaları başlangıcında, daha önce konuya ilgili yapılmış yayın, rapor ve tezler incelenir. Alternatif alanlarla ilgili jeolojik ve jeoteknik veriler, açılmış olan sondaj kuyuları ve analizleri incelenmelidir. İnceleme alanının hidrojeolojik koşullarının da yapılacak analizlerde kullanılacak olmasından dolayı bu durum ile ilgili veriler de toplanmadır. Şimdide kadar yapılmış jeolojik çalışmalardan, 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarından ve uydu görüntülerini kullanılarak değerlendirmeler yapılmalıdır

Arazi çalışmalarında alternatif alanların katı atık düzenli depolama alanı olarak olabilirliği incelenirken; yerleşim birimlerine uzaklık, jeolojik kriterler, örtü ve dolgu malzemesi durumu, deprem durumu, taşıma mesafesi ve yol durumu, depolama kapasitesi, zemin koşulları, hidrojeolojik koşullar, arazi mülkiyeti, hak im rüzgar yönü ve maliyet konularında çalışmalar yapılmalıdır.

Büro Çalışmalarında ise, yerleşim bölgelerine uzaklık, jeolojik, hidrojeolojik koşullar, yol durumu ve çevresel etkenlerin birlikte değerlendirildiği yeni bir puanlama sistemi geliştirilmiştir. Puanlama yönteminde katı atık depolama alanı yer seçimi için en önemli olan sekiz kriter tespit edilmiştir. Puanlama yönteminde kriterler önemine göre 10 puanlık ya da 15 puanlık etkiyle sahip olup sekiz kriterin toplamı 100 puan olarak hesaplanmıştır. Puanlama koşulları dikkate alınarak elde edilen toplam puanlara göre değerlendirildiğinde; 100-80 puan arası uygun alan, 79-60 puan arası alınabilecek ilave önlemlerle kısmen uygun alan ve 59 puandan düşük olan alanlar ise uygun olmayan alan olarak tanımlanmıştır.

Katı Atık Düzenli Depolama tesisi projelendirilme esnasında dikkate alınacak hususlar; saha genel yerleşim planında tesis üniteleri gösterilmeli, plan üzerinde etaplar, seddeler ve eğimler gösterilmelidir-sahaya ait gerekli sayıda boy kesit ve en kesit paftası (saha kesitleri) verilmelidir-kazı, dolgu, plan ve kesitlerinde saha taban eğimleri boyuna ve enine olmak üzere sızıntı suyunun verimli toplanabileceğini göstermelidir-kademe dolgu planları, depolama sahası atık dolum kademelerini ve kademelerin dolum sonrası kotlarını göstermelidir- nihai atık dolum planında, depolama sahasının tüm kademelerinin tam kapasite ile doldurulmuş hali gösterilmelidir- yüzey suyu drenaj planı ve detayları, drenaj sisteminin çevreden gelen suları toplayıp tahliye edecek şekilde sahanın etrafını sardığını ve eğimin akışı sağlayabildiğini göstermelidir- sızıntı suyu drenaj planı ve detayları, oluşacak sızıntı suyu miktarı dikkate alınarak hesaplanan ana ve tali boruların çaplarını göstermelidir. Sistem kamerası ile kontrol edilecek ise boru çapının en az 350 mm olması gerektiği dikkate alınmalıdır- sızıntı suyu toplama bacası kullanılacaksa proje dosyasına baca kesit detayı ve koordinatları eklenmelidir. Sızıntı suyunun baca gerektirmeksizin borularla nakledilmesi durumunda bu detaya gerek yoktur-yol aplikasyon tablosunda koordinatlar, yol uzunlukları ve kurblar gösterilmiş olmalıdır. Sahanın atık dolum bölümlerindeki yol eğimleri en fazla %9 mertebesinde olmalıdır. Araç yoğunluğu az ise eğim %12' ye kadar çıkarılabilir. Dolgu bölgeleri dışında kalan yolların eğimleri mevcut topografyaya göre tanzim edilmelidir. Atık taşıma sisteminin kamyon vb. Araçlar dışında (boru, konveyor bant vb.) Olması durumunda yol aplikasyon tablosunun hazırlanmasına gerek yoktur. Ancak sahaya ulaşım yollarının ve atık taşıma sisteminin harita üzerinde gösterilmesi gereklidir- gaz toplama bacaları, bir bakanın ortalama 50 m çapındaki (etkin çap) bir alanın gazını toplayabileceği şekilde planlanmalı ve koordinatları verilmelidir- depolama sahasında kullanılacak seddelere ait tip kesit/kesitler verilmelidir- depo tabanı ve üst örtü sızdırmazlık sistemlerine ait kesitleri verilmelidir- jeomembran ankraj detayları verilmelidir- sahanın etrafına muhtemel sızıntı suyu kaçaklarını tespit etmek için en az üç adet gözlem kuyusu yerleştirilmeli, proje dosyasında bu kuyulara ait plan, kesitler ve koordinatları sunulmalıdır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Örnek katı atık düzenli depolama gösterimi

Tipik bir düzenli depolama sahasında bulunması gereken ana üniteler; depo tabanı için; geçirimsiz mineral zemin, sentetik örtü, drenaj tabakası, toplama boruları ve kolektörleridir.

depo gazı değerlendirme ünitesi, sızıntı suyu bertaraf tesisi, binalar, kantar ,ayırma tesisi (belediyenin başka yerde ya da entegre kay tesisisinde ayırma tesisi yoksa), sosyal ve idarî binalar, laboratuvar, tamirhane, garaj, stok vb., lastik yıkama ünitesi, araçlar ve depolama sahasının üst örtüsü bulunması gereklidir.

## **MEVCUT DURUM VE PROBLEMLER**

**Türkiye'deki Mevcut Çöp Durumu:** Türkiye'de özellikle AB uyum yasaları nedeniyle katı atık yönetimi belediyeler için bir zorunluluk haline gelmiş ve katı atık yönetimini benimseyen belediyelerin sayısı artmaya başlamıştır. Türkiye'de atıklar genellikle kontrollsüz bir şekilde düzensiz depolama alanlarına dökülmekle beraber hızla düzenli depolama alanları inşa edilmekte ve işletmeye alınmaktadır. Halen toplam 2000 küçük ölçekli ve 50 büyük ölçekli düzensiz depolama sahası bulunmaktadır. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından atık yönetimi eylem planı çıktılarına göre 2023 yılı itibarıyle öngörülen ülke genelinde yakma kapasitesi 410 bin ton/yıl ve düzenli depolama kapasitesi de 650 bin ton/yıl olarak saptanmıştır.

Türkiye'de 2008 yılında kişi başı günlük ortalama belediye atık miktarı, yaz mevsimi için 1,16 kg, kiş mevsimi için 1,13 kg, yıllık ortalama ise 1,15 kg olarak hesaplanmıştır. 2008'de 24 milyon 361 bin ton belediye atığı toplanmıştır. Bunun %46'sı bertaraf ve geri kazanım tesislerine götürülmüş, yakma tesislerinde 29 bin ton atık yakılırken, kompost tesislerinde 47 bin ton kompost üretilmiştir. Bertaraf tesislerinden derlenen verilere göre 2008 yılında 37 düzenli depolama tesisinin toplam kapasitesinin 390 milyon ton olduğu ve tesislere 11 milyon 656 bin 827 ton atık geldiği belirlenmiştir. 2008 yılında toplam kapasitesi 551 bin ton/yıl olan 4 kompost tesisine 275 bin 752 ton atık gelmiştir. Ayırtırma işleminden sonra 143 bin 38 ton atık kompostlanmış ve 46 bin 827 ton kompost üretilmiştir (TÜİK, 2008).

**Dünya'daki Mevcut Çöp Durumu:** Katı atık yönetimi çevre sorunlarının artması sonucunda gündeme gelen ve her geçen gün daha fazla önemsenen bir sistem haline gelmiştir. Türkiye'de katı atık yönetimi yeni oluşan bir platformken dünyada bu konuda uzmanlaşmış pek çok ülke bulunmaktadır. Öte yandan bazı ülkeler de Türkiye gibi bu platforma yeni dahil olmaktadır. Dünyadaki katı atık yönetimi endüstrisinin değeri 410 milyar \$ civarındadır.

Hollanda katı atık yönetimi konusunda epey yol almıştır. Ülkede toplanan çöplerin sadece %2'lik bir oranı toprakaltında depolanmakta, %33'ü yakılmakta geri kalan %65'lik bölüm ise geri kazanımda girdi olarak kullanılmaktadır. Polonya'da çöplerin %90'ı toprakaltına depolanmaktadır. İngiltere, katı atık yönetimi uygulamalarına yakın zamanda başlayan ülkelerdir. Toplanan çöplerin sadece %18'i geri kazanım yollarına aktarılmakta, %8'i yakılmakta, geri kalan %74'ü ise halen toprakaltı depolama ile yönetilmektedir. Asya'da ise katı atıklar yaygın olarak - çevreye en zararlı olan- vahşi depolama ve sağıksız toprakaltı depolama sistemleri ile yönetilmektedir. Japonya'da çöplerin %74'ü yakılmaktayken, Güney Kore'de çöplerin %49'u geri kazanılmaktadır.

**Problemler:** Dünya ve Türkiye'de Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi kurulması çalışmalarında karşılaşılan en büyük sorun ise belediyelerin yeterli bütçelerinin olmaması ve yer seçimi ile ilgili yaşanan sıkıntılar oluşturmaktadır. Karşılaşılan problemler genellikle yer seçiminde yapılan hatalardan kaynaklanmaktadır. Ancak Türkiye de eski projelendirme sırasında yapılan aksaklılıklar nedeniyle birçok sorunla karşılaşılmıştır. İstanbul'un Ümraniye içesi Hekimbaşı çöplüğünde, 28 Nisan 1993'te biriken metan gazının patlaması sonucu meydana gelen faciada 27 kişi öldü, 12 kişi kayboldu. Patlama yaklaşık 4,5 yıl süresince çöplerin kontrolsüz bir şekilde biriktirilmesi nedeniyle meydana geldi. Çöp alanları çevre ve halkın sağlığı için zararlı olsalar da bir diğer tehlikeli yönü depolanan çöplerin içinde oluşan gaz birikmeleridir. Bu gazların birikmemesi için gaz uzaklaştırma bacaları yapılması gereklidir. Hekimbaşı Çöplüğü günümüzde çöplük olarak kullanılmıyor ve spor merkezi, park haline getirilmiştir. İzmir'in Harmandalı semtinde vahşi depolama olarak adlandırılan yöntemle, bu çöpler toplanıyor ve kazılan çukurlara gömülp sıkıştırılıyor. Tesiste herhangi bir ayırtırma ünitesi bulunmuyor. Kazılan ve yeniden kapatılan bu çukurlar ciddi bir heyelan ve metan gazı patlaması tehlikesi barındırıyor. 1986'da Ukrayna Kiev'de 140 km kuzeyinde bulunan Çernobil Nükleer Santrali'nde gerçekleşen kaza, her biri 1.000 Megawatt (MW) gücünde olan dört reaktörün hatalı tasarıminın yanı sıra reaktörlerden birinde deney yapmak için güvenlik sisteminin devre dışı bırakılıp peş peşe hatalar meydana gelmesi nedeniyle oldu. Bu patlamalar, atmosfere çok miktarda radyoaktif yakıtın ve hammaddenin yayılmasına ve kolayca tutuşabilen grafit moderatörünün tutuşmasına neden oldu. Günümüzde yeni projelendirmeler de bu söz konusu değildir.

## **MALİYET HESABI**

Katı atık işleme tesislerinin yatırım ve işletme masrafları hakkında gerçeğe yakın rakamlar vermek, fiyatların oluşmasında etken yüksek sayıda unsur bulunduğuundan, mümkün değildir. Her planlanan somut tesis için özel bir fiyat analizi yapılması kaçınılmazdır. Türkiye, Almanya teknolojisini örnek almaktadır ve bu yönde çalışmalarını sürdürmektedir.

Maliyet hesabını ülkemizde kurulan Didim Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi örnek olarak ele alınmıştır. Birkaç farklı tesisin maliyet hesabı da vardır. Didim'de kurulan Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi özellikleri ve maliyeti şu şekildedir; Alanı 28 hektar ve kapasitesi  $1.862.000\text{ m}^3$  Olan tesisin atık miktarı günlük 100 ton'dur. İdari bina ve giriş kontrol yapısının maliyeti 228.000\$ olmakla beraber saha düzenlenmesine 4.600.000\$ harcanacaktır. Depo tabanının geçirimsiz sistemle kaplanması için 5.730.000\$, sızıntı suyu drenaj sistemi için 417.000\$, yüzey suyu drenaj sistemi için 100.000\$ maliyet hesaplanmıştır. Atıksu bertaraf tesis için 1.100.00\$ harcanacaktır. Tesisinin çevresinin tel çitlerle çevrilmesinin maliyeti 200.000\$ olup aydınlatma ve yol maliyeti 488.800\$'dır. Tesisin toplam maliyet 12.863.800\$'dır. Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi maliyetinin fazla olmasının en büyük etken yapılan yerin jeolojik yapısidır.

## **SONUÇLAR**

Ülkemizde ve dünyadaki katı atık yönetiminin üç temel ilkesi vardır. Bunlar az atık üretilmesi, atıkların geri kazanılması ve atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesidir. Bu manada katı atıkların toplanmasından tutun da, depolanması veya bertaraf edilmesine kadar çağdaş normlarda hizmet verilebilmenin en önemli aracın uygulanabilir, mutlaka geri dönüşümü olan ve her adımı planlanmış yönetim sistemlerinin geliştirilmesinde ve uygulanmasından olduğu bilinmektedir. Uygun şekilde depolanmamış katı atıklar yeraltı ve yüzeysel su kirliliğine, haşerelerin üremesine, çevreye kötü kokuların yayılmasına, görüntü kirliliğine ve çeşitli hayvanlar vasıtıyla taşıyıcı mikropların yayılmasına neden olmaktadır.

Atıkların kaynakta ayrı toplanması, aksi takdirde depolamaya gidip ekonomi için büyük kayıp olan atıkların geri kazanılması için en verimli ve en uygun yöntemdir. Değerlendirilebilir kuru atıklar, üreticisi tarafından evde veya işyerinde ayrı toplandığında, yaş çöplerle karışmayıp oldukça kaliteli bir ikincil hammadde teşkil ederler. Aynı şekilde, kompostlaştırılacak atıklar kaynakta ayrı toplandığında, komposta karışacak ve bunun kalitesini düşürecek yabancı maddelerin oranı minimuma indirilebilir. Bunun için geri dönüşüm veya kompostlaştırma tesisi olan belediyeler genellikle bu atıkları kaynakta ayrı toplamaktadırlar. Bu uygulama doğal olarak toplama hizmetlerinin organizasyonunu ve kullanılacak ekipman ve araçların seçimlerini de etkilemektedir.

## **KAYNAKLAR**

- TÜİK, 2008. Türkiye İstatistik Kurumu, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1019](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1019).
- Taylor B. And Allen C., 2006. Encouraging industryto assess and implement cleaner production measures, Journal of Cleaner Production, 14, 601-609.
- Erdin, E., 1996. Çevre Bilimleri ve Teknolojisi Terimler Sözlüğü, DEÜ Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Çevre Bakanlığı, 2002a. Katı Atık Bertaraf Sahaları İçin Yer Seçimi ve Kriterlerini içeren Kontrol Listesi, Çevre Kirliliği Önleme Kontrol Genel Müdürlüğü Atık Yönetim Dairesi Başkanlığı.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S.A.,1993. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues, McGrawHill International Editions.
- Abacı, Ş., 1997. Katı Atık Depolama Alanlarının Hidrojeolojik Açıdan Değerlendirilmesi, Su ve Çevre Sempozyumu, Adana, s: 403-408.
- Sürütü, G., 1990. Katı Atıkların Düzenli Depolanması. Katı Atıkların Tanımı, Toplanması ve Uzaklaştırılması Kurs Notları, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- Bagch, A.. 1994. Design, Construction and Monitoring of Landfill, Second Edition, Willey İnterscience Publication, Newyork.

## TEMİZ ÜRETİM YOLUYLA ATIK AZALTIMI

Fadime YAVUZ<sup>1</sup>, Gülden GÖK

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü  
[fadikyavuz@gmail.com](mailto:fadikyavuz@gmail.com)

**ÖZET:** Gelişen teknoloji ile artan nüfus atık oluşumunu artırmaktadır. Dünyanın ekolojik dengesi bozulmaya başladıkça çevreye daha duyarlı ve daha ekonomik yöntemler aranmaktadır. Bu yöntemlerden birisi de temiz üretimdir. Temiz üretim, bütünsel ve önleyici bir çevre stratejisinin ürün ve süreçlere sürekli olarak uygulanması ile insanlar ve çevre üzerindeki risklerin azaltılması olarak tanımlanmaktadır. Temiz üretim uygulamaları hem ekonomik hem de atık oluşumunu minimize eden teknolojilerin kullanılmasıyla oluşur. Temiz üretim işletmelere hem maddi kazanç hem de imaj kazandırmaktadır. Bu araştırmada sonuçlandırılmış örnek projeleri inceledikçe temiz üretme geçiş yaparken sarf edilen yatırım maliyetinin kısa süre içinde kâra çevirdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Atık azaltımı, Temiz üretim.

## WASTE REDUCTION DUE TO CLEAN PRODUCTION METHOD

**Abstract:** Developing technology and growing population increase the waste. Therefore the ecologic balance of world is beginning to ruin people try to find more economical and more sensitive methods. One of these methods is cleaner production. Cleaner production is defined as continuous application of an integrated preventive environment strategy applied to processes, products and services to increase overall efficiency and reduce risks to human and to the environment. Cleaners production consists of usage of technologies that is economic and minimize the production of waste. Cleaner production gives to companies both money and reputation. After results of example projects are examined, it is understood that passing to clean production gains more profit than the investment paid.

**Keywords:** waste reduction, cleaner production.

### GİRİŞ

Geçmişten günümüze ekonomi tarihi; çevre sorunlarının insanların üretim ve tüketim gücündeki artışla ilişkili olarak bir seyir izlediğini göstermektedir(Türkiye Sorunları Vakfı,1991). Çevre kavramı ve çevreye bakış açıları, dünyada yaşanan sosyal, ekonomik ve siyasi gelişmelere ve çevre sonuçlarının yol açtığı sonuçlara paralel olarak son 25 yılda ölçüde değişime uğramıştır(Çevre Bakanlığı 1993).

İnsanın son 200 yıldır uygulamaya koyduğu üretim tarzı ve tüketim alışkanlığı dünyanın ekolojik dengesini alt üst etmiştir. İngiltere'de başlayan sanayi devrimi ile birlikte Batı ülkelerinde gelişerek devam eden ve daha sonra diğer dünya ülkelerine de geçen seri üretim tarzı sanayinin baca gazları, kimyasal sanayinin zehirli atıkları başta olmak üzere üzerinde yaşadığımız dünyayı ölçüde kirletir olmuştur. Hatta bu kirlilik 21. yüzyıla girerken ülkeleri dünyanın nasıl temizleneceği konusuna uluslararası çözümler aramaya sevk etmiştir. Bilimin üretimin emrine verilmesi ile birlikte başlayan insanların daha çok sayıda üretme ve zengin olma isteği, kaynakların hiç tükenmeyecekmiş gibi kullanılmasına sebep

olurken üretim atıkları ve tüketim atıkları atmosferi, denizleri, nehirleri ve kara parçalarını uluslararası boyutlarda kirletmeye başlamıştır(Cevre Bakanlığı, 1993).

Endüstriyel tesislerin yaratmış oldukları çevresel olumsuzlukları en aza indirmek, öncelikli toplumsal sorumluluklarından biridir. Kuruluşlar çevreye olan duyarlılıklarını kanıtlamak ve tüketicilerinin bu yönde taleplerini karşılamak amacıyla çevreye duyarlı üretim teknolojilerine yönelmektedirler. Bu kapsamda, üretim verimliliği artıracak, hava, su ve toprağın kirlenmesini önleyecek, atıkları kaynağında azaltacak ve insan ile çevre üzerindeki riskleri en aza indirecek proses ve ürünlerin sürekli ve birlikte kullanılmasını amaçlayan Temiz Üretim (TÜ) kavramı kuruluşların üretim politikalarında yer almaya ve yaygınlaşmaya başlamıştır. Çevresel tahribatı önlemek, çevreyi iyileştirme veya tekrar eski haline döndürme çalışmalarından çok daha ucuz ve çok daha etkilidir. Bu nedenle “Temiz Üretim”in temelinde kirleticilerin oluşumunun, kaynağında ve bütünsel tedbirlerle önlenmesi vardır(TTGV, 2009).

#### **TEMİZ ÜRETİMİN ARAÇ VE METODLARI**

Temiz Üretim uygulamalarının öğelerini oluşturan araç ve metodlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir(TSE, 1996).

**Atık Denetleme (AD):** Atık Denetleme ile üretim aşamaları süresince oluşan tüm atıklar, bu atıkların kaynakları, nitelik ve nicelikleri ile bunları azaltma olanakları belirlenir.

Atık Denetleme yardımıyla;Proseslerin girdi/çıktı (kütle dengesi) envanterleri, oluşan atıkların kaynak, nitelik ve nicelikleri, mevcut prosesin verimliliği ve zayıf noktaları,TÜ için atık minimize etme hedefleri belirlenir.AD neticesinde kayıplar azaltılarak ve/veya önlenecek proses verimliliğinin artırılması sağlanır(TSE, 1996).

**Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED):** Çevresel Etki Değerlendirme belirli bir proje veya gelişmenin çevre üzerindeki önemli etkilerini belirleyen bir süreçtir. Bu bağlamda Çevresel Etki Değerlendirme; Planlanan proje veya gelişmelerin yol açabileceği olumlu ya da olumsuz çevresel etkilerin uygulama öncesi belirlenmesini,Belirlenen olumsuz etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak tedbirlerin tayin edilmesi ve projeye eklenmesini,alternatif çözümlerin belirlenmesi, analiz edilmesi ve değerlendirilmesini,uygulamaya konulan proje veya gelişmelerin izlenmesini ve sürdürilecek çalışmaları kapsar(TSE, 1996).

**Enerji Denetleme (ED):**Enerji Denetleme, bir üretim prosesinde, birim üretim başına sarf edilen enerji türünü, miktarını ve aynı zamanda enerji kayıplarının nerelerde gerçekleştiğini belirleyen bir denetleme sürecidir.

Enerji Denetleme yardımıyla;Kullanılan enerjinin türü, miktarı ve yapılan harcamaların tutarı, birim üretim başına sarf edilen enerji miktarı, enerji sarfıyatı ve meydana gelen kayıplar hususunda prosesdeki eksiklikler belirlenir. Enerji Denetleme neticesinde verimli enerji kullanım stratejileri geliştirilir, uygulamaya koymak ve enerji kullanım konusunda sürekli bir gelişme sağlanır(TSE, 1996).

**Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS):**Çevre Yönetim Sistemi birbirleriyle bağlantısı olan, çevresel etkiyaratıcı ya da çevresel etki potansiyeline sahip aktivitelerin yönetimini amaçlayan bir sistemdir.Çevre Yönetim Sistemi aşamaları:Çevre politikası, planlama, uygulama ve işletme, kontrol ve düzeltme işlemi, yönetim teftisidir.Çevre Yönetim Sistemi bir firmanın

bazı şartları garanti etmesi için bir mekanizma oluşturur. Bunlar:Firmanın çevreyi düşünmesi, ne yapmak istediği karar vermesi, bunu nasıl yapacağını planlaması, fiilen uygulaması, planlardaki sapmaları düzeltmeseklindedir.Çevre Yönetim Sistemi'ni uygulamak isteyen KOBİ'ler için;Kendi Çevre Yönetim Sistemlerini oluşturmaları,ISO 14001 kılavuzu gibi standardize edilmiş kılavuzları takip etmeleri, bu standartlarla ilgili resmi sertifikaları izlemeleri gibi stratejiler mevcuttur.ISO 14001 Çevre Yönetim Prensipleri Klavuzuna göre çevre politikası, kuruluşun gerçekleştirmek amacıyla kendisi için tesbit ettiği, mümkün olan hallerde sayılarla ifade edilebilen, durum, seviye ve değerlerdir. Bu bağlamda çevre politikası, organizasyonun misyon, vizyon, ana değer ve ilkeleri ile uyum; ilgili taraflarla haberleşme gerek ve şartları, sürekli gelişme, çevre kirliliğinin önlenmesi, kalite, sağlık ve güvenlik konularındaki diğer kuruluş politikaları ve yasal mevzuatla uyum konularını içermelidir(TSE, 1996).

Çevre politikası; sürekli iyileştirme ve kirlenmenin kaynağında önlenmesi ve yürürlükteki mevzuatlarla uyumu taahhüt eder. Bu taahhütler, ürünler için ekolojik tasarım, proseslerde temiz teknolojilerin kullanılması ve oluşan atık ve emisyonların yönetmelikler çerçevesinde arıtım ve deşarjı gibi faaliyetleri içerir(TSE, 1996).

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD):Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, ürünlerin bütün yaşam döngüleri boyunca oluşturdukları çevresel etkileri analiz etmeyeyarayan bir araçtır. Yaşam döngüsü hamaddenin en son bertaraf aşamasına (beşikten-mezara) kadar olan süreci kapsar. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi uygulamasının, ISO 14040'ta tanımlanan aşamaları verilmiştir. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, firmaların ürünleriyle ve kendileriyle ilgili karar alırken, satılan ürünlerinin dışında yaratacağı çevresel problemlerin ne kadarının bu kararlara etki edeceğini belirlenmesine yardımcı olur. Firmaların, sadece üretim proseslerini değil, ürünlerini de yaşam döngüsü çerçevesinde değerlendirmelerini sağlar.Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi şunlara karar vermekte çok etkilidir:Hangi ürünlerin üretileceği, kullanılacak hamadden ve enerji kaynakları, kullanılacak ambalaj malzemesi miktarı ve çeşidi, ürün tasarıımı, üretilen atığın yönetimi, kullanma kılavuzu ve tüketiciye verilecek bilgi, uygun çevre performans göstergeleri, pazarlama stratejisi (TSE, 1996).

Kimyasal Değerlendirme (KD):Kimyasal Değerlendirme üretim aşamalarında kullanılan kimyasal maddelerin, çeşitli bilgi kaynakları ve veri tabanları kullanılarak toksik etkilerinin ve miktarlarının analiz edilmesini kapsar. Temiz Üretim gereğince, üretimde insan sağlığı ve çevre üzerinde en az zararlı olan kimyasalın kullanılması yaklaşımını izlemek gerekir (TSE, 1996).

## TÜRKİYE'DE TEMİZ ÜRETİM

Ülkemizde temiz üretim (eko-verimlilik) yaklaşımına yönelik ilk adımlar 1990'lı yılların sonlarında atılmış, daha sonraki süreçte de birçok kurum ve kuruluş bu konuda çeşitli çalışmalar başlatmıştır. Bu kurum ve kuruluşların önde gelenlerinden biri görev tanımı itibariyle Çevre ve Şehircilik Bakanlığı iken son yıllarda ana aktörlerden biri de konunun uygulama tarafındaki görev ve sorumlulukları sebebiyle Bakanlığımız olmuştur.

Ülkemiz kurum ve kuruluşlarının bu Bakanlığımız, Temiz Üretim (Eko-Verimlilik) Uygulamalarını Harekete Geçirecek ve Ulusal Düzeyde Yaygınlaştıracaktır Prof. Dr. Ersan ASLAN Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Müsteşarı alanda görev üstlenmesi konusunda en somut adımlardan birinin 3 Haziran 2011 tarih ve 635 sayılı Kanun Hükmünde Kararname (KHK) olduğunu ifade etmek yerinde olacaktır. Söz konusu KHK ile yeniden yapılandırılmış bulunan Bakanlığımızın çalışma alanlarından biri de temiz üretim olarak belirlenmiştir. Bakanlığımızın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname'nin 2'nci maddesinde yer alan, "ekonominin verimlilik esaslarına uygun olarak gelişmesi amacıyla verimlilik politika ve stratejileri hazırlamak, sanayi işletmelerinin verimliliğini artırmak, geliştirmek ve temiz üretim projelerini desteklemek" ifadesi ile bu görev somutlaştırılmış bulunmaktadır. Yine bununla bağlantılı olarak, 17 Ağustos 2011 tarihinde yürürlüğe giren Kanun Hükmünde Kararname düzenlemesi ile Milli Produktivite Merkezi Bakanlığımızın bir ana hizmet birimi olarak yeniden yapılandırılarak, Verimlilik Genel Müdürlüğü (VGM) olarak adlandırılmıştır. Bakanlığımız bünyesinde temiz üretme yönelik olarak sürdürülecek çalışmalar da, VGM'nin görevlerinden biri olarak tanımlanarak "işletmelerin temiz üretim program ve projeleri hazırlaması ve uygulamasına yönelik faaliyetlerde bulunmak" şeklinde ifade edilmiştir. 2011-2014 yılları arasında ülkemizde sanayi konusunda kaydedilmesi istenen gelişmelerin eylemler bazında somutlaştırıldığı ve takip edildiği Türkiye Sanayi Strateji Belgesi ve Eylem Planı bu alanda atılacak somut adımları içermektedir. Temiz üretim (eko-verimlilik) konusunda önemli görevler yürütecek olan VGM, Türkiye Sanayi Stratejisi Belgesi kapsamında ilgili eylemlerin sorumlusu konumundadır. Bu eylemlerden en önemlisi "Ulusal eko-verimlilik programları uygulanması, sonuçlarının izlenmesi ve değerlendirilmesi sağlanacaktır" şeklinde ifade edilmiş olan 44'üncü eylemdir. Konunun çok boyutlu olması ve hem sanayi işletmelerini, hem kamu kurumlarını, hem de sivil toplum kuruluşlarını ilgilendirmesi nedeniyle, bu görevin yerine getirilmesinde Bakanlığımız aralarında çeşitli Bakanlıklar, Üniversiteler, Kalkınma Ajansları, Sanayi ve Ticaret Odaları, Organize Sanayi Bölgeleri, Teknoloji Geliştirme Bölgeleri, TÜBİTAK, KOSGEB, TTGV, Meslek Örgütleri, ilgili Sivil Toplum Kuruluşları, Uluslararası Kuruluşlar ve Finans Kuruluşları da bulunan pek çok kurum ve kuruluşun işbirliği içerisinde çalışmasını temin etmek üzere koordinasyon görevini yerine getirecektir. Bu görevin sonucunda beklediğimiz çıktı, Türkiye genelinde bir ulusal temiz üretim (eko-verimlilik) programı uygulanması yoluyla başta sanayi sektörü olmak üzere işletmelerde temiz üretim uygulamalarının yaygınlaştırılmasıdır. Önemli bir diğer hedefimiz ise yine aynı amaca yönelik olarak ülkemiz sanayisinin ve organize sanayi bölgelerinin yoğun olduğu bir bölgede öncelikle bir "EkoVerimlilik Merkezi" kurmak, sonraki dönemde ise bu modeli diğer bölgelerde de yaygınlaştırmaktır. Bu hedef, Bakanlığımızın 2013-2017 dönemindeki faaliyetlerini kapsayan Stratejik Plan Belgesinde de yer almaktadır. Yeni stratejik planımıza göre söz konusu eko-verimlilik merkezinin kuruluşunun en geç 2014 yılında tamamlanması planlanmaktadır. Önümüzdeki dönemde gerçekleştireceğimiz önemli faaliyetlerden biri de hem Türkiye Sanayi Strateji Belgesi hem de Bakanlığımız Stratejik Planı'nda yer alan Türkiye Verimlilik Stratejisi ve Eylem Planı'nın hazırlanmasıdır. Ülkemizde daha önce verimlilik alanında gerçekleştirilen çeşitli, ancak bir bütünlük arz etmeyen çalışmalar, bu şekilde bir program dahilinde bütünlendirilmiş olacak ve

koordineli olarak yürütülebilecektir. Hazırlık çalışmaları süren ve 2014-2017 yıllarını kapsayacak olan Türkiye Verimlilik Stratejisi ve Eylem Planı'nın temel eksenlerinden birinin temiz üretim (eko-verimlilik) olması öngörmektedir. Daha önce de belirttiğim gibi, temiz üretim kavramının bileşenlerinden biri "çevre" ise diğer de "verimlilik" olarak öne çıkmaktadır. Ekonomik büyümeyenin en önemli kaynağı olan verimlilik artışlarının sağlanması söz konusu strateji belgesinin önemli bir yönlendirici olacağı değerlendirilmektedir (Yüksel, 2002).

**BOSAN Boyama Ltd. Şti. Ankara:** Metal İşleme Sektörü - Metal işleme ve kaplama Projebünyesinde gerçekleştirilen uygulamalar ile temizlemeve kadmiyum kaplama prosesleri yerine yağ alma, durulama, oksilan ve kurutma basamaklarını içeren daha çevreci bir üretim sistemine geçilmiştir. Proje ile yıllık tiner tüketimi 9.000 kg olan firmada % 85 oranında tiner tasarrufu sağlanması beklenmektedir. Tehlikeli kimyasal madde kullanımının azaltıldığı projede toplam maliyet 29.500 \$ olmuştur. Maliyetin 25.000 \$'lık bölümü UNIDO desteği ile, geri kalan bölüm ise firmanın öz kaynakları ile finanse edilmiştir. Projenin tiner tasarrufu başta olmak üzere sağlanan mali kazanımlar neticesinde 7 aylık bir sürede yatırım maliyetlerini karşılaması (geri ödemesi) beklenmektedir(Demirer, 2010).

**ÖZEL TEKSTİL San.ve Tic. Ltd. Şti. Bursa:** Tekstil Sektörü - Tekstil boyama ve apreleme "Tekstil Boyama/Yıkama Prosesleri ve Su Yumuşatma Ünitesinde Su Tasarrufu" olarak adlandırılan proje kapsamında üretimin farklı aşamalarında yapılan optimizasyon çalışmalarının yanı sıra su yumuşatma ünitesinde otomasyon sistemine geçilmiştir. Üretim hattında 7 ayrı yere su sayaçları takılarak takip edilen su tüketimi, proje sonucunda yıllık 162.000 m<sup>3</sup> seviyelerinde azaltılmıştır. Firmanın toplam su tüketiminin %54 oranda azalmasını sağlayan uygulamalar ile aynı zamanda kimyasal ve enerji tüketiminde de azalma sağlanmıştır. Toplam 22.000 \$ yatırım ile gerçekleştirilen projede 12.000 \$'lık firma katkısı ile 10.000 \$'lık UNIDO desteği birlikte kullanılmıştır. Projeye yapılan yatırım kendini 2 aydan kısa sürede geri ödemektedir(Demirer, 2010).

**ADVANSA SASA Polyester Sanayi A.Ş. Adana:** Kimya Sektörü - Polyester üretimi Gerçekleştirilen proje ile su soğutmalı (yumuşak su) ısı transfer pompalarının yerine hava soğutmalı yeni nesil pompalara geçiş sağlanmıştır. Bu sayede üretimin bu aşamasında su tüketimi ortadan kaldırılarak yıllık 93.000 m<sup>3</sup>'lük su tasarrufu gerçekleştirilmiş, su yumuşatma için gereken enerjiden de tasarruf edilmiştir. Hava soğutmalı pompaların daha az işçilik, bakım ve onarım gerektirmesi ise iş gücü ve ilgili maliyetlerin azalmasına katkıda bulunmuştur. Tüm bu kazanımlar neticesinde projenin geri ödeme süresinin yaklaşık 4 ay olması beklenmektedir. Proje, UNIDO'nun 24.300 \$ desteği yanısıra firmanın 25.000 \$'lık katkısı ile toplam 49.300 \$'lık bütçe ile hayata geçirilmiştir(Alagöz, 2008).

**GÜLSAN Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. (MEYSU) Proje Öncesinde Durum:** Meyve Konsantresi Üretimi: Tesise gelen meyveler yıkandıktan ve ön işlemenin geçirildikten sonra pastörize edilerek konsantre haline dönüştürülüyor. Konsantre üretimi aşamasında yer altı suyu soğutma amaçlı kullanılıyor (Once-throughCooling). Yıllık soğutma suyu tüketimi: 346.000 m<sup>3</sup>. Meyve Suyu Üretimi: Meyve konsantresi su ve diğer katkı maddeleri ile birleştirilerek meyve suyuna dönüştürüülüyor. Meyve suyu üretimi aşamasında yer altı suyu soğutma amaçlı kullanılıyor (Once-throughCooling). Yıllık soğutma suyu tüketimi: 173.000

$m^3$ . Gerçekleştirilen Uygulamalar Uygulama: Meyve konsantresi ve meyve suyu üretim hattında soğutma suyu geri kazanımı. Yöntem: İki ayrı soğutma kulesi ve pompalama sistemi ile soğutma sularının sistemde yeniden kullanılması. Proje Bütçesi: 28.600 \$ UNIDO Katkısı, 28.300 \$ Firma Katkısı. Yıllık su kazancı:  $473.000 m^3$ , OSB'ye gönderilen atık su miktarı azalmıştır(Demirer, 2010).

## **AB VE ULUSLAR ARASI KAPASİTE UYGULAMALAR İLE KARŞILAŞTIRMA**

Yaklaşık 20 yıldır temiz (sürdürülebilir) üretim uygulamaları yapılmakta olan AB üyesi ve diğer ülkelerdeki kapasitenin, sektör, etkinlik, kullanılan yöntem, insan kaynakları gibi konular bazında, daha yolun başında olan ülkemizde var olan kapasite ile detaylı olarak karşılaşılmasının doğru bir yaklaşım olmayacağı öngörlülmüştür. Bunun yerine temiz (sürdürülebilir) üretim uygulamalarının farklı aşamalarında olan ve farklı gelir, gelişmişlik, teknoloji, vb. düzeylerine sahip ülkelerin deneyimlerinin incelenmesinde yarar görülmektedir. Ayrıca, ülkeler bazında yapılan bu incelemeye ek olarak, ilgili uluslararası kurumların konu ile ilgili çalışmalarının özetlenmesi de temiz (sürdürülebilir) üretim konusunda var olan uluslararası kapasitenin anlaşılabilmesi açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle bu bölümde farklı ülke ve kurumların temiz (sürdürülebilir) üretim konusundaki faaliyetleri özetlenmiştir(UNEP , 1996).

**İran:** İran'da yaşanmakta olan yoğun çevre sorunlarına ve verimsiz doğal kaynak kullanımına bir önlem olarak temiz (sürdürülebilir) üretim yaklaşımının benimsenmesi çabaları sürdürmektedir. Bu süreçte uygulanması gerektiği düşünülen önlemler şöyledir: Kamuoyunun hükümet, medya ve akademisyenler aracılığıyla bilinçlendirilmesi, temiz (sürdürülebilir) üretim konusunda “eğitimcilerin eğitimi” programlarının uygulanması, Çevre Bakanlığı ve Yönetim ve Planlama Teşkilatı başta olmak üzere ilgili tüm kamu kurumları tarafından temiz (sürdürülebilir) üretimin adaptasyonu için detaylı bir planın hazırlanması ve ilk aşamada bu planın kamu kaynakları ile desteklenmesi, temiz (sürdürülebilir) üretim stratejilerinin uygulanması için bölgesel, sektörel, vb. önceliklerin belirlenmesi, ilgili uluslararası kurumlar ile işbirliklerinin arttırlarak, deneyimlerinden yararlanılması, üniversitelerde temiz (sürdürülebilir) üretim konusunda ders ve programların geliştirilmesi, ulusal ölçekte bir “Temiz Üretim Merkezi”nin kurulması ve bu süreçte tüm paydaşların (kamu, özel sektör, STK’lar, vd.) aktif katılımının sağlanması şeklindedir(ISO, 2006).

**Mısır:** Mısır, Dünya Bankası, Avrupa Yatırım Bankası ve Finlandiya'nın desteğiyle başlattığı Mısır Kirlilik Azaltımı Projesi (MKAP) çerçevesinde temiz (sürdürülebilir) üretim yolunda çeşitli adımlar atmış bir ülkedir. Örneğin 2001 yılında Mısır Çevre Ajansı endüstriyel işletmelere MKAP kapsamında temiz (sürdürülebilir) üretimin özendirilmesi için bir çerçeve politika taslağı oluşturmuştur. Bu politika temiz (sürdürülebilir) üretim konusundaki önemli konulara dikkat çekmek, paydaşları belirlemek, motivasyon ve engelleri belirlemek ve temiz (sürdürülebilir) üretim çalışmalarının yaygınlaştırılabilmesi için gerekli olan araçları belirlemek amaçları için oluşturulmuştur. Çevresel Destek ve Yönetim Programı kapsamında Mısır Çevre Ajansı, Dünya Bankası, İngiltere ve Finlandiya'nın desteğiyle büyük, kapsamlı bir gösterim projesi gerçekleştirmiştir. Bu proje kapsamında tekstil, gıda, vd. sektörlerde

faaliyet gösteren 32 fabrikada 200'ün üzerinde yatırım gerektirmeyen ya da düşük yatırım gerektiren temiz (sürdürülebilir) üretim yöntemi uygulanmıştır. Yapılan 1,6 milyon İngiliz Sterlini yatırım birkaç ay ile birkaç yıl arasında değişen sürelerde amorti edilmiştir. Bu ve benzeri projelerde sadece fabrikalarda gösterim uygulamaları değil, çeşitli çalıştay, eğitim, vb. yaygınlaştırma faaliyetleri de düzenlenmiş, uygulama notları ve el kitapları hazırlanmış, fayda-maliyet ve fizibilite çalışmaları gerçekleştirılmıştır(ISO, 2006).

Tüm bu çabalar sonucu temiz (sürdürülebilir) üretim yaygınlaştırma ve uygulama etkinliklerinin önemli ekonomik getiriler, verim artışı, teknolojik yenilenme, ihracatın artması, küresel pazarda daha rekabetçi bir sanayi yaratılması, çevresel bozulmanın azaltılması ve toplumun yaşam kalitesinin artmasına önemli katkılar sağladığı belirtilmiştir. Edinilen deneyimler sonucu temiz (sürdürülebilir) üretim çabalarının önündeki önemli engeller olarak da finans kaynakları bulunması, uygulamalar için gerekli olan teknik altyapı ve ilgili metodlar ile danışmanlık hizmetlerine ulaşmanın zorlukları, konu ile ilgili bilgiye ulaşmadaki zorluklar ve karar vericiler ve toplumun temiz (sürdürülebilir) üretim kavramına, bilgi eksikliğinden kaynaklanan önyargılı yaklaşımları sıralanmıştır(ISO, 2006.).

Güney Afrika: Güney Afrika'da, 2004 yılında gerçekleştirilen ve Güney Afrika hükümetinin desteklediği "Ulusal Temiz Üretim ve Sürdürülebilir Tüketicim Stratejisi" (NationalStrategyforCleanerProductionandSustainableConsumption) çalışması ile temiz (sürdürülebilir) üretim konusunda yol haritası belirlenmiştir. Çalışmanın çıktısı olarak hazırlanan taslak strateji raporu bir dizi çalıştay yoluyla ilgili paydaşların görüşü de alınarak nihai haline getirilmiştir(ISO, 2006).

Güney Afrika'da son 10 yılda temiz (sürdürülebilir) üretim konusunda edinilmiş deneyimler ışığında problemleri konular belirlenmiş ve ulusal temiz üretim stratejisi ile bu sorunların çözümü için öneriler ortaya konmuştur. Bu bağlamda ulusal bir stratejinin ayrılmaz bir parçası olan görüşler ve çözüm önerileri ön plana çıkmıştır: İlgili mevzuatların düzenlenerek gereklili görülen konularda yasal standartların getirilmesi, mevcut hükümet politikalarının ve stratejilerinin temiz üretim yaklaşımı ekseninde gözden geçirilerek varsa uyumsuzlukların ortadan kaldırılması, temiz (sürdürülebilir) üretimin yaygınlaştırılması ve özellikle uygulayıcılar tarafından hayatı geçirilebilmesi için etkin teşvik mekanizmalarının hayatı geçirilmesi, konu ile ilgili güvenilir bilgiye erişimin kolaylaştırılması şeklindedir(ISO 2006).

## **SONUÇ**

Sanayi sektörü, bir yandan daha çok üreterek, ekonomik gelişmeyi ve kalkınmayı sağlarken, diğer yandan, üretim sonucu ortaya çıkan atıkları azaltmak için çare bulmak; başka bir deyişle gelişmeyi çevre ile uyumlu sürdürülebilir bir anlayışla gerçekleştirmek durumundadır.

Dünya'da ve Türkiye'de Temiz Üretim konusunda bazı çalışmalar yapılmış olmasına rağmen, bu çalışmalar yeterli düzeye ulaşamamıştır. Bu durumun nedenlerinden biri de bu konu hakkında ilgili kuruluşların ve özellikle halkın yeterli şekilde bilgilendirilmemesi ve özendirilmemesidir. Halkın firmalar üzerinde sivil toplum kuruluşları vasıtasıyla baskı

kurması ancak halkın bilinçlendirilmesi ile mümkündür. Ayrıca halkın çevre dostu ürünlerne yönelmesi üreticilerin değişiklikler yapmasını sağlayacaktır.

Temiz bir çevre ve gelecek için sadece temiz üretime özendirmek yeterli değildir. Aynı zamanda işletmeleri ve tüketicileri bu konuda bilinçlendirerek yeşil pazarlama stratejileriyle desteklemeli ve eko etiket uygulaması yaygınlaştırılmalıdır.

Çünkü işletmeler açısından yeşil pazarlama uygulamaları maliyetlerin düşmesini, satışların artmasını sağlarken daha az ham maddeyle daha az atık oluşacağından, kaynak kullanımında verimlilik ve finansal tasarrufa ve kazanca neden olacaktır. Yeşil pazarlama uygulamalarına ek olarak, Eko etiket, çevre dostu ürüne pazarlama avantajı verir, bu da yüksek üretim maliyeti dezavantajını ortadan kaldırmaktadır.

Sonuç olarak hızla gelişen teknoloji ve değişen dünya çerçevesinde çevrenin korunmasında ve çevreye dost yeşil ürünler oluşturmada işletmelere önemli görevler düşmektedir. Bu görevleri yerine getiren işletme gelecekte ayakta kalabilen işletmeler arasında yer alacaktır.

## KAYNAKLAR

Alagöz S.B., Erişim tarihi: 2015.10.2, <http://www.akademikbakis.org/sayi11/makale/seldabasaran.doc>.

Curkovic S., Melynks.A., Calantone R., Handfield R., 1999, Environmentally responsible manufacturing: past research, current results, and future directions for research, working paper, department of marketing and Supply Chain Management, Michigan State University.

Çevre Bakanlığı, 1993 , T.C. Çevre Bakanlığı, No:278, Ankara.  
Türkiye Sorunları Vakfı, 1991, Çevre üzerine , Ankara.

Demirer G.N., Erişim tarihi: 2016.02.08, [www.enve.metu.edu.tr/people/goksel.demirer/temizuretim/endustri.htm](http://www.enve.metu.edu.tr/people/goksel.demirer/temizuretim/endustri.htm)

Gungor, A., Gupta, S.M., 1997, Issues in environmentally conscious manufacturingand product recovery

Hawkins, Roger J., Coney, Kenneth A, 2001, Consumer behavior building marketing strategy, Irwin McGraw-Hill. ISO 14040, 2006, Environmentalmanagement- life cycle assessment- principlesandframework.

Keleş, R., Hamamcı C., 1993, Çevrebilim, 2. Baskı, İmge Kitabevi, Ankara.

Ottman J., 1999, Green marketing: Challengesand opportunities for the new marketing age.

TS EN ISO 14001:2004, Çevre yönetim sistemi- özellikler ve kullanım kılavuzu

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010, Türkiye'de temiz üretim uygulamalarının yaygınlaştırılması için çerçeveye koşullarının ve Ar-Ge ihtiyacının belirlenmesi projesi sonuç raporu.

UNEP, 1996, Cleaner production: A training resource package, industryand environment.

Yüksel, H., 2002, Üretim yönetimi fonksyonları ile çevre yönetim ilkelerinin bütünlendirilmesi: Çevreye duyarlı üretim, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, Cilt:3, Sayı:2, İzmir.

Yüksel, H., 2003, İşletmelerin çevreye duyarlı üretim faaliyetlerinin empirik bir çalışma ile değerlendirilmesi.

## SULARDAN ARSENİK GİDERİMİNE YÖNELİK MONOLİTİK KRİYOJEL SORBENTLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Samet ÖZCAN<sup>1</sup>, Güler Şahin, Şeyda Temizyürek<sup>1</sup>, Hasan KOÇYIĞIT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, AKSARAY  
*guler\_2014\_2015@hotmail.com, sametozcan@hotmail.com*

**ÖZET:** Çevrede yaygın olarak bulunan arseniğin insan sağlığı üzerindeki kronik toksikolojik etkilerinin olması arseniği önemli çevre problemlerinin arasına sokmuştur. Arseniğin yüksek toksisitesinin bir sonucu olarak, Türkiye'de dahil olmak üzere birçok ülke sıkı yasal düzenlemeler yaparak içme sularında izin verilebilir toplam arsenik konsantrasyonunu  $10 \mu\text{g/L}$  gibi düşük seviyelere düşürmüştür. Özellikle içme suyu açısından ülkemiz de pek çok bölgede arseniğin suda miktarının zaman zaman sağlık açısından kabul edilebilir limitlerin ( $10 \mu\text{g/L}$ ) üzerine çıktıgı tespit edilmiştir. Arsenik uzaklaştırılması için yükseltgenme/çöktürme, temel koagülasyon/birlikte çöktürme, adsorpsiyon ve iyon değiştiriciler, membran filtrasyonu, polimer ligand değiştiriciler gibi konvansiyonel yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada klasik yöntemlere alternatif olarak kullanılabilen İmmobilize Metal İyon Afinité Kromatografisi (IMAK) adsorbant olarak kullanılarak, sularдан toplam ( $\text{As}^{+3}$  ve  $\text{As}^{+5}$ ) uzaklaştırılması için arsenik baskılanmış kriyojel kolonlarla arsenik gideriminin nasıl sağlandığı araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Su, Arsenik, Arsenik Giderimi, Monolitik Kriyojel

### Development of Monolithic Cryogel Sorbents For Arcenic Removal From Water

**Abstract:** Arsenic which commonly found in around have chronic toxicological effects on human health. Therefore, arsenic has entered among major environmental problems. As a result of the high toxicity of arsenic, many countries (including Turkey) have legal regulations. allowable concentration of arsenic in drinking water are decreased to low levels (like  $10 \mu\text{g/L}$ ), by legal regulations. Especially for drinking water, the amount of arsenic in the water occasionally was determined to exceed acceptable health limit ( $10 \mu\text{g/L}$ ) in many areas in our country. Conventional methods such as oxidation/precipitation, basic coagulation/ co-precipitation, adsorption and ion Exchange, membrane filtration, polymer ligand exchangers are used for arsenic removal. In the study, Immobilized Metal Ion Affinity Chromatography (IMAC) can be used as alternatives to classical methods using as adsorbent, how to ensure the removal of arsenic was investigated with arsenic suppressed cryogel column for ( $\text{As}^{+3}$  and  $\text{As}^{+5}$ ) removal from water.

**Keywords:** Water, Arcenic, Arcenic Removal, Monolithic Cryogel

### 1. GİRİŞ

Arsenik, atmosferde, toprakta, kayalarda, doğal sularda ve organizmalarda bulunabileen bir elementtir. Hava reaksiyonları, biyolojik faaliyet ve volkanik emisyonlar gibi doğal süreçlerin yanında, madencilik, petrol arıtımı, güç santrallerinde fosil yakıtların yakılması ve arsenik içeren pestisit ve herbisit kullanılması gibi çeşitli insan kaynaklı faaliyetler aracılığı ile de yer değiştirebilmektedir. Özellikle yeraltı suyunun toprak ve kaya içerisindeki geçen arsenik gibi bazı bileşikleri ve mineralleri çözmesinin bir sonucu olarak sularda arsenik

bulunabilmektedir. Arsenik içeren bileşiklerin toksisitesi, nötral, 3 değerlikli veya 5 değerlikli olmalarına, organik veya anorganik formda bulunmalarına bağlıdır. Genellikle anorganik arsenik bileşikleri organik arsenik bileşiklerinden daha toksiktir ve  $\text{As}^{+3}$ 'ün de,  $\text{As}^0$  ve  $\text{As}^{+5}$ , den daha toksik olduğu bilinmektedir (Yılmaz ve Ekici, 2004; Boreysza et. al., 2006; Başkan ve Pala, 2009).

Genellikle arsenik, vücutta içme suyu ve arsenik ile kontamine olmuş yiyecek aracılığı ile birikir (Smedley and Kinniburgh, 2002). Özellikle  $\text{As}+3$ , organizmada tiyol (-SH) grubu içeren enzimleri inhibe ederek toksik etkisini gösterir (Yağmur ve Hancı, 2002).

Arseniğin uzun süreli içme suyu maruziyeti, deri, akciğer, mesane ve böbrek kanserine neden olmasının yanında diyabet, yüksek tansiyon, cildin renk değiştirmesi, deri kalınlaşması (hiperkeratoziz), nörolojik bozukluklar, kas zayıflıkları, iştah kaybı ve bulantıya da neden olur. İçme sularında bulunan arseniğin insan sağlığı üzerindeki kronik toksikolojik etkileri çevresel problemleri de beraberinde getirmiştir. Birçok otoritenin tavsiye ettiği ve yasal olarak belirlediği limitlerin düşürülmesi gerekmıştır. 1993'de Dünya Sağlık Örgütü (WHO), içme suyundaki arsenik için üst sınırı  $50 \mu\text{g/L}$ 'den  $10 \mu\text{g/L}$ 'ye indirmiştir (WHO, 1993).

Ülkemizde ise içme ve kullanma sularında arsenik için izin verilen sınır değer 2005 yılına kadar  $50 \mu\text{g/L}$  idi. Bu tarihten sonra "İnsanı Tüketicim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" gereği izin verilen sınır değer  $10 \mu\text{g/L}$ 'ye indirilmiş ve 3 yıllık bir geçiş süresi verilmiştir. Buna göre, Şubat 2008'den itibaren içme ve kullanma sularında ülkemizde izin verilen sınır değer  $10 \mu\text{g/L}$  olarak uygulanmaktadır. Türk Standardları Enstitüsü tarafından yayınlanan TS 266 "Sular-İnsanı Tüketicim Amaçlı Sular" standardında da arsenik sınır değeri  $10 \mu\text{g/L}$  olarak belirlenmiştir.

Çevre sularından arsenik uzaklaştırılması, farklı tekniklerle ve absorbanlarla sağlanmıştır. Yeraltı ve yerüstü sularından arsenik uzaklaştırma yöntemi sudaki arsenik derişimine, kullanım yeri ve amacına, maliyetine ve toksik atık oluşturmmasına göre seçilmektedir. Arsenik uzaklaştırılması için yükseltgenme/çöktürme, temel koagülasyon/birlikte çöktürme, adsorpsiyon ve iyon değiştiriciler, membran filtrasyonu, polimer ligand değiştiriciler gibi konvansiyonel yöntemler kullanılmaktadır. (Mohan and

Pittman, 2007, Choong et al., 2007). Bununla beraber, bu yöntemler uzaklaştırılması istenilen analite (arsenik) yönelik seçici değillerdir. İyon baskılama yöntemi, ilgilenilen analit (arsenik) için seçici tanıma bölgelerine sahip polimerlerin hazırlanmasında kullanılan, hedef moleküle yüksek seçicilik gösteren ve son yıllarda iyon uzaklaştırımda kolay uygulanabilir olması nedeniyle oldukça sık kullanılan yeni nesil bir teknolojidir (Say et al., 2003a; Andaç et al., 2004; Ersöz et al., 2004; Aşır et al., 2005; Yavuz et al., 2005; Andaç et al., 2006). Kriyojeller ise, birbiriyle bağlantılı makro gözeneklere sahip hidrojellerdir. Kriyojeller, sahip oldukları bu birbirleri ile bağlantılı makrogözenekleri sayesinde herhangi bir difüzyon sorunu olmaksızın kullanılabilimketedirler.

Bu çalışmanın amacı, Afinité Kromatografisi yöntemleri arasında, son yıllarda yoğun bir uygulama alanı bulan, İmmobilize Metal Afinité Kromatografisi (İMAK) kullanarak, ülkemiz sularında yaygın şekilde bulunan arseniğin kriyojel ile tutulması ve gideriminin nasıl yapıldığının araştırılması amaçlanmıştır.

İMAK kolay hazırlanması, ucuz oluşu, adsorpsiyon kapasitesi ve stabilitesi açısından afinité kromatografisinin diğer türleriyle (immunoafinité kromatografisi gibi) karşılaştırıldığında pek çok avantaja sahiptir. Metallerin düşük maliyeti ve adsorbentlerinin ise herhangi bir metal şelatlama özelliklerini kaybetmeden yüzlerce defa kullanılabilir olması İMAK'ın cazibesini artırmaktadır.

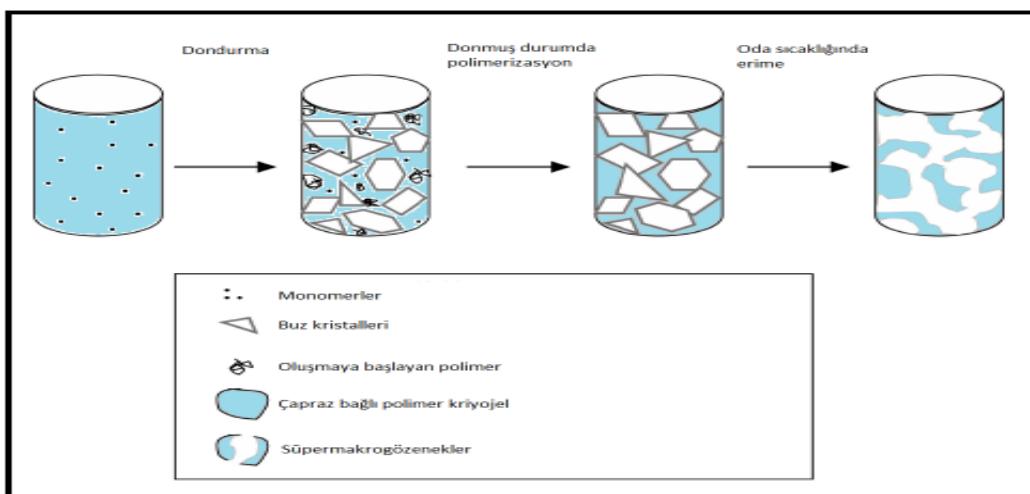
## **2. MATERYAL ve METOT**

Arsenik sularda insan ve diğer canlılar için tehdit oluşturmaktadır ve gideriminde kullanılması planlanan, İmmobilize Metal İyon Afinité Kromatografisi (İMAK), bir protein saflaştırma tekniği olup, sabit bir destek üzerine kovalent olarak bağlanmış şelat yapıcı bir grup tarafından tutulan bir metal iyonu ile dış yüzeyinde sistein, histidin ve triptofan gibi elektron verebilir bir amino asite (veya amino asitler) sahip proteinler arasındaki etkileşime dayalı bir kromatografik tekniktir. İMAK'da proteinlerin adsorpsiyonu, protein yüzeyindeki elektron verici gruplar ile immobilize bir metal iyonu arasındaki koordinasyon oluşumuna dayanır.

## **2.1. Kriyojel ve Hazırlanması**

Kriyojeller, birbirileyle bağlı makro gözeneklere sahip hidrojellerdir. Eski Yunancada *kryos* buz olarak adlandırılır. Kriyojeller sahip oldukları bu birbirleri ile bağlı makrogözenekleri sayesinde herhangi bir difüzyon sorunu olmaksızın kullanılabilmektedir. Makro gözenekli süngerimsi yapıya sahip monolitik kriyojel kolonlar, kısmen donmuş monomer veya polimer çözeltileri kullanılarak hazırlanan jel matrikslerdir. Hidrofilik yapıdaki kriyojeller makrogözeneklere sahiptirler ve sıfırın altındaki sıcaklıklarda gerçekleştirilen polimerizasyon işlemi ile oluşturulurlar. Kriyojel oluşumu Şekil 1'de verilmektedir (Plieva et al., 2005).

Kriyojeller ilk olarak 1960'lı yıllarda rapor edilmiş ve biyoteknoloji potansiyelleri ise yeni keşfedilmiştir. Kriyojeller, düşük veya yüksek molekül ağırlığına sahip monomer çözeltilerinin donma noktalarının altında gerçekleştirilen kriyojenik uygulama yöntemi ile hazırlanmaktadır. Kriyojel oluşumu sırasında öncelikle monomerler su gibi uygun bir çözücü içerisinde çözünür. Çözütünün sıcaklığı donma noktasının altına getirilmesi ile, çözücü kısımda donup birbirine bağlı buz kristalleri oluştururken, donmamış kısımda bulunan organik monomerler polimerleşerek buz kristallerinin etrafında bir ağ yapı oluştururlar. Polimerizasyon tamamlandıktan sonra donmuş karışım oda sıcaklığına getirildiğinde buz kristalleri erir ve “kriyojel” olarak adlandırılan gözenekli polimer ağ yapı elde edilir. Çözücü kristalleri, gözenek yapıcı ajan olarak işlev görmektedir. Gözenek duvarının etrafındaki çözütünün yüzey geriliminden dolayı buz kristallerinin erimesi, kriyojellerdeki gözeneklerin dairesel şekle sahip olmalarını sağlar. Gözeneklerin şekil ve boyutları, birçok faktöre bağlıdır; monomer derisi ve polimerizasyonun gerçekleştiği sıcaklık en önemli etki eden faktörlerdir. Kriyojellerin polimerik fazında mikrogözenek oluşumları da gözlenmektedir. Dolayısı ile makrogözeneklerin yanı sıra kriyojel yapısında mikrogözenekler de bulunmaktadır (Lozinsky et al., 2003).



**Şekil 1.** Kriyojelin sentezlenmesi (Plieva et al., 2005).

Bu çalışmada, yaklaşık  $2 \mu\text{m}$  çapında poli (2-hidroksietil metakrilat) (PHEMA) mikroküreler hazırlanacak, bu kürelere Vinylimidazole kovalent olarak bağlanacak, daha sonra da Vinylimidazole üzerinden  $\text{Fe}^{++}$  takılacaktır. Son olarak hazırlanan bu partiküller ile PHEMA partikül gömülü süpermakrogözenekli kriyojel kompozit membranlar hazırlanacaktır.

Bu amaçla, monomer olarak poli (2-hidroksietil metakrilat), çapraz bağlayıcı olarak N,N'-metilen-bis-akrilamid, başlatıcı/aktivatör olarak N,N,N',N'-tetrametilen diamin (TEMED)/amonyum persülfat (APS) kullanılacak ve radikal kriyo-kopolimerizasyon yöntemiyle 5 mL'lik plastik tüplerde sentezlenecektir (Odabaşı, 2010).

Hazırlanan  $\text{Fe}^{2+}$  takılı PHEMA mikroküreler gömülü süpermakrogözenekli kriyojeller yüzey alan tayini, şişme testleri, taramalı elektron mikroskopu (SEM), ile karakterize edilecektir.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

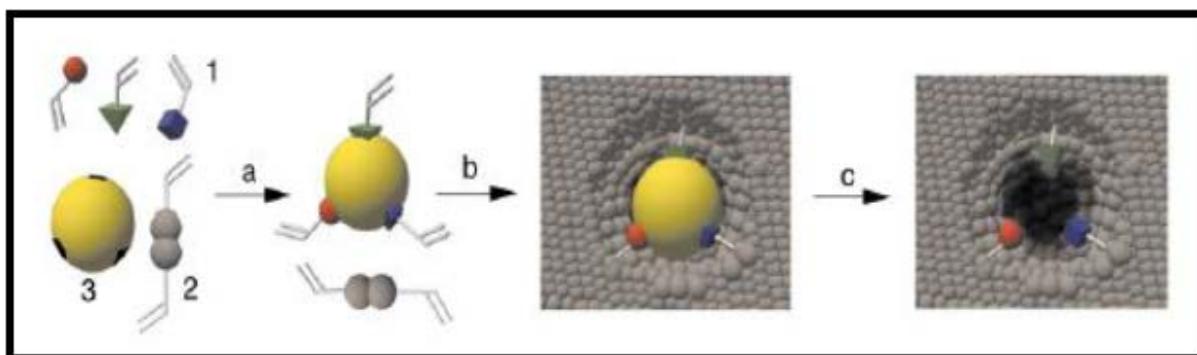
#### 3.1. Moleküler Baskılama Teknolojisi

Moleküler baskılama, ilgilenilen analit için seçici tanıma bölgelerine sahip polimerlerin hazırlanmasında kullanılan bir yöntemdir. Moleküler baskılama yöntemi ile hazırlanan taşıyıcılar hedef moleküle yüksek seçicilik göstermesi nedeniyle oldukça önemlidir.

Moleküler baskılama yöntemi ilk defa 1972'de Günter Wulff ve arkadaşları tarafından polimerlerde fonksiyonel grupları kullanarak ilgilenilen hedef moleküle ait üç boyutlu ve seçici bağlanma bölgeleri elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Moleküler baskılama, iyonların, ilaçların, herbisitlerin, aminoasitlerin ve türevlerinin, peptitlerin, proteinlerin vb. bileşiklerin seçici tanınma matrikslerin hazırlanması için geliştirilmiş bir yöntemdir. Moleküler baskılama tekniği biyolojik sistemlerdeki moleküler tanıma temeli esas alınarak geliştirilmiş bir tekniktir (Wulff et al., 1977). Moleküler baskılamada ilgilenilen bir hedef molekül ile kovalent veya non kovalent olarak etkileşebilecek ve polimerleşebilen fonksiyonel monomerlere ihtiyaç vardır. Hedef moleküle fonksiyonel monomerin oluşturduğu kompleksin etrafında düzenlenen çapraz bağlayıcı ve diğer monomerlerin varlığında polimerleşme gerçekleştirilir. Polimerizasyondan sonra hedef molekül uzaklaştırılır ve bağlanma bölgeleri hedef moleküle büyülüük, şekil ve fonksiyonel grupların yerlesimi olarak tamamlayıcıdır. Böylece esas olarak hedef molekülü seçici olarak tekrar bağlayabilen polimer üzerine bir moleküler bellek baskılanmıştır. (Wei et al., 2005; Yavuz et al., 2007).

Kalıp olarak iyonların kullanıldığı iyon baskılanmış işlemlerde, polimerik adsorbentin seçiciliği, baskılanmış iyonun yükü, boyutu, koordinasyon sayısı ve geometrisine dayanır (Cormack and Mosbach, 1999). Metal iyonlarını adsorplamak için birçok çalışmada iyon baskılama metodu kullanılmıştır (Say et al., 2003a ; Ersöz et al., 2004; Yavuz et al., 2005, Andaç et al., 2007).

Moleküler baskılama yöntemi temelde üç basamaktan oluşmaktadır. Moleküler baskılanmış polimerin hazırlanması Şekil 2'de görülmektedir (Yan and Ramstrom, 2005).



**Şekil 2.** Moleküler baskılanmış polimerin hazırlanması (1) fonksiyonel monomerler (2) çapraz bağlayıcı (3) hedef molekül, a) ön kompleksin oluşumu b) polimerleşme c) hedef molekülün sökülkerek tanıma bölgesinin oluşturulması (Yan and Ramstrom, 2005).

**1) Ön-kompleksleşme:** Uygun fonksiyonel gruba sahip ve polimerleşebilen monomer ilgilenilen analitle (hedef molekül/kalıp) kovalent veya kovalent olmayan etkileşimlerle kompleks oluşturur. Bu etkileşimde hedef molekülün üç boyutlu yapısı ve kimyasal özellikleri önemlidir.

**2) Polimerizasyon:** Monomer-analit kompleksi, uygun bir çapraz bağlayıcı ve başlatıcı kullanılarak fonksiyonel monomer üzerinden polimerleştirilir.

**3) Analit molekülünün uzaklaştırılması:** Uygun çözücü veya çözücü karışımı kullanılarak polimerik yapıdan analit molekülü uzaklaştırılır. Baskılanan molekülün polimerden uzaklaştırılması sonucunda polimerde baskılanan moleküle kimyasal ve topolojik (büyüklük, şekil ve üç boyutlu yapı) olarak uygun seçici bellekler elde edilir ve bir karışımda baskılanan molekül polimere seçici olarak tekrar bağlanabilir.

#### 4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Arsenik kaynaklı su kirliliği son zamanlarda gündeme gelmiştir. Ülkemizde yapılan çalışmalarla özellikle Kütahya-Emet-Hisarcık Havzası ile Nevşehir Havzasında (20-200 µg/L), İzmir bölgesi Hisarcık içme suyunda (1-760 µg/L), Afyon çevresindeki termal sularda (30-1471 µg/L) ve Aksaray ili su kaynaklarında (kuyu sularında 1.3-72.7 µg/) ölçülen yüksek arsenik miktarlarına rastlanmıştır.

Arseniğin kanserojen etkisi nedeniyle, içme sularında izin verilecek maksimum arsenik konsantrasyonu  $10 \mu\text{g/L}$  olarak Dünya Sağlık Örgütü tarafından düzenlenmiş ve Ülkemizde de bu değer yasal olarak kabul edilmiştir.

Konvensiyonel yöntemler ile arsenik giderimi güç olması nedeniyle ileri arıtma prosesleriyle modifiye edilme ihtiyacını gündeme getirmektedir. İleri arıtım yöntemleri de yüksek giderim maliyeleri oluşturmaktadır. Bu nedenle tercih edilmemektedir.

İçme sularında arsenik sorunu olan yerleşimlerde bu çalışma ile daha ekonomik ve uygun alternatif yöntem olacağını düşündüğümüz  $\text{Fe}^{++}$  bağlı kriyoje ile daha ekonomik giderim yapılması planlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- Andaç, M., Özyapı, E., Şenel, S., Say, R., Denizli, A., 2006, Ion-Selective Imprinted Beads for Aluminum Removal from Aqueous Solutions, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45, 1780-1786.
- Andaç, M., Say, R., Denizli, A., 2004, Molecular recognition based cadmium removal from human plasma, *Journal of Chromatography B*, 811, 119–126.
- Aşır, S., Uzun, L. and Türkmen, D., Say, R., Denizli, A., 2005, Ion-selective imprinted superporous monolith for cadmium removal from human plasma, *Separation Sci. and Technol.*, 40, 3167-3185.
- Başkan, M.B. ve Pala, A., 2009, İçme Sularında Arsenik Kirliliği: Ülkemiz Açısından Bir Değerlendirme, PAÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15, 69-79.
- Boreysza, K., Fabritius, B., Laures, C., 2006, Arsenic pollution of ground water in Bangladesh, *Water Resources Engineering and Management-WAREM*, University of Stuttgart, Applied Hydrogeology, 642E.
- Choong, T.S.Y., Chuah, T.G., Robiah, Y., Koay, F.L.G., Azni, I., 2007, Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: an overview, *Desalination*, 217, 139–166.
- Cormack, P.A.G., Mosbach, K., 1999, Molecular imprinting: recent developments and the road ahead, *Reactive and Funct. Polymers*, 41, 115-124.
- Ersöz, A., Say, R., Denizli, A., 2004, Ni(II) ion-imprinted solid-phase extraction and preconcentration in aqueous solutions by packed-bed columns, *Analytica Chimica Acta*, 502, 91-97.

Lozinsky, V.I., Galaev, I.Y., Plieva, F.M., Savina, I.N., Jungvid, H., Mattiasson, B., 2003, Polymeric cryogels as promising materials of biotechnological interest, *Trends in Biotechnol.*, 21, 445-451.

Mohan D. and Pittman Jr. C.U., 2007, Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents-A critical review, *Journal of Hazardous Materials*, 142, 1-53.

Odabaşı, M., Baydemir, G., Karataş, M. & Derazshamshir, A. Preparation and characterization of metal-chelated poly(HEMA-MAH) monolithic cryogels and their use for DNA adsorption , *Journal of Applied Polymer Science*, 116, 1306-1312, (2010)

Plieva, F.M., Karlsson, M., Aguilar, M.R., Gomez, D., Mikhalkovsky, S., Galaev, I.Y., 2005, Pore structure in supermacroporous polyacrylamide based cryogels, *Soft Matter*, 1, 303-309.

Say, R., Birlik, E., Ersöz, A., Yılmaz, F., Gedikbey, T., Denizli, A., 2003a, Preconcentration of copper on ion-selective imprinted polymer microbeads, *Analytica Chimica Acta*, 480, 251-258.,

Smedley, P.L. and Kinniburgh, D.G., 2002, A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters, *Applied Geochemistry*, 17, 517–568.

Wei, X., Samadi, A., Husson, S.M., 2005, Synthesis and characterization of molecularly imprinted polymers for chromatographic separations, *Separation Science and Technol.*, 40, 109–129.

WHO, 1993, Guidelines for Drinking Water Quality, Volume 1, Recommendations, 2nd ed., World Health Organization, Geneva, [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq2v1/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/).

Wulff, G., Vesper, W., Grobe-Einsler, R., Sarhan, A., 1977, Enzyme-analog built polymers, 4. On the synthesis of polymers containing chiral cavities and their use for the resolution of racemates, *Makromolecular Chem. and Phys.*, 178, 2799–2816.

Yan, M. and Ramstrom, O., 2005, Molecularly Imprinted Materials: Science and Technology, Marcel Dekker Inc., New York, 734p.

Yağmur, F., Hancı, İ. H., 2002, Arsenik, *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi* (sted), 11(7), 250-251, <http://www.ttb.org.tr/STED/sted0702/arsenik.pdf>.

Yavuz, H., Say, R., Denizli, A., 2005, Iron removal from human plasma based on molecular recognition using imprinted beads, *Materials Science and Engineering: C*, 25(4), 521-528.

Yavuz, H., Karakoç, V., Türkmen, D., Say, R., Denizli, A, 2007, Synthesis of cholesterol imprinted polymeric particles, *Int. J. Biol. Macromolecules*, 41, 8–15.

Yılmaz O., Ekici K., 2004, Van Yöresinde İçme Sularında Arsenikle Kirlenme Düzeyleri, YYÜ Veteriner Fakültesi Dergisi, 15 (1-2), 47-51.

## GÜNEŞ ENERJİSİ VE GÜNEŞ PİLLERİ

Behiye DURDU<sup>1</sup>, Derya ÖZSOY<sup>1</sup>, Melayib BİLGİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Müh. Fak. Çevre Mühendisliği Bölümü, AKSARAY

[behiyedurdu@gmail.com](mailto:behiyedurdu@gmail.com), [deryaozsy6@gmail.com](mailto:deryaozsy6@gmail.com)

**ÖZET:** Günümüzde enerji ihtiyacı büyük oranda fosil yakıtlar kullanılarak karşılanmaktadır. Ancak fosil yakıtların belirli rezervlere ve yenilenemez özelliklerinin yanında, önemli çevre sorunlarına da sebep olması yeni enerji kaynaklarının kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Ayrıca ülkemizin kalkınma sürecinde gittikçe artan miktarda enerji tüketimine bağlı olarak ortaya çıkan çevre sorunları konusunda toplumun duyarlılığı hızla artmaktadır.

Bilindiği gibi güneş enerjisi tükenmeyen bir enerji kaynağı ve yenilebilir enerji çeşitlerinin ise menseidir. Güneş enerjisinin devamlı olması ve arzu edilen her coğrafik alanda kullanılabilmesi bu enerjinin elektrik enerjisi üretiminde de kullanılmasının önemini her geçen gün artırmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji*

## SOLAR ENERGY AND SOLAR CELL

**Abstract:** Today's energy needs are mostly satisfied by fossil resources. However, since they have limited reserves and are not recycled, and either, cause environmental problems, it makes the use of new energy resources necessary. Besides, environmental side effects of increasing energy needs and uses of industrial development duration result in a raise in social sensitivity on this subject.

Abstract-It is well known that solar energy is renewable energy source and also it is the origin of renewable energy types. The solar energy is constantly and can be used in the desired each geographical area; therefore, the importance of using this energy increases in production of electrical energy with each passing day.

**Keywords:** *Solar energy, renewable energy*

## GİRİŞ

Günümüzde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük çoğunluğu fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Bu yakıtların gerek çevreye verdikleri zarar gerekse kaynaklarının sınırlı olması, alternatif enerji kaynakları arayışına sebep olmuştur. Çevrenin korunması, gelecekte insan yaşamı ve çevre dengeleri üzerinde oluşabilecek tehditlerin önlenmesi, ulusal kaynaklardan en üst düzeyde yararlanılarak ülkelerin enerji kaynakları arz güvenliğinin sağlanması, alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesini ve kullanılmasını gereklî hale getirmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı bu tip alternatif enerji, sürekli olarak tekrarlanan doğal süreçlerin ürünü olup yenilenebilir enerji adını almıştır.

Bu enerji kaynakları, çok farklı şekillerde doğrudan veya dolaylı, güneşten veya yer kabuğunun derinliklerinden bulunabilir. Çok eski çağlardan beri bu kaynaklardan, su pompalanmasında, tahılların öğütülmesinde, kurutmada, ısıtmada ve yelkenli gemilerde faydalанılmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarından güneş enerjisi, sonsuz ve yaygın bir

kaynak olması, doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi gibi avantajları sebebiyle hızla yaygınlaşmaktadır.

Güneş enerji kaynağı elektrik elde edilmesinde en yaygın kullanılan teknoloji olan fotovoltaik teknolojisi, dünya ölçüğünde büyük bir hızla büyüyen bir pazar hacmine sahiptir. Fotovoltaik veya PV (photo voltaic) piller ışığı elektriğe dönüştürür. "Photo" sözcüğü Latince ışık anlamına gelen "phos" sözcüğünden türemektedir. "Volt" sözcüğü de elektrik araştırmalarının öncülerinden biri olan Alessandro Volta (1745-1827) adından alınmıştır. Dolayısıyla "Foto Voltaik", kelime anlamı ile "ışık - elektrik" anlamına gelmektedir. Yaygın biçimde "solar hücreler" olarak bilinen PV sistemleri çoktan yaşamımızın önemli bir parçası olmuştur. En basit uygulama ile günlük olarak kullandığımız küçük hesap makineleri ile kol saatleri enerjilerini bu hücrelerle sağlarlar. Farklı teknolojiler içeren fotovoltaikler, gün geçtikçe mühendisler tarafından geliştirilmektedir [URL-1]

## **YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÇEŞİTLERİ**

Yenilenebilir enerji kaynakları, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerjilerdir. En genel olarak, yenilenebilir enerji kaynağı; enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi olarak tanımlanır.

Yenilenebilir enerji kaynakları tükenmeyen ve konvansiyonel enerji kaynaklarından çevreye en az zarar veren kaynaklardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının her biri çeşitli uygulamalar için özel avantajlara sahiptir. Bu kaynakların hiçbir işlemi boyunca ne sıvı ne de gaz olarak kirlilik oluşturmazlar [URL-1].

Modern yenilenebilir enerji çeşitleri şunlardır:

- Rüzgâr
- Güneş
- Hidroelektrik
- Nükleer
- Biyoyakıt
- Jeotermal
- Okyanus kaynakları enerjisi.

## **GÜNEŞ ENERJİSİ**

Güneşin yaymış olduğu ısı ve ışiktan elde edilen enerjiye Güneş enerjisi denir. Güneşin yaymış olduğu bu enerji her ne kadar Dünya'ya gelen küçük bir bölümü dahi olsa insanlığın mevcut enerji tüketiminden oldukça fazladır. 1970'lardan sonra hız kazanan Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalarla güneş enerjisi sistemleri konusunda teknolojik ilerlemeler sağlanmış ve yatırım maliyetleri azaltılmıştır. Bütün bu çalışmaların yanında mevcut fosil yakıtlarının maliyetinin giderek artması ve çevrede olumsuz etkilerinin

hissedilmesi; buna karşın güneş enerjisinin enerji ham maddesinin bedava olması ve güneş enerjisinin temiz bir enerji kaynağı olması bu enerjiden daha fazla yararlanması gerektiğini açıkça göstermektedir [URL-2].

### Güneş Panelleri ile Enerji Üretimi Neden Cazip

- Sınırsız ve bedava enerji kaynağı olan güneş enerjisini kullanır.
- Kullanılması durumunda güneş yörüngesi izleyicileri dışında hareketli, aşınan parçalara sahip değildir.
- Uzun kullanım ömrüne sahiptir.
- Çevre dostudur; CO<sub>2</sub> yaymadığı için yerkürenin ekolojik dengesine olumsuz etkisi yoktur.
- Düzenli ve sürekli bakım gerektirmez.
- Seri/paralel bağlandığında çıkış güçleri ölçülebilir.
- Elektrik enerjisinin tüketileceği yere kurulacağı için kablo tesisat maliyeti çok düşüktür.
- Çalışması için bir operatöre ihtiyaç duymaz, dolayısıyla işletme maliyeti neredeyse sıfırdır.
- Doğal afetlerden etkilenme olasılığı diğer enerji üreten kaynaklara göre daha düşüktür.

Tüm bu avantajlarına karşın üretim maliyetlerinin hala yüksek oluşu güneş panellerinin bugüne kadar yaygın kullanım alanı bulmasını engellemiştir. Kullanımın artması ile panel fiyatlarının düşmesi kaçınılmazdır. Talebin artması ise ancak devletin kullanımı teşvik etmesi ve güneş panelleri ile üretilen enerjiyi uygun fiyattan satın alması ile mümkündür [URL-3].

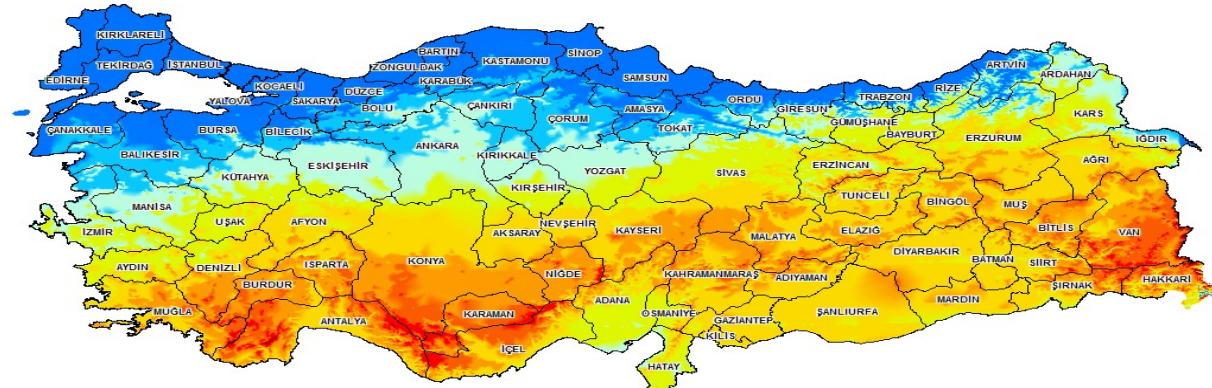


Şekil 1.Aksaray'ın Bağlı Köyünde Bulunan Güneş Panelleri

### Türkiye'de Güneş Enerjisi

Coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1.311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Ülkemizin Güneş Enerjisi potansiyeli 380 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

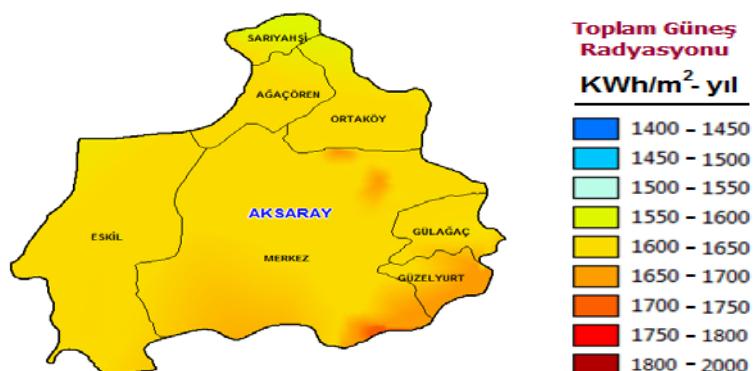
Aşağıdaki haritada ülkemizin Güneş Enerjisi Potansiyeli gösterilmektedir. Türkiye'nin en çok ve en az güneşlenme süreleri sırası ile Temmuz ve Aralık ayalarıdır. Bölgeler arasında ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesi gelmektedir. Bu bölgeleri İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgeleri takip etmektedir (EÜAŞ Sektör Raporu,2010).



Sekil 2.Turkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Aksaray Güneş Enerjisi Potansiyeli

Aksaray yıllık yaklaşık 1620 kWh/m<sup>2</sup>'lik güneş radyasyonu değeriyle önemli bir potansiyele sahiptir. Bu değer ilin kuzeyinde 1550 kWh/ m<sup>2</sup>'ye düşerken ilin güney doğusunda 1700 kWh/ m<sup>2</sup>'ye kadar çıkmaktadır. Haziran, Temmuz ve Mayıs ayları en fazla güneş radyasyon değerlerine ulaşıldığı aylar olurken, en az Aralık ve Ocak aylarında bu değerler oldukça düşmektedir (EÜAŞ Sektör Raporu,2010).



### Sekil 3.Aksaray İlinin Güneşi Alma Potansiyeli

GÜNES PİLLERİ

Güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları  $100 \text{ cm}^2$  civarında, kalınlıkları özellikle en yaygın olan silisyum güneş pillerde 0.2 – 0.4 mm arasındadır.

Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerine ışık düşüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pillerin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Deniz seviyesinde, parlak bulutsuz bir gündeki ışınım şiddeti maksimum  $1000 \text{ W/M}^2$  civarındadır. Yüzeyle bağlı olarak  $1\text{m}^2$ 'ye düşen güneş enerjisi miktarı yılda 800-2600 KWh arasında değişir. Bu enerji, güneş pilinin yapısına bağlı olarak %5 - %70 arasında bir verim ile elektrik enerjisine çevrilebilir.

Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir. Bu yapıya güneş pili modülü yada fotovoltaik modül adı verilir. Gerekirse bu modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak, fotovoltaik bir dizi oluşturabilir [URL-4].

### **Güneş Pillerinin Yapısı ve Çalışması**

Günümüz elektronik ürünlerinde kullanılan transistörler, doğrultucu diyonotlar gibi güneş pilleri de, yarı-iletken maddelerden yapılmaktadır. Yarı- iletken özellik gösteren birçok madde arasında güneş pili yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddelerdir

Yarıiletken eklemi güneş pili olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaik dönüşümün sağlanması gereklidir. Bu dönüşüm iki aşamada olur, ilk olarak, eklem bölge sine ışık düşürülerek elektron-hol çiftleri oluşturulur, ikinci olarak ise, bunlar bölgedeki elektrik alan yardımıyla birbirlerinden ayrılır.

Yarıiletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandından oluşur. Bu bandlar valans bandı ve iletkenlik bandı adını alırlar. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili bir foton, yarıiletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans bandındaki bir elektrona vererek, elektronun iletkenlik bandına çıkışını sağlar. Böylece, elektron-hol çifti oluşur. Bu olay, pn eklem güneş pilinin ara yüzeyinde meydana gelmiş ise elektron-hol çiftleri buradaki elektrik alan tarafından birbirlerinden ayrılır. Bu şekilde güneş pili, elektronların bölge sine, holleri de p bölge sine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-hol çiftleri, güneş pilinin uçlarında yararlı bir güç çıkışını oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun pil yüzeyine çarpmasıyla aynı şekilde devam eder. Yarıiletkenin iç kısımlarında da, gelen fotonlar tarafından elektron-hol çiftleri oluşturulmaktadır. Fakat gerekli elektrik alan olmadığı için tekrar birleşerek kaybolmaktadır.

Yapının iki ucu bir dış devreye bağlandığında bu yükler akarak elektrik akımı elde edilmiş olur. Elde edilen doğru akıma fotovoltaik akımı, bu akımı oluşturan olaya da fotovoltaik olayı denilmektedir [URL-5].

### Güneş Pili Kullanım Alanları

Güneş pilleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımının zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Bunun dışında dizel jeneratörler ya da başka güç sistemleri ile birlikte karma olarak kullanılması da mümkündür.

Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri yüksek güçte-santral boyutunda sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçlü kullanım şeklindedir. Bu sistemlerde örneğin bir konutun elektrik gereksinimi karşılanırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir. Güneş pili sistemlerinin şebekeden bağımsız olarak kullanıldığı tipik uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır [URL-6].

- Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri
- Petrol boru hatlarının katodik koruması
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb.) korozyondan koruması
- Bina içi ya da dışı aydınlatma
- Dağ evleri ya da yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde TV, radyo, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması
- Tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompajı
- Orman gözetleme kuleleri
- Deniz fenerleri
- İlkyardım, alarm ve güvenlik sistemleri
- Deprem ve hava gözlem istasyonları

### SONUÇ

Enerji gereksiniminin karşılanmasıyla ilgili politikalar belirlenirken; dışa en az bağımlı, temiz ve yenilenebilir kaynaklardan yararlanmasına öncelik verilmesi, kurulacak tesislerin çevre etkilerinin mutlaka dikkate alınması, bunların insan sağlığına ve çevreye verecekleri zararlar ve bu zararların giderilmesi maliyetlerinin değerlendirilmesi gereklidir. Gerek enerji sıkıntısı, gerekse çevre kaygısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına bir an önce gereken önem verilerek geç kalınmadan, devlet ve özel sektör bazında yatırmılara girilmesi gerekmektedir. Alternatif enerji kaynaklarının caydırıcı olabilecek özellikleri, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olduğunu, ancak, karşılaştırma yapılrken dikkat edilecek değerler, çevre ve uzun vadede çözülen enerji sıkıntısı olmalıdır [URL-7].

## KAYNAKLAR

- Elektrik Üretim AŞ Sektör Raporu,2010
- URL- 1 <http://elektronikhobi.net/alternatif-enerji-kaynaklari-1/>
- URL- 2 [http://investinaksaray.com/assets/ilgilidosyalar/Gunes-Enerjisi-Sektor-Raporu\\_1.pdf](http://investinaksaray.com/assets/ilgilidosyalar/Gunes-Enerjisi-Sektor-Raporu_1.pdf)
- URL- 3 <http://yeninerji.com/bilimsel/solar-enerji-gunes-enerjisi-ve-solar-paneller-gunes-panelleri>
- URL- 4 [http://myo.mersin.edu.tr/UZAK/TP/Bilgisayar/bp-109\(temel-elk\)/te-08.pdf](http://myo.mersin.edu.tr/UZAK/TP/Bilgisayar/bp-109(temel-elk)/te-08.pdf)
- URL- 5 www.eie.gov.tr, 08.06.2007, Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli
- URL- 6 <http://www.gunder.org.tr/documentsgunespilleri.pdf>
- URL- 7 [http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/81e728d9d4c2f63\\_ek.pdf?dergi=18](http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/81e728d9d4c2f63_ek.pdf?dergi=18)

## GRİ SU ARITIMI

Hacı AKÇİL<sup>1</sup>, Mustafa IŞIK

<sup>1</sup>Aksaray üniversitesi, mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 68100/AKSARAY

E-mail:haciakcil340@gmail.com

**ÖZET:** Gri su tuvaletler haricinde kullanılmış suya verilen addır. Bulaşık, duş, lavabo ve çamaşır suyu evsel atıksuyun % 50-80'inii oluşturur. Kentsel alanlarda mesken, ticari ve kamu binaları en fazla atıksu üreten ana su tüketimi yapan yerlerdir. Aritilmiş sular uygun bir alternatif su kaynağı olarak dikkate alınmakta ve günümüzde Dünyanın birçok kurak bölgesinde içme suyu dışındaki su ihtiyacı için kullanılmaktadır. Gri su kullanımı evlerde, ticari binalarda ve endüstriyelde içme suyu tüketimini azaltmak için ana seçeneklerden bir tanesidir. Sulak alanlar, döner biyolojik diskler, UV dezenfeksiyonlu membran biyoreaktör, TiO<sub>2</sub> filmleri üzerinde fotooksidasyon, elektrokimyasal reaktörler, ve hidrojen peroksit dezenfeksiyon ile birlikte aerobik arıtım gibi teknolojiler kullanılmaktadır. Aritilmiş gri su tuvalet sifon suyu, araba yıkama ve sulama gibi içme suyu harici kullanımını olabilir. Bu çalışmada, farklı teknolojiler ve uygulamalar anlatılmış ve karşılaştırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Atıksu, gri su, Arıtım, membran, yeniden kullanım

## GREYWATER TREATMENT

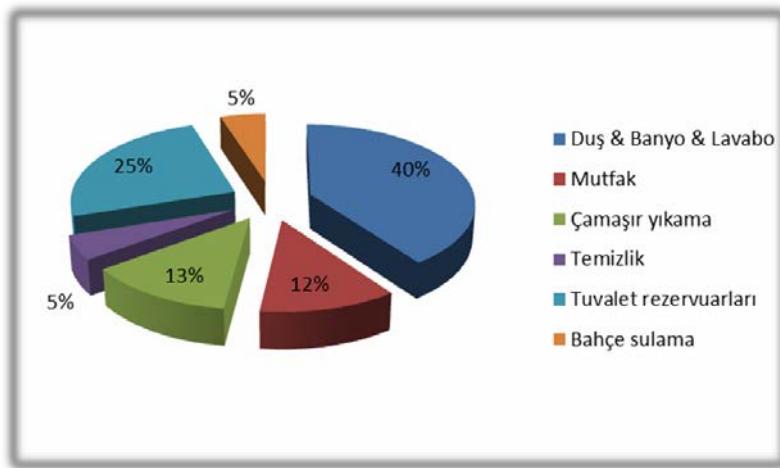
**Abstract:** Any water that has been used in the home, except water from toilets, is called greywater. Dish, shower, sink, and laundry water comprise 50-80% of domestic wastewater. In urban areas, residential, commercial, and public buildings are major consumers of water, generating a large quantity of wastewater. Treated effluent has been considered to be a suitable alternative source for water, and is already used in many dry regions around the world for non-potable water needs. Greywater reuse is one of the main options for reducing potable water consumption in households, commercial buildings, and industries. Various technologies are being studied, like wetlands, , rotating biological contactors, membrane bioreactors with UV disinfection, photooxidation over TiO<sub>2</sub> films, electrochemical reactors, and aerobic digestion with hydrogen peroxide disinfection. The treated greywater can be used for non-potable purposes such toilet flushing, car washing and irrigation, in some cases. In this study different technologies and practises were introduced and compared.

**Keywords:** wastewater, grey water, treatment, membrane, reuse

## GİRİŞ

Gri su tuvalet sularının dışında kalan tüm atık suları içermekte, atık su çeşitleri içerisinde kirlilik yönünden en düşük seviyede bulunan ve en az kirletici içeren akımdır. Pratik olarak tuvalet sularının haricindeki tüm evsel atık su akımlarını kapsayan bu suyun başlıca kaynakları, mutfak atık suları, banyo, lavabo ve çeşitli yıkama sularıdır. %75'lik pay (Şekil 1) ile hacimsel olarak evsel atık suyun en büyük yüzdesini oluşturan gri suda patojen bulunma olasılığı düşük olup, nütrientler açısından da fazlaca zengin değildir. Atık su içerisinde de yer alan azot kirletme etkisi en ciddi ve içme suyundan en zor temizlenen maddededir. Atık suda bulunan Azotun %90'i siyah sudan gelmekte ve gri suda ise, siyah sudan çok daha az miktarda azot bulunmaktadır. Bundan dolayı gri su, siyah sudan daha kolay ayırsız ve daha kısa sürede temizlenir. Hijyen şartlarına uygun patojen mikrobünen en yaygın kaynağını fosseptik atıklar oluşturur. Gri su, siyah suya göre çok daha az miktarda patojen mikrobu içermesi arıtımını da kolaylaştırmaktadır. Ayrıca organik madde açısından zengin

olup, bu grup kirleticinin giderilmesinin ardından su çevrimine geri verilerek değerlendirilmektedir (Karahan, 2011).



**Şekil 1.** Günlük Su Tüketim Oranları (Karahan, 2011)

Gri su, evlerde kullanılan şebeke suyunun kimyasallarla kirlenmesiyle oluşur. Gri suyun kirlilik derecesini temel olarak tüketicilerin alışkanlıklarını belirler. Oluşan kirlilik kullanılan kişisel hijyen ürünlerinin, deterjanların, kirli kıyafetlerin ve vücut kirinin bir sonucudur (Karahan, 2011).

## GRİ SU MİKTARI VE ÖZELLİKLERİ

Konutlarda kullanılan suyun miktarı, tamamıyla tüketicinin alışkanlıklarına ve yaşadığı ortama bağlı olarak farklılık gösterir. Şehirlerde su tüketim oranı kırsal kesimlerdeki su tüketim oranlarından çok daha fazladır (Gleick, 1998). Aynı şekilde villalardaki su tüketim oranı ile apartman dairesindeki oranlarda farklılık gösterir. Avrupa'da genel olarak konutlarda ihtiyaç duyulan su miktarı ortalama 129L/kİŞİ.gün'dür. Bu miktar kullanım yerinin durumuna ve kullanıcıların alışkanlıklarına göre farklılık gösterir (Karahan, 2011).

Gri su, evlerde kullanılan şebeke suyunun kimyasallarla kirlenmesiyle oluşmaktadır. Gri su içeriği yaşam standardına, sosyal ve kültürel alışkanlıklara, evde yaşayan insan sayısına ve evde kullanılan kimyasallara bağlı olarak değişmektedir. Suda kirliliğe neden olan kirletici maddeler; oluşan kirlilik, kullanılan kişisel hijyen ürünlerinin, deterjanların, kirli kıyafetlerin ve vücut kirinin bir sonucudur (Tablo 1). Duş ve lavabodan gelen atık sular düşük konsantrasyonda bakteri ve kimyasal içerirken mutfak lavabosundan gelen atık suların yüksek konsantrasyonda bakteri, katı madde ve kimyasal ve yağ içerdiği Tablo 2'de görülmektedir (Üstün ve Tırpançı, 2015).

Gri su yüksek ve düşük kirli olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Arıtmak için öncelikli düşünülmesi gereken gri su kaynakları düşük kirliliğe sahip olan bölgelerden gelen gri sularıdır.

Gri su, deterjan, cilt yağı, saç, cilt ve kepek parçacıkları gibi kolaylıkla biyolojik bozunabilen maddelerden meydana gelmektedir.

Biyolojik bozunma, kimyasal bileşiklerin, canlı organizmaların biyolojik etkileriyle tahribi demektir. Biyolojik bozunmada esas prosedür oksidasyondur ve genellikle tabiattaki canlılar tarafından kullanılması için organik maddelerin bir kere daha elde edilebilecek şekilde basit bileşenlere ayrılması anlamındadır.

**Tablo 1.** Gri Suyun Kaynağına Göre Oluşan Kirletici Maddeler (Allen vd., 2010, Üstün ve Tırpancı, 2015)

Gri Su Kaynağı	Kirletici Maddeler
Çamaşır Makinesi	Askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, tuzluluk, sodyum, nitrat, fosfor(deterjandan), çamaşır suyu, pH
Bulaşık Makinesi	Askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, artan tuzluluk, pH, bakteri ve deterjan
Küvet-Duş	Bakteri, saç, askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, sabun, şampuan kalıntıları
Lavabo (Mutfak dâhil)	Bakteri, askıda katı madde, organik madde, yağ ve gres, sabun, şampuan kalıntıları

Gri suda bulunan fosfat miktarının yoğun olmasından dolayı arıtılmadan bekletilen gri su ötrofikasyon problemine yol açar. Fosfatlar, sularda gübre görevi görüp, bitki, yosun ve alglerin aşırı çoğalmasına neden olurlar ve arıtılmadan bekletilen gri suyun istenmeyen kokular yaymasına sebep olurlar. Bu yüzden dolayı tekrar kullanılması düşünülen gri su hemen arıtma işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Organik maddeler genellikle BOİ ve KOİ parametreleri ile ölçülür. Organik maddelerin içerikleri toplanan gri suyun kaynağına bağlıdır.

Evsel atık sularla karşılaşıldığında gri su oldukça az besleyici madde (nutrient) ihtiva eder. Fakat biyolojik arıtımında, yetersiz besin kaynağı nedeniyle, olası bir sınırlandırma gri su geri kazanım sistemlerinde yapılan araştırmalarda ortaya çıkmamıştır. Geçtiğimiz yıllarda yapılan çok miktardaki mikrobiyolojik araştırma banyodan ve lavabodan gelen sulardaki E.coli miktarının toplam evsel atık sulara göre 100 kat daha az olduğunu göstermiştir. Çamaşır yıkamadan gelen gri suların toplanmasıyla yıkama sıcaklığına bağlı olarak gri suda yüksek bakteri konsantrasyonu ölçülmüştür (URL1,2016).

## ÖNEMLİ GRİ SU GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ

- Yapay Sulak Alanlar (Wetlands)
- Döner Biyolojik Reaktörler (Rotating Biological Contactors – RBC)
- Ardışık Kesikli Rektörler (Sequencing Batch Reactors – SBR)
- Membran Biyoreaktörler (MBR) (URL2,2016).

**Tablo 2.** Gri su bileşenleri (Bell ve diğ. 2010; Üstün ve Tirpançı, 2015)

Parametre*	Ticari	Evsel (mutfak lavobosu dahi değil)			Evsel (mutfak lavobosu dahi değil)			Az kirli Gri su	Çok Kirli Gri Su
	Venemen (2002)	Erikson (2003)	Rose vd. (1991)	Casonova vd. (2001)	Siegrist (1980)	Travis (2008)**	Huelgas (2009)**		
BOİ <sub>5</sub>	22-360	26-130		65	145-324	1042	23,5-392,4	59-424	48-890
KOİ		77-240				2180	770-2050	119-3740	100-645
AKM,	10-200	7-207		35	100-204	1250		72,5-4250	361-1815
TN		3,6-6,4	1,7			22	21,9-43,5	30-303	35-625
TKN,	3,1-32,7				5,9-18,4		0,9-5,3		
NO <sub>3</sub> -N,	<1-17,5	<0,02-0,26	0,98						
Orto-P	<0,5-3,7								
TP		0,28-0,78			2,8-7,8	3,8	2,9-14,5		
pH	5,3-10,8	7,6-8,6	6,5	7,5	7,3-8,7	5,7		7,02-7,86	6,4-8,1
Yağ ve gres						195			5,2-10
Toplam Koliform, CFU/100 mL	2x10 <sup>2</sup> ->10 <sup>5</sup>	6x10 <sup>3</sup> - 3,2x10 <sup>5</sup>			2,4x10 <sup>7</sup> - 3,8x10 <sup>8</sup>				
Bulanıklık, NTU								23-240	103-148
Amonyak								<0,1-15	<0,1-4,6
TOK								40-120	84-582
Toplam Koliform CFU/mL								10 <sup>1</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>2</sup> -10 <sup>6</sup>
<i>E.coli</i> , CFU/100 mL								10 <sup>1</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>2</sup> -10 <sup>6</sup>
Fekal koliform, CFU/100 mL	ND-3,5x10 <sup>4</sup>		1,8x10 <sup>4</sup> - 8x10 <sup>6</sup>	5,6x10 <sup>5</sup>	2,1x10 <sup>7</sup> - 2,5x10 <sup>7</sup>				

\*pH, ve brim verilenler dışındakilerinin birimi mg/L \*\*Sadece mutfak lavobosu

## **YAPAY SULAK ALANLAR**

İki çeşit yapay sulak alan arıtma sistemi vardır. Bunlar; yatay akışlı yapay sulak alan ve dikey akışlı yapay sulak alandır.

### **Yatay Akışlı Yapay Sulak Alan**

Yatay akışlı yapay sulak alan kum ve çakıl dolu geçirimsiz bir yataktan oluşmaktadır. Ön arıtması yapılmış olan gri su, sistemde kesintisiz ve yatay olarak dolgu maddesi ve bitki köklerinin arasından geçerek akmaktadır. Bitkiler, mikroorganizmaların gelişimleri ve köklerine oksijen transferi için uygun ortam koşullarını sağlamaktadır. Filtrasyon ve mikrobiyal parçalanma (aerobik, anaerobik ve anoksik şartlarda) ile organik madde ve AKM giderimi sağlanmaktadır.

Yatay akışlı yapay sulak alan sisteminde hidrolik alikonma süresi 3-7 gün arasında, hidrolik yük oranı 5-8 cm/gün arasında, organik yük oranı da 6-10 g BOİ/m<sup>2</sup>.gün arasında değişmektedir. Sistemde oksijen varlığında aerobik, oksijen yokluğunda anaerobik ve nitrat kullanımı sırasında anoksik prosesler gözlenmektedir. Organik madde ve AKM giderimi yatay akışlı yapay sulak alanlar oldukça etkilidir. Yatay akışlı yapay sulak alan, gri suyun arıtılarak sulama amaçlı yeniden kullanılması hedeflenen yerlerde ya da gri suyun doğrudan yüzeysel sulara deşarjı yapılan yerlerde gri suyun gerekli kriterleri sağlaması için sıkılıkla kullanılan bir sistemdir (Üstün ve Tırpancı, 2015).

### **Dikey Akışlı Yapay Sulak Alan**

Dikey akışlı yapay sulak alan sisteminde, ön arıtılması yapılmış gri su sistemin yüzeyine pompa yardımı ile kesintili olarak gönderilir. Dolgu malzemesi ile kaplı yataktan aşağı doğu akan gri su bu sırada hem filtrasyona uğrar hem de sistemin yüzeyinde ve bitki köklerinde yoğun mikroorganizma popülasyonu ile teması sağlanır Son olaraksa tabana gelen su boşaltım borusuna toplanarak sistemi terk eder. Dikey akışlı yapay sulak alanların dizaynı hidrolik yük ve organik yüke bağlıdır ve bu sistemde hidrolik yük oranı 10-20 cm/gün organik yük oranı ise 10- 20 gr BOİ/gün arasında değişmektedir. Dikey akışlı yapay sulak alanlarda tipik filtre derinliği ise 0,8-1,2 m arasında değişmektedir (Üstün ve Tırpancı, 2015).

## **DÖNER BİYOLOJİK REAKTÖRLER**

Birincil arıtma sonrası atık su arıtımı için kullanılan döner biyolojik diskler aynı zamanda gri su artımı ve geri kazanımı içinde kullanılmaktadır. Gri su arıtımı için çok kademeli döner biyolojik diskler kullanılmaktadır. Bu döner diskler az yer kaplamaktadır. Bu sistemler plastikten yapılan belli kalınlıklarda disklerden oluşmaktadır. Diskler bir şaft üzerine birbirine paralel olarak yerleştirilir ve şaft bir motor yardımı ile dönmektedir (Şekil 5). Diskler, uzun ve sıç tanklara konan gri su içinde % 40-50 oranında batık şekilde döndürülmektedir. Gri sudaki organik bileşikler, mikroorganizmaların disk üzerinde oluşturduğu biyofilm içine tutularak biyolojik reaksiyon meydana gelmektedir. Mikroorganizmalar oksijen gereksinimini diskin dönüşü sırasında hava ile temas ederek sağlamaktadırlar. Gri su arıtımında genellikle döner biyolojik disklerden sonra çökeltim tankı kullanılır ve çökeltim tankını da her zaman dezenfeksiyon ünitesi takip etmektedir (Üstün ve

Tırpançı, 2015).

## **ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖRLER**

Ardışık kesikli reaktörler gri su arıtımında da kullanılmaktadır. Ardışık kesikli reaktörlerin avantajı gri suda ki organik madde, azot ve fosfor problemlerini aynı tankta çözüme ulaştırıyor olmasıdır. SBR giriş suyu özelliklerini hızlı bir şekilde düzenler bu yüzden ardışık kesikli reaktörler gri su arıtımında özellikle nutrientlerin yerinde giderimi için tercih edilen bir teknolojidir. Ardışık kesikli reaktör arıtma sistemi doldurma, havalandırma, çökme, boşaltma ve dinlenme fazlarının aynı tank içerisinde sırayla gerçekleştiği doldur-boşalt prensibine dayanmaktadır. Ardışık kesikli reaktör sistemi gri su miktarına bağlı olarak tek bir tank ve ya birbirine paralel olarak çalışan birkaç tanktan oluşmaktadır. Ardışık kesikli reaktör sisteminin doldurma evresinde gri suyun reaktöre beslenmesi sağlanır ve reaktörler bir karıştırıcı ile karıştırılır, reaksiyon fazında hava pompası ve difüzör yardımı ile gri suyun havalandırılması sağlanmaktadır. Çökeltme, boşaltma ve dirlendirme fazlarında karıştırma ve havalandırma uygulanmamaktadır (Bell ve diğ. 2010; Üstün ve Tırpançı, 2015).

## **MEMBRAN ARITMA SİSTEMLERİ**

Günümüzde teknolojik olarak gelinen noktada, membran ile arıtma teknolojisi sıvı atık arıtmasında pahalı ancak iyi kalitede filtrasyon olağanı sunan bir yöntemdir. Membran teknolojili gri su arıtma sistemleri, ön arıtma olarak bir biyolojik arıtma periyodunun ardından suyun içindeki katı partikülerin tutulmasını sağlamaya amacıyla kullanılır. Membran filtrasyon metodunda kullanılan membran filtrenin geçirgenlik büyüğlüğü 0,00005mm'dir. Bu sayede virüs ve bakterilerin %99,999 u filtrelerde tutulur (URL3, 2016).

Membranlardaki mikro gözenekler sayesinde katı sıvı ayırmı ileri seviyede yapıldığı için ikincil bir temizleme prosedürüne gerek duyulmamaktadır. Sistem, bir ön arıtma deposu ve MBR deposundan oluşmaktadır. Sistemin çalışma prensibi kısaca şöyledir, ön arıtma deposuna alınan su biyolojik olarak arıtıldıkten sonra gri su bakterisiz atık su elde etmek için 0,10 – 0,15 bar basınç altında membran zarına doğru ilerler ve membran filtrelerden süzülerek partiküllerden, mikroorganizmalardan, bakterilerden ve virüslerden arındırılır. Membran biyoreaktör sisteminden elde edilen suyun kalitesi diğer sistemlere göre çok daha yüksektir. Ayrıca MBR sistemleri geleneksel arıtma sistemlerine göre daha kısa sürede arıtma işlemini gerçekleştirdiğinden dolayı sistem için daha küçük yere ihtiyaç duyulmaktadır. MBR sistemleri de kendi içerisinde de hollow fibre, ve plaka tipi olmak üzere çeşitli kategorilere ayrılır. Bu kategoriler arasında plaka tip membran sistemleri kimyasal gerektirmeden ve ters yıkama ile kendi kendini temizleme özelliğine sahip sistemlerdir. Özellikle Almanya'da ispatlanmış teknolojisi ile MicroClear® filtreler gri su geri kazanım sistemlerinde öncelikli tercih edilen filtrelerdir (URL1,2016). Membran filtrasyon metoduyla çalışan gri su arıtma sistemlerinden çıkan arıtılmış suyun kimyasal değerleri aşağıdaki gibidir:

## SONUÇ

Ülkemizde ve dünyada son yıllarda meydana gelen temiz su kaynaklarının azalması olayı insanları temiz su kaynağını bulmaya iten bir sebeptir. Temiz su kaynakları sadece insanlar için değil aynı zamanda yaşayan tüm canlılar için gereklidir.

**Tablo 3.** Aritilmiş Gri Suyun Karakteristiği(Üstün ve Tırpançı,2015)

Parametre	Örn. Sayısı	Gri su			Giderim Verimleri (%)
		Min.	Ort.	Maks.	
pH	50	7,5	7,9	8,3	
İletkenlik ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	50	931	1244	1633	
Bulanıklık (NTU)	50	0,2	1,2	4,3	98
BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	50	1	6	16	95
KOİ (mg/L)	50	5	29	74	90
Yüzey aktif madde (mg LAS/L)	25	0,06	0,1	0,6	98
<i>E. coli</i> (CFU /100mL)	25	<5	<5	100	log4

**Tablo 4.** Bazı Gri Su uygulamaları (URL4, 2016)

İşletmenin İsmi	Kapasitesi
Swiss Otel	100 m <sup>3</sup> /gün
Ora Avm	100 m <sup>3</sup> /gün (10x10 m <sup>3</sup> /gün)
TFF Riva Tesisleri	50 m <sup>3</sup> /gün
Piri Reis Üniversitesi	50 m <sup>3</sup> /gün
Adnan Menderes Havaalanı	30 m <sup>3</sup> /gün (2x15 m <sup>3</sup> /gün)
Anel İş Merkezi	20 m <sup>3</sup> /gün
Delmar Residence	20 m <sup>3</sup> /gün
Florence Nightingale Hastanesi	15 m <sup>3</sup> /gün
Avea İstanbul	15 m <sup>3</sup> /gün
Toyota Merkez Binası	10 m <sup>3</sup> /gün

Dünyadaki insan nüfusunun artışı ile birlikte evsel nitelikli atık su miktarı da aynı oranda artış göstermektedir. Bu sebeple evsel atık suların %75 ini oluşturan gri suyun geri kazanılıp kullanım suyu olarak kullanılması hem sudan %50 ye varan tasarruf etmemizi hem de temiz su kaynaklarının korunmasına sebep olacaktır. Özellikle kurak bölgelerde ve temiz su kaynaklarının az olduğu yerlerde bitki yetiştirmek ve sulama işlemleri gri sudan elde edilebilir.

Gri su geri kazanım sistemleri maliyetli sistemlerdir. Fakat yeni kurulan sitelerde kurulum aşamasında gri su geri kazanım sistemleri kurulduğu takdirde 8 ay gibi kısa bir sürede kendini amorti etmektedir.

İçerisinde insan kaynaklı tırnak, saç, deri kalıntıları gibi biyolojik parçalanabilen maddeler olduğundan, daha az yer kapladığından ve daha az enerji harcadığından dolayı arıtımında membran filtrasyon yöntemi kullanılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Allen, L., Smith. J. C., Palaniappan, M., 2010, Overview Of Greywater Reuse: The Potential of Greywater Systems to Aid Sustainable Water Management. Pacific Institute, California.
- Bell, B., Bounds, T., Conners, D., Lando, P., Paretchan, L., Pearson, N., Richmond, B., Roach, P., Schiffer, G., Sheets, M., Simpson, V., Taylor, S., Vanderford, K., Zekan, B., 2010, Recommendations On Graywater Treatment, Disposal and Reuse. Graywater Advisory Committee Report. Portland.
- Casanova, L.M., Little, V., Frye, R.J., Gerba, C.P., 2001, A Survey of the Microbial Quality of Recycled Household Graywater. Journal of the American Water Resources Association, 37(5): 1313-1319.
- Eriksson, E., Auffarth, K., Eilersen, A.M., Henze, M., Ledin, A., 2003, Household chemicals and personal care products as sources for xenobiotic organic compounds in greywastewater. Water SA. 29: 135-146.
- Gleick P. 1998, The world's water .Island Press,Washington DC.
- Huelgas, A., Nakajima, M., Nagata, H., Funamizu, N., 2009, Comparison between treatment of kitchen-sink wastewater and amixture of kitchen-sink and washing machine wastewater. Environmental Technology, 30(1): 111-117.
- Jong, J., Lee, J., Kim, J., Hyun, K., Hwang, T., Park, J. and Choung, Y., 2010, The study of pathogenic microbial communities in graywater using membrane bioreactor. Desalination, 250:568-572.
- Karahan, A., 2011, Gri Suyun Değerlendirilmesi. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi-İZMİR, 1155-1164.
- Rose, J., Sun G., Gerba, C.P., Sinclair, N.A., 1991, Microbial Quality and Persistence of Enteric Pathogens in Graywater from Various Household Source. Water Research, 25: 37-42.
- Siegrist, R.L., 1980, Greywater Treatment by Coarse Sand Media Filtration of Septic Tank Effluent. 3rd Northwest On-Site Wastewater Disposal Short Course.
- Travis, M.J., Weisbrod, N., Gross, A., 2008, Accumulation of oil and grease in soils irrigated with greywater and their potential role in soil water repellency. Science of Total Environment, 394(1): 68-74.
- URL 1, 2016, <http://docplayer.biz.tr/1026920-Gri-su-artik-gri-degil.html> -
- URL 2, 2016, [http://www.asmaritma.com.tr/Gri\\_Su\\_Mbr\\_Aritma-I-10011404.htm](http://www.asmaritma.com.tr/Gri_Su_Mbr_Aritma-I-10011404.htm) - 2016
- URL 3, 2016, <http://www.ozman.biz/Greenlife/Ozman-Greenlife.pdf> - 2016
- URL 4, 2016, <http://www.omnienerji.com/uploads/yuklemeler/gel-grisu-katalogu-tr.pdf> - 2016
- Üstün G.E. ve Tırpançı A., 2015, Gri Suyun Arıtımı ve Yeniden Kullanımı, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 20(2), 119-139.
- Veneman, P.L., Stewart, B., 2002, Greywater Characterization and Treatment Efficiency. Department of Plant and Soil Sciences. University of Massachusetts.

## AÇIK MADEN OCAKLARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ

Halit ÇİMEN, Mustafa IŞIK

<sup>1</sup>Aksaray üniversitesi, mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 68100/AKSARAY

E-mail: hltcimen@gmail.com

**ÖZET:** Dünyada madencilik sektörü ekonomik açıdan önemli ölçüde devlet bütçesine katkı sağlamaktak fakat plansızca ve kontroldüsüzce yapılan madencilik faaliyetleri doğanın ekolojik ve görsel değerlerinin tahribinin artmasına neden olmaktadır. Özellikle açık işletme madencilik faaliyetleri doğal dengeyi ve arazi yapısını bozucu, çevreyi değiştirici ve canlı yaşamını olumsuz etkileyici bir özelliğe sahiptir. Yapılan bu faaliyetler sonrası bozulan alanların iyileştirilmesinde ana hedef, geri kazanımda ekolojik değeri ve peyzaj onarımını en üst seviyede tutmaya çalışmaktadır. Bu alanların geri kazanımları, onarımları ya da farklı amaçlar için kullanımları, doğal ve sürdürülebilir bir çevrenin yeniden oluşmasına olanak sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Madencilik, Açık işletme madenciliği, Geri kazanım.

## ENVIRONMENTAL EFFECTS OF OPEN MINING AREA

**Abstract:** Mining sector is an important addition to governments' budgets around the world. However, mining actions that are unplanned and uncontrolled causes an increase in destruction of nature's ecological and visual aspects. Especially, open mining actions have negative and changing effects on nature, land structure and life itself. The main target in improving these affected areas is to work on keeping landscape repair and ecological value at the highest level in recycling after these actions. The recycling, repairing or using these areas for different purposes will allow the creation of a new natural and sustainable environment.

**Keywords:** Mining, Opencast mining, recycling.

## GİRİŞ

Yer kabuğunun içerisinde kayaçların bileşiminde yer alan mineral toplulukları olan madenler büyük ölçüde yerin jeolojik yapısına, o yapının oluşum zamanına ve yaşına bağlı olarak oluşmaktadır (Şekil 1). Bir maden yatağının bulunması ile bulunmuş maden kaynağının geçerli ekonomik koşullarda ve bilinen teknolojilerle işletilebilir nitelik ve niceliğe sahip olması halinde, en uygun nasıl işletilebileceğine karar verilebilmesi için gerekli tüm inceleme ve değerlendirmeleri kapsayan faaliyetler ise maden arama olarak tanımlanabilmektedir (Varol ve Başpinar, 2012).



**Sekil 1.** Maden işletmeleri tarafından işletmeye uygun farklı endüstriyel hammaddeler (URL 1, 2016; URL 2, 2016; URL 3, 2016 URL 4, 2016)

Dünya'da ve Türkiye'de madencilik faaliyetlerinin geçmişi oldukça eski tarihlere dayanmaktadır. Öyle ki Türkiye'de madencilik çalışmalarının M.Ö. 7000 yılına kadar uzandığı arkeolojik verilerden bilinmekte ve Anadolu, madenciliğin beşiği olarak nitelendirilmektedir. Türkiye çeşitli maden kaynakları bakımından zengin bir ülkedir. Bunun başlıca nedeni Alp orojenik kuşakta yer olması nedeniyle gerek tektonik gerekse volkanik ve metamorfik olaylara uğraması sonucu belli minerallerin bir araya gelerek toplanmasıdır. Ülkemizin jeolojik yapısının bir eseri olan madenlerin çıkarım işlemi eskiçağa hatta tarih öncesi döneme kadar iner. Bu nedenle madencilikle ilgili temel bilgiler diğer ülkelere Anadolu'dan yayılmıştır. Ülkemizde madenler uzun yıllar modern yöntemlerle yapılmamış ancak batı dünyasının 19. yy.da madenlere olan gereksiniminin artması üzerine yabancı işletmeler kurulmuştur. Teknolojideki gelişmelere ayak uyduran maden işletmeciliğinde günümüzde artık farklı yöntemler kullanılarak madencilik faaliyetleri sürdürülmektedir. Bilindiği gibi maden işletmeciliği dinamik bir yapıya sahiptir. İşletme faaliyetleri sırasında gerek yeraltında ve gerekse yerüstünde işletmenin boyutuyla bağlantılı olarak belli bir zaman dilimi içinde onlarca-milyarlarca metre küp malzeme yer değiştirmektedir. Bu faaliyetler sırasında, doğal kaynaklar olan madenler ve mineraller, insan refahı için bir taraftan ekonomiye kazandırılırken, diğer taraftan ekolojik çevreye verilen büyük tahribat ve zararları çoğu zaman göz ardı edilmektedir (Şekil 2). Faaliyetlerin yapıldığı alanlarda ve özellikle açık işletme yöntemi ile çalışılan sahalarda, çalışmalar bittikten sonra topografya, jeolojik yapı, rölyef, su rejimi, iklim ve peyzaj tamamen değişmekte ve bitki örtüsünün de tahrip olmasına neden olmaktadır. Çevrede oluşan bu tahribat türünü iki grupta toplamak mümkündür.

**1. Doğrudan Bozulma:** Maden ocakları çalışma sahalarındaki örtü ve atık yığınları ile madencilik binalarının inşa edildiği diğer alanlardaki toprak ve bitki örtüsünün yok edilmesi sonucu meydana gelir.

**2. Dolaylı Bozulma:** Eski maden hafriyat yerleri, örtü ve atık yığınları, maden binaları ile mineral zenginleştirme tesislerinin bulunduğu yerlerde toprak yapısı, su ilişkileri, kimyasal özellikler, toprak ve bitki örtüsü, yerel iklim, insan ve hayvan sağlığının değişime uğraması gibi olaylar görülebilir(Varol ve Başpınar, 2012).



**Şekil 2:** Açık Maden Ocağı Örneği, Kışla Dağ Altın Madeni, Uşak, (URL5 ,2006)

Açık ocak madencilik yönteminde faaliyetler;

- Bitki örtüsü ve üst toprağı kaldırarak yüzeyi hazırlamak,
- Kaya tabakalarını kırmak veya patlayıcılar yardımıyla parçalamak,
- Örtü tabakasını yükleyerek araziden uzaklaştırmak,
- Madeni çıkartarak araziden uzaklaştırmak olarak sıralanabilir.

Çevrenin ve ekosistemin korunması açısından madencilik faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerinin en aza indirgenmesi veya tamamen ortadan kaldırılması, peyzaj onarım çalışmalarının ilk aşaması olan alan kullanım plânlaması ile sağlanır ve bu plânlama öncelikle devlet ekonomisine katkı sağlamakta, bunun yanında çevre korunmasında da en üst düzey madencilik çalışmasıyla ve ilerde yapılacak çevre düzenlemesi ve iyileştirmesi çalışmalarına da yardımcı olacak şekilde yürütülmektedir.

Alan kullanım plânlaması, bir alanın değişik faktörler yönünden irdelenip önerilen kullanımlara uygunluğunun araştırılmasıdır. Her alan için uygun bir kullanım, her kullanım için uygun bir alan bulunabileceği ilkesinin çift taraflı işletilip geliştirilmesine olanak sağlayacak plânlamalar dizisidir. Bu tip plânlamalar çevre değerlerini koruyarak ya da oluşabilecek zararları en aza indirerek kaynaklardan optimum düzeyde yararlanmayı sağlar.

Doğayı ve üzerinde yaşayıp kazanç sağladığımız arazileri koruyabilmek, mevcut potansiyelinden en üst düzeyde yararlanabilmek, geliştirerek ileri kuşakların yararlanması sunabilmek ancak birbiri ile çelişmeyen kullanım seçeneklerini irdeleyip araştırarak, bir plâna dayalı olarak uygulamak sürekli bakım ve denetimi sağlamla mümkün olabilir.

İşletme alanı yaratmak veya mevcut alanı genişletmek için yerli nüfusu bir başka yere nakletmek gereği veya bu nüfusun bazen ocaklarındaki arazilerde yaşama zorunluluğu insan sağlığı ve sosyal açıdan da oldukça güçlük yaratmaktadır (Borand, 2012).

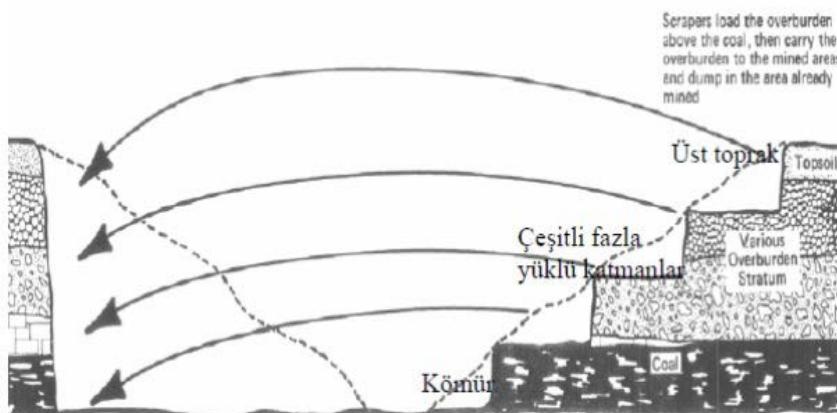
Madencilik faaliyeti sırasında işletmenin yapılacağı alanda yol, nehir ve akarsu güzergâhlarının değiştirilmesinin gerektiği durumlarda, alandaki doğal yapının bozulması söz konusu olacaktır.

İşletme faaliyeti sırasında doğal bitki örtüsünün ve yaban hayatı için gerekli ortamın yok edilmesi; açık ocağı kuru tutmak için su seviyesinin düşürülmesi sonucu geniş bir alana yayılı bitki örtüsünün susuz kalması gibi sorunlar açık ocak işletmeciliği sırasında ortaya çıkmaktadır.

Kazı ve nakliyat çalışmaları esnasında çıkan tozun meydana getirdiği kirlilik çevreyi etkilemeye ve insan sağlığını da tehdit etmektedir. Arazinin doğal görünümünün büyük ölçüde bozulması (topografyanın değişimi) açık ocak işletmeciliğinin en büyük etkilerinin başında gelmektedir. Bu işlem sırasında rekültivasyon yapılmadığı takdirde verimli üst toprağın kaybedilmesi söz konusudur. İşletme sırasında sahadaki drenaj nedeniyle yeryüzü su kaynakları kirlenebilecektir.

Yerleşim merkezlerine yakın alanlarda dekapaj (cevher üzerindeki toprağın alınması) ve üretim sırasında zaman zaman yapılan patlatmaların ve iş makinelerinin oluşturduğu toz, gürültü ve titreşimlerin etkisi ile açık ocak su seviyesinin düşmesi ve buna bağlı olarak önem alınmadığı durumlarda ocak yakınlarındaki tarım arazilerinde oluşan verim kaybı açık ocak işletmeciliğinin zararlarındanandır.

Açık ocak madenciliği sırasında cevherinin bulunduğu alan tespit edildikten sonra arazideki bitki örtüsü (maki, zeytinlik, orman vb.) kesilip temizlenmekte, verimli üst toprak tabakası iş makineleriyle kazılarak başka bir alana depolanmaktadır (Şekil 3). Genellikle bu işlem sırasında üst toprak katmanları (A, B, C horizonları) ayrı işlemlere tabi tutulmadan diğer malzemelerle (taş, kaya, kömür parçaları) birlikte depolanmaktadır. Bunun sonucunda da verimli toprak kaybolmakta ve arazide yeniden verimli toprak tabakası oluşması uzun yıllar sürmektedir (Borand, 2012).



**Şekil 3.** Toprağın üst tabakasının kazılıp başka yere taşınması (Borand, 2012; URL 6, 2016)

Madencilik faaliyetleri sırasında araziye verilen zararı en aza indirebilmek ve toprağı bir sonraki kullanıma hazırlamak için iyi bir işletme tasarımları ve uygulaması gerekmektedir. Söz konusu çalışmalar üretim süreci ile aynı zamanda planlanmalı ve sürdürülmelidir. Geri kazanma ancak o zaman daha ekonomik ve az zaman kaybıyla gerçekleşir. Madencilik faaliyetleri sırasında uygulanan yöntem her ne olursa olsun olumsuz etkisi bilinmekte birlikte, açık ocak madenciliğinin yeraltı madenciliğine göre çevreye verdiği zarar ve olumsuz çevresel ve görsel etkinin daha fazla olduğu da belirlenmiştir.

Açık ocak madenciliğinden kaynaklanan toprak kayıpları ile bitki örtüsü ve topografyadaki değişimler; ekolojik dengenin bozulması, görsel kirlenme, verimlilik düşüşü, erozyon gibi olumsuz etkilere neden olmaktadır. Açık ocak işletmelerinin daha arama aşamasından başlayarak, kullanım aşamasına varıncaya kadar olan tüm adımlarında çevreyi yerel ve bölgesel olabildiği gibi bazen de tüm dünyayı etkileyebilecek şekilde etkileri olabilmektedir. Giderek artan onarım ve geri kazanım talepleri ve yapılan çalışmaların büyülükleri karşısında önceden bir planlama yapılması zorunlu hale gelmiştir. Planlamaya konu olan bu çalışmalar, üretim faaliyetleri sırasında ve sonrasında yapılması gereken işlemleri kapsamaktadır. Peyzaj onarımının temel hedefi bozulan arazilerin yeniden kullanılabilir duruma getirilmesi, etkilenen alanın ekolojik ve ekonomik değerine mümkün olduğunda geri döndürmek olduğundan, onarım planlamasının arazi kullanım planlaması ile yakın ilişkisi bulunmaktadır.

Geri kazanım sırasında işin teknik ve ekonomik verimliliği ile birlikte doğal ve kültürel faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir (Şekil 4). Onarımda asıl amaç üretimi en yüksek seviyeye getirmek ve çevre kalitesinin korunması ile birlikte peyzaj onarım planlamasının da yapılmasıdır.

Bir açık ocak plânlaması ancak onarım plânlamasını da içermesi durumunda, tamamlanmış bir plânlama olarak nitelenmektedir (Şekil 4). Genel anlamda bir açık ocak plânlamasında onarıma dönük aşamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Madencilik öncesi koşulların belirlenmesi,
- Madencilik faaliyetlerinden etkilenenek grupların istek ve ihtiyaçları ile uyumlu olarak, bölgenin madencilik sonrası gereksinimlerinin değerlendirilmesi ve karara bağlanması,
- Hedefe ulaşabilmek için, alternatif madencilik ve peyzaj onarım plânlarının incelenmesi,
- Teknik, ekonomik ve sosyal koşullara uygun madencilik, onarım ve alan kullanım plânlarının geliştirilmesidir.

Plânlama aşamasında çok çeşitli meslek disiplinleri bir araya gelmelidir. Peyzaj onarımı sağlamada meslekler arası işbirliği çok önemlidir. Devlet kademesinde yetkilileri ve yasaları da plânlama sürecine katarak bir çalışma yapılmalıdır. Devlet ile birlikte mühendisler, peyzaj mimarları, toprak bilimciler, sosyal bilimciler, ekoloji konusunda uzman profesyonellerden oluşan bir plânlama grubu bir arada çalışmalıdır (Borand, 2012).

<b>1.FOTOĞRAF</b> Flambeau mine / Amerika	 <b>Öncesi</b> <a href="http://media.jrn.com">http://media.jrn.com</a>	 <b>Sonrası</b> <a href="http://www.appliedeco.com">http://www.appliedeco.com</a>
<b>2. FOTOĞRAF</b> Golden Cross mine Yeni Zelanda	 <b>Öncesi</b> <a href="https://concernedwatchdog.files.wordpress.com">https://concernedwatchdog.files.wordpress.com</a>	 <b>Sonrası</b> <a href="http://www.teara.govt.nz">http://www.teara.govt.nz</a>
<b>3.FOTOĞRAF</b> Bergama Ovacık altın madeni / Türkiye	 <b>Öncesi</b> <a href="http://www.insaatdergisi.com">http://www.insaatdergisi.com</a>	 <b>Sonrası</b> <a href="http://googlemap / 5.5.2013 uydu görüntüsü">googlemap / 5.5.2013 uydu görüntüsü</a>
<b>4.FOTOĞRAF</b> Kışlatağı altın madeni / Türkiye	 <b>Öncesi</b> <a href="http://www.insaatdergisi.com">http://www.insaatdergisi.com</a>	 <b>Sonrası</b> <a href="http://googlemap / 5.5.2013 uydu görüntüsü">googlemap / 5.5.2013 uydu görüntüsü</a>

**Şekil 4:** Onarım öncesi ve sonrası açık maden ocakları, (İşik ve Demir, 2015; URL 7; 2016)

## **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Sanayide kullanılan ve hayatımızın işleyişinde büyük rol oynayan madenler dünyamızın jeolojik yapısından elde edilmektedir. Ticari amaçlarla da büyüyen hammadde ihtiyacı madencilik sektörünü de teknolojik açıdan geliştirmektedir. Açık maden ocaklarının çevreye doğrudan etkisi yaşamından ve sağlığından önemli değildir. Eğer doğamızın güzelliklerini ve bize sunduğu nimetleri koruyabilirsek madenlerimiz ayakta kalır, gelecek kuşaklara daha iyi bir gelecek sunabiliriz. Toprak ve bitki örtüsünü yok etmesi ve madencilik yapılan alanlarda doğanın kötü görünümünü oluşturmaktadır. Özellikle açık maden ocakları çoğu zaman peyzajda önemli olumsuzluklar doğurmaktadır. Aynı zamanda madenciliğin dolaylı etkileri de vardır. Bunlar cevher, bitki örtüsü ve atık yiğinları ile madencilik binaları ve tesislerinin bulunduğu arazilerde meydana gelmektedir. Açık maden ocaklarının çevreye zararlarını en aza indirmek için ocağın açılmasından itibaren sonuna kadar iyileştirme ve yeniden kazandırma faaliyetlerinin aksatılmaması gerekmektedir. Eğer zamanında iyileştirme yapılmazsa ocağın kurulduğu alanın geri kazanımı uzun yıllar ve yüksek maliyetler alabilir. Hiç bir şey insan yaşamından ve sağlığından önemli değildir. Eğer doğamızın güzelliklerini ve bize sunduğu nimetleri koruyabilirsek madenlerimiz ayakta kalır, gelecek kuşaklara daha iyi bir gelecek sunabiliriz.

## **KAYNAKLAR**

- Borand M. N. 2012, Açık ve kapalı maden işletmeciliğinde çevresel etki, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Madencilikte özel konular II ders projesi, İstanbul, 23-29.
- İşık B. Ö. ve Demir S., 2015, Açık işletme maden ocaklarındaki bitkisel iyileştirme çalışmalarının peyzaj mimarlığı öğrencilerine göre değerlendirilmesi, İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi Cilt/Vol. 5 Sayı/No.12, Malatya, 5-6.
- URL1, 2016, <http://www.akdemirinsaat.com/komur/komur.jpg>
- URL2, 2016, <http://www.madenmetal.net/wp-content/uploads/2014/03/altin-madeni-5.jpg>
- URL3, 2016, <http://www.bakimliyiz.com/resim/cinko-elementi-resmi.jpg>
- URL4, 2016, [http://www.bilgiustam.com/resimler/2012/07/1955-bakir\\_madeni.jpg](http://www.bilgiustam.com/resimler/2012/07/1955-bakir_madeni.jpg)
- URL5, 2016, <http://www.tuprag.com.tr/tr/projelerimiz/kisladag-altin-madeni/7/projenin-tanitimi-ve-amaci/24>
- URL6, 2016, <http://orhankural.net/wp-content/uploads/2012/04/A%C3%A7%C4%B1k-ve-kapal%C4%B1-maden-i%C5%9Fletmecili%C4%9Finin-%C3%A7evresel-etkileri.pdf>
- URL7, 2016, <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/inustd/article/view/5000139594/5000146004>
- URL8, 2016, <http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sdugeo/article/viewFile/3140/2735>

## HİDROJEN ENERJİSİ ÜRETİMİ VE UYGULAMALARI

Azime Songül ÖZKAYA<sup>1</sup>, Mehmet Fatih KÜÇÜKSAYACI<sup>1</sup>, Melayib BİLGİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*

**ÖZET:** Sanayi devrinin lokomotif rolünü üstlenmiş olan fosil yakıtlar (petrol, kömür) ve devamı olan doğalgaz rezervleri sınırlıdır. Aynı zamanda çevre problemlerinde de en büyük etmenlerdir. Tüm bu nedenler, alternatif yakıt ya da kaynaklara gereksinimi ortaya çıkarmıştır. Hidrojen bu alternatiflerden olmaya aday; sınırsız temiz ve verimli bir yakıttır. Diğer alternatif enerji kaynaklarının depo edilme sürecinde taşıyıcı rolü üstlenebilecektir. Bu çalışmada hidrojen, özellikleri, depolanması, taşıtlarda kullanılması araştırılmıştır. Hidrojenin direkt olarak içten yanmalı motorlarda kullanımı ve bunun motor performansına etkileri incelenmiştir. Yani bir enerji dönüşüm sistemi olan ve yakıt kimyasal enerjisinin direkt elektrik enerjisine dönüşümünü sağlayan yakıt pilinin yapısı, çeşitleri, çalışma prensibi araştırılmıştır. Yakıt pili teknolojisi ile hareket eden taşıt sistemi ve sistem üniteleri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Alternatif enerji, hidrojen, yakıt pili, motor, enerji dönüşüm

## ABSTRACT HYDROGEN ENERGY, PRODUCTION & APPLICATION

**Abstract:** Fossil fuels, (oil, coal) playing a role of industrial revolution's locomotive and natural gas are restricted with their sources. They are also great factors of the environmental problems. All these reasons require alternative fuels or sources. Hydrogen fuel is a candidate for one of them which is unlimited, clean, efficient. It may play a role as carrier for storing the other alternative energy sources. In this study, it is aimed to introduce the hydrogen fueled engine technology. Hydrogen usage directly in the internal combustion engines and its effects of the engine performance are investigated. Fuel cell that is a new energy conversion system and directly converts the chemical energy to electrical are examined based on structural, kind and working principle. Vehicle system working fuelcell technology and system units are studied.

**Keywords:** Alternative energy, hydrogen, fuel cell, engine, transformation of energy

## GİRİŞ

Enerji; insanoğlunun dünyadaki birincil ve ikincil ihtiyaçlarını karşılamada gereksinim duyduğu en önemli olgudur. Bu gereksinim günümüze kadar farklı kaynaklardan karşılanmıştır. Son yüz-yüz elli yılı dikkate aldığımızda ise; kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar bu ihtiyaçta temel kaynak rolünü üstlenmiştir. Dünyadaki enerji ihtiyacı; nüfus artışı, sanayileşme ve yeni ihtiyaç portföyü ile hızla artmaktadır. Buna karşın günümüz dünyasının temel enerji kaynağı olan fosil kaynaklarda artış olmamakta, yani kaynakların ihtiyacı karşılamadığı bir noktaya doğru gidilmektedir. Bütün bu nedenler yeni enerji kaynakları gereksinimini doğurmaktadır. Yani alternatif enerjiler arayışı kaçınılmazdır. Alternatif enerji kaynaklarına geçişteki en önemli neden fosil yakıtların sınırlı olması yanında ekolojik çevreye verdikleri tefafisi güç zararlardır. Fosil yakıtların kullanımıyla birlikte yerkürenin ortalama sıcaklığı 500 bin yılın en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Bu ise son yıllarda yoğun hava kirliliği, sel, fırtına ve doğal afetlerin artışında etkili olmakta, yükselen

yer küre ortalama sıcaklığı ile beraber buzullarda erimeler oluşmaktadır. Yani çevresel faktörlerde alternatif yakıtları gündeme taşımaktadır (Erdoğan 2003).

Alternatif enerji kaynakları uzun süredir bilim adamlarının gündeminde yer almaktadır. Özellikle çevreye zararı en az, yenilenebilir ve düşük maliyetli olması alternatif bir enerji kaynağının taşıması gereken belli başlı niteliklerdir. Bu anlamda bugüne kadar; rüzgâr, hidrolik, hidrojen, biokütle, jeotermal ve okyanus termal enerjisi vb. gibi alternatif enerjilere yönelik inmiştir. Elbette ki bu kaynakların tamamı şartlar çerçevesinde önem taşımaktadır. Yani; verimlilik, düşük maliyet, amaca uygunluk gibi kriterleri optimize eden çözüm, bu şartları oluşturur. Bu anlamda hidrojen enerjisi; yani hidrojen kaynaklı enerji de bu alternatiflerden birincisini oluşturmaktadır. Ulaşımın baş aktörü, taşıtlarda kullanılan enerji de bugüne deðin hemen hemen tamamen fosil yakıtlardan karşılanmıştır. Yani taşıtlarda da alternatif yakıt zorunluluðu doğmaktadır. Bu amaçla taşıtlarda elektrik, güneş, hidrojen enerjisi kullanımına yönelik araştırma çalışmaları tüm dünyada sürdürülmektedir. Yapılan çalışmalarında hibrid taşıtlar, bu yeni teknolojilerin adapte edilmesi sürecinde bir aracı rolü üstlenebilir görünülmektedir. Bu amaçla tüm dünyada büyük otomotiv firmaları yoğun AR-GE, prototip üretim ve hatta seri üretim amaçlı perspektifler ortaya koymaktadırlar. Bu çalışma ve projeler arasında hidrojen de önemli bir yer tutmaktadır. Bundaki en önemli neden ise bir enerji kaynağı olarak hidrojenin sınırsız ve temiz olmasıdır. Yerkürenin  $\frac{3}{4}$ 'ünü oluþtururan suda ve birçok gezegende bulunan hidrojenin, oksijenle yakılması sonucu su oluşur. Bu hidrojene temiz bir yakıt olma, sudan elektroliz metodu ile ayırtılabilmesi ise tersinir olma niteliði kazandırır.

Hidrojenin yakıt olarak kullanımı düşüncesi 19. yy 'in başına kadar uzanır. Fakat bu düşünce 1974 yılında ABD Florida'da Miami Üniversitesi Temiz Enerji Enstitüsü tarafından düzenlenen "Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı" (THEME) ile bilimsel platforma taşınmıştır. Sonrasında ise " Uluslararası Hidrojen Birliği " (IHEA) kurulmuştur. Bu birlliğin kurulmasının ardından, bazı ülkelerde ulusal hidrojen örgütlerini oluşturmuşlardır; böylelikle hidrojen üzerine yapılan çalışmalar destek bularak hız kazanmıştır. İstanbul'da Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi'nin (ICHET) kurulmasına ilişkin anlaşma, T.C. Hükümetiyle Birleşmiş Milletler Sanayi Kalkınma Örgütü (UNIDO) arasında, Ekim 2003 tarihinde imzalanmıştır. Günümüze kadar özellikle uzay araçlarındaki motorlarda yakıt olarak kullanılan hidrojen, bugün aynı niteliðini diğer ulaşım araçlarına da taşıma yolundadır. Bu amaçla özellikle otomotiv sektörünün önde gelen kuruluşlarınınca, hidrojenin araçlarda yakıt olarak kullanımı konusunda araştırma ve geliştirmeler sürdürülmektedir. Bu çerçevede geleneksel (içten yanmalı) motorlar/ taşıtlar ve daha da ötesinde modern (yakıt pili) motorlar/ taşıtlar üzerinde yoğun bir biçimde çalışılmaktadır. Yani çalışmaların geleneksel ayağı; hidrojenin içten yanmalı motorlarda tipki benzin, dizel yakıtı, LPG, CNG ya da kerosen gibi yakılmasıdır. Modern ayağı ise; direkt güç sistemi olan yakıt pili (yakıt hücresi) oluşturmaktadır. Bu yeni güç üretim sisteminde klasik sistemlerin yakıt kimyasal-elektrik-mekanik enerji almaktadır. Hidrojenden enerji dönüşümü çalışmaları; hidrojenin elde edilmesi (üretimi) ve depolanması üzerine yapılan çalışmalarla bağlantılı yürütülmektedir (Veziroðlu 1998 ).

## HİDROJEN GAZI

Doğadaki en basit atom yapısına sahip hidrojen, günümüzde kabul gören evrenin oluşumu kuramında da belirtildiği gibi, bütün yıldızların ve gezegenlerin temel adresidir. Evrende %90'dan fazla hidrojen bulunmaktadır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı da yine hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır. Periyodik cetvelin en başında yer alan hidrojenin çekirdeğinde bir proton ve çevresinde yalnız bir elektron bulunur. Ancak 5000 hidrojen atomundan birinin çekirdeğinde birde nötron bulunur. Bu durumdaki hidrojen atomuna "döteryum" adı verilir. Döteryum, hidrojenin önemli bir izotopu olup, bu izotopun zenginleştirilmesi ve oksijenle birleştirilmesinden elde edilen suya "ağır su" denir. Ağır su, nükleer reaktörlerde, uranyumun parçalanması sırasında çıkan nötronların yavaşlatılması için ılımlayıcı olarak kullanılır. Hidrojenin çok daha az bulunan bir başka izotopu da, çekirdeğinde iki nötron bulunan ve trityum adı verilen hidrojendir. Radyoaktif olan trityum, hidrojen bombası yapımında kullanılır.

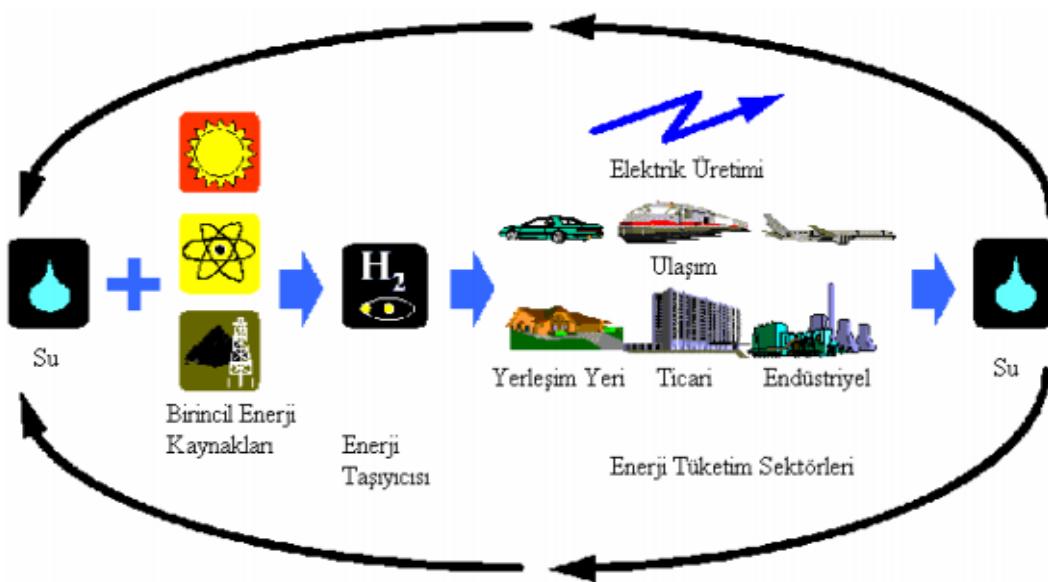
Normal sıcaklık ve basınç altında kokusuz ve renksiz olan bu gaz ( $H_2$ ) oksijenle birleştiğinde yaşam için en önemli madde, yani su elde edilmektedir. Hidrojen çok hafif bir gaz olup, yoğunluğu havanın  $1/14$ 'ü, doğal gazın ise  $1/9$ 'u kadardır. Atmosfer basıncında  $-253$  °C'ye soğutulduğunda sıvı hale gelen hidrojenin yoğunluğu ise benzinin  $1/10$  kadar olmaktadır. Hidrojen gazının ısıl değeri metreküp başına yaklaşık 12 milyon jule olarak verilmiştir. Sıvı hidrojenin ısıl değeri ise metreküp başına 8400 milyon jule veya kg başına 120 milyon joule olarak bulunmuştur (Aydemir 1998). Sıvı hidrojen ısı transferini ve kaynama olayını minimize eden süper izoleli dizayn edilmiş çift cidarlı kaplarda depolanır. Taşıtlar için gerekli yakıt hem sıvı hem de gaz fazdan çekilerek motora sevk edilir.

## HİDROJEN ENERJİSİ

Son tüketiciye enerji "yakit" ve/veya "elektrik" biçiminde sunulmaktadır. İkincil enerji olan elektriğin çeşitli kullanım avantajlarının bulunmasına karşın, teknoloji yalnızca elektriğe bağlı olarak değil, yakıtı da gerektiren biçimde gelişmiştir. Bunun nedeni, genel enerji tüketiminin % 60'ının ısı biçiminde gerçekleşmesidir. Birincil enerji kaynaklarının, fiziksel durum değişimi içeren biçimde dönüştürülmesi ile elde olunan ikincil enerjlere, "enerji taşıyıcısı" denir. Elektrik 20. yüzyıla damgasını vuran bir enerji taşıyıcısıdır. Hidrojen ise 21. yüzyıla damgasını vuracak bir diğer enerji taşıyıcısıdır.

Şimdi 1970'lerde başlayan 21. yüzyılın neresinde biteceği henüz bilinmeyen yeni bir dalgalanma içindeyiz. Bu yeni dalgalanmayı etkileyen enerji türü hidrojendir. Hidrojen kullanım verimi yüksek bir yakıttır. Çevre dostudur. Teknolojik gelişim, çevre etkisini de içeren efektif malyetinin diğer yakıtlardan düşük olmasını sağlar duruma gelmiştir. Hidrojenin kullanılmasını gerektiren başlıca iki neden olup, biri fosil yakıtların yanma emisyonu karbon dioksitin artmasından kaynaklanan, küresel ısınmaya neden olan çevre sorunu, diğeri petrol ve doğal gaz gibi akışkan hidrokarbonların bilinen üretilen rezerv ömrülerinin insan ömrü ile kıyaslanabilecek boyuta düşmüş olmasıdır. Bu bölümde, hidrojen enerjisinin gelişimi, hidrojenin yakıt olarak özellikleri, hidrojenin üretim, depolanma ve

kullanım teknolojileri üzerinde durulmakta, Türkiye açısından hidrojen teknolojisi kazanımı ve hidrojen üretim kaynakları irdelenmektedir. Şekil 1'de hidrojen enerji sistemi dönüşümünün şematik olarak gösterilmektedir (Ültanır 1998).



**Şekil 1.** Hidrojen enerji sisteminin şematik gösterimi (Ün 2003).

### Hidrojen Enerjisinin Avantajları

*Hidrojen aşağıda sıralandığı gibi çeşitli avantajlara sahip ideal bir enerji taşıyıcısıdır.*

- Hidrojen yenilenebilir enerji kaynakları da dahil olmak üzere herhangi bir enerji kaynağı kullanılarak üretilebilir.
- Hidrojen elektrik kullanılarak üretilebilir ve nispeten yüksek verimle de elektriğe çevrilebilir. Hidrojenin güneş enerjisi ile doğrudan üretim süreçleri de geliştirilmiştir.
- Fosil yakıtlar son kullanımında sadece bir süreç ile dönüştürülürken, hidrojen kullanılacak enerji şekline beş farklı süreç ile dönüştürülmektedir.
- Son kullanımında hidrojen kullanılacak enerji şekline dönüşürken en yüksek verime sahiptir. Hidrojen fosil yakıtlardan %39 daha verimlidir. Kısaca hidrojen birincil enerji kaynaklarını korur.
- Hidrojen gaz şeklinde (büyük ölçekli depolamada), sıvı şeklinde (hava ve uzay ulaşımında) veya metal hidrit şeklinde (araçlar ve diğer küçük ölçekli depolamada) depolanabilir.
- Hidrojen boru hatları veya tankerler ile büyük mesafelere taşınabilir (birçok durumda elektrikten daha ekonomik ve verimlidir).

- Hidrojen diğer yakıtlardan farklı güvenlik ekipmanı ve prosedürü gerektirse de onlardan daha fazla tehlikeli değildir. Hidrojen güvenlik sıralamasında propan ve metanın (doğal gaz) arasındadır. Yangın tehlikesi ve zehirlilik dikkate alındığında hidrojen en güvenilir yakıttır.
- Hidrojen elektrikten veya güneş enerjisinden üretilirken, taşınırken veya depolanırken ve son kullanımda herhangi bir kirletici üretmez veya çevreye zararlı herhangi bir etkisi yoktur. Hidrojenin yanması veya yakıt hücresinde tüketilmesi sonucu son ürün olarak sadece su üretilir. Yanma yüksek sıcaklıkta olursa havadaki azot ve oksijenden NOx oluşabilir. Ancak bu sorun diğer yakıtlarla aynıdır ve kontrol edilebilir.
- Çevresel hasarlar ve yüksek kullanma verimi dikkate alındığında solar hidrojen enerji sistemleri en düşük etkin maliyete sahiptir (Ün 2003).

### **Hidrojen Enerjisinin Temel Dezavantajları**

- Doğada son derece bol olmasına karşın enerji üretiminde kullanılan hidrojen gazının son derece saf olması gereklidir. Saflaştırma işlemi maliyeti artıran en önemli süreçtir. Bu nedenle saf hidrojen üretiminin maliyeti petrol ve doğalgaza göre yaklaşık 4 kat daha yüksektir. İlave olarak, hidrojen ile çalışan yakıt hücreleri içten yanmalı motorlardan 10 kez daha pahalıdır.
- Hidrojen enerjisinden yararlanılırken uygulamada birtakım zorluklarla karşılaşılmaktadır. Örneğin enerjinin üretildiği yakıt hücreleri ve hidrojenin depolandığı tankların hacmi geniş yer kaplamaktadır. Hidrojen petrole göre 4 kat fazla hacim kaplar; hidrojenin kapladığı hacmi küçültmek için hidrojeni sıvı halde depolamak gereklidir. Bunun içinde yüksek basınç ve soğutma işlemine gerek vardır.
- Öte yandan bu iki sorunla yakından ilgili bir başka temel problem yakıt hücresi ile çalışan araçlar yakıt takviyesi yapmak istedikleri zaman ortaya çıkacaktır. Petrol istasyonlarında yakıt hücreleri için hidrojen, yani yakıt malzemesi bulmak bir sorun olabilir veya bu tip enerji kaynaklarına yatırım yapmanın yatırımcı açısından müşteri bulamama yani ölü yatırım yapma gibi riskleri mevcuttur. Bu tip sorunların çözümü de belli bir ekonomik maliyet ve zaman gerektirir.
- Petrol ile çalışan motorlar içten yanmalı motorlardır. Bu motorların yakıt hücresi ile çalışmalarında çeşitli zorluklar vardır. Dolayısıyla yakıt hücresi ile uyumlu yapılacak motorların geliştirilmesi zarureti vardır ([www.aksam.com.tr](http://www.aksam.com.tr) 2016).

## **HİDROJENİN DEPOLANMASI VE TAŞINMASI**

### **Hidrojen Depolama**

Gerek sabit gerekse taşınabilir uygulamalar için hidrojenin etkin ve güvenilir tarzda depolanabilmesi gereklidir. Taşınabilir uygulamalarda ilave olarak depolamada hafiflik önem kazanmaktadır.

Hidrojen gaz veya sıvı olarak saf halde tanklarda depolanabileceği gibi, fiziksel olarak nanotüplerde veya kimyasal olarak hidrür şeklinde depolanabilmektedir. Hidrür şeklinde depolama; katı halde metallerde ve alanatlarda olabileceği gibi, sodyum bor bileşliğinde olduğu gibi sıvı halde de olabilmektedir.

Hidrojenin depolanabilirliği, hidrojenin belki de en önemli özelliğidir. Günümüzde büyük miktarlarda enerji depolamak için hala uygun bir yöntem bulunamamış olması, hidrojenin önemini daha da artırmaktadır. Bir örnek verilecek olursa; eğer bugün hidroelektrik santrallerinden elde edilen enerjinin depolanması mümkün olsaydı, enerji sorunu büyük ölçüde çözülmüş olurdu. Hatta hidroelektrik enerji kaynağı bol olan Kanada ve Yeni Zelanda gibi ülkelerin bu doğrultuda programlar başlattığı bilinmektedir. Bu yaklaşım hidroelektrik santrallerinin belirli yoğunlukta sürekli çalışmasını esas almaktır, ihtiyaç fazlası enerji ise suyun elektrolizi ile hidrojen üretiminde değerlendirilmekte ve bu şekilde enerji depolanmaktadır

([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) 2016)

### **Hidrojenin Taşınması**

Hidrojen gazı, doğal gaz veya hava gazına benzer olarak borular aracılıyla her yere kolaylıkla ve güvenli olarak taşınabilmektedir. Doğal gaz için kurulan yer altı boru dağıtım ağının ileride çok az bir değişiklikle hidrojen içinde kullanılması olanaklıdır. Boru hatları dışında hidrojen, basınçlı gaz olarak veya sıvılaştırarak tüplere konup tankerlerle taşınabilir. Çift çeperli yalıtılmış  $25\text{ m}^3$  hacmindeki tanklara konulan sıvılaştırılmış hidrojen, karayolu ile yine benzer şekilde  $130\text{ m}^3$  hacminde tanklara konulan sıvı hidrojen ise demiryolu ile taşınabilmektedir. Hidrojenin boru ile taşınmasına, Texas da petrol endüstrisi tarafından kullanılmakta olan ve 80 km uzunluğuna sahip boru şebekesi ile Almanya da Ruhr havzasında 1938 yılında işletmeye açılan ve bu gün 15 atmosfer basınç altında hidrojen taşımaya devam eden 204 km'lik boru hatları örnek olarak gösterilebilir ([www.bilgiustam.com](http://www.bilgiustam.com) 2016).

### **HİDROJENİN TAŞITLARDA KULLANILMASI**

Hidrojen yakıtlı motorlar güç üretim yöntemi bakımından 2 kategoriye ayrılabilir.

- Hidrojen Yakıtlı İçten Yanmalı Motorlar
- Hidrojen Yakıt Pilli Motorlar

### **Hidrojen Yakıtlı İçten Yanmalı Motorlar**

Hidrojen, aynen klasik içten yanmalı motorlarda kullanılan; benzin, dizel yakıtı, LPG, doğalgaz ve kerosen gibi içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılabilmektedir. Yakıt içerisindeki kimyasal bağ enerjisi yanma sonrası ısısı ve buradan da mekanik enerjiye dönüştürülmektedir.

Hidrojenin kendiliğinden tutuşma sıcaklığının yüksek oluşu (1 Atm. basınçta 847- 867 K) ve oktan sayısının yüksekliği hidrojenin dizel motorlardan çok, karburatörlü otto motorlarda daha uygun bir yakıt olacağını göstermektedir (Görgülü 1994).

Hidrojen yakıtlı motorlarda, fosil yakıtlarda görülen buhar tıkacı, soğuk yüzeylerde yoğunlaşma, yeterince buharlaşmama, zayıf karışım gibi sorunlar yoktur. Yüksek alev hızına, geniş alev cephesine ve yüksek detenasyon sıcaklığına sahip olup, kontrolsüz yanmaya karşı dayanıklıdır. Sahip olduğu bu yüksek alev hızı, otto motorlarda ideale yakın bir yanma ve ısıl verimde artışlar sağlar. Ayrıca düşük alev parlaklıği ile yanıyor olması radyasyon yoluyla gerçekleşen ısısı transferi miktarını da azaltmaktadır. Hidrojen yakıtlı motorun ısıl verimi

benzin motorununkine oldukça yakındır. Hatta sıkıştırma oranının artırılması ve fakir karışım sağlanmasıyla ıslı verim %25'lik bir artış sağlanabildiği tespit edilmiştir (Görgülü 1994).

Hidrojen-hava karışımını ateşlemek için gerekli enerji miktarı da diğer yakıtlara oranla çok düşüktür ve bu da tutuşma garantisini sağlayarak özellikle benzinli motorlarda bir avantaj oluşturmaktadır. Yanma sonunda fosil yakıtlarda söz konusu olan CO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CnHm, NO<sub>x</sub> vb. zehirli ve zararlı atıklardan yalnızca NO<sub>x</sub>' in oluşturduğu motorlarda bu emisyon miktarı da karışım oranının ayarlanmasıyla azaltılabilmektedir. Hidrojenin yanması sonucu partikül madde oluşmadığından bujilerde kirlenmez. Dolayısıyla hidrojen yakıtlı içten yanmalı motorlarda yalnızca NO<sub>x</sub> ve su oluşmaktadır. Bu da, günümüz fosil yakıtlarının önemli bir dezavantajı olan O<sub>3</sub> tabakası, ekolojik dengeye zararlı emisyon salımının yok denecek kadar az olmasını sağlayarak, çevreye uyumluluğunu da göstermektedir. Genellikle NO<sub>x</sub> hava fazlalık katsayısı ve karışımın yerel sıcaklığına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden zengin (hava fazlalık katsayısı  $\lambda < 0,9$ ) ve fakir (hava fazlalık katsayısı  $\lambda > 1,7$ ) karışımlarda NO<sub>x</sub> oluşumu önemli ölçüde azalacaktır (Dipioğlu 1998).

### **Yakit Pili Motor Teknolojisi**

Yakit pili; taşıtlar olarak tanımlanan yakıt pil motor teknolojisi, hidrojenin ya da reforme edilerek hidrokarbon yakıtların kullanıldığı, yakıt pili sistemleriyle üretilen ve DC' den AC' ye dönüşümü gerçekleştirilen elektrik akımının kullanılarak, AC elektrik motorları ile aracın tahriki prensibine dayanır. Yani klasik araç teknolojisinde izlenen yanma kimyasal enerjisi-mekanik enerji dönüşümü ve böylece aracın tahriki temin edilmektedir. Böylece çok yüksek sıcaklık ve basınçlarda, çok yüksek gürültü seviyelerinde gerçekleştirilen, oldukça fazla, kompleks parçaların oluşturduğu, büyük atalet kuvvetlerinin ve titreşimlerin meydana geldiği bir mekanizma ortadan kalkmaktadır. Bunun yerini nispeten oldukça düşük sıcaklıklarda çalışan, çok düşük gürültü seviyesine ve kompleks hareketli parçalar içermeyen, düşük titreşim seviyeli bir sistemle güç üretilmektedir. Bu güçle aracın hareketi gerçekleştirilmektedir (Oral, Çelik 2005).

Sistemde temelde; yakıt tankı, yakıt pili sistemi, AC/DC akım dönüştürücü ve elektrik motor/motorlarından oluşmaktadır. Bununla birlikte, sistemin genel kontrol ünitesi, akü, soğutma sistemi ve çeşitli aktarma organları sistemin temel tamamlatıcı donanımlarıdır. Ayrıca direkt hidrojen kullanılmayan hidrojen yakıt pili sistemlerde, kullanılan yakıtın (metanol, doğalgaz vb.) yeniden şekillendirilerek (reformation) hidrojen yakıt piline hazır hale getirildiği şekillendirici (reformer) bulunur. Yakıt pili motorlarda verim, geleneksel motorların iki misli düzeylerine çıkabilmektedir.

### **SONUÇ**

Enerji; insanoğlunun dünyadaki birincil ve ikincil ihtiyaçlarını karşılamada gereksinim duyduğu en önemli olgudur. Bu gereksinim günümüze kadar farklı kaynaklardan karşılanmıştır. Son yüz-yüz elli yılı dikkate aldığımızda ise; kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar bu ihtiyaçta temel kaynak rolünü üstlenmişlerdir. Dünyadaki enerji ihtiyacı; nüfus artışı, sanayileşme ve yeni ihtiyaç portföyü ile hızla artmaktadır. Buna karşın günümüz dünyasının temel enerji kaynağı olan fosil kaynaklarda artış olmamakta, yani kaynakların

ihtiyacı karşılamadığı bir noktaya doğru gidilmektedir. Bütün bu nedenler yeni enerji kaynakları gereksinimini doğurmaktadır. Yani alternatif enerjiler arayışı kaçınılmazdır. Alternatif enerji kaynaklarına geçişteki en önemli neden fosil yakıtların sınırlı olması yanında ekolojik çevreye verdikleri telafisi güç zararlardır. Bu enerji kaynaklarının yeni ve yenilenebilir olması çevre sorunları yaratmayan ve sürdürülebilir olması da çok önemlidir. Bu nedenle hidrojen, hem dünyadaki mevcut potansiyeli, geri kazanılabilirliği, güvenilebilirliği, temin edilebilirliği ve çevre sorunları yaratmaması gibi özellikleri nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde çok cazip durumdadır. Buna karşılık üretim maliyeti, depolama sorunu ve patlama gibi kullanımını kısıtlayan sorumlarda vardır. Bu problemlerin çözülebilmesi için her zamanından daha yoğun ve etkili çalışmalar yapılması gerektiği açıklır. Bu nedenle de çalışmada hidrojen enerjisi üretimi, depolanması ve kullanımı ele alınmıştır.

## KAYNAKLAR

- Aydemir, S. (1998) Enerji Kaynağı Olarak Hidrojen Üretim Yöntemlerinin İncelenmesi., Yüksek Lisans Tezi,  
Dipioğlu, İ. (1998) Hidrojenin Taşit Üzerinde Üretimi ve Petrol Kökenli Yakıtlarla Birlikte İçten Yanmalı  
Motorlarda Kullanımının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Konya
- Erdoğan, S. (2003).Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Enerji Potansiyeli. Electrotech
- Görgülü, A. (1994) Hidrojenin Yakıt Olarak İçten Yanmalı Motorlarda Kullanımı ve Diğer Yakıtlarla  
Mukayesesı, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir
- Güvendiren, M., Baybörü, E., Öztürk, T. (2002) Taşınabilir Enerji Kaynağı Olarak Hidrojenin Metal Tozlarında  
Depolanması, Savunma Teknolojileri Kongresi Bildiriler Kitabı, ODTU, Ankara
- Oral, E. Çelik, V. (2005) Hidrojen Yakıtlı Motor Teknolojisi, Mühendis ve Makine
- Ültanır, M. Ö., (1998) 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin  
Değerlendirilmesi, <http://www.tusiad.org.tr> (19.04.2016)
- Ün, Ü.T, (2003) 21.Yüzyılın Enerjisi Hidrojen, <http://www.emo.org.tr>  
(20.04.2016)
- Veziroğlu, T. (1998). Hydrogen Energy Technologies  
[www.aksam.com.tr](http://www.aksam.com.tr) 2016  
[www.bilgiustam.com](http://www.bilgiustam.com) 2016  
[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) 2016

## KATI ATIK DEPO GAZINDAN ENERJİ ÜRETİMİ

Salihay SAY<sup>1</sup>, Melayib BİLGİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Müh. Fak. Çevre Mühendisliği Bölümü, AKSARAY

**ÖZET:** Artan, nüfus kentleşme ve sanayileşmeye paralel olarak oluşan katı atık miktarı da hızla artmakta ve kentler için giderek daha büyük bir sorun haline gelmektedir. Geçmişte uygulanan, insan ve çevre sağlığı açısından büyük riskler taşıyan katı atıkların vahşi döküm sahalarına dökülmesi uygarlaşan dünyada giderek geçerliliğini kaybetmektedir.

Katı atıkların vahşi depolama ile değil, diğer teknolojilerle bertarafı hiç şüphesiz büyük maliyetler oluşturmaktadır. Bu noktada atıklardan ekonomik olarak değerlendirilebilir ürünler elde edilip edilemeyeceği sorusu gündeme gelmiştir. Atıklardan elde edilebilecek ürünler geri kazanılabilir maddeler, kompost ve enerjidir. Enerji geri kazanımı üzerinde en çok çalışılan konulardan biridir.

Depo gazının çevre ve halk sağlığında meydana getirdiği olumsuz etkilerden dolayı etkili bir gaz kontrol sistemi ile kontrol edilmesi gerekmektedir. Depo gazının büyük bir kısmını metan ve karbondioksit oluşturur. Metanın yüksek kalorifik değere sahip olmasından dolayı geri kazanılması söz konusudur. Bu çalışmada depo gazından enerji üretimi konusu incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Depo gazı, enerji kazanımı, metan

## ENERGY PRODUCTION FROM WASTE GAS TANK

**Abstract:** Increasing the amount of solid waste generated in parallel with the rapidly growing population, urbanization and industrialization, and is becoming a bigger problem for the city. Applied in the past, human and environmental health perspective, the loss of wild waste dump solid waste carries major risks from increasingly loses its validity in the civilized world.

Disposal of solid wastes with using proper technologies generates large costs instead of using wild storage system. In this case the idea of making money of using recycling industrial technologies comes to mind. The main products we can get from recycling process are recoverable materials, compost and energy. Energy is most studied subject on recycling.

Landfill gas of the environment and public health from the adverse effects caused by gas must be controlled by an effective control system. Landfill gas of methane and carbon dioxide forms a major part. Recovering methane because it has a high calorific value is concerned production from. In this study, examined energy the gas tank.

**Keywords:** Landfill gas, energy recovery, methane

## GİRİŞ

Katı atık depolama sahaları, tıpkı bir arıtma tesisiindeki anaerobik çürütücü gibi bir biyokimyasal reaktör olarak çalışmaktadır. Depo alanına katı atığın depolanmasıyla birlikte depo içerisinde ayrışma da başlamakta, oluşan anaerobik ortamda organik maddelerin bozunması sonucunda bozunma gazları meydana gelmekte ve oluşan bu gazlar Depo Gazı olarak adlandırılmaktadır (url 5).

Depolama sahalarında depolanmış olan büyük miktardaki organik atıkların havasız ortamda çürümesi sonucunda depo gazı oluşmaktadır. Depo gazı genellikle metan (%50-60), karbondioksit (%35-40) ve azot gibi bileşenlerden (%3-10) oluşur. Bu gazın

kompozisyonunda ayrıca iz miktarda oksijen, çeşitli organik kükürt bileşenleri, amonyak ve su bulunur (Saltabaş, 2004).

Bu bozunma fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin bir kombinasyonudur. Fiziksel bozunma sızıntı suyunun ayrılması ve fiziksel özelliklerinin değişikliği, kimyasal bozunma atık materyallerinin sızıntı suyu içerisinde çözünmesi olarak düşünülebilir. Biyolojik bozunma ise metan gazı üretiminin gerçekleştiği prosesidir. Biyolojik bozunma doğal olarak varolan bakteriler sayesinde gerçekleşir ve oldukça kompleks bir prosesidir (Tchobanoglous ve Theisen, 1993).

## **DEPO GAZININ ÖZELLİKLERİ**

Depo gazının en önemli özelliği metan içeriğinden dolayı enerji değeridir. Ortalama alt kalorifik değer metre küp başına 20.000 kj civarında gerçekleşmektedir. Depo gazının diğer özellikleri potansiyel patlayıcılığı, boğuculuğu, zehirliliği ve kötü kokusudur (Gendebien, 1992).

Hacimce %5-15 metan konsantrasyonları hava ile patlayıcı karışımlar oluşturmaktadır. Metan konsantrasyonu bu kritik seviyeye ulaştığı zaman depo alanında sınırlı miktarda oksijen bulunduğuundan dolayı patlama tehlikesi olur. Patlama seviyesindeki metan karışımı; depo dışına göç eden metan gazı ve havanın karışmasıyla oluşur. Bu üst limitin üzerinde metan-hava karışımına alev verildiğinde yanmakta, fakat patlayıcılık göstermemektedir (Gendebien, 1992).

## **DEPO GAZI HESAPLAMA YÖNTEMLERİ**

Oluşan depo gazı miktarı sahadan sahaya farklılık gösterir. Çünkü metanojen faaliyet birçok çevresel faktöre göre değişir. Teorik olarak 1 ton çöpün ayrışması neticesinde %55 metan içeren ve  $19750 \text{ Kj/m}^3$  düşük kalorifik değere sahip  $400 \text{ m}^3$  depo gazı oluşur (Özçakıl, 2001).

Bir depolama sahası için depo gazı geri kazanım projesi yapmadan önce mevcut ve gelecekteki potansiyel depo gazının miktarı bilinmelidir. Toplanan gazın miktarı, dökülen atık miktarı, bu atıkların özellikleri, tesis ve toplama sisteminin tasarımları gibi birçok faktöre bağlıdır (Özçakıl, 2001).

Mevcut ve gelecekte oluşabilecek gaz miktarını belirlemek için dört yol mevcuttur. Mevcut gaz üretimini hesaplamak için en güvenilir metot atık için test kuyuları açmaktadır. Diğer metodlar da kabaca tahmin, substratların ayrışma denklemi ile hesap ve model hesaplamalarıdır (url1).

Mevcut gaz üretimini hesaplamak için en güvenilir metot, test kuyuları açmak ve bu kuyularda toplanan gazı ölçmektir. Bu yöntem çok pahalıdır ve ancak depo alanında büyük miktarlarda gaz üretilmesi için yeterince atık bulunması halinde bu yöntemle başvurulur (url1).

## **DEPO GAZINDAN ENERJİ ÜRETİMİ**

Tipik olarak depo gazı ya yakılır ya da elektrik enerjisi üretmek için kullanılır. Son zamanlarda depo gazının saflaştırılarak kullanılması ısı ve elektrik üretimine karşı bir alternatif olarak önerilmektedir. Depo gazından enerji geri kazanımı için dört seçenek mevcuttur. Bunlar; direkt ısıtma, elektrik üretimi, kimyasal besleme stoğu ve boru hattı kalitesinde gazla saflaştırmadır. Her bir metot çeşitli depo gazı uygulamalarına sahiptir (url1).

Direkt yakma depo gazının kullanımında en basit ve en ucuz yöntemdir. Depo gazı genellikle büyük endüstriyel kazanlarda veya tuğla firınlarında, kireç veya çimento firınlarında yakılır. Çevrede bulunan konut, okul gibi binaları veya seraları ısıtmakta kullanılır. Burada en önemli kriter ısıtılacak alanların depolama sahasına olan uzaklığıdır (U.S. Department of Energy,2004).

Direkt yakmanın mümkün olmadığı durumlarda en ekonomik çözüm depo gazından elektrik üretimidir. Elektrik üretimi gaz motorları, gaz türbinleri, buhar türbinleri, mikro türbinler ve yakıt pilleri kullanılarak gerçekleştirilebilir (U.S. Department of Energy,2004).

## **YAKMA**

Katı atıkların hacim azaltılması, stabilizasyon, patojen mikroorganizma giderimi ve enerji elde etmek amacı ile yakılır. Atıkların yakılması sırasında ısı üretilir. Bu ısı, termik veya elektrik enerjisi olarak değerlendirilebilir. Enerji kazanma sistemi, atıkların tam yakılmasını ve baca gazlarının en iyi şekilde temizlenebilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Giren atıkların kalorifik değerinin %70 -80 enerji olarak değerlendirilebilir ve kalorifik değeri ortalama 8000 kj/(kg ham atık) olarak kabul edildiğinde 1,67 kWh/(kg giren atık) mertebesinde enerji kazanılabilir. Yakma işlemi sonucu başlıca ürün buhardır. Buhar doğrudan kullanılmadığı durumlarda buhar türbinleri ile elektrik üretimi yapılabilir (url 2).

## **GAZLAŞTIRMA**

Gazlaştırma biyokütleden gaz yakıt elde edilen termokimyasal bir dönüşüm prosesidir. Başka bir deyişle stokimetrik hava miktarında daha az havayla yakıldığı kısmi bir yanma prosesini tarif eder ( Bischoff ve Schmidt,1994).

Gazlaştırmanın yanmaya göre en büyük avantajı elektrik üretim veriminin daha iyi olmasıdır. Temel enerji üretimi ise yanmadan daha düşüktür. Gazlaştırma prosesinde atığın kısmi yanması sonucu CO, H<sub>2</sub> ve başta CH<sub>4</sub> olmak üzere bazı doymuş hidrokarbonlardan oluşan yanabilir bir gaz (singaz) yakıt elde edilir. Elde edilen gaz daha sonra içten yanmalı motor, gaz türbini ve boylerlerde yakılarak enerji üretilir (Tchobanoglous ve Theisen, 1993).

Gazlaştırma sistemlerinde sadece işlenmiş katı atık kullanılmaktadır. Bu yüzden atıkların öncelikle ön arıtma prosesine tabi tutulmaları gereklidir.

## PİROLİZ

Piroliz, gazlaştırmadan farklı olarak organik maddelerin tamamen oksijensiz ortamda yüksek sıcaklıklarda ( $300\text{-}700^{\circ}\text{C}$ ) bozunmasıdır. Prosesin ürünler;  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  ve diğer gazları içeren gaz (singaz), katran ve çeşitli yağları içeren sıvı veya kömür granülü, karbon ve diğer inert materyalleri içeren katı fazlardan oluşur. Piroliz gazının kalorifik değeri kullanılan ham maddeye bağlı olarak  $10\text{-}20 \text{ MJ/m}^3$  arasında değişir (DEFRA, 2007).

Piroliz ürünleri elektrik, ısı ve diğer yan ürünler kolayca dönüştürülebilir. Piroliz gazı, jeneratörlerle bağlı olan gaz türbinlerinde veya gaz motorlarında yakılarak elektrik üretimi için kullanılabilir. Elektrik enerjisi yüksek değeri, dağıtım kolaylığı ve ulusal ve uluslararası pazar standartlarına adaptasyonu açısından çekici bir üründür (DEFRA, 2007).

## ANAEROBİK ÇÜRÜTME

Enerji üretimi bakımından biyolojik dönüşüm biyokütleden biyogaz oluşumudur. Biyogaz terimi temel olarak organik atıklardan kullanılabilir gaz üretimesini ifade eder. Biyogaz elde edinimi temel olarak organik maddelerin ayrıştırılmasına dayandığı için temel madde olarak bitkisel atıklar ya da hayvansal gübreler kullanılabilir (url 4).

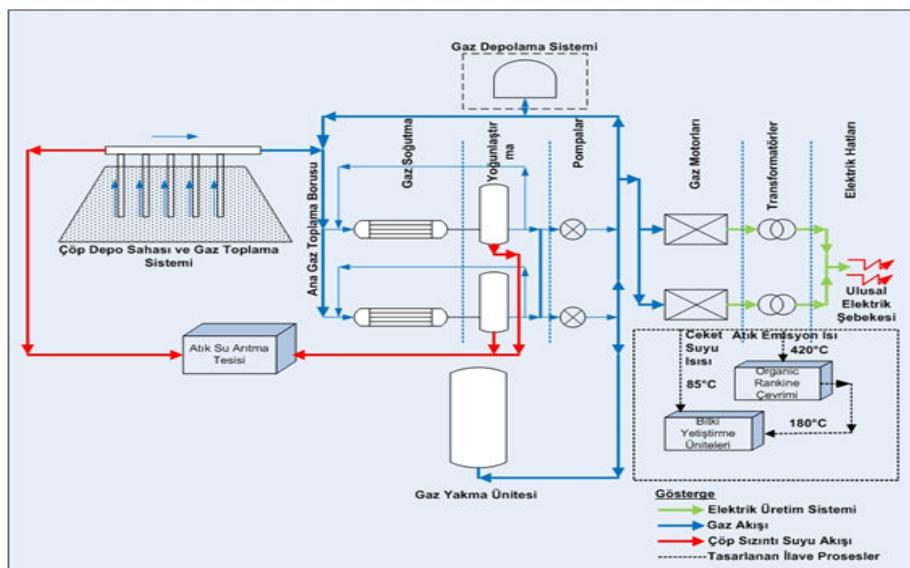
Anaerobik çürütme çöpün organik kısmının oksijensiz ortamda biyolojik olarak bozunmasıdır. Prosesin başlıca ürünü yaklaşık %64  $\text{CH}_4$  ve %35  $\text{CO}_2$ 'den oluşan biyogazdır.

Bir anaerobik çürütme sistemi ön arıtma, anaerobik dönüşüm, son arıtma ve sızıntı suyu ve gazların arıtılması aşamalarından oluşur. Ön arıtma basamakları manyetik ayırma, öğütme, yoğunluk farkıyla ayırmadır. Son arıtma ise mekanik su giderme, aerobik kompostlaştırma ve sızıntı suyu arıtma basamaklarından oluşur (Heide ve Eisma, 1997).

## ELEKTRİK ÜRETİMİ ve UYGULAMALARI

Elektrik üretimi gaz motorları, gaz türbinleri, buhar türbinleri ve yakıt pilleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bunlardan en yaygın olanı gaz motorları kullanılarak elektrik üretimi veya kojenerasyondur (CADDET Technical Brochures 1995).

Gaz türbinleri ancak 3MW'ın üstündeki sahalarda kullanılabilir. Ayrıca depo gazının debisinin zamanla azalması nedeniyle birden fazla gaz motoru kullanılarak üretim yapılması daha yaygın bir uygulamadır. Böylece gaz debisi düşüğü zaman motorun başka bir sahaya taşınması mümkün olur. Buhar türbini gaz debisinin 8-9 MW'lık sistemleri desteklediği çok büyük depolama sahalarında uygulanabilir. Buhar türbin sistemleri içten yanmalı motorlardan veya gaz türbinlerinden daha yüksek oranda kW başına maliyete sahiptirler. Bu yüzden pek tercih edilmemektedir. Yakıt pilleri araştırma aşamasındadır, mikro türbin uygulaması olmakla beraber henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Örneği Şekil 1'de verilmiştir (CADDET Technical Brochures 1995).



Şekil 1. Depogazı Elektrik Üretim Şeması (url 3)

## SONUÇ

Dünya nüfusunun hızla artması, tüketim maddelerinin çeşitliliği ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi ciddi bir atık sorunuyla karşı karşıya kalmamıza sebep olmaktadır. Atık sorununun etkin bir şekilde çözülebilmesi için yeni teknolojilerin kullanımının tüm dünyada yaygınlaşması gerekmektedir. Katı atıklardan elde edilebilecek en değerli ürün enerjidir. Katı atıkları hiçbir işlemden geçirmeyip vahşi depoladığımız zaman sızıntı suyu ve karbon salınımı etkisi ile çevreye büyük zararlar veririz. Aynı zamanda önemli maddi getirileri olan atıklardan ve potansiyel enerjilerden faydalananmış oluruz.

Bu bağlamda projemde katı atıklardan enerji üretiminde dünya da kullanılan depo gazından enerji kazanımını yakma, gazlaştırma, anaerobik çürütme teknolojileri ve elektrik üretimi incelenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Bischoff, M. Schmidt, E. "Wasser - Dampf- Kreislauf", Verlag, Berlin, Engine"118 (1994)
- [2] CADDET Technical Brochures, "Landfill Gas Fuelled Power Plant Using a Lean Burn, 1995
- [3] DEFRA (2007), Advanced Thermal Treatment of Municipal Solid Waste, p: 3
- [4] Gendebien, A. and Commission of the European Communities, 1992. Landfill
- [5] Heide, J. and Eisma, M. 1997. Soil Management part 3: Municipal solid waste disposal selected topics, Delft University of Technology
- [6] Özçakıl M. Türkiye'de katı atık depo gazı geri kazanım tesislerinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (Haziran 2001)

- [7] Saltabaş, F., "Biyogaz Esaslı Kojenerasyon Santralleri" Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Ens., Sakarya Üniversitesi, 2004.
- [8] Tchobanoglou, G. Theisen, H. and Vigil, S.A. 1993. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues, McGrawHill International Editions.
- [9] U.S. Department of Energy, "Biomass and Alternative Methane Fuels Fact Sheet, 2004
- [10] url1=[http://www.academia.edu/7406349/KATI\\_ATIKLARDAN\\_ENERJ%C4%B0\\_%C3%9CRET%C4%BO\\_OM\\_Y%C3%96NTEMLER%C4%B0](http://www.academia.edu/7406349/KATI_ATIKLARDAN_ENERJ%C4%B0_%C3%9CRET%C4%BO_OM_Y%C3%96NTEMLER%C4%B0)
- [11] url 2=[http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji\\_kongresi\\_10/Kentsel.pdf](http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_10/Kentsel.pdf)
- [12] url 3=<http://ortadoguenerji.com.tr/faaliyet-alanları/elektrik-uretimi/yenilenebilir-enerji/cop-gazindan-enerji/#>
- [13] url 4=<http://www.soleaenerji.com/Biyogazenerji.asp>
- [14] url 5=<http://www.yildiz.edu.tr/~kvarinca/Dosyalar/Yayinlar/yayin001.pdf>

## KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA TESİSİ YER TESPİTİ

Abdullah KEFKİR<sup>1</sup>, Melayib BİLGİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

kefo10@hotmail.com, melayib@gmail.com

**ÖZET:** Hızlı nüfus artışı, endüstriyel gelişme ve kentleşme gibi olgular, Türkiye'nin de içinde yer aldığı gelişmekte olan ülke kentlerinde katı atık sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Bu sorunlar ise günümüze kadar kentlerde atık yönetiminde yaygın bir şekilde uygulanan toplama, taşıma ve depolamadan oluşan sistemin yetersiz kalmasına sebep olmuştur. Toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi ekonomik anlamda büyük yük olan ve toplum sağlığı açısından önemli olduğu kadar, aynı zamanda, uygun şekilde değerlendirilemediği takdirde kaybolan ekonomik bir değer de olan katı atıkların yönetiminde, toplanmasından bertarafına kadarki süreçte gerçekleştirilecek tüm hizmetlerin maliyet ve sorumluluğu yerel yönetimlere düşmektedir.

Bu çalışmada katı atıkla ilgili genel olguları ve atığın kaynağından çıktıktan sonra deponi sahalarında nasıl bir işlemle depolandıkları, atıkla ilgili gerçekleştirilen depolama işleminin küresel ölçekteki gelişimi ve Kayseri ili için düzenli depolama alternatif yer tespiti yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Katı atık, Düzenli depolama, Yer tespiti

## LANDFILL LOCATION

**Abstract:** Rapid population growth, industrial development and urbanization such cases, Turkey is a developing country, within the urban solid waste problems brought in together. This is the problem with waste management in the city until today widely applied in collection, the system of transport and storage has led to inadequate. The collection, as well as handling and disposal of greater load in the economic sense and is important for public health, but also appropriately evaluated not if lost in the management of solid waste is also an economic value, cost and responsibility of all services will be held in the period up to disposal of the collection lies with local governments.

In this study, after leaving the general phenomena and waste resources solid waste that is stored with how a process in landfill, waste about by implementing the development on a global scale storage operations and Kayseri were made to locate alternative to landfill for the city.

**Keywords:** solid waste, landfill, site selection

## GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2015 yılına kadar 7,2 milyara ulaşacağı(United Nations Environment Programme,2009) ve hızlı kentleşme sonucu 2025 yılına kadar kentlerde yaşayan insan sayısının da bugünküne nazaran 2-3 katına ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu hızlı nüfus artışının doğal bir sonucu olan kentleşme ise başlı başına bir problem olmamakla birlikte, gelişő güzel ve plansız büyümeye sonucu, kamusal alanların ve nehir kenarlarının zarar görmesi, hava ve su kirliliği ile katı atık oluşumu gibi birçok çevresel soruna sebebiyet vermektedir.(Troschinetz A. ,2009). Çevre sorunlarından bir tanesi ise atık kirliliğidir. İnsan nufusunun hızla artması ile üretilen atık miktarı da açık ve bununla birlikte çevre sorunları göz önüne çıkacaktır. Oluşan atıkların çevreye en az zarar verecek şekilde bertarafi için düzenli bir şekilde depolanması çevre sağlığı için çok önemlidir.

## **1. KATI ATIK OLGUSU**

Literatürde ve mevzuatta “katı atık” olgusuna ilişkin çeşitli tanımlar yer almaktadır. “Katı atık” olgusunu “sahibinin istemediği ancak ekonomik değeri olan ve toplumun menfaati gereği toplanıp fen ve sanat kurallarına, bilimsel esaslara, mühendislik prensiplerine göre bertaraf edilmesi gereken katı şeyler”(Armağan B. ve ark, 2006) biçiminde tanımlarken, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nde ise “katı atık”, “üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamuru” olarak tanımlanmaktadır. “evsel, ticari ve/veya endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan ve tüketicisi tarafından artık işe yaramadığı gerekçesiyle atılan, ancak, çevre ve insan sağlığı yanında diğer toplumsal yararları nedeniyle düzenli biçimde uzaklaştırılması gereken maddeler(Palabıyık H. ark, 2004) olarak tanımlanan ”Katı atıklar kaynaklarına göre dört grupta toplanabilir(İçme suyu Devlet Planlama Teşkilatı 2000):

- Evsel Katı Atıklar,
- Endüstriyel Nitelikli Katı Atıklar (Tehlikeli ve Tehlikesiz Atıklar),
- Tıbbi Katı Atıklar,
- Özel Katı Atıklar.

Atıklar, sıvı atıklar ve atmosferik gazlar haricindeki tüm atık maddeleri kapsayan çok genel bir kavram olmasına rağmen kentsel katı atıklar, mesken, ticari, kurumsal, inşaat-yıkım ve kentsel hizmetler gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır(Badran M. ve ark 2006).

İnsan faaliyetleri sonucu oluşan katı atık sorununun giderilmesinde kullanılan yöntemleri düzensiz depolama, düzenli depolama, kompostlama, tekrar kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım ve yakma şeklinde sınıflandırmak mümkündür(Palabıyık H., 2001).

**1.1.Düzensiz (Vahşi) Depolama;** katı atıkların hiçbir önlem alınmaksızın açık araziye rastgele boşaltılarak insan çevresinden uzaklaştırıldığı, gelişmemiş ya da gelişmekte olan ülkelerde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem; depo sahasında rüzgâr etkisi ile toz bulutlarının oluşması, meydana gelen gazların hava kirliliğine neden olması, geniş bir alana yayılan katı atıkların çevre ve görüntü kirliliği yaratması ve bu alanlarda barınan ve beslenen hayvanların bulaşıcı hastalıklara sebep olması gibi ciddi problemleri yaratmaktadır.

**1.2. Düzenli Depolama;** üretici tarafından atılmak istenen ancak, çevrenin korunması bakımından düzenli bir şekilde uzaklaştırılması gereken katı maddeler ve arıtma çamuru olarak nitelendirilen katı atıkların çevrede yarattığı fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkileri göz önünde bulundurularak belirli bir düzen içerisinde toplanması ve buna göre depolanması gerekmektedir. Düzenli depolamada amaç, mekanik, kimyasal ve biyolojik işlemlerle değerlendirilmesi, ekonomik bir şekilde mümkün olmayan ya da bu işlemler sonucu açığa

çikan ve insan sağlığını tehdit eden, diğer canlılara çeşitli şekillerde zarar veren, çevre estetiğini bozan katı atıklarının yerleşim alanlarından uzaklaştırılıp zararlarının önlenmesidir(Uluatam S.S. ve ark, 2008). Uygun yer seçimi ve çevre koruma önlemleri gibi teknik standartlara uygun şekilde inşa edilmiş düzenli depolama alanları atıklardan kurtulmanın en etkili yoludur.

**1.3. Kompostlama;** gıda ve toprak (çimen, bahçe artıkları vs.) artıkları gibi organik maddelerin biyolojik bozulmasını kontrol altına alan bir yöntemdir. Bu yöntemin; toprağa besleyici maddeler kazandırması, yararlı toprak organizmalarını artırması, depolama alanları dışındaki organik atıkların geri kazanılması, belirli bitkisel hastalıkları önlemesi, gübre ve pestisitlere olan ihtiyacı azaltması, toprak erozyonunu engellemesi, kirlilik problemine çözüm getirmesi ve doğal kaynakları koruması gibi birçok yararı söz konusudur(Gören S. ve ark, 2005).

**1.4.Tekrar kullanım;** atıkların temizleme dışında hiçbir işleme tabi tutulmadan aynı şekilde defalarca kullanılması; geri dönüşüm, atıkların fizikal ve/veya kimyasal işlemlerden geçirildikten sonra ikinci ham madde olarak üretim sürecine sokulması ve geri kazanım ise, tekrar kullanım ve geri dönüşüm kavramlarını da kapsayan, atıkların özelliklerinden yararlanılarak içindeki bileşenleri fizikal, kimyasal ya da biyo-kimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesidir

**1.5.Yakma yöntemi;** katı atıkları hijyenik açıdan zararsız hale getirmek, hacimlerini azaltmak ve ekonomik olduğu taktirde onlardan enerji elde etmek amacı ile kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemden etkili sonuç alabilmek için atığın yanabilir madde bakımından zengin olması gereklidir, yakma işlemi sırasında çıkan zehirli gazlar ve yakma işlemi sonrasında ortaya çıkan yüksek tehlike düzeyine sahip artıkların depolanması önemli sorunlar yaratmaktadır.

Kentsel katı atıklar, yüksek maliyetleri ve yeterince ilgi gösterilmemesi nedeniyle kentlerin karşı karşıya kaldığı büyük problemlerdendir. Bu sadece teknik bir problem değil aynı zamanda politik, yasal, sosyo-kültürel, çevresel ve ekonomik faktörlerle karşılıklı etkileşim içinde bulunan karmaşık bir problemdir(Sharholy M ve ark, 2007).

Geçmişte bütün kentsel katı atıkları uzaklaştırmak ve kütlesel olarak depolamak için sadece uygun hacimli bir araziye ihtiyaç duyan yerel yönetimler, günümüzde artık katı atıklar için geri dönüşüm, kompostlama, enerjinin geri kazanımı ve depolamadan oluşan kombine ve komplike bir sistemi kullanır hale gelmişlerdir(Burnley S.J., 2007).

Ekonomik gelişim ve yükselen yaşam standartları ile ürün ve hizmetlerle ilgili talepteki artış sonucunda kişi başına katı atık üretimi artmıştır. Artan nüfus, büyuyen ekonomi, hızlı kentleşme ve yükselen yaşam standartlarının bir araya gelmesi ile birlikte özellikle gelişmekte olan ülkelerde kentsel katı atıklar büyük bir sorun haline gelmiştir(Minghua Z.ve ark, 2009). Bu boyuttaki bir sorunun etkili çözümünde ise katı atık yönetimi olarak adlandırılan yeni bir olgu ortaya çıkmıştır.

## **2. KATI ATIK YÖNETİMİNE İLİŞKİN KURAMSAL İNCELEME:**

İnsanların evsel, sosyal ve endüstriyel aktiviteleri sonucu oluşan katı atıkların doğru bir şekilde yönetimi yakın zamana kadar yetersiz katı atık yönetimi uygulamalarından, ortaya çıkabilecek çevresel tehlikelerin boyutlarının iyi değerlendirilememesinden ya da teknik ve ekonomik kaynakların eksikliğinden dolayı ihmali edilmiştir(Patrick P.K., 1995). Ancak, son yıllarda katı atıkların toplanması, biriktirilmesi ve bertaraf edilmesi ile ilgili uygulamaların yetersiz oluşu, katı atık sorununun yönetilmesine yönelik gelişmeleri içeren süreci hızlandırmıştır.

İnsan yaşamının doğal bir sonucu olarak katı atıklar oluşmakta ve yaşam kalitesini yükseltmek için bu atıkların ortadan kaldırılması gerekmektedir. Katı atık yönetimi (KAY) ile başlangıçta halkın sağlığının korunması bağlamında meskûn bölgelerden atıkların basit bir teknoloji ile uzaklaştırılması amaçlanırken, sonraları sağlıklı depolama alanlarında modern sistemlerle gerçekleştirilen, enerji ve maddenin geri kazanıldığı uygulamaya yönelik bir anlayış benimsenmiştir. Günümüzde ise küresel çabalar KAY'ı, kent yaşamında sürdürülebilirliğe doğru yönlendirilmiş bir güç haline getirmiştir(Shekdar A.V., 2009).

Kentsel Katı Atık Yönetimi (KKAY); kamu ve özel sektördeki çeşitli sorumluların işbirliğiyle uygun çözümlere ulaşmak için yeterli organizasyonel güce bağlı ve yerel yönetimlerin sorumluluğunda olan karmaşık bir görevdir. KKAY hizmetleri, kentsel alanlarda toplama, taşıma, işleme, geri dönüşüm, kaynakların geri kazanımı ve atıkların bertarafını içerirken bu hizmetler gelişmekte olan ülke kentlerinin çoğunda toplama, taşıma ve bertarafından ibarettir. Kırsal kesimlerde ise bu hizmetler daha dar kapsamlı olup atıkların bertarafında çoğunlukla sadece açık bir depolama sahası kullanılmaktadır. Bu hizmetlerdeki yetersizliklere rağmen, halkın önemli bir kesimi KKAY'yi sadece atıkların toplanmasından ibaret bir hizmet olarak değerlendirmeyip ödedikleri vergilere karşılık tüm bu hizmetlerin düzenli bir şekilde yönetildiği bir süreç olarak görmektedirler(Zarate M.A. ve ark, 2008).

Son yirmi yılda önemli bir konu haline gelen KKAY, bugünlerde kamuda tartışma yaratan temel konulardan biridir. Bu, hem kişi başına düşen hem de toplamda üretilen kentsel katı atık miktarındaki artıştan kaynaklanmaktadır. Ekonomik gelişme ile birlikte kentsel katı atık miktarındaki artış, yönetimlerden bulunacak çözümlerde etkin olunması taleplerini artırınca, sağlık ve çevreye ilişkin amaçlarını gerçekleştirmek isteyen yerel yönetimler, kentsel katı atık sorununun üstesinden gelebilmek için teknolojik çözümlerin yanı sıra konunun ekonomik ve sosyal boyutlarını da göz önüne almaya başlamışlardır(Magrinho A. ve ark, 2006).

Çevresel kaliteyi yükseltmek, halkın sağlığını, kalkınmanın sürdürülebilirliğini ve ekonomik etkinliği sağlamak temel amaçlarını güden KKAY, toplama, taşıma, kaynakların

geri kazanımı, geri dönüşüm fonksiyonları ile bu fonksiyonlarla ilgili uygulamaları kapsamaktadır. Katı atık yönetiminin başarılı bir şekilde sürdürülebilmesi, yerel yönetimlerin koordinatörlüğünde kamu ve özel sektör işbirliğinin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine bağlıdır. Gelişmiş ülkelerin kentsel bölgelerinde üretilen katı atık miktarının yüksek olmasına rağmen atık yönetiminde gösterdikleri başarı karşısında, gelişmekte olan ülkelerin daha az atık üretmelerine rağmen KKAY'de yetersiz kaldıkları görülmektedir(Henry K.R. ve ark, 2006). Atıkların sorumluluğu kanunlarca belediyelere verilmiştir.

**Tablo1:** Belediye Katı Atık Temel Göstergeler, 2012

Temel Göstergeler	2012 yılı
Toplam belediye sayısı	2950
Anket uygulanan belediye sayısı	2950
Katı atık hizmeti verilen belediye sayısı	2894
Katı atık hizmeti verilen nüfusun toplam nüfusa oranı (%)	83
Toplanan belediye katı atık miktarı ( bin ton /yıl)	25.844
Kişi başı ortalama belediye katı atık miktarı (kg/kİŞİ-gün)	1,21

2012 yılında katı atık toplama ve taşıma hizmeti verilen belediyelerden toplanan 25,84 milyon ton katı atık Tablo 2'de de görüldüğü üzere; % 37,8'i belediye çöplüğünde, % 0,4'ü açıkta yakılarak, % 0,4'ü gömülkerek, % 0,1'i dereye ve göle dökülperek bertaraf edilmiş, % 59,9'u düzenli depolama sahalarına, % 0,6'sı ise kompost tesislerine götürülmüştür.

### **3.KAYSERİ İLİ KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA TESİSİ YER TESPİTİ**

Mevcut depolama sahası KaBB tarafından on yılı aşkın bir zamandır kullanılmaktadır. Proje kapsamında ilk olarak bu alanda bir KADDT inşa edilmesi seçeneği değerlendirilmiştir. Yapılan incelemeler sırasında sahanın belirli olumlu özellikler sergilediği görülmüştür.

- Yer olarak saha, katı atık depolama için uygundur,
- Sahaya giden yol geçişleri uygundur,
- Yeraltı su kaynaklarını kirletici bir risk taşımamaktadır,
- Saha, yerleşim yerlerine kanunda belirtilen uzaklıklara uymaktadır,
- Hakim rüzgar yönü uygundur,
- Gelecekte genişleme için yeterli alan mevcuttur.

Mevcut depolama sahasında gözlemlenen olumsuzluklar aşağıda belirtilmiştir;

- Sızıntı sularını toplayacak bir sistem mevcut değildir,
- Depolama sahasındaki gazların toplanması ile ilgili bir sistem mevcut değildir,
- Atıkların üzerleri sızdırmaz malzemeler ile örtülmemektedir,

- Kazı atıkları, döküntüler ve kabul görmeyen malzemeler, evsel atıklar ile birlikte dökülmektedir,
- Uygun yangın söndürme önlemleri alınmamıştır,
- Gelen atık yükünü tartacak bir tarti köprüsü bulunmamaktadır,
- Sahanın etrafına girişi engellemek için kurulan tel örgüler yeterli görülmemektedir,



## SONUÇ

Yukarıda belirtilen mevsimsel ve jeolojik avantajları göz önünde bulunduran KaBB, mevcut depolama alanının bulunduğu sahayı (sahanın toplam büyülüğu 48 hektar olup, sadece 9 hektarlık alan depolama sahası olarak kullanılmaktadır) Avrupa Birliği Çerçeve projesi kapsamında önermiştir (Kayseri Nihai çed raporu, 2010).

Ancak, sahanın olumsuz yönlerinden birisi ise mülkiyetinin kime veya hangi kuruma, kuruluşu ait olduğu bulunamamıştır. Mülkiyetinin kime ve yahut hangi kuruma ait olduğu araştırmalar konusunda bulunduğu taktirde ilerleyen yıllarda Kayseri İli'nin katı atık yükünü hafifletebileceği göz önüdedir.

## KAYNAKLAR

Armağan B., Demir İ., Demir Ö., Gök N., Katı Atıkların Ekonomide Değerlendirilmesi, İstanbul Ticaret Odası,  
Yayın No: 2006-23, İstanbul, 2006, s. 16

Badran M.F., El-Haggar S.M., "Optimization of Municipal Solid Waste Management in Port Said – Egypt",  
Waste Management, Volume:26, Issue: 5, 2006, p. 534

Belediye Katı Atık İstatistikleri 2012 (2015), TÜİK Haber Bülteni T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu

Burnley S.J., "The Use of Chemical Composition Data in Waste Management Planning – A Case Study", Waste Management, Volume: 27, Issue: 3, 2007, p. 327.

Gören S., Sanitary Landfill, Forart Matbaası, İstanbul, 2005, s. 23-25

Henry K.R., Yongsheng Z., Jun D., "Municipal Solid Waste Management Challenges in Developing Countries – Kenyan Case Study", Waste Management, Volume: 26, Issue: 1, 2006, p. 93.

İçmesuyu, Kanalizasyon Arıtma Sistemleri ve Katı Atık Denetimi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı, Yayın No: DPT: 2503-ÖİK 524, Ankara, 2000, s. 79-80.

Kayseri Büyükşehir Belediyesi Katı Atık düzenli depolama Tesisi Projesi Nihai Çed Raporui, 2010

Magrinho A., Didelet F., Semiao V., "Municipal Solid Waste Disposal in Portugal", Waste Management, Volume: 26, Issue: 12, 2006, p. 1477.

Minghua Z. ve Diğerleri, "Municipal Solid Waste Management in Pudong New Area, China", Waste Management, Volume: 29, Issue: 3, 2009, p. 1227.

Palabıyık H., Altunbaş D., "Kentsel Katı Atıklar ve Yönetimi", Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar, Editörler: Uğur Yıldırım–Mehmet C. Marin, Beta Basım Yayımları, İstanbul, 2004, s. 105.

Patrick P. K., "Arazide Uzaklaştırma", Katı Atık Yönetimi, Ed: Michael J. Suess, Çev: Ayşenur Uğurlu, Çevre Mühendisleri Odası Yayımları, Ankara, 1995, s. 1.

Sharholly M., Ahmad K., Vaishya R.C., Gupta R.D., "Municipal Solid Waste Characteristics and Management in Allahabad, India", Waste Management, Volume: 27, Issue: 4, 2007, p. 490.  
Palabıyık ve Altunbaş, s. 107-108

Shekdar A.V., "Sustainable Solid Waste Management: An Integrated Approach for Asian Countries", Waste Management, Volume: 29, Issue: 4, 2009, p. 1438.

Troschinetz A.M., Mihelcic R.J., "Sustainable Recycling of Municipal Solid Waste in Developing Countries", Waste Management, Volume: 29, Issue: 2, 2009, p. 915.

Uluatam S.S., Özkan M.Y., Wasti Y., "Düzenli Katı Atık Depolanması ve Eski Alanların Düzenlenmesi ile İlgili Bir İnceleme", DİZAYN konstrüksiyon, Aralık 2008/276, 2008, s. 70.

Zarate M.A., Slotnick J., Ramos M., "Capacity Building in Rural Guatemala by Implementing A Solid Waste Management Program", Waste Management, Volume: 28, Issue: 12, 2008, p. 2542-2543.

## PESTİSİTLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ ve SULAR DAN GİDERİM YÖNTEMLERİ

Luman LUMANOĞLU<sup>1</sup>, Doç. Dr. Levent ALTAŞ<sup>2</sup>

Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

<sup>1</sup>llumanoglu@gmail.com, <sup>2</sup>laltas@yahoo.com

**ÖZET:** Bu çalışmada, bitki korumada kullanılan pestisitlerin insan ve çevre üzerine olan etkileri, sulardan giderim yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Bilinçsiz kullanılan pestisitlerin, halk sağlığı ve çevre üzerine olumsuz etkileri belirtilmiştir. Klasik arıtım yöntemleriyle arıtlamayan pestisitler, ileri arıtım metotları olarak bilinen Adsorbsiyon, Membran ve Oksidasyon Prosesleri ile sulardan giderilebilmektedir. Çalışmamızda, bu yöntemler ile pestisitlerin sınıflarına göre sulardan giderim verimleri ve arıtım metodlarının avantaj ve dezavantajları karşılaştırılmış olarak verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pestisit, Arıtım, Çevresel Etkileri, Giderim Yöntemleri, Sular

## ENVIRONMENTAL EFFECTS of PESTICIDES and REMOVAL METHODS FROM WATERS

**Abstract:** In this study, it was given some information about the effects of chemicals called pesticides used in plant protection on human and environment and removal methods from waters. It was indicated that the unfavorable effect of pesticides used as unconscious on public health and environment. Pesticides which cannot be treated with conventional treatment methods, it can be removed from waters with adsorption, membrane and oxidation processes known as advanced treatment methods. In our study, it was given removal methods of pesticides for their classes with these methods, and advantages and disadvantages of treatment methods as comparative.

**Keywords:** Pesticide, Environmental Impacts, Removal Methods, Waters

### GİRİŞ

Günümüzün en önemli çevre sorunlarından birisi içme suyu kirlenmesidir. Temiz su kaynaklarının gün geçtikçe azalması ve kirlenmiş kaynakların tekrar kullanıma uygun hale getirme maliyetlerinin çok yüksek olması, kıt kaynak olan suyun korunmasının önemini artırmaktadır. Özellikle ülkemizde küresel ısınmaya bağlı olarak elli yıllık kurak döneme girileceği yönünde yapılan tahminler su kaynaklarının korunmasına yönelik yasal düzenlemeler bulunmasına rağmen, pratikte yeterince uygulanamaması kaliteli su kaynaklarımızın gün geçtikçe azalmasına neden olmaktadır. Hızla artan nüfusun beslenme gereksinimlerini karşılamak için tarımsal üretimin artırılması ve dolayısıyla tarım ilaçlarının kullanımı kaçınılmazdır. Doğal organik pestisitlerin pahalı olması, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ürün kalitesini ve üretimi artırmak amacıyla sentetik tarım ilaçlarının fazla miktarda kullanılmasına neden olmaktadır. Birçok ülkede, kontrollsüz ve bilinçsizce kullanım sonucunda su, hava ve toprak ortamında giderek artan miktarlarda pestisit kirlenmesi görülmektedir. Pestisit kaynaklı kirlenmenin en önemli kısmı, tarımsal alanlarda ortaya çıkmaktadır. Birçok araştırmada yeraltı sularında ve yüzeysel su kaynaklarında pestisitlerin varlığı tespit edilmiştir. Pestisit gibi iz miktarda kirleticilere maruz kalmış suların arıtımında membran sistemleri, adsorbsiyon ve ileri oksidasyon prosesleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerle yüksek verim elde edilmesine rağmen pahalı olması, alternatif arıtım yöntemlerinin araştırılmasını ve fizibilite çalışmalarının yapılmasını zorunla hale getirmiştir.

### Pestisit Tanımı ve Sınıflandırılması

Pestisit, zararlı organizmaları engellemek, kontrol altına almak ya da zararlarını azaltmak için kullanılan madde ya da maddelerden oluşan karışımlardır. Pestisitler kullanım amaçlarına göre; insektisit (böcek, haşere), avisit (kuş), bakterisit (bakteri), larvasit (larva), virüsit (virüs), ovisit (yumurta), herbisit (yabancı ot), algisit(alg öldüren),mollusit(yumuşakçalar), rodentisit (kemirgen), nemasit (nematotlar), akaritisit (akarlar) ya da fungisit(mantar) olarak sınıflandırılabilir. Her ne kadar pestisitlerin kullanılmasının bazı yararları olsa da insanlar ve diğer hayvanlar için potansiyel toksisiteleri nedeniyle birtakım sorunlar yaratabilir. Bu nedenle pestisitleri kullanan herkesin bunların kullanımı sırasında meydana gelebilecek zararlardan sakınmaları gereklidir.

### Pestisit Kullanımının Tarihçesi

Pestisitlerin kullanımı çok eski tarihlere dayanmaktadır. M.Ö. 1500'lere ait bir papirus üzerinde bit, pire ve eşek arılarına karşı insektisitlerin hazırlanışına dair kayıtlar bulunmaktadır. Bilinen ilk pestisit Mezopotamya'da yaklaşık 4500 yıl önce antik Sümer'de kullanılan elemental kükürt tozudur. 15. yüzyılda arsenik, cıva ve kurşun gibi toksik kimyasallar tarım ürünlerindeki zararlıların öldürülmesinde kullanılmışlardır. 17. yüzyılda nikotin sülfat, insektisit olarak kullanılmak üzere tüten ekstrakte edilmiştir. 19. yüzyılda iki doğal pestisit kullanılmaya başlanmıştır. Bunlardan biri krizantemden elde edilen pyrethrum (pire otu) ve diğeri de tropik bitki köklerinden elde edilen rotenon'dur.

### Pestisitlerin Çevre Üzerine Etkileri

Tarımsal alanlara uygulanan pestisitler; hava, su ve toprağa, oradan da bu ortamlarda yaşayan diğer canlılara geçmekte ve dönüşüme uğramaktadır. Bir pestisitin çevredeki hareketlerini, onun kimyasal yapısı, fiziksel özelliklerini, formülasyon tipi, uygulama şekli, iklim ve tarımsal koşullar gibi faktörler etkilemektedir. Tarım ürünlerini zararlı, hastalık ve yabancı otlardan korumak ve kaliteli ürün elde etmek için bütün dünyada pestisitler kullanılmaktır, bu kullanım sonucunda insan, hayvan ve çevre sağlığı bakımından bazı problemler ortaya çıkmaktadır. Pestisitlerin çevre üzerine olan etkileri hava, su ve toprak kirliliği açısından aşağıdaki başlıklar altında ele alınmıştır.

### Hava ve Pestisitler

Pestisitlerin uygulanması sırasında bir kısmı evaporation ve dağılma nedeniyle kaybolurken, bir kısmı da bitki üzerinde ve toprak yüzeyinde kalmaktadır. Havaya karışan pestisit rüzgârlarla taşınıp; sis ve yağışlarla tekrar yeryüzüne dönebilir. Bu yolla hedef olmayan diğer organisma ve bitkilere ulaşan pestisit, bunlarda kalıntı ve toksisiteye neden olabilir. Birçok ülkede sürükleme kontrolünün güclüğü nedeniyle havadan ilaçlamalar önerilmemekte ya da kısıtlanmaktadır. Havada kontrol edilemeyen pestisitler, suyollarına, evlere ve yeşil alanlara ulaşarak; insanlara, evcil hayvanlara, yaban hayatına ve hassas bitkilere zarar verebilirler. Özellikle ülkemizde polikültür alanlarının fazlalığı ve tarım alanları içerisinde yaşama alanlarının bulunduğu nedeniyle havadan ilaçlamaların mümkün olduğunda kaçınılması gerekmektedir.

### Su ve Pestisitler

Su en büyük doğal kaynaklarımızdan biri ve yaşamın temelidir. Yeraltı suları dünyanın temel taze su kaynağıdır. Toprak ve bitki uygulamalarından sonra toprak yüzeyinde kalan pestisitler, yağmur suları ile yüzey akışı şeklinde veya toprak içerisinde aşağıya doğru yikanmak suretiyle taban suyu ve diğer su kaynaklarına ulaşabilirler. Eğim, bitki örtüsü, formülasyon, toprak tipi ve yağış miktarına bağlı olarak taşınan pestisitler yeraltı sularına geçebilirler. Pestisitler yeraltı suyunu ulaştıktan sonra da parçalanmaya devam ederler. Fakat daha az ışık, sıcaklık ve oksijen nedeniyle daha düşük oranda parçalanırlar. Yeraltı suyu

kirlendiği zaman; kirli su akıntıları, nehirler ve göllerde de bulaşma görülebilir. Yeraltı suyu kirlendiğinde temizliği çok pahalı ve zordur. Yeraltı su kirliliğine karşı en iyi koruma kirliliğin önlenmesidir.

### **Toprak ve Pestisitler**

İnsan, hayvan, bitkiler ve mikroorganizmalar için yaşam zemini oluşturan toprak, ekosferde önemli yeri olan bir maddedir. Bitki üzerine atılan ilaçın büyük bir kısmı toprağa düşer. Uygulanan pestisitlerin kalıcı olması halinde önemli sakıncaları ortaya çıkar. Toprak pestisitlere karşı etkili tampon ve filtre görevi yaparak zararlı maddeleri fizikokimyasal ve biyolojik yollarla tutar. Toprak içine geçmiş pestisitler kapiller su vasıtasiyla toprak yüzeyine taşınmakta ve buradan havaya karışabilmektedir. Toprakta pestisitin tutulmasıyla hareketi ve biyolojik alımı engellenmekte ve çeşitli şekillerde degradasyonu ile ya toksik özelliğini kaybetmeyece ya da daha toksik metabolitlerine dönüşebilmektedir.

### **Sağlık üzerine etkileri**

Pestisitlerin genel olarak sağlığa olan etkileri arasında öncelikle karaciğer ve böbrek hasarı, sinir, bağıışıklık ve üreme sistemi fonksiyonlarında bozukluk ve doğum kusurları sayılabilir. Daha az ciddi etkileri ise sinir sistemine olan ve baş dönmesi, bulantı ve yorgunluk gibi spesifik olmayan semptomlar sıklıkla görülür. Düşük seviyeli miktarlara uzun süreli maruziyet durumunda doğum kusur riskleri ve kanser riskinde artış görülebilir. Epidemiyolojik çalışmalarında, çiftçiler arasında yumuşak doku tümörlerinde ve lenfoid kanserlerde oluşum oranlarının arttığı tespit edilmiştir. Pek çok pestisitin bozunma ürünleri ve metabolitleri ana pestisite göre daha az zararlıdır ancak bazıları için benzer ya da daha fazla toksik etki söz konusu olabilmektedir.

### **Pestisitlerin Sulardan Giderim Yöntemleri**

#### **Membran Filtrasyon**

Membran, iki farklı fazı veya ortamı birbirinden ayıran ve bir tarafından diğer tarafa maddelerin seçici bir şekilde taşınmasını sağlayan geçirgen bir tabakadır. Tüm membranla ayırmaya teknolojilerinde membrandan geçme yönünde akış sağlamak üzere itici bir kuvvet ve bazı maddelerin geçişini engelleyen ayırmaya faktörü, temel iki prensiptir. Kütle transferi; konsantrasyon farkı, basınç farkı ve elektriksel potansiyel farkı gibi itici güçler yardımıyla gerçekleşmektedir. Membran proseslerinde en yaygın itici kuvvet basınçtır. Membran ayırmaya prosesleri mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF), ters ozmos (RO), elektroiyaliz (ED), ve pervaporasyondur. Bu yöntemlerde ayırmaya, moleküllerin boyutlarına ve molekül kütlesi göre olur. Bu membranlar geçirdikleri maksimum molekül ağırlığına göre ayırt edilirler.

#### **Ters Osmoz(RO)**

Osmoz olayı doğada canlılar ve bitkiler üzerinde meydana gelen, su ile ilgili doğal bir olaydır. Ters Osmoz ise, bir membran teknolojisi olup, osmotik basınç kullanılarak, mineralce zengin olan suyun, yarı geçirgen bir membranın diğer tarafına mineralleri azaltılmış olarak geçirilmesi işlemidir. Suyun içerisinde bulunan birçok mineral, bakteri ve virtüsler %99 saflığa kadar bu yöntem ile süzülebilmiştir. Ters osmoz'un başlıca yerleri arasında, Buhar Kazanları Besi suyu hazırlanması, Kaplamacılık, Eczacılık, Gıda ve Meşrubat Sanayi, İçme suyu Üretimi, Tıp' da Hemodiyaliz Tedavisi Laboratuvarları, son yıllarda atık suların geri kazanılmasında arsenik giderimin de gündeme gelmiştir. Chian ve ark.(1975) yaptığı çalışmada organofosforlu pestisitlerin ters osmoz yöntemiyle sulardan giderim yüzdeleri Tablo 1' de belirtilmiştir.

Tablo 1: Ters osmoz yöntemiyle pestisit giderimi (Chian ve ark., 1975)

Pestisit Türü	Giderim Verimi (%)
Aldrin	100
Lindane	98,85
Heptachlor	100
Heptachlor epoxide	99,80
DDE	100
DDT	100
Dieldrin	99,90
Diazinon	98,20
Methylparathion	99,56
Parathion	99,85
Randox	98,56
Trifluralin	99,81
Atrazine	97,80
Captan	98,85
Malathion	99,50

Membran tipi olarak NS-100 CA  
kullanılmıştır.

### Nanofiltrasyon(NF)

Nanofiltrasyon özellikle son yıllarda kullanımı hızla artan bir teknolojidir. İnce filmli selüloz olmayan membranlardaki gelişmeler ile beraber kullanımı daha da yaygın hale gelmiştir. Boşluk çapı açısından, ters osmoz ile ultrafiltrasyon membranları arasında bulunmaktadır. Pestisitlerin sulardan nanofiltrasyon yöntemiyle giderimi ile ilgili günümüze kadar yapılan çalışmalar araştırılmış ve sonuçları Tablo 2' de belirtilmiştir.

Tablo 2: Nanofiltrasyon yöntemiyle pestisit giderimi

Membran Tipi	Pestisit Türü	Giderim Verimi (%)
NF45(Devitt ve ark. and Van der Bruggen ve ark. 1998)	Atrazine	87,0 - 91,8
	Diuron	51,0 – 59,4
	Isoprotur	75,0 – 81,0
	Simazine	64,5 - 85,9
NF70 (Agbekodo ve ark. 1996 and Van der Bruggen ve ark. 2001)	Atrazine	89,9 - 93,5
	Diuron	85,9 – 92,0
	Isoprotur	90,3 – 90,0
	Simazine	88,5 – 90,1
NF90 (Ahmad ve ark. and Plakas ve ark. 2008)	Atrazine	86,2 -99,3
	Prometry	96,3 -99,8
	Isoprotur	91,8 -95,1
	Dimetho	~90,0
NF200 (Boussahel ve ark. 2000 ve Wittmann ve ark. 1998)	Atrazine	75 – 83,3
	Prometry	97,0
	Isoprotur	75 – 82,0
	Dimetho	~55
NF270(Košutić ve ark. 2005 ve Plakas ve ark. 2008)	Atrazine	73,2 - 86,1
	Prometr	82,7 - 90,8

<i>yn</i>	<i>Isoprotu</i>	63,8 - 85,0
<i>ron</i>	<i>Diazino</i>	90,0 – 93,0
<i>n</i>		

Nanofiltrasyon membranları, ters osmozdan daha düşük basınçlarda işletilmekte, ancak ters osmoza göre daha düşük kalitede su vermektedir. Çapı, 0,001 m'den büyük olan moleküllerin gideriminde kullanılmaktadır. NF membranları; yüzeysel sularдан sertlik gideriminde, organik madde gideriminde, kuyu sularından TDS ve nitrat gideriminde, pestisit gideriminde kullanılmaktadır.

### **Adsorbsiyon**

Adsorbsiyon yüksek kalitede ürün oluşturur ve ekonomik olarak uygulanabilir bir prosesdir. Adsorbsiyon, malzeme(lerin) derişiminin ara yüzeyde (katı yüzeyinde) yoğun derişimine göre

artışı şeklinde tanımlanabilir. Adsorbsiyon, adsorbentin özellikleri, yüzey etkileşimleri, adsorbat ve çözüçünün özellikleri ve sistemin özellikleri önemli etkenlerdir. Adsorbantın yüzey özellikleri arasında adsorbsiyon işlemini etkileyen en önemli parametre yüzey alan değeridir ve artan yüzey alan değeri ile adsorbsiyon miktarı artış gösterir.

Anselme ve ark., (1991) Toz Aktif Karbon(PAC)/Ultrafiltrasyon(UF) sisteminin sentetik organiklerin ve pestisitlerin gideriminde etkin olduğunu bulmuşlardır. Sularda bulunan pestisitlerin giderimi için doğal adsorbsiyon yöntemler de denenmiştir. Pestisitlerin sularдан adsorbsiyon yöntemiyle giderimi ile ilgili günümüze kadar yapılan çalışmalar araştırılmış ve giderim verimleri Tablo 3' de belirtilmiştir.

Tablo 3: Adsorbsiyon yöntemiyle pestisit giderimi

Adsorbsiyon Tipi	Türü	Pestisit	Giderim Verimi (%)
<i>Aktif Karbon (PAC)</i>		<i>Atrazine</i>	67 - 87
		<i>Alachlor</i>	62 - 94
		<i>Cyanazine</i>	70
<i>Aktif Karbon (GAC)</i>		<i>Atrazine</i>	47
		<i>Cyanazine</i>	67
		<i>Metribuzin</i>	57
		<i>Simazine</i>	62
		<i>Alachlor</i>	72 - 90
		<i>Metolachlor</i>	56
<i>r alin</i>		<i>Pendimeth</i>	99
		<i>Endosulfan</i>	57 - 70
	<i>sulfate</i>	<i>Endosulfan</i>	31 - 56
		<i>Trifluralin</i>	91
<i>n</i>		<i>Fenitrothio</i>	44 - 58
		<i>DDE*</i>	96 - 98
		<i>DDD</i>	94 - 99
		<i>DDT</i>	85 - 92
		<i>END</i>	96 - 98
<i>Çam Kabuğu (Isabel ve ark. 1999)</i>		<i>ALD</i>	98 - 100

*DDE:*

*Dichlorodiphenyldichloroethylene*

*DDD:*

*Dichlorodiphenyldichloroethane*

*DDT:*

*Dichlorodiphenyltrichloroethane*

*END: Endrin*

*ALD: Aldrin*

### İleri Oksidasyon Prosesleri

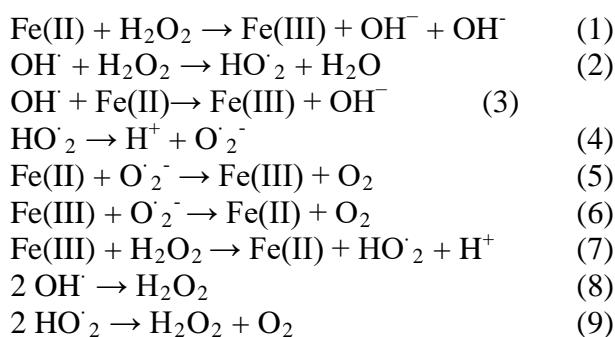
Fenton proses, asidik şartlar altında  $\text{Fe}^{+2}$  iyonunun hidrojen peroksit ile reaksiyonuna dayanmaktadır. Bu reaksiyon sonucu hidroksil radikalleri oluşmaktadır. Fenton proses, genel olarak dört aşamada gerçekleşmektedir: pH ayarlama, oksidasyon reaksiyonu, nötralizasyon-koagülasyon ve çöktürmedir. Fenton proses  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{+2}$  oranına bağlı olarak farklı arıtma fonksiyonlarına sahiptir.  $\text{Fe}^{+2}$  miktarının  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'den fazla olması halinde arıtımında oksidasyon yerine kimyasal koagülasyon etkili olmaktadır. Fenton prosesi etkileyen faktörler;  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  konsantrasyonları, pH, sıcaklık ve organik ve inorganik kirleticilerin miktarıdır. Bu parametreler reaksiyon verimini tayin etmektedir. Günümüze kadar sıkılıkla çalışılan pestisitler ve bu pestisitlerin su ortamlarından giderilmesi için uygulanan Fenton proseslerinin ve giderim verimlerinin bir literatür özeti Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4: Fenton prosesleri ile pestisit giderimi

İleri Oksidasyon Prosesi	Pestisit Türü	Giderim Verimi (%)
<i>Ozonlama</i>	<i>Diazinon</i>	86 - 92
	<i>Dimethoate</i>	97
	<i>Parathion-methyl</i>	85 – 91
	<i>Diuron</i>	91 – 98
	<i>Linuron</i>	67 – 89
<i>Fenton</i>	<i>Linuron</i>	100
	<i>Diuron</i>	85 – 90
	<i>Pyrimethanil</i>	80 - 90
	<i>Methamidofos</i>	85 - 95
	<i>Edifenphos</i>	95
<i>Foto - fenton</i>	<i>Metolachlor</i>	72
	<i>Endosulfan</i>	80
	<i>Fenitrothion</i>	93
	<i>Phorate</i>	100
	<i>Atrazine</i>	46 - 60
<i>Elektro - fenton</i>	<i>Bendiocarb</i>	100
	<i>MCPA</i>	70
	<i>MCPP</i>	100
	<i>Dicamba</i>	100
<i>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / Uv</i>	<i>EPN</i>	95
	<i>Linuron</i>	70
	<i>Carbetamide</i>	100
	<i>PCP</i>	99
	<i>Chlorfenvinphos</i>	100
<i>Foto fenton / O<sub>3</sub></i>	<i>Chlorfenvinphos</i>	80
	<i>Diuron</i>	50
	<i>Isoproturon</i>	70
	<i>Alachlor</i>	70
	<i>PCP</i>	90

Hidrojen peroksinin demir katalizörüğünde bozunması ile hidroksil radikallerinin oluşumu 1934 yılında Haber ve Weiss tarafından da önerilmiş ve daha sonraları başka araştırmacılar tarafından da uygulanmıştır.

Fenton reaktifi ile birlikte UV ışınlarının uygulanması durumunda organik maddenin daha fazla parçalandığı ve degradasyon hızının daha yüksek olduğu görülmüştür. UV radyasyonu uygulanarak modifiye edilen bu Fenton prosesi Foto-Fenton olarak adlandırılmaktadır. Elektro-Fenton ve Peroksi-Koagülasyon proseslerine, UV ışın kaynağının ilave edilmesi ile organik madde degradasyonunun önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Bu tip fenton prosesleri; Fotoelektro-Fenton ve Fotoperoksi-koagülasyon prosesi olarak tanımlanmaktadır. En önemli Fenton reaksiyonlarından birkaçı aşağıda verilmiştir.



### Sonuçlar ve Tartışma

Son yıllarda yoğun tarımsal alanlarda yapılan içme suyu kirlenmesi çalışmalarında pestisit kaynaklı kirlenme saptanmaktadır. İçme suyu kaynaklarının kirlendikten sonra temizlenmesi ekonomik olmadığından uygun çözüm yolu su kaynaklarının kirlenmesine engel olacak tedbirlerin alınmasıdır. Yapılan bu literatür çalışması sonucunda, ters osmoz, nanofiltrasyon, adsorbsiyon ve ileri oksidasyon prosesleri ile pestisit giderimi üzerine günümüze kadar yapılmış olan deneysel çalışmaların neticesinde elde edilen bulgular toplanarak paylaşılmıştır. Ülkemizde de, içme suyu elde edilen veya elde edilmesi planlanan yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarının pestisit kirliliğinden korunumunun sağlanarak, pestisit gideriminde daha etkin olan ileri arıtma metodlarının bir an evvel uygulamaya konulmasının çevre ve insan sağlığı açısından çok büyük kamusal fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

### KAYNAKLAR

- Anastasios KARABELAS and Konstantinos PLAKAS, Membrane Treatment of Potable Water for Pesticides Removal, Laboratory of Natural Resources and Renewable Energies Utilization, Chemical Process Engineering Research Institute, Centre for Research and Technology – Hellas, Thessaloniki, Greece
- Amy Bourgeois, Erik Klinkhamer, Joshua Price, Pesticide Removal from Water, A Major Qualifying Project Completed in Partial Fulfillment of the Bachelor of Science Degree Worcester Polytechnic Institute Worcester, Massachusetts, April 25, 2012
- Aysun ALTIKAT, Tuba TURAN, Fatma EKMEKYAPAR TORUN, Züleyha BİNGÜL, Türkiye'de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri, Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
- Celalettin ÖZDEMİR, Serkan SAHINKAYA, Mustafa ONÜCYILDIZ, Treatment of Pesticide Wastewater by Physicochemical and Fenton Processes, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering & Agricultural Selcuk University, Selcuklu, Konya, Turkey, 2008
- Demet AKGÜL, Türkiye'de Ters Osmoz Ve Nanofiltrasyon Sistemleri İle İçme Ve Kullanma Suyu Üretiminin Maliyet Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Engin GÜRTEKİN, Nusret SEKERDAG, Bir İleri Oksidasyon Prosesi: Fenton Proses, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisligi Bölümü, 23119, Elazığ
- Erol YAŞA, Ters Osmoz (TO) Su Arıtma Tekniği ve Muhtelif Kullanım Alanları
- Fatma MIDIK, Reaktif Sarı 145 Azo Boyar Maddesinin Ve 2,4-Diklorofenoksiasetik Asit Pestisitinin Yüksüz Nano Demir, Fenton Ve Foto-Fenton Prosesleri İle Karşılaştırmalı Giderilmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana 2011
- Roop Chand Bansal Meenakshi Goyal, Activated Carbon Adsorption, Taylor & Francis Group, 2005
- Joseph C. STREET, Methods of Removal of Pesticide Residues, Logan, Utah, U.S.A. Canad. Med. Ass. J. Jan. 25, 1969
- Keisuke IKEHATA and Mohamed Gamal EL-DİN, Aqueous Pesticide Degradation By Hydrogen Peroxide/Ultraviolet Irradiation And Fenton-Type Advanced Oxidation Processes: A Review, Department of Civil and Environmental Engineering, 3-093 Markin/CNRL Natural Resources Engineering Facility, University of Alberta, Edmonton, AB T6G 2W2, Canada

- Müge AKDAĞLI, Pilot Ölçekli Batık Membran Sistemleri İle İçme Suyu Arıtımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2010
- Nafız DELEN, Enver DURMUŞOĞLU, Ali GÜNCAN, Nurdan GÜNGÖR, Cafer TURGUT, Alev BURÇAK, Türkiye'de Pestisit Kullanımı, Kalıntı Ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları, Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongre
- Isabel P.BRAS, Lucia SANTOS And Armunda ALVES, Organochlorine Pesticides Removal by Pinus Bark Sorption, Departamento de Engenharia Qui'mica, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Rua dos Bragas, 4099 Porto Codex, Portugal, 1999
- Paşa Hüseyin ARI, Türkiye'de İçme Suyu Amaçlı Büyük Kapasiteli Membran Sistemlerinin Maliyet Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Prepared for the Committee to Advise on Reassessment And Transition (CARAT), Summary Of Pesticide Removal/Transformation Efficiencies From Various Drinking Water Treatment Processes, October 3, 2000
- Seval SOLMAZ, Hilal AZAK, Gökhan E.ÜSTÜN, Tülay MORSÜNBÜL, Pestisit Gideriminde Fenton Proseslerinin Kullanımına Yönelik Bir Envanter Çalışması, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 15, Sayı 1, 2010
- Shiao-Shing Chen, James S. Taylo, Luke A. Mulford, Charles D. Norris, Influences Of Molecular Weight, Molecular Size, Flux, And Recovery For Aromatic Pesticide Removal By Nanofiltration Membranes, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Central Florida, USA
- Şükrü ASLAN, İçme Sularından Adsorbsiyon İle Pestisit Giderimi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Bölümü, Çevre Mühendisliği, İzmir/Türkiye
- Talbert N. Eisenberg and E. Joe Middlebrooks, Reverse Osmosis Treatment of Drinking Water, Tennessee Technological University Cookeville, Tennessee, 1986
- Tan Lian SEE, Nanofiltration Treatment For Pesticides Removal: A Case Study For Atrazine And Dimethoate, Üniversitesi Sains Malaysia, November 2007
- Tuğba Canan OĞUZ, İçme Suyu Arıtımında Yaygın Olarak Karşılaşılan Su Kalite Problemleri Ve Arıtımı İçin Çözüm Önerileri, Orman Ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara – 2015
- Tuğba KILIÇER, Malatya 1. Organize Sanayi Bölgesi Atık Suyunun Aktif Karbon, Zeolit Ve Ozon Kullanılarak Arıtımının İncelenmesi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006

## YENİLENEBİLİR ENERJİ RÜZGÂR ENERJİSİ

Mehmet Ali DEMİR

Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

fe.memoli15@hotmail.com

**ÖZET:** Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisi; temiz, güvenilir, tükenmez ve düşük işletme maliyetli bir enerji kaynağıdır. Bu çalışmada Dünyadaki ve ülkemizdeki rüzgâr enerjisi üretimi ve kullanımı hakkında bilgi değerlendirmesi yapılmış olup, ülkemizdeki rüzgâr enerjisi atlası ve rüzgâr enerjisi kurulu gücü incelenerek rüzgâr enerjisinin diğer yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki payı değerlendirilmiştir. Ayrıca ülkemizdeki işletme ve lisans aşamasındaki rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü hakkında bilgiler verilmiş ve bu kurulu gücün artırılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir enerji, Rüzgâr enerji santralleri, Rüzgâr enerji potansiyeli.

### RENEWABLE ENERGY WIND ENERGY

**Abstract:** Wind energy is from renewable energy sources; clean, reliable, and low operating cost is an inexhaustible source of energy. In this study, the world and in our country in wind energy production and is made assessments about the use of our country, wind energy atlas and wind energy installation by examining the power of wind energy is assessed share of other renewable energy sources. In addition, information about the installed capacity of wind power plants in operation and licensing stage in our country and has given some suggestions for increasing the power of this committee.

**Keywords:** Renewable energy, Wind power plants, Wind energy potential.

### GİRİŞ

Ülkemizde artan nüfus, kentleşme ve sanayileşmeye paralel olarak enerji tüketim miktarı da artmaktadır. Ülkemizde hızla artan enerji tüketimi ile hem çevre kirliliği sorunu oluşturmaktak hem de enerjiyi yabancı ülkelerden temin edilmesinden dolayı ülkemizin ekonomik kaybına neden olmaktadır. Enerjide dışa bağımlılık artmaktadır. Enerjide dışa olan bağımlılığı minimum seviyeye indirebilmek ve temiz sağlıklı yaşanır bir çevre için yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretmek gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, Rüzgâr Enerjisi üretiminde ülkemizin coğrafik yapısının ve rüzgâr potansiyelinin uygun olup olmadığına araştırılması ve uygulanabilirliğinin incelenmesidir. Rüzgârin gücünden yararlanılmaya başlanması çok eski dönemlere dayanır. Rüzgâr gücünden ilk yararlanma şekli olarak yelkenli gemiler ve yel değiirmenleri gösterilebilir. Daha sonra tahıl öğütme, su pompalama, ağaç kesme işleri için de rüzgâr gücünden yararlanılmıştır. Günümüzde daha çok elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Fosil, nükleer ve diğer yöntemlerde atmosfere zararlı gazlar salınmakta, bu gazlar havayı ve suyu kirletmektedir. Rüzgârdan enerji elde edilmesi sırasında

ise bu zararlı gazların hiçbirini atmosfere salınmaz, dolayısıyla rüzgâr enerjisi temiz bir enerjidir.

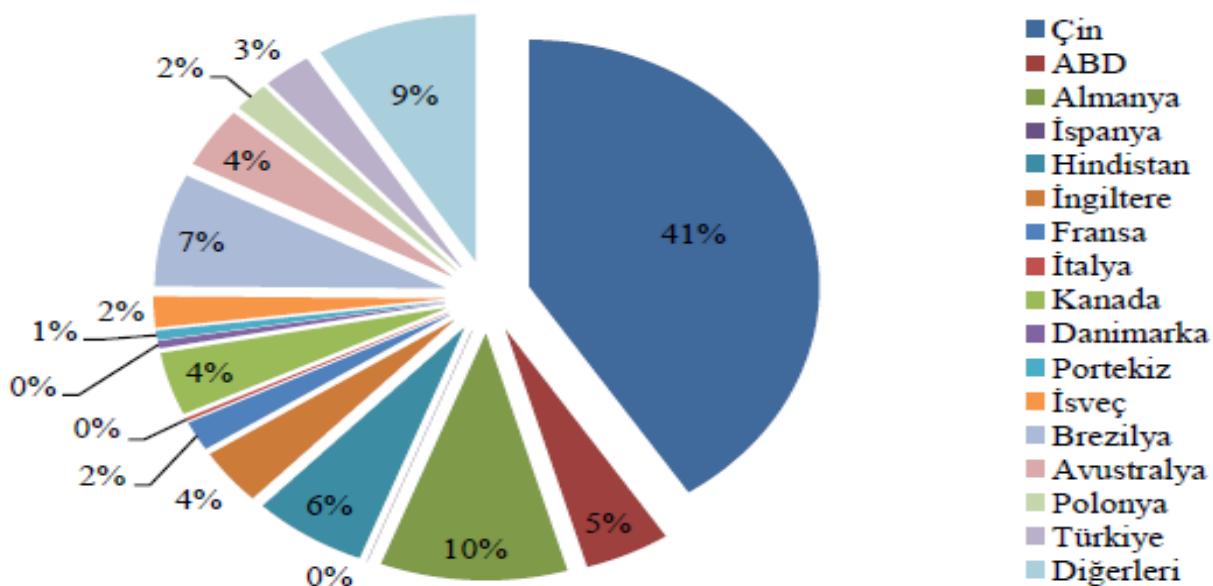
### Rüzgâr Oluşumu

Rüzgâr, Güneş enerjisinin dönüşümüş bir biçimidir. Rüzgârlar, güneşin Atmosfer kütlesine eşit olmayan biçimde yaymış olduğu ısı, yeryüzünün amorfik coğrafi yapısı ve dünyanın kendi etrafında dönmesi sonucu oluşurlar. Karalar, denizler ve hava küre farklı özgül ıslara dolayısıyla farklı sıcaklıklara sahip olurlar. Sıcaklık dağılımı, coğrafi ve çevresel koşullara bağlıdır. Yerkürede ortaya çıkan sıcaklık ve buna bağlı basınç farklılıklarını, rüzgârin oluşmasına neden olur. Rüzgâr, güneş radyasyonunun yer yüzeyini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Yer yüzeyinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu farklı basınç da havanın hareketine neden olur. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2'si kadarı rüzgâr enerjisine çevrilir.



**Şekil 1.** Rüzgâr Oluşması

**Rüzgâr Enerjisinin Dünyadaki Durumu** Rüzgâr Gücü, dünyada kullanımı en çok artan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Günümüzde dünyadaki kullanım oranının çok düşük olmasına karşılık, 2020 yılında dünya elektrik talebinin %12'sinin rüzgâr enerjisinden karşılanması için çalışmalar yapılmaktadır. Günümüzde rüzgâr enerjisinden üretilen toplam güç 40.301 MW civarındadır. Dünya'da rüzgârdan enerji üretiminin %36,3'ü Almanya'da gerçekleştirilmektedir. Almanya toplamda 14.612 MW güç üretmektedir ve Almanya'nın elektrik enerjisi ihtiyacının % 5,6'sını karşılamaktadır. Rüzgâr gücünden en çok yararlanan diğer ülkeler sırasıyla İspanya, ABD, Danimarka, Hindistan, Hollanda, İtalya, Japonya, Birleşik Krallık ve Çin'dir. Diğer tüm ülkeler toplamda 3.756 MW'luk güç üretimi ile % 9,3 paya sahiptirler.

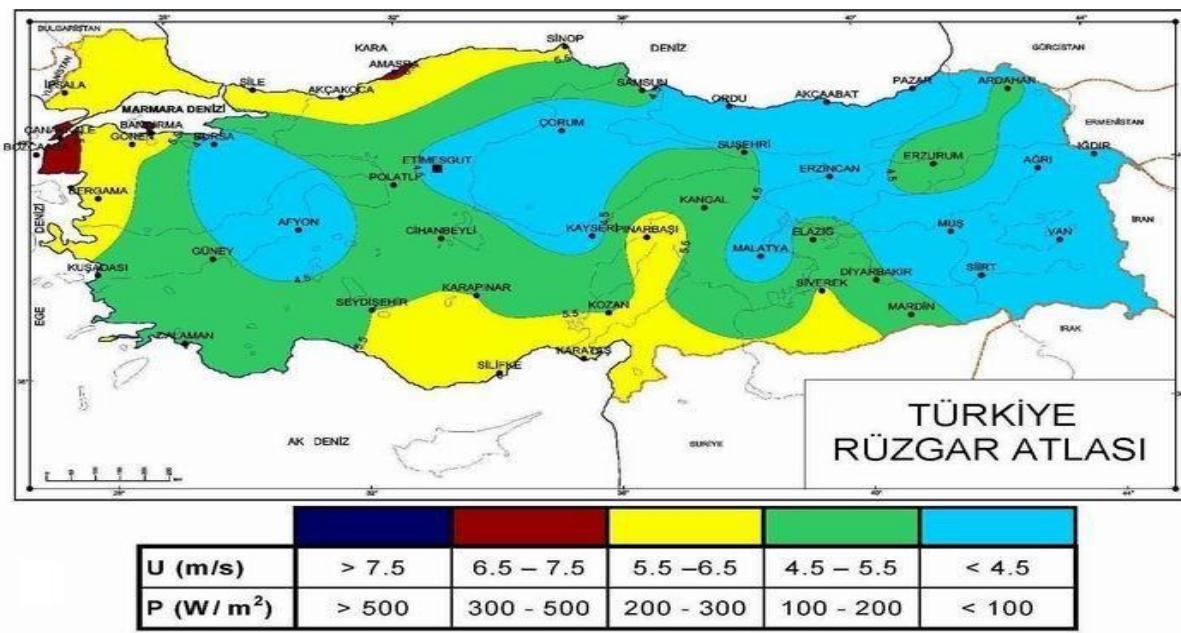


**Şekil 2.** 2014 Yılı İlk Altı Ayında Rüzgâr Enerji Kurulu Gücündeki Artışın Ülkelere Göre Dağılımı

### Türkiye Rüzgâr Atlası

Kalkınmanın temel gereksinimlerinden biri enerji üretimidir. Mevcut enerji üretim ve tüketim sistemleri, yerel, bölgesel ve küresel ölçekte hava, su ve toprak kirlenmesine yol açmaktadır. Kirletici azaltılmasının en önemli aracı, yeni ve yenilenebilir enerjileri de içerecek şekilde oluşturulacak, çevreye karşı duyarlı ve sürdürülebilir enerji sistemleridir. 1973 dünya petrol krizi, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına gösterilen ilginin artmasına sebep olmuştur. Dünya enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayan fosil yakıtların kısıtlı kullanım sürelerinin olması, enerjinin elde edilmesi sırasında çevreye yapılan tahribat ve gelecek nesillerin de enerji ihtiyacı dikkate alındığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Bu kaynakların yaygın ve geniş ölçekli kullanımı, teknolojik gelişmelere ve potansiyeli belirleyecek ulusal ve uluslararası bilgi ağının oluşturulmasına bağlıdır. İlk etapta göz önünde bulundurulması gereken alternatif enerji kaynaklarından birisi Rüzgâr Enerjisidir. Yatay ya da yataya yakın yönde yer değiştiren bir hava kütlesinin hareketi rüzgâr, bu kütlenin iş yapabilme yeteneği de rüzgâr enerjisi potansiyeli olarak tanımlanmaktadır. Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7.5 m/s üzeri rüzgar hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgar santralı kurulabileceği kabul edilmiştir. EİE tarafından yapılan çalışmalarla, Rüzgâr enerjisi açısından Bandırma,

Antakya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale zengin bölgeler olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 3.** ( 50 Metre Yükseklikte) Türkiye Rüzgâr Atlası

### Türkiye'de Rüzgâr Enerji Santralleri

Türkiye'de bulunan 124 Rüzgâr Enerji Santrallerinin toplam kurulu gücü 4.540,90 MW'dır. 2014 yılında Rüzgâr Enerji Santralleri ile 8.366.804.300 kilowatsaat elektrik üretimi yapılmıştır. Türkiye'de ilk rüzgâr santrali 1998 yılında İzmir'de kurulmuştur. Bugün tükettiği enerjinin yaklaşık **%4,4**'ünü rüzgâr santrallerinden karşılayan ülkemizde kullanılan rüzgâr Devreye alınan 126 santralin bir kısmı henüz lisans kurulu gücü kadar kurulu güce erişmemiş olup inşası devam etmektedir. Bu kapsamda bir kısmı devreye alınan santrallerin de tam kapasite devreye girmesi ile 573 MW kapasiteli ilave rüzgâr turbini devreye girmiş olacak ve kurulu güç **5.145 MW** kapasiteye ulaşacaktır. Aşağıdaki tabloda santrallerin kurulu güç hanesinde parantez içerisinde verilen değerler, santral tamamlandığında ulaşılacak kurulu gücünü göstermektedir. Ayrıca henüz hiçbir ünitesi devreye alınmayan fakat 2015 Ocak itibariyle kurulumunda ilerleme kaydedilen (yani yatan lisanslar hariç) 54 santralin lisans kapasitesi de 1.280 MW'dır. Bu bağlamda kısmen devreye alınan ve inşaatında ilerleme kaydedilen projelerin tümü tamamlandığında Türkiye rüzgâr santrali kurulu gücünün **6.425 MW** düzeyine çıkacağı görülmektedir. Eylül 2015 itibariyle EPDK' dan lisans alan tüm santrallerin devreye girmesiyle ise ülkemizin rüzgâr kurulu gücü **9.532,70 MW**'a ulaşacak ve ülke elektrik tüketiminin **%10,6**'sı rüzgâr santrallerinden karşılanabilecektir. Ayrıca EPDK

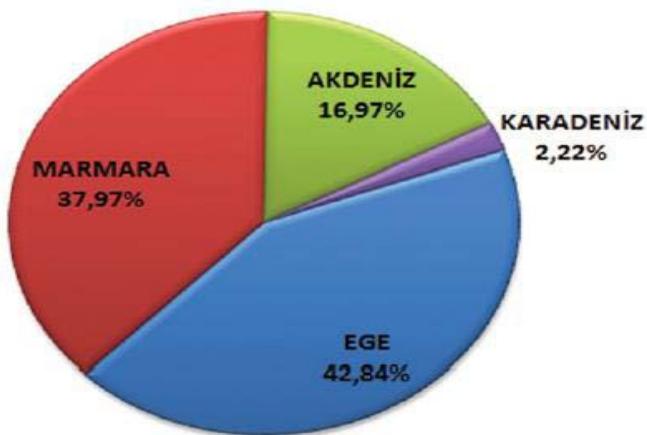
tarafından 2018 yılı sonuna kadar 3.000 MW daha rüzgâr santrali başvurusu kabul edilecektir. Türkiye'de, 2015 yılı sonu yıllık rüzgâr enerjisi üretim miktarı 11.552 GWh'dır. 2015 yılı sonu itibarıyla işletmede olan rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü ise 4.503 MW'dır. Konya' da kurulabilecek Rüzgâr Enerjisi Santrali Güç Kapasitesi aşağıda verilmiştir.

**Tablo 1.** Konya'da Kurulabilecek Rüzgâr Enerjisi Santrali Güç Kapasitesi

50 Metrede Rüzgâr Güçü (W/ m <sup>2</sup> )	50 m'de Rüzgâr Hızı(m/s)	Toplam Alan (km <sup>2</sup> )	Toplam Kurulu Güç (MW)
300-400	6.8-7.5	320.98	1.604,88
400-500	7.5-8.1	46.72	233,60
500-600	8.1-8.6	4.32	21,60
600-800	8.6-9.5	0	0
>800	>9.5	0	0
		372,02	1.860,08

**Tablo 2.** Ülkemizdeki Rüzgâr Santralleri ve Kurulum Gücü

Aktif Santral Sayısı :	126
Kurulu Güç :	4.572 MWe
Kurulu Güce Oranı :	% 6,23
Yıllık Elektrik Üretimi :	~ 11.980 GWh
Üretimin Tüketime Oranı :	% 4,61
Lisans Durumu :	115 lisanslı, 11 lisanssız
Şebeke Bağlantısı :	126 var, 0 yok



**Şekil 4.** Ülkemizdeki Rüzgâr Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı

### Türkiye Elektrik Üretimi

Türkiye Elektrik Üretimi üretimdeki paylarına göre sırasıyla doğalgaz, hidroelektrik, taş kömürü ve linyit, ithal kömür, rüzgâr, motorin ve fuel-oil gibi sıvı yakıtlar jeotermal, biyogaz ve güneş enerjisi ile yapılmaktadır.

### Son Bir Yıl Üretiminin Kaynaklara Dağılımı

**28.04.2016** ve öncesi son 365 günde ülke toplam ihtiyacının karşılanması için gerçekleşen elektrik üretiminin ve ithalatının (ithalat, ihracat farkı) kaynaklara dağılımı aşağıda belirtilmiştir. Bu veriler günlük bilgilerden derlenmekte olup birim değeri megavatsaat'tır.

**Tablo 3.** Türkiye'de Kaynaklara Göre Yıllık Elektrik Üretimi

<b>Doğalgaz</b>	95.413.525	35.76 %
<b>Hidrolik</b>	68.933.282	25.84 %
<b>İthal Kömür</b>	40.399.960	15.14 %
<b>Taş Kömürü ve Linyit</b>	35.857.829	13.44 %
<b>Rüzgar</b>	12.385.109	4.64 %
<b>Jeotermal</b>	3.486.718	1.31 %
<b>Diğer Termik</b>	4.414.770	1.65 %
<b>Biogaz</b>	1.577.570	0.59 %
<b>İthalat</b>	4.350.490	1.63 %

### RÜZGÂR ENERJİSİ KULLANIM ALANLARI

- 1- Evler
- 2- İşletmeler
- 3- Park, bahçe ve cadde aydınlatmaları.
- 4- Sinalizasyon
- 5- Sulama sistemleri.
- 6- Karavan, tekne ve mobil istasyonlar.
- 7- Elektrik enerjisi ihtiyacı olabilecek her yer.

## Sonuçlar ve Öneriler

Toprak ve su yaşamak için gerekliyse enerji de kalkınmak için gereklidir. Türkiye yoğun bir biçimde ekonomik ve sosyal kalkınmasını tamamlamaya çalışiyor. Bu gayretleri hedefe ulaştıracak tek etken enerjidir. Ancak enerji sektörüne yakından baktığımızda hem birincil enerji kaynaklarına hem de elektrik enerjisine çok hızlı talep artışımız var. Birincil enerji kaynaklarının sağlanması bakımından %70'leri aşan bir oranda dışa bağımlı bir ülkeyiz. İkincil enerji olarak elektrik enerjisi üretiminde de dışa bağımlı olan kaynaklarımız yaklaşık %58 oranındadır. Dışa bağımlılık, hızlı talep artışı, yüksek yatırım gereksinimi enerji sektörümüzün önemli özellikleri olarak kendini gösteriyor. Yıllık ortalama değerler esas alındığında, Türkiye'nin en iyi rüzgâr kaynağı alanları kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır. Açık alan yakınlarındaki en şiddetli yıllık ortalama rüzgâr hızları Türkiye'nin batı kıyıları boyunca, Marmara Denizi çevresinde ve Antakya yakınında küçük bir bölgede meydana gelmektedir. Orta şiddetteki rüzgâr hızına sahip geniş bölgeler ve rüzgâr gücü yoğunluğu Türkiye'nin orta kesimleri boyunca mevcuttur. Türkiye Rüzgâr Santralleri Atlasına göre Marmara Bölgesinde; Balıkesir, İstanbul, Çanakkale, Ege Bölgesinde; İzmir, Manisa Doğu Akdeniz çevresinde Hatay Rüzgâr Santrallerinin yoğun olarak yer aldığı illerdir. Yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgâr potansiyelleri incelendiğinde Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz bölgelerinin yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir. 7 m/s' den büyük rüzgâr hızları göz önüne alınarak Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. Ülkemizin 7.0 m/s'nin üzerindeki rüzgâr hızı değerlendirildiğinde kara rüzgâr potansiyeli 48000 MW iken; 6.5 m/s'nin üzerindeki rüzgâr hızı değerlendirildiğinde ise deniz rüzgâr potansiyeli 17393.20 MW'dır. Türkiye'de deniz üstüne kurulmuş herhangi bir rüzgâr enerji santrali bulunmamaktadır. Ayrıca, ülkemizde kara rüzgâr potansiyeli değerlendirildikten sonra, deniz üstü rüzgâr potansiyelinin dikkate alınması, enerji maliyeti açısından önemli bir husus olarak görülmektedir. Dünya rüzgâr türbini kurulu gücü Temmuz 2014 itibarıyla 336327 MW olup, bu altı aylık süreçte (Ocak-Temmuz 2014) kurulu güçteki büyümeye oranı en fazla olan ülkeler sırasıyla; Polonya (%35,8), Brezilya (%35,6), Türkiye (%28) ve İngiltere (%24,7) şeklindedir. Bu durumda ülkemiz, Ocak-Temmuz 2014 döneminde, rüzgâr türbini kurulu gücünü en fazla oranda artıran üçüncü ülke olmuştur. Dünya teknik rüzgâr enerji potansiyeli 53000 TWh/yıl olup, potansiyeli yüksek olan kıtalar/bölgeler sırasıyla; Kuzey Amerika, Doğu Avrupa ve Rusya, Afrika, Güney Amerika, Batı Avrupa, Asya ve Okyanusya'dır. Rüzgâr türbini kurulu

gücü en yüksek olan ülkeler sırasıyla; Çin, ABD, Almanya, İspanya ve Hindistan'dır. Özellikle 2014 yılında dünya rüzgâr türbini kurulu gücündeki artış payının %41'le en fazla Çin'de gerçekleşmesi oldukça dikkat çekici bir husustur. Bu durum, Çin'deki ekonomik büyümeden ve dolayısıyla Çin'de enerjiye olan talebin her geçen gün artmasından kaynaklanmaktadır. Rüzgâr enerjisi santralleri ham madde sıkıntısı ve dışa bağımlı olmayan, doğaya ve insan sağlığına olumsuz etkisi olmayan ve kurulumunda arazi bakımından az yer gerektiren tesislerdir. Tümyle yerli kaynaklarla tasarılanıp kurulabilecek rüzgâr santrallerinin ithalata dayalı biçimde kurulması, konu ile ilgili teknolojik birikimin oluşmasına ciddi katkı sağlamadığı gibi, ülke kaynaklarının da dışa akmasına neden olmaktadır. Rüzgâr gücünden elektrik enerjisi üretimini tümyle desteklemenin yanında teknolojik birikim ve üretimin yerli kaynaklara dayandırılması gerekmektedir.

- Yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Temiz bir enerji kaynağıdır.
- İhtiyacınız olan enerjiyi satın aldığınız kurum ve kuruluşlara bağımlılığını azaltır.
- Enerji üretmek için kullanılan hammaddelerin ithalini önleyerek ekonomide rahatlık yaratır.
- Elektriğin ulaştırılamadığı bölgelerde istihdam sağlar ve yaşam standardını arttırmak, kalkınmayı hızlandırır.
- İstihdam ve bölgesel kalkınma sağlar.
- Değişen yakıt ve enerji fiyatlarından etkilenme riski yoktur.
- Uygun koşulların sağlandığı her yere kurulabilir.
- Çevrecidir, karbon emisyonu yoktur. Hava kirliliğini azaltır.
- Enerji üretim maliyetlerinin düşük olması, kaynağının tükenmemesi, güvenli olması nedenlerinden dolayı ülkemizde rüzgâr enerjisi kurulum gücünü artırmayı gerekmektedir. Gerekirse ülkemizde bireysel olarak rüzgâr enerjisi türbinleri kuracaklara imkân, kolaylıkların, gerekli teşvik ve yardımların verilmesi durumunda rüzgâr enerjisi kurulum gücünün artmasına ve böylece ülkemizin kalkınmasına neden olur.

## KAYNAKLAR

- 1-<http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-uretimi>
- 2-<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>
- 3-<http://www.koronaenerji.com.tr/?/ruzgar-enerjisi-nedir>
- 4-<http://www.mmo.org.tr>
- 5- <http://www.nukleersiz.org/download/file/fid/>
- 6- TÜİK Verileri [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)
- 7-<http://www.tureb.com.tr/turebsayfa>

## **AKSARAY(ORTAKÖY)ATIKSU ARITMA TESİSİ TASARIMI**

Neslihan Gökçe BOZKUŞ<sup>1</sup>, Durdane YILMAZ<sup>2</sup>

Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

<sup>1</sup>*neslihangokcebozkus@gmail.com*, <sup>2</sup>*dyilmaz@aksaray.edu.tr*

**Özet:** Bu çalışmada Aksaray ili Ortaköy ilçesine yapılması planlanan atık su arıtma tesisi İçin gerekli hesaplamalar yapıldı. Tezin amacı bir atık su tesisinin yapılmasında alınacak önlemler, kriterler ve hesaplamaların öğrenilmesidir. Başlangıç için seçilen yerin eğitim, ekonomi, topografik yapı ve bitki örtüsü, sağlık, ulaşım, coğrafi konum, jeolojik yapı, turizm, deniz göl akarsular ve alıcı ortam, iklim, deprem gibi konuların hepsini araştırarak tesisin yer seçiminin doğruluğunu tayin edildi. Bu araştırmalardan sonra ise tahmini nüfus hesabı, debi, kirlilik yüklerini hesaplandı. Havalandırma havuzları, anaerobik havuzlar ,kum tutucular, ızgaralar ve son çökeltim havuzları içinde uygun hesaplamalar yapıldı.

Hidrolik hesaplamaları ve yük kayipları da her ünite için bulundu. Tez içinde tüm hesaplamalara yer verildi. İller bankası değerlerine uygunluğunu da göz önüne alarak hesaplamalar bitirildi. Son olarak da bunları çizime ve tasarıma dökülerek tez sonlandırıldı.

**Anahtar Kelimeler:** Araştırma, Nüfus, Debi, Kirlilik Yükü, , Verim

### **Aksaray (Ortaköy) Wastewater Treatment Plant Calculations and Design**

**Abstract:** In this study, scheduled for the District of Ortaköy, Aksaray waste water treatment plant was made necessary for the calculations. The purpose of the thesis of a sewage plant design measures, benchmarks, and learning of calculations. For starters, the selected place education, economy, health care, transportation and topographic structure vegetation, geography, geology, tourism, sea, lake, rivers and the receiving environment, climate, earthquake by researching all of the resort's location, such as the accuracy of the selection. This research is estimated population after account, flow rate, pollution loads were calculated. Aeration ponds, anaerobic pools, sand catchers, grids and last I was made the appropriate calculations in pools of sediments. Hydraulic calculations and found that for every unit of the load losses. Taylor was quoted in all calculations. Iller Bank values taking into account the appropriateness of the calculations are finished. Finally, poured them drawing and design thesis is terminated.

**Keywords:** Research, Population, Flow Rate, Pollution Load, Efficiency

### **1.Giriş**

Ortaköy, İç Anadolu Bölgesindedir. 1989 yılında il olan Aksaray iline bağlı bir ilçe merkezidir. Aksaray ilinin kuzey ucunda ve Kırşehir'in güneyinde yer alır. İlçenin yüzölçümü 750 km<sup>2</sup> dir. İlçe merkezi Aksaray'a 53 km, Kırşehir'e ise 52 km. mesafededir. Ayrıca E-5 Devlet Karayoluna 40 km.lik asfalt yolla bağlantılıdır. Nüfus hesaplarında eksponensiyel metod, bileşik faiz metodu, aritmetik artış yöntemi, matematiksel eğri metodу, iller bankası şartnamesine uygun olarak hesaplamalar yapılmıştır. Ortaköy (AKSARAY) Atıksu Arıtma Tesisi Kesin Projesi kapsamında müstakbel nüfus hesaplamalarında 2046 yılı nüfusunun 50.000 (40.000+10.0000) kişi alınması önerilmektedir.

Buna göre müstakbel nüfuslar şu şekilde olacaktır. Hesaplamalar doğrultusunda tahmini nüfuslar aşağıda yer almaktadır:

YILLAR	YERLEŞİK NÜFUS	İLAVE YAZLIK NÜFUS	TOPLAM NÜFUS
N <sub>2011</sub>	18.464	10.658	29.122
N <sub>2016</sub>	20.741	10.699	31.440
N <sub>2021</sub>	22.631	11.319	33.950
N <sub>2026</sub>	24.693	11.975	36.668
<b>N<sub>2031</sub></b>	<b>26.943</b>	12.668	<b>39.611</b>
N <sub>2036</sub>	29.398	13.402	42.800
N <sub>2041</sub>	32.077	14.179	46.256
<b>N<sub>2046</sub></b>	<b>35.000</b>	15.000	<b>50.000</b>

Tablo 1.1 ‘de Proje tasarım süresinde tesis büyütülmesi için önerilen kademe süreleri verilmiştir.

Debi Artış Oranı: (Tasarım Debisi / İlkYillardaki Debi)	Kademe Süresi (yıl)
<1,3 20	20
1,3~1,8 15	15
>1,8	10

Tablo 1.2. Arıtma tesisleri ile ilgili tevsi (genişleme) faaliyetleri için önerilen kademe süreleri:

Ortaköy İlçesinin 2010 yılı nüfusu 18680 kişi olup yaz aylarında 10000 kişi yazlık nüfus mevcuttur. Proje 1.kademe 15 yıl 2.kademe 15 yıl olmak üzere 30 yıl için tasarlanacaktır.

N<sub>2010</sub> = 18680 Kişi

I. Kademe Yılı (2031) = 39500 kişi

II. Kademe Yılı ( 2046) = 50000 kişi

## 2. Debi hesaplamaları

İçme suyu tüketim değerleri I. Kademe yılı için 110 lt/kİŞİ/gün ve II. Kademe için 120 lt/kİŞİ-gün olarak kabul edilmiştir.

### 2.1 Kademe Yılı İçin

$$Q_{\text{ort}} = Q_{\text{evsel}} + Q_{\text{end}} + Q_{\text{sızma}}$$

$$Q_{\text{ort}} = 3476.00 + 2.40 = 3478.40 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$Q_{\text{max}} = (24/12) * 3476.0 + (24/8) * 2.40 + (0.05 * 3476.0) = 7133.00 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$Q_{\text{proje}} = (24/14) * 3476.0 + (24/8) * 2.40 = 5966.06 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$Q_{\text{min}} = (24/37) * 3476.0 = 2254.70 \text{ m}^3/\text{gün}$$

ORTAKÖY (AKSARAY)	Birim	Nüfus	Nüfus	Debi	Debi	Geri Dönüş Oranı % 80	Geri Dönüş Oranı % 80
	Debi	Kış	Yaz	Kış	Yaz	(Kış)	(Yaz)
Yıl	lt/kişi-gün	kişi	kişi	m <sup>3</sup> /gün	m <sup>3</sup> /gün	m <sup>3</sup> /gün	m <sup>3</sup> /gün
2010	100	18680	28680	1868	2868	1494	2294,40
2031	110	26943	39500	2964	4345	2371	3476,00
2046	120	35000	50000	4200	6000	3360	4800,00

Tablo 2.1 Evsel Atıksu Debileri Tablosu

ORTAKÖY AKSARAY	Birim	Nüfus	Nüfus	Debi	Debi	Geri Dönüş Oranı % 80	Geri Dönüş Oranı % 80	Mezb. Debisi	Toplam Debi	Toplam Debi
	Debi	Kış	Yaz	Kış	Yaz	(Kış)	(Yaz)	Qmez	(Kış)	(Yaz)
Yıl	lt/kişi-gün	Kişi	Kişi	m <sup>3</sup> /gün	m <sup>3</sup> /gün	m <sup>3</sup> /gün	m <sup>3</sup> /gün	m <sup>3</sup> /gün	m <sup>3</sup> /gün	m <sup>3</sup> /gün
2010	100	18680	28680	1868	2868	1494,40	2294,40	1,80	1496,20	2296,20
2031	110	26943	39500	2964	4345	2370,98	3476,00	2,40	2373,38	3478,40
2046	120	35000	50000	4200	6000	3360,00	4800,00	3,00	3363,00	4803,00

Tablo 2.2 Toplam Debiler:

## 2.2 Kademe Yılı İçin

$$Q_{\text{ort}} = Q_{\text{evsel}} + Q_{\text{end}} + Q_{\text{sizma}}$$

$$Q_{\text{ort}} = 4800.00 + 3.00 = 4803.00 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$Q_{\text{max}} = (24/12) * 4800.0 + (24/8) * 3.00 + (0.05 * 4800.0) = 9849.00 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$Q_{\text{proje}} = (24/14) * 4800.0 + (24/8) * 3.00 = 8237.57 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$Q_{\text{min}} = (24/37) * 4800.0 = 3113.51 \text{ m}^3/\text{gün}$$

## 3. Materyal metot

BOİ (g/kişi-gün)	15-80
KOİ (g/kişi-gün)	25-200
N (g/kişi-gün)	2-15
P (g/kişi-gün)	1-3
Atıksu (m <sup>3</sup> /kişi-gün)	0,05-0,40

Tablo 3.1 Kişi başı kirlilik yükü değişimleri (Henze vd., 2002)

Evsel kirlilik yükleri hesaplamalarında aşağıdaki günlük kirlilik yükleri kabul edilmiştir.

### **3.1 Kademe Yılı ( 2031 Yılı) Evsel Kirlilik Yükleri Hesabı:**

N<sub>2031</sub> = 39500 kişi

Günlük BOI5 Yükü:LBOI5 = N kişi \* 0.025 kg/kişi-gün= 39 500 \* 0.025= 987.5 kg BOI5/gün

Günlük Toplam Azot (N) Yükü:

LN = N kişi \* 0.005 kg/kişi-gün= 39 500 \* 0.005= 197.50 kg N/gün

Günlük Toplam Fosfor (P) Yükü:

LP = N kişi \* 0.0007 kg/kişi-gün= 39 500 \* 0.0007= 27.65 kg P/gün

Günlük Askıdaki Katı Madde (AKM) Yükü:

LAKM = N kişi \* 0.050 kg/kişi-gün= 39 500 \* 0.050= 1975.0 kg AKM/gün

### **3.2 Kademe Yılı ( 2046 Yılı) Kirlilik Yükleri Hesabı:**

N<sub>2046</sub> = 50000 kişi

Günlük BOI5 Yükü:LBOI5=N kişi \* 0.027 kg/kişi-gün= 50000 \* 0.027= 1350.0 kg BOI5/gün

Günlük Toplam Azot (N) Yükü:

LN=N kişi \* 0.0055 kg/kişi-gün= 50000 \* 0.0055= 275.0 kg N/gün

Günlük Toplam Fosfor (P) Yükü:

LP=N kişi \* 0.00075 kg/kişi-gün= 50000 \* 0.00075= 37.50 kg P/gün

Günlük AKM Yükü: LAKM=N kişi\*0.055 kg/kişi-gün= 50000 \* 0.055=2750.0 kg AKM/gün

Tasarım elemanları	Elle temizlenen	Mekanik temizlenen
Izgara çubukları arasında hız m/sn	0,3-0,6	0,6-1,0
Çubukkesiti(kalınlık/genişlik)(mm)	(4-8) / (25-50)	(8-10) / (50-75)
Çubuklar arası temiz açıklık (mm)	25-75	10-50
Yataya nazaran izgara eğimi	45-60	75-85
Müsaade edilir yük kaybı (mm)	150	150
Maksimum yük kaybı (mm)	250	250
Kanalın yan duvarında montaj çukuru (mm)	150-250	150-250
Izgara kanalı tabanının giriş borusu akarından düşüklüğü (mm)	70-150	70-150
Izgara kanalı akarının izgaraya doğru eğimi	1/200-1/500	1/200-1/500

Tablo 3.2 Izgaralar için tasarım kriterleri (Qasim, 1999)

### **3.3 Kaba Izgara:**

I. ve II. Kademe için 1 adet kaba izgara olacaktır.

Kaba izgara kanalı genişliği 0.75 m olacaktır.

Maksimum Debide Çubuklar Arası Geçiş Hızı: Qmax= 0.114 m<sup>3</sup>/sn

W= 0.57 m hmax=0.15 m

Vmax = 0.114 / ( 0.57 \* 0.15) = 1.33 m/sn Minimum Debide Çubuklar Arası Geçiş Hızı:

$$Q_{min} = 0.018 \text{ m}^3/\text{sn} \quad W = 0.57 \text{ m} \quad h_{min} = 0.045 \text{ m}$$

$$V_{min} = 0.018 / (0.57 * 0.045) = 0.70 \text{ m/sn} > 0.50$$

Çubuklar Önündeki Minimum Su Hızı:  $V_{min} = 0.018 / (0.75 * 0.045) = 0.53 \text{ m/sn} > 0.50$

### 3.3.1 Maksimum debide yük kaybı:

$$h_{kmax} = 2.42 * (10 / 30) 4/3 * (1.332 / 2 * 9.81) * \sin 70^\circ = 0.049 \text{ m} < 0.10 \text{ m}$$

$$h_{kmin} = 2.42 * (10 / 30) 4/3 * (0.532 / 2 * 9.81) * \sin 70^\circ = 0.014 \text{ m}$$

### 3.3.2 Kaba Izgarada Tutulan Madde Miktarı :

Kaba izgarada tutulan madde miktarı:

$$Q_{ort} * (20/1000) = 2031 \text{ yılı tutulan madde miktarı} = 3478.40 * (20/1000) = 69.57 \text{ lt/gün}$$

$$2046 \text{ yılı tutulan madde miktarı} = 4803.00 * (20/1000) = 96.06 \text{ lt/gün}$$

### 3.4 İnce Izgara:

#### 3.4.1 İki Adet İnce Izgara Devrede Olması Durumu:

##### 3.4.1.1 Maksimum Debide :

$$Q_{2046max} = 0.114 / 2 = 0.057 \text{ m}^3/\text{sn} \quad K = Q * n / (b8/3 * J1/2)$$

$$K = 0.057 * 0.013 / (0.758/3 * 0.00351/2) \quad K = 0.02697 \quad X = h_{max} / b = 0.130$$

$$h_{max} = 0.130 * 0.75 = 0.10 \text{ m} \quad V_{max} = Q / A = 0.057 / (0.75 * 0.10) \quad V_{max} = 0.76 \text{ m/sn}$$

$$\text{Minimum Debide : } Q_{2031min} = 0.018 / 2 = 0.009 \text{ m}^3/\text{sn} \quad K = Q * n / (b8/3 * J1/2)$$

$$K = 0.009 * 0.013 / (0.758/3 * 0.00351/2) \quad K = 0.004 \quad X = h_{min} / b = 0.04$$

$$h_{min} = 0.75 * 0.04 = 0.03 \text{ m} \quad V_{min} = Q / A = 0.009 / (0.75 * 0.03) \quad V_{min} = 0.40 \text{ m/sn}$$

### 4. Yatay Akışlı Kum Tutucuları:

Tanım	Birim	$N < 5.000$	$5.000 < N < 10.000$	$N > 10.000$
Kum temizliği	-	El ile	Mekanik(pompa)	Mekanik(konveyör)
Kumtutucu tipi	-	Yatay akışlı veya dairesel planlı	Mekanize yatay akışlı veya dairesel planlı	Havalandırmalı veya dairesel planlı
Minimumbekletme süresi,(Qpik)	dakika	1	3	3
Kum yıkama ve susuzlaştırma	-	yok	var	var

Tablo 4.1. Kum tutucular için tasarım kriterleri (MWA, 1998)

Kum tutucuların tasarımında aşağıdaki formüller kullanılacaktır.

I. Kademe yılında 2 Adet kum tutucu devrede olacaktır.

Bir kum tutucuya gelecek debi:  $Q_1 = 0.083 / 2 = 0.0415 \text{ m}^3/\text{sn}$

Maksimum debideki kum tutucu genişliği  $T = 0.70$  m alınırsa kum tutucuda su yüksekliği  
 $h_{max} = (3 * Q) / 2 * T * V = (3 * 0.0415) / (2 * 0.70 * 0.3) h_{max} = 0.30$  m  
 0.2 mm çapındaki danelerinin çökeltme hızı 0.019 m/sn olup kum tutucudaki bekleme süresi  
 $t = h / V_c = 0.30 / 0.019 \quad t = 15.60$  sn olarak bulunur  
 Kum tutucu teorik uzunluğu ( $L$ )  $L = t * V = 15.60 * 0.30 \quad L = 4.68$  m  
 $L_{max} = 4.68 + 0.5 * 4.68 = 7.02$  m  $L_{min} = 4.68 + 2 * 0.30 = 5.28$   
 Ortalama kum tutucu uzunluğu:  $L = (7.02 + 5.28) / 2 = 6.15$  m  $L = 7.00$ m olarak alınmıştır

#### **4.1. Biriken Kum Miktarı :**

Kişi başına gelecek kum miktarı 2 – 12 lt / kişi / yıl kadardır.  
 Kum miktarı ortalama olarak = 10 lt / kişi / yıl olarak alırsak

##### **4.1.1. 2031 Yılı için:**

Günlük kum miktarı =  $39500 * 10 / 365 = 1082.19$  lt / gün =  $1082.19$  lt / gün  $*(1/1000)m^3/lt$   
 $= 1.01 m^3 / \text{gün}$

##### **4.1.2. 2046 Yılı için**

Günlük kum miktarı =  $50\ 000 * 10 / 365 = 1369.86$  lt / gün =  $1369.86$  lt/gün  $*(1/1000)m^3/lt$   
 $= 1.370 m^3 / \text{gün}$

#### **5. Anaerobik Havuzlar:**

Parametre	Birim	Çökeltim Lagünü	Stabilizasyon Lagünü	Havalandırmalı Lagün	Olgunlaştırma Havuzu
Hacim, VI+PE	m <sup>3</sup> /kişi	$\geq 0,5$			
Spesifik yüzey alanı, AI+PE	m <sup>2</sup> /kişi				
Ön çökeltim lagünü olmaksızın	m <sup>2</sup> /kişi		$\geq 10$		
Yağmursuyu ile birlikte	m <sup>2</sup> /kişi		$\geq 8$		
Kısmi nitrifikasiyon	m <sup>2</sup> /kişi		En fazla 5		
Hacimsel yük, BR	g/(m <sup>3</sup> .gün)		$\geq 15$	$\leq 25$	
Nitrifikasiyon için Katı yükü	g/(m <sup>3</sup> .gün)			BA=BR.h	
Su derinliği, h	m	$\geq 1,5$		$1,5 - 3,5$	1 - 2
OB	kg/kg		$> 1$	$\leq 1,5$	
Gerekli motor gücü	W/m <sup>3</sup>			1 - 3	
Kuru hava					

debisinde hidrolik bekletme süresi, tR	gün	$\geq 1$	$\geq 20$	$\geq 5$	1 - 5
Son çökeltim tankının hidrolik bekletme süresi, tR	gün			$\geq 1$	

Tablo 5.1. Lagünler için boyutlandırma kriterleri (ATV-M 201 E, 1989)

Tasarımda Kullanılacak Hacimler:

▪I.Kademe Yılı (2031)Vtoplam =353 63 m<sup>3</sup>      ▪II.Kademe Yılı (2046)Vtoplam = 488.26 m<sup>3</sup>

Dikdörtgen Kısım

$$L:9.50 \text{ m} \quad b:4.30 \text{ m} \quad A = 9.50 * 4.30 = 40.85 \text{ m}^2 \\ = 2.85 \text{ m}^2$$

P2 Perdesi

$$L:9.50 \text{ m} \quad b:0.30 \text{ m} \quad A_{P2} = 9.50 * 0.30$$

Toplam Yüzey Alan

$$Atop = 14.51 + 40.85 = 55.36 \text{ m}^2$$

$$\text{Net yüzey alanı Anet} = 55.36 - ( 2.17 + 2.85 ) = 50.34 \text{ m}^2$$

$$\text{Havuz derinliği} = 3.50 \text{ m}$$

$$▪V1 = 3.50 * 50.34 = 176.19 \text{ m}^3$$

Anaerobik havuzların boyutlarının çizimleri şekil 5.1 ‘de verilmiştir

## 6. Havalandırma Havuz Hacim Hesapları:

$$D = 14.60 \text{ m} \quad R = 7.30 \text{ m} \quad A = 167.33 \text{ m}^2 \quad \text{Kenar Su Yüksekliği} = 2.72 \text{ m}$$

$$hort = 2.72 + (1 / 3) * 7.30 * (1 / 12) = 2.93 \text{ m} \quad V1 = 167.33 * 2.93 = 490.28 \text{ m}^3$$

I. Kademe ( 2031 ) yılında 2 adet havuz devrede olacaktır.  $V_T = 490.28 * 2 = 980.56 \text{ m}^3$

Havalandırma Havuzları Oksijen İhtiyacı:

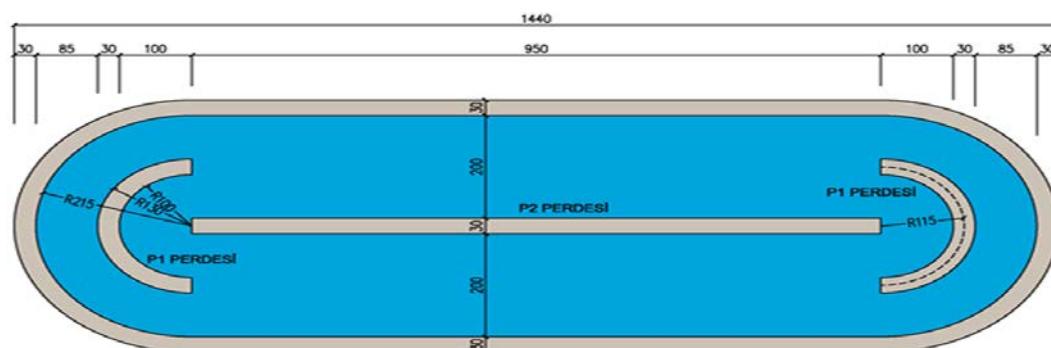
Rog ( kgO<sub>2</sub>/gün) = 2157.16 kg O<sub>2</sub>/gün. Boyutların çizimleri şekil 6.1 de verilmiştir.

## 7. Son Çökeltme Havuzları:

Havuz Hacim Hesapları:

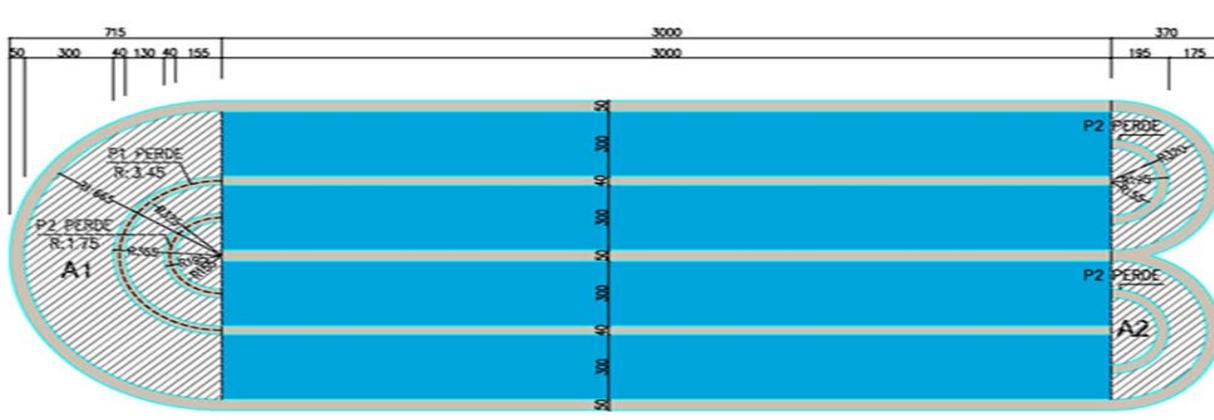
I. Kademe ( 2031 ) yılında 2 adet havuz devrede olacaktır.

$$V\text{Toplam} = 490.28 * 2 = 980.56 \text{ m}^3$$



Şekil 5.1 Anaerobik havuzların boyutları

- Anaerobik fosfor havuzları I.Kademe yılı için 2 adet , II. Kademe için ilave 1 adet olmak üzere toplam 3 adet tasarılanacaktır.



Şekil 6.1 Havalandırma havuz boyutları

- Havalandırma havuz boyutları kirlilik yönünden daha kritik olan I. Kademe ( 2031 ) yılına göre boyutlandırılmış ve II. Kademe ( 2046 ) yılına göre tahkik edilmiştir. Havalandırma havuzları I.Kademe yılı için 2 adet , II. Kademe için ilave 1 adet olmak üzere toplam 3 adet tasarılanacaktır.

Çökeltme havuzları hidrolik olarak projelendirildiğinden I.kademe yılında 2 adet havuz II. Kademe yılında 1 adet daha ilave edilerek toplam 3 adet havuz olacaktır.

$$\text{Seçilen havuz çapı } D = 14.60 \text{ m} \quad A = 167.33 \text{ m}^2$$

### Sonuç:

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda oluşacak havuzların boyutlandırılması hem bilgisayar çizimi hem de maket haline getirilmiştir.

### KAYNAKLAR

- Water Congress and Exhibition, 22-24 March 2013 Vol.2,p.982-992, Bursa,Turkey
- YSKKY.2012. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete
- 5.Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi Ahmet Samsunlu,Aritma Tesisleri Kurulması,İşletilmesi Ve Eleman Eğitimi Ataköy Atıksu Aritma Tesisi Örneği Makalesi
- TS EN 1085 Atıksu Aritimi-Terimler ve Tarifler
- DIN EN 1085 (2006) Wasterwater Treatment-Vocabulary
- Prof. Dr. İsmail KOYUNCU, Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK, Prof. Dr. Ali Fuat AYDIN-Atıksu Aritma Tesisleri Tasarım Rehberi
- L. Davis MACKENZIE , Mcgrawhill, - Water and Wastewater Engineering, 1.Baskı
- Nusret Şekerdağ, Atıksu Aritma Tesislerinin Projelendirilmesi, Ocak 2016
- TSE EN 12255-1 (2006) Atıksu Aritma Tesisleri - Bölüm 1: Genel Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü

## İLERİ DEZENFEKSİYON YÖNTEMLERİ

Nisa Beyza Bektaş<sup>1</sup>, Doç. Dr. Levent Altas<sup>2</sup>

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği

<sup>1</sup>nisabeyza1720@gmail.com, <sup>2</sup>laltas@yahoo.com

**ÖZET:** Dezenfeksiyon, sularda bulunabilecek hastalık yapıcı mikroorganizmaların inaktive edilmesi işlemidir. Verimli bir dezenfeksiyon işlemi, patojen mikroorganizmaların %99.99 oranında inaktive edilmesiyle ile sağlanır. Klasik dezenfeksiyon yöntemlerinde karşılaşılan problemler bilim insanlarını alternatif metodların geliştirilmesine yöneltmiştir. Bu çalışmada, suların ileri dezenfeksiyon işlemi için kullanılan yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İçme suyu, Ultraviyole, Ultrases, Ultrafiltrasyon, Dezenfeksiyon

## ADVANCED DISINFECTION METHODS

**Abstract:** Disinfection is the process inactivating pathogenic microorganisms that may be present in the water. Efficient disinfection process is achieved by the inactivation rate of 99.99% of pathogenic microorganisms. Problems encountered in conventional disinfection methods have led scientists to develop alternative methods. In this study it was given some information about the methods used for advanced disinfection of waters.

**Keywords:** Drinking Water, Ultraviolet, Ultrasound, Ultrafiltration, Disinfection

## GİRİŞ

Dezenfeksiyon suda bulunan patojen mikroorganizmaların yok edilmesi için yapılan bir arıtma işlemidir. İyi bir dezenfeksiyon işleminde yüksek yapılı insan ve hayvanlarda sorun çıkarılan patojen mikroorganizmaların %99.99 yok edilmesi ile sağlanır.

İçme sularının dezenfekte edilmesinin amacı sudan geçen sâri hastalıkların bulaşmasının önlenmesidir. Dezenfeksiyon tarihi çok eskilere dayanmaktadır. Örneğin suyun bakır ve gümüş kaplarda saklanması, suyun kaynatılması gibi uygulamalar bilinçsizce de olsa tarihin eski devirlerinden başlayarak yapılan Dezenfeksiyon işlemleridir. 1800'lü yıllarda tifo, dizanteri gibi salgın hastalıkların önlenmesinde yavaş kumfiltresi gibi arıtma uygulamalarının yararı olduğu belirlenmiştir. Gerçek anlamda Dezenfeksiyon ilk defa 1904 yılında bir tifo salgınında sodyum hipoklorit ile klorlama yapılarak önlenmesiyle başlamış ve Dezenfeksiyon uygulamaları hızla yaygınlaşmıştır.

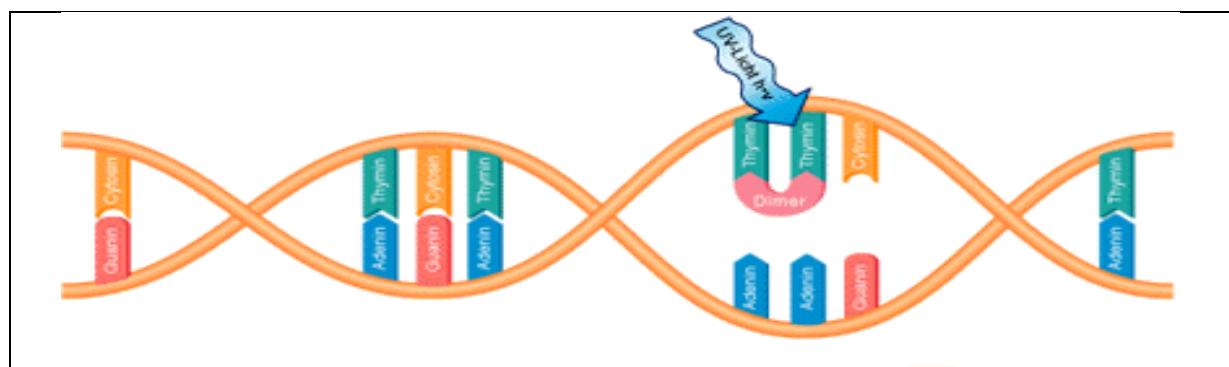
Ülkemizde içme suyu arıtma tesislerinin az olması nedeni ile dezenfeksiyon işlemi doğrudan doğruya suya uygulanmaktadır. Dezenfeksiyon işlemi için, ekonomik olması, kimyaca saf olması, suda kalıcı olması, depolama ve taşınmasının kolay olması gereklidir. İçme sularında kullanılacak dezenfektan miktarı; dezenfeksiyon yönteminin etkileme gücü, organizmanın türü, etkileme türü, suyun sıcaklığı, suyun pH değeri, suda çözünmüş olan organik ve inorganik maddelerin cins ve miktarlarına göre değişir. Yüksek maliyet ve rezidüel koruma bakımından ileri dezenfeksiyon yöntemleri ülkemizde pek yaygın değildir. Bu ileri dezenfeksiyon yöntemlerinin neler olduğuna bakacak olursak Ultraviyole ışını, Ultrafiltrasyon ve Ultra ses ile yapılan dezenfeksiyon metodlarıdır.

## 1. ULTRAVİYOLE IŞINI ile DEZENFEKSİYON

UV radyasyonu pratik olarak içme ve kullanma suyu amacıyla uygulanabilecek fiziksel bir yöntemdir. UV radyasyon görünür ışından kısa, X ışınından uzun dalga boyuna sahip (yaklaşık 10-400 nm) bir elektromanyetik radyasyondur. UV lambalarla, cam bir tüp içindeki düşük basınçlı cıva buhari içinden geçen elektrik akımı sayesinde UV ışık üretilir. Orta basınçlı lambalar 180-1370 nm dalga boyu aralığında radyasyon yayar, dezenfeksiyon amaçlı kullanılır. İlk kez 1910 yılın da Fransa'da Baker tarafından kullanılmıştır.

Bakteri, virüs, parazit gibi canlılar üzerinde etkili olan UV ışınları 254 nm dalga boylu olanlardır. Bazı literatürler bu etkiyi şöyle açıklıyor : “254 nm dalga boyundaki UV ışınları mikroorganizmaların hücre zarından içeri süzülür, DNA zincirinde değişiklik yapar, DNA'sı bozulan canlıda üreme dahil tüm hücre faaliyetleri durur ve hücre ölümü gerçekleşir”. Bu yöntemin uygun kullanıldığından mikroorganizma sporlarını ve organik bileşikleri 6 log azalttığı raporlanmaktadır. Ancak UV performansı UV şiddeti, temas süresi, dezenfekte edilecek suyun özelliklerinden etkilenmektedir. UV şiddeti UV lambasının özelliklerinden, sudaki maddelerin lamba üzerinde tortu oluşturma özelliğinden ve reaktör biçiminden etkilenir. Uygun olmayan reaktör biçimleri kısa döngülere neden olarak temas süresini etkiler. Bunlara ek olarak, UV sisteminin performansı suyun özelliklerinden çok etkilenir.

Suda bulunan bazı kirlilikler UV ışığını absorplayarak reaktördeki UV yoğunluğu azaltabilir. Benzer olarak, askıda katı maddelerin bulunması sadece UV ışığını absorplaması bakımından değil mikroorganizmaları UV ile temastan koruması nedeniyle de önemlidir. Bu olumsuz etkilerden korunabilmek için suda askıda katı maddenin 20 mg/l veya altı olmasını önerilmektedir.

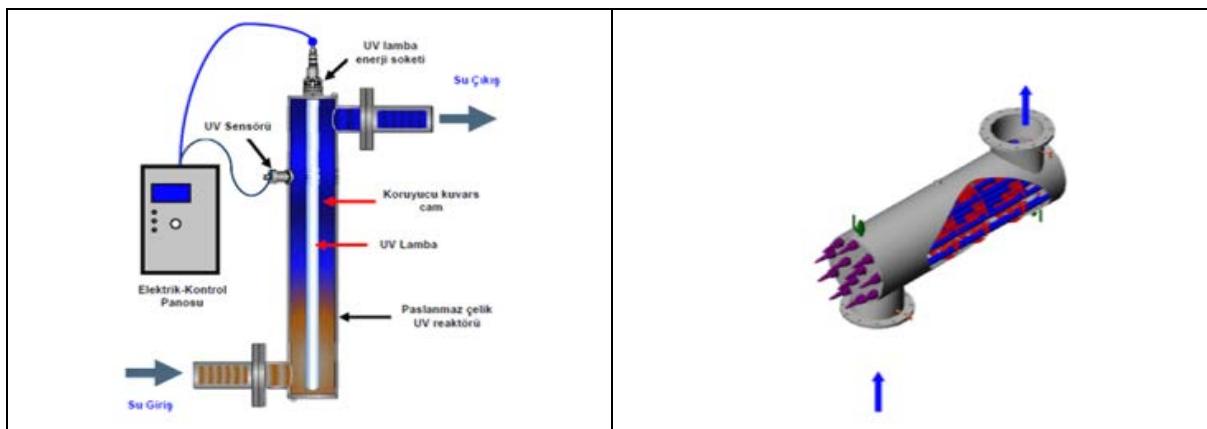


Şekil 1. UV Işınlarının DNA'ya Etkisi

Su dezenfeksiyonunda kullanılan “UV dezenfeksiyon cihazları”nda gerekli UV ışınlarını özel UV lambalar üretir. Bir UV cihazı iki ana parçadan oluşur:

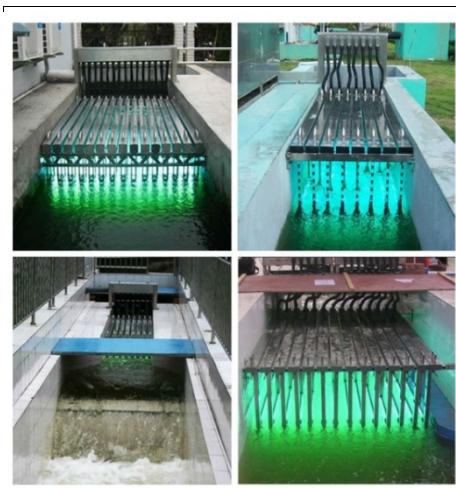
1)UV Reaktörü; Reaktör içinde bir veya birkaç UV lambası bulunur. Suyla temastan korumak için UV lamba koruyucu kuvars cam tüp içindedir. UV reaktörü içinden akan su UV ışınlarına maruz kalmaktadır.

2)Elektrik/Kontrol Panosu.



UV ışınları ile dezenfeksiyonun başarılı olabilmesi aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır:

- 1)UV cihazı 254 nm dalga boyunda ve yeterli yoğunlukta UV ışını üretmelidir.
- 2)Mikroorganizmaların UV ışınları ile yeterli süre teması gerekir.
- 3)UV cihazlarına özel UV algılayıcı takılmalıdır.
- 4)Birden fazla UV lamba içeren cihazlarda, her bir lambanın ayrı olarak izlenmesi ve çalışıp çalışmadığının kontrol edilmesi gereklidir.
- 5)Mikroorganizmaların yok edebilmesi için bunların UV ışınına karşı korunmasız bulunmaları gereklidir.



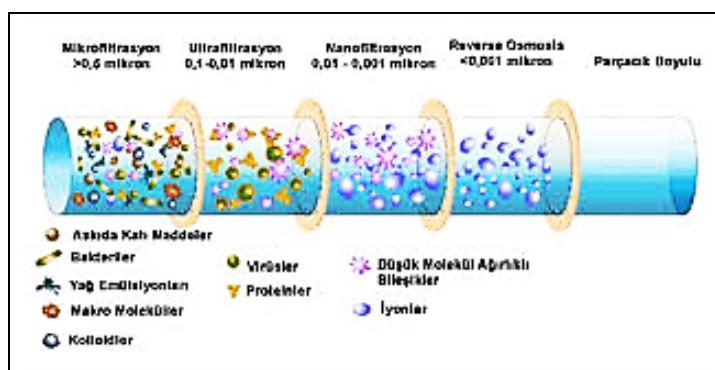
**UV' nin Avantajları:** Çevre dostudur, kimyasal kullanılmaz. Suyun kimyasal özelliğini değiştirmez, pH değerinden ve suyun sıcaklığından bağımsız olarak dezenfeksiyon yapar. Suda kanserojen madde oluşturmaz. Dezenfeksiyon süresi çok hızlıdır(genelde 5 saniyeden azdır). İşletme maliyeti düşüktür, işletmesi, kontrolü ve bakımı basittir.

**UV' nin Olumsuz Yanları:** UV' nin su içinde herhangi bir kimyasal bırakmaması bir avantaj olarak sayılmasına karşın, bazı tatbikatlar için aynı özellik UV' nin bir dezavantajı olarak sayılır. Bu özelliği dolayısı ile UV birçok dezenfeksiyon tatbikatında tek başına kullanılamaz. Kalıcı olmadığı için daha sonra suyun tekrar kirlenmesi mümkündür.

## 2. ULTRAFİLTRASYON ile DEZENFEKSİYON

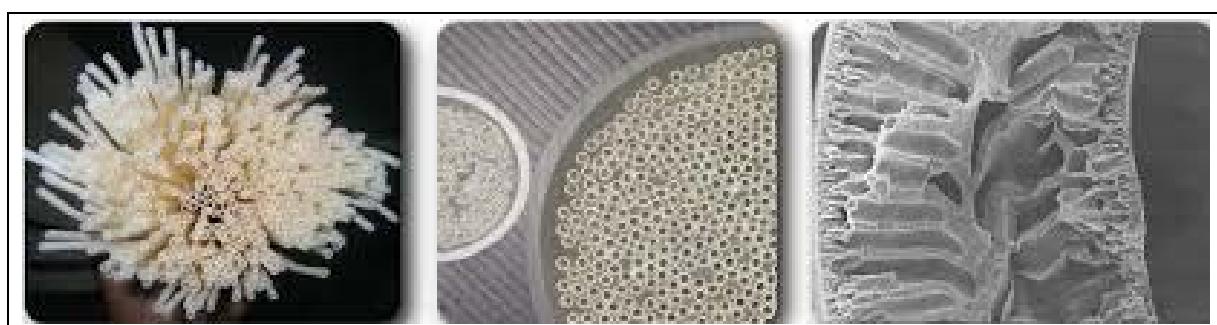
Ultrafiltrasyon işlemi yarı geçirgen membranların kullanıldığı ters osmoz işlemine benzeyen basınçlı membran filtrasyon metodudur. Bunlar bir büyülüğu geçirmeyen, basınçla yürüyen bir ayırmaya prosesidir. Fiziksel bir yöntemdir. Bileşiminde makromolekül ve kolloid özellikle madde bulunan atık sular da kullanılır. Ultra filtrasyon membranlar makromoleküller kolloidal parçacıkları ve dispersyonların ayrılarak saf ürün eldesin de veya ürünün derişiklendirilmesin de kullanılırlar.

Ultrafiltrasyon tipik olarak 10 ile 1000 Angstron arasında değişiklik gösteren gözenek büyüğüğe ve 300 ile 500.000 Dalton arası ağırlığındaki molekülleri tutma kabiliyetine sahiptir. Bu sistemler suda bulunan kili, askıda katı maddeleri, %25-50 organik madde giderimi, %99-100 partikül giderimi, %99 bakteri giderimi sağlarlar (Şekil 5).



Şekil 5.Filtre Gözeneklerinde Tutulan Maddeler

Bu tür filtreler kullanım amacına göre seçilmiş sık gözenekten oluşan filtrelerdir. Bunlarla yapılacak dezenfeksiyonun prensibi, filtre gözenekleri tutulması gerekli mikroorganizmalardan daha küçük olduğu için bunların yüzeyde tutulmasıdır. Böylece filtreden çıkan su kirliliğini bırakarak çıkışmış olacaktır. Membran boyunca kütle akışını sağlayan itici güç basıncıdır ve 30-80 psi gibi düşük basınçlarda işletilebilir. Genellikle borusal, kapiler ve spral-sargı modüller kullanılır (Şekil 6).



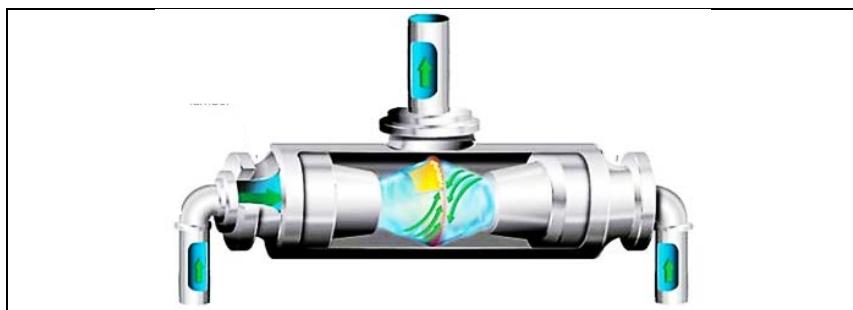
Şekil 6.Arıtımında Kullanılan Filtre Modülleri

**Avantajları:** Suyun kimyasal yapısını ve pH' değerini bozmadır. Uzun ömürlüdür, sık kartuş değişimine gerek duyulmaz. Düşük basınç da çalıştığı için işletme maliyeti düşüktür. Besleme suyundaki kirleticilere karşı direnci geri yıkama yapılabildiği için yüksektir.

**Dezavantajları:** Filtre gözenekleri bir süre sonra tutulan parçacıklardan dolayı tıkanacağından kullanılmaz hale gelerek atılacaktır bu yüzdende pahalı olabilir. Ayrıca suda dezenfeksiyonla aynı anda oksidasyona da ihtiyaç varsa (örneğin suda demir, mangan gibi 2 değerlikli çözünmüş maddeler ) bu mümkün olmayacaktır.

### **3. ULTRASES ile DEZENFEKSİYON**

Ultrases ilk olarak 1894 yılında Mary Curie ve eşi Pierre tarafından, Piezoelektrik (basınç elektriklenmesi) özelliği olan kristaller (Quartz, Tourmaline, Lityum Sulfat, Kadmiyum Sulfat ve Çinko Sulfat) yardımı ile üretildi. Fiziksel bir arıtma yöntemidir. Bu yöntem sıvıların, özellikle de suyun, yüksek frekansta çok iyi bir karıştırma yapmak ve çok kuvvetli kimyasal reaksiyonlar üretmek ve fiziksel işlemleri gerçekleştirmek için çok şiddetli bir sesle tıkanır edilmesidir. Ultrasesin uygun koşullar altında oluşturacağı mekaniksel kuvvet, ultrases titreşimi nedeniyle makro moleküllerde ve membran yapılarında yırtılmalar ve kopmalar oluşturmaktadır.



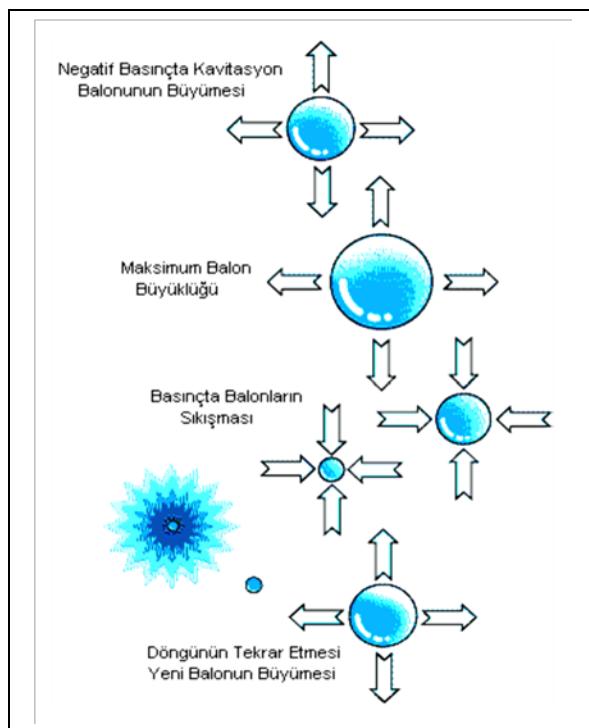
Şekil 7. Ultrases Cihazı

Biyokatıların parçalanmasını, mikroorganizmaların bertaraf edilmesini sağlar. Ultrases prosesi, ses ile desteklenen ve geliştirilen bir kimyasal oksidasyon yöntemidir. Ultrases prosesin de uygun sıcaklık ve basınçta sucul ortama verilen ses dalgaları suyun fiziksel ve kimyasal bileşimini değiştirerek sıvı içerisinde  $H$ ,  $OH$ ,  $OH_2$ ,  $H_2O_2$  gibi radikaller oluşmasına neden olmaktadır. Bu radikaller atıksuda ki toksik ve organik bileşiklerin  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $NO_3$ ,  $COOH$  gibi kararlı son浑lere veya daha az zararlı bileşiklere dönüşmesinin sağlamaktadır.

Kavitaşyon olayı; pervanelerin aşınma sebeplerinin araştırılması ile keşfedilen bir olaydır. Ultrases dalgalarının ürettiği mekaniksel kuvvetlerin oluşturduğu en büyük hasar, içinde gaz veya buhar olan küçük kabarcıkların (kavitaşyon) birleşmesi sonucu ortaya çıkan şok dalgaları ve kesikli dalgalardır. Kavitaşyon diye adlandırılan proses soğuk kaynamanın kısaltılmıştır ve sıvı içindeki milyarlarca mikroskopik kabarcığın çökmesinin bir sonucu olarak oluşur. Yani kavitaşyon olayı negatif basınç uygulandığında mikro kabarcıklarının ürünüdür. Mason (1991) tarafından bildirildiğine göre, bu olay ilk olarak Sir John Thornycroft ve Sidney Barby tarafından yüzyılın sonunda belirlendi.



Şekil 8. İçerisinde Gaz ve Su Buharı Bulunduran Kavitasyon Balonu



Şekil 9. Kavitasyon Olayının Etkisi

## KAYNAKLAR

Enis BURKUT, Su Dünyası Dergisi Su ve Çevre Teknolojileri Sayı:9

Hoyer, O. (2000) The Status of UV Technology in Europe. IUVA News, Volume 2 / No. 1, 22 – 27.

<http://www.cevremuhendisleri.net/konu/ultrasound-ile-atiksu-aritimi.1390/> (Ziyaret Tarihi:10 Mayıs 2016).

<http://www.slideshare.net/ultrases> (Ziyaret Tarihi:10 Mayıs 2016).

Kolch, A. (1999) Disinfecting Drinking Water with UV Light. Pollution Engineering, 10/99.

## TOPRAKLARDAKİ BOR KİRLİLİĞİ VE ARITIM METOTLARI

Sunay ACAR<sup>1</sup>, Gülden GÖK

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, sunayacar91@gmail.com

**ÖZET:** Bu çalışma kapsamında, topraklardaki bor kirliliği, çevresel etkileri ve arıtım metotları üzerine son yıllarda Türkiye'de gerçekleşen literatüre geçmiş araştırmalar incelenmiştir. Çalışmaya esas teşkil eden konular, topraklardaki bor veya bor bileşiklerinin çevre, insan, bitki ve hayvan sağlığı üzerine etkileri ve arıtım metotlarıdır. Ülkemizde yapılan bilimsel araştırmalar, bor işletmeciliği yapılan alanlara yakın yerlerde toprağın yüksek oranda bor tuzu içerdigini, bunun bazı bitki türleri için olumlu, bazilar içinse olumsuz sonuçlar doğurduğunu göstermiş. Ayrıca borun insan sağlığına ve gelişimine etkileri konusunda yapılan araştırmalarda, bor madeninde çalışan veya o bölgede yaşayan insanlarla olumsuz olarak nitelendirilebilecek bir etkiye rastlanmamıştır. Çevreye etkisine gelindiğinde, bor atıklı suların içme sularına karışmasının etkileri üzerinde durularak çözümler geliştirilmesi ve önlemler alınması gerektiği belirtilmiştir. Borun ileride tüm dünya ülkelerini sıkıntıya sokacak böylesi problemlerle karşılaşmamak için bu kaynaklarımızın korunması ve en rasyonel biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu noktada, atıkların tekrar ekonomiye kazandırılması zorunlu hale gelmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bor, Çevre, Toprak Kirliliği.

## Bor Pollution in Soils and Treatment Methods

**Abstract:** Within the scope of this work, past studies which revived literature about boron pollution in soil, its environmental effect and refinement methods were analyzed. Topics which constitute the basis are the effects of boron or its compounds on the environment, human, plant and animal health and the methods of refinement. Some scientific researches in our country indicated that places which are near the boron industry contain high level boron salt and this causes positive effects for some plant species, bu for some others doesn't. Moreover, in researches about the effects of boron on human health and improvement, it was not coincided that boron has negative effect on people who work in boron mines or live near these places. When we talk about environmental effect, it was specified that effects of waters which contain boron waste should be urged upon and take measure about it. Protection and rational consideration is needed to prevent these problems of boron which will lead to trouble for all over the world in the future. At this point, redounding of waste to the economy has become compulsory.

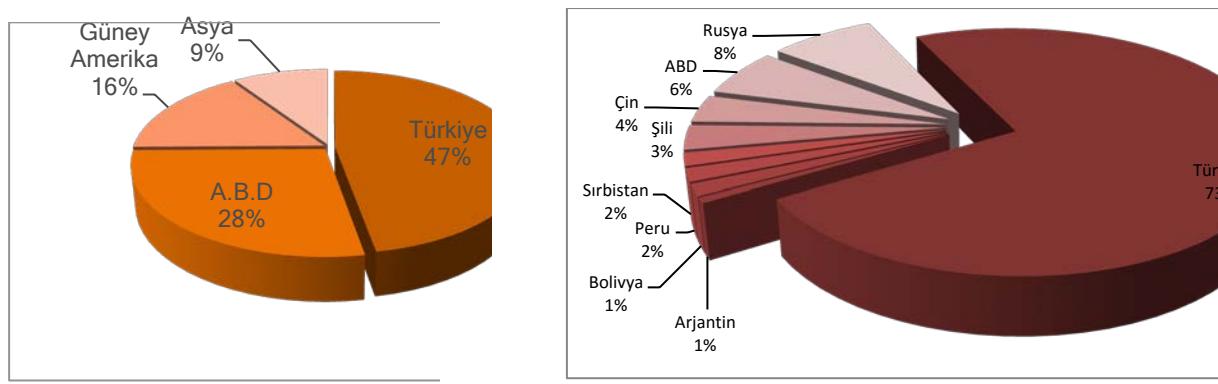
**Keywords:** Bor, Environmental, Soil pollution.

## GİRİŞ

Periyodik cetvelin 3A grubunda yer alan bor yüksek iyonlaşma potansiyeline sahip olması nedeniyle yarı metal olarak kabul edilir. Yerkabuğundaki ortalama bor konsantrasyonu 10 mg/kg'dır. Bor doğada Ca, Na ve Mg'un tuzları şeklinde bulunur. Yüksek konsantrasyonlarda ve ekonomik boyutlardaki bor yatakları; borun oksijen ile bağlanmış bileşikleri şeklinde daha çok Türkiye ve ABD'nin kurak, volkanik ve hidrotermal aktivitesi olan bölgelerinde bulunmaktadır.

Dünya bor rezervlerinin %72'sinden fazlası ülkemizde bulunmaktadır. Ancak günümüzde sadece bir kaynağın rezervlerine sahip olmak yetmemekte, onun çıkarılması ve

sanayinin istediği standartlarda işlenerek kullanım alanlarına sunulması gerekmektedir. İşte bu süreçte, madencilik ve sanayi faaliyetlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak için temel olgulardan biri olarak Çevre ve insan sağlığı kavramı ortaya çıkmaktadır. Sürdürülebilir üretim ve gelişmenin temel dayanaklarından birisi üretim sistemlerinin ve üretilen ürünlerin çevreye zarar vermemesidir.



**Şekil 1. a) Dünya Bor Üretiminin Bölgelere Göre Dağılımı b) Dünya Bor Rezervlerinin Dağılımı (2012)**

Bor yatakları, çevre kirliliği tehdidi altında bulunan ülkemizde Eskişehir'in Kirka Beldesi, Kütahya'nın Emet ve Hisarcık ilçeleri, Bursa'nın Kestelek Köyü ve Balıkesir'in Bigadiç İlçe'sinde yaygın olarak bulunmaktadır. Batı Anadolu'da geniş bir alanda yayılan bor madenine bitkiler, hayvanlar ve insanlar çeşitli durumlarda maruz kalmaktadır (Mergen, A. ve diğ., 2006).

Borun kullanım alanları: cam sanayii, Seramik sanayii, Temizleme ve beyazlatma sanayii, Yanmayı önleyici maddeler, Tarım, Metalurji sanayii, Nükleer sanayii ve Tıp dır.

### **Borun Çevre ve Canlılar Üzerindeki Etkileri**

İnsan ve canlı varlığını sürdürmek ancak canlı türlerini, canlı varlıkları ve doğa zenginliklerini korumakla mümkündür. Bor, sulama suyu ve topraktan bitkilerin bünyesine taşınmaktadır. İnsanlar ve hayvanlar da beslenme yoluyla bitkilerden ve içme suyundan bora maruz kalmaktadırlar. Bu nedenle dünyamızın yapısında ve üzerinde yaşayan canlıların bünyesinde bulunmaktadır (Mergen, A. ve diğ., 2006).

Bor kaynaklarından alınan dozlar, insanlarda ve hayvanlarda akut toksiteye neden olacak düzeyde değildir. Ancak bor iyonu, yaşayan organizmalar üzerinde zehirli etkiler yapmakta ve suda yaşayan canlılara zehirli etkisi ile çok büyük zararlar verebilmektedir (Uyan, D. ve Çetin, Ö., 2004).

#### **1) Borun Havaya Etkisi**

Bor, havaya, doğa ve endüstriyel kaynaklardan yayılmakdadır. Graedel'e (1978) göre doğal kaynaklı okyanusları, volkanları ve jeotermal buharları bor içermektedir. EPA'ya (1987)

göre ise bor bileşikleri antropojenik (insan etkinlikleri sonucu) kaynaklar şeklinde havaya karışmaktadır. Borun havaya karışımıyla ilgili hiçbir nicel çalışma bulunamamıştır. Genel olarak bor madenlerinde, bor tozundan dolayı hava yoluyla bora maruz kalınmaktadır. Borik asit ve rafine ürün üretilen yerlerde bor madenlerinde bir metreküp havada 14 mg bor dozu rapor edilmiştir (US Public Health Service, 1992).

### **2) Borun Toprağa Etkisi**

Bor toprakta özellikle Borik Asit ( $H_3BO_3$ ) veya borat olarak bulunur Bor, toprak parçacıkları üzerine吸be edilmiş olabilir, serbest anyon olarak toprak çözeltisinde bulunabilir veya silikatların bir yapı taşını oluşturabilir (Uygan ve Çetin, 2004). Topraklar genel koşullarda doygun çözeltilerindeki bor durumlarına göre az borlu orta borlu yüksek borlu, çok yüksek borlu topraklar olarak dört grup altında sınıflandırılmaktadır. Az borlu topraklar 0,7 ppm'e kadar bor içermekte ve hiçbir bitki için sorun teşkil etmemektedir. Orta borlu topraklar 0,7-15 ppm bor içermekte ve bazı bitkiler için sorun yaratmadığı tespit edilmiştir. Yüksek borlu topraklar 15 - 75 ppm bor içermekte ve çoğulukla bitkiler için tehlikeli olmakta, çok yüksek borlu topraklar ise 75 ppm den fazla bor içermekte olup bunlar bitkiler için tehliklidir (Ozgul, 1974: Uygan ve Çetin, 2004).

Kumlu, tınlı topraklar için yapılan bir başka sınıflamada ise bor düzeyi  $< 0.3$  ppm çok düşük,  $0.4 - 0.8$  ppm düşük,  $0.9 - 1.5$  ppm optimum,  $1.6 - 3$  ppm yüksek,  $> 3$  ppm çok yüksek olarak belirtilmiştir (Kellings, 2003: Uygan ve Çetin 2004) Yapılan araştırmalarda, bitki bünyesindeki bor miktarının öncelikle toprak pH'sı ile ilgili olduğu gösterilmiştir. Diğer önemli faktörler ise, bitki çeşidi toprağın bor içeriği, toprakta değişimdeki iyonların tipi topraktaki minerallerin miktar ve tipi, toprağın organik madde miktarı, toprağın sıcaklığı, toprağın ıslanma ve kuruma durumu, toprak-su oranı, ışık yoğunluğu ve genetik faktörlerdir (Şimşek ve Velioğlu, 2003).

Borun bitkiler tarafından alımını etkileyen en önemli toprak özelliği toprak pH'sıdır. Toprak pH'sındaki artışa ve gereğinden fazla kireçlemeye bağlı olarak bitkilerde bor alımı azalmaktadır (Bartleta ve Picarelli, 1973: Bennett ve Mathias, 1973).

### **3) Borun Suya Etkisi**

Borun suya etkisi iki açıdan mümkündür; Birincisi, içme sularına olan etkisi, diğeri ise tarımsal sulara olan etkisidir. Yapılan araştırmalara göre, bilhassa içme sularının yüksek oranda bor içermesi insan sağlığı açısından önem arz etmektedir. İçme suları için, farklı bor sınır değerleri verilmektedir. 1968'de Su Kalitesi Kriterleri Komitesi (Committee on Water Quahtiy Criteria) sınır değeri 1 mg/l olarak belirlenmiştir, 1971'de içme Suları Teknik Komitesinin (Drinking Water Standards Technical Review Committee) incelemeleri sonucunda 1 mg/l sınırını gerektirecek kanıt olmadığına, insan sağlığı yönünde 0,3 mg/l'nin güvenilir bir sınır olduğunu karar verilmiştir (Kalafatoğlu ve ark., 1997: Uygan ve Çetin, 2004). Ülkemizde 1998 yılında yayınlanan Çevre Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde içme suları için verilen bor limiti 1 mg/kg olup, bu miktarın 0,1 mg/kg düzeyini aşmamasının ideal olduğu bildirilmektedir.

#### **4) Borun Hayvanlara Etkisi**

Yem ve sularına katılarak veya sondayla doğrudan midelerine konarak deney hayvanlarına verilen Bor, türler arasında önemli farklara rağmen belirli bir yoğunluğa kadar olumsuz herhangi etki yaratmaz ama çok yüksek dozlara çıkıldığında akut zehirlenme belirtileri ve ölüm meydana gelir. Yüksek doz uygulaması uzun sürerse hayvanların teslisleri dejenerasyona uğrar. Yüksek doz gebelere uygulandığı zaman yavru gelişimine zarar verir (Şaylı, 2002). 9000 mg/l borik asit içeren diyetle beslenen hayvanlarda borun doğrudan plazma, beyin, testis, salgı bezleri, karaciğer, böbrek, kas ve prostat gibi yerlere taşıdığı yağ dokusundan daha çok (borun %20'si), kemik dokusunda tutulduğu saptanmıştır (WHO 1998; Velioglu ve ark., 2003). Borik asitin kuş, balık, sucul omurgasızlar ve yararlı böceklerle ve memelilere karşı toksik etkisi yoktur. Ancak, böceklerin orta bağırsağına (midgut) zarar verdiginden besin alınmasını ve alınan besinin sindirimmesini önleyerek böceğin ölmesine sebep olur.

#### **5) Borun İnsanlara Etkisi**

İnsanlar solunum temas ve sindirim yolu ile bor bileşiklerini vücutlarına almaktadırlar. Bor madeninin çıkarıldığı veya işlendiği yerlerde gaz veya toz halinde vücuduma alınması solunum veya temas yolu ile olmaktadır. Borun sindirim yolu ile alınması, bor açısından zengin topraklarda yetiştirilen bitkilerin yenilmesi, yüksek miktarda bor içeren sularda avlanan balık gibi su ürünlerinin tüketilmesi, bor içeren tarım ilaçları ile ilaçlanan veya bor gübresi uygulanan bitkilerin yenilmesi, veya bor kaynaklarına yakın bölgelerden elde edilen içme sularının içilmesi ile gerçekleşmektedir. Borun temas yoluyla alınmasında temizlik, kozmetik maddeleri ve ilaçlardan kaynaklanmaktadır. Bor ile sürekli temas edilmesi halinde borik asidin deriye zarar verdiği deney hayvanları, yetişkin ve çocukların üzerinde yapılan araştırmalar ile ortaya çıkarılmıştır.

En yaygın olarak osteoartirit, osteoporoz ve romatoit artirit'in tedavilerinde kullanılmaktadır. Bor, bu hastalıkları önlediği gibi tedavilerinde de önemli yer teşkil etmektedir. Günlük 3 mg bor alımı menapozlu kadınlardaki östrojen etkisini artırmaktadır. Bu etki osteoporoz tedavisi için borun önemini vurgulamaktadır. Yapılan bir çalışmada kroner kalp hastalıklarına iyi geldiği ve HDL kolesterolde azalma sağladığı rapor edilmiştir.

Borun başlıca etkileri; Bağışıklık sistemini güçlendirir, Optimal dozda ömür uzunluğunu artırır, Beyinde ataklısı ve bilmeye ait performansın güçlenmesini sağlar, Hormon seviyesinin ayarlanması, Osteoporozun önlenmesinde, Osteoartiritin önlenmesinde, Cilt ile ilgili müzmin hastalıklar, Romatizma, Vajinal enfeksiyonlar ve Kanser tedavisinde (BNCT yöntemi) rol oynar (Gregory ve Kelly, 1997).

#### **6) Borun Bitkilere Etkisi**

Bor, bitkilerde önemli metabolik işlevlere sahiptir ve toprakta bor bulunmaması durumunda bitki gelişimi durmaktadır (Loomis ve Durst 1992: Velioglu ve ark., 1999).

Sulama sularının ve bu sularla sulanan tarım alanlarının çeşitli toksik elementlerce kirlenmesi tarımsal üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir. Sulama suyundaki bor

konsantrasyonunun belirli sınırları aşması halinde bitki büyümeye durmakta, bitki yaprağında sararma, yanma ve yarılmalar, olgunlaşmamış yapraklarda dökülme ve büyümeye hızının yavaşlaması ile bitki veriminin azaldığı gözlenmektedir. Toplam boron büyük bir kısmı, bitki tarafından kullanılmaz. Toprakların toplam boron içeriği 2-200 ppm arasında değişir ve bitkiler bu miktarın % 5'inden daha az bir kısmından yararlanabilir. Bitkilere zarar verecek bor miktarı, aynı zamanda toprak kalitesinden. Drenaj kolaylığından ve iklim değişimelerinden etkilenmektedir. Çok kum iklimlerde ve hafif toprakta boron birikme olasılığı daha fazladır (Uyan ve Çetin 2004).

### Bor Atıklarının Değerlendirilme Yöntemleri

Ülkemizde her yıl boron mineralleri üretimi sırasında 600 000 ton atık ortaya çıkmaktadır (Yaman 1998). Bu atıkların düzenli bir şekilde depolanması ile ilerde kullanılabilme imkanı vardır. Bor atıklarının değerlendirilmesi ile aşağıdaki avantajlar sağlanmış olacaktır.

- Hali hazırda büyük bir potansiyel olan stoklar ülke ekonomisine kazandırılacaktır.
- Çevre kirliliği önlenmiş olacaktır.
- Atıkların atıldıktan sonra göletlerin yapımı için işletilmeler büyük meblağlar ödemektedir.

Bor atıklarının değerlendirme şekillerini üç sınıfa ayırmak mümkündür. Ancak bu sınıflandırma parça parça değil de birbirlerinin devamı olarak da düşünülebilir. Çünkü en ideal değerlendirme şekli atıkların tamamının değerlendirilmesidir.



**Şekil 3.** Bor Atıklarının Değerlendirme Yöntemleri

## MATERIAL VE METOT

### Borun İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkilerini Belirlemeye Yönelik Çalışmalar

Türkiye'deki tek bor üreticisi ve dünyada bor pazarında lider konumunda olan Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, bor madenlerinin işletilmesi ve bor ürünleri üretimi esnasında, aynı zamanda bor maruziyetinin çevre ve insanların sağlıklarını üzerindeki etkilerini ortaya koyacak araştırma çalışmaları gerçekleştirmiştir.

1995 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü tarafından yapılan proje çalışmasında bir yıl boyunca her ay Bigadiç yöresindeki beş köyden alınan bitkisel gıdalar, Simav Çayı'nın iki farklı yerinden alınan sulama suyu, Osmanca ve İskele köylerinden alınan içme suları bor içerikleri yönünden incelenmiştir. İçme sularının bor içeriği yönünden yüksek olduğu görülmüştür. Borun, yörede insan sağlığına olan etkisini tam olarak ortaya koymak için bölgede ayrıntılı ve uzun süreli anket çalışması, sağlık taraması yapılarak sonuçların bor

analizi ile korele edilmesi ve verilerin bilimsel metodlarla değerlendirilmesine gerek göründüğünden, bu konuda uzman bilim adamlarının devreye girmesi uygun görülmüştür.

Konu ile ilgili olarak Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi ile temas geçilmiş ve “İçme ve Kullanma Sularındaki Borun İnsan Sağlığına Etkilerinin Araştırılması” projesi sonuçlandırılmıştır. İçme ve kullanma suları ile yiyeceklerin yanı sıra, solunum yoluyla alınan bor bileşiklerinin insan sağlığına etkilerini araştırmak amacıyla yapılan bu çalışmada, bor ile sürekli temas sonucu risk altında sayılan aileler incelemiştir.

“Bor ve Bileşikleriyle Temasının İnsan Sağlığına ve Çevre Üzerine Etkileri” konulu araştırma projesi kapsamında, bor maruziyetinde bulunan insanların birincil ve ikincil cinsel güç ve üreme yeteneklerinin, gebelik dönemi ve sonrasında çocukların sağlıklarının etkilenip etkilenmediği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, günde 10-12 ppm bor alımının birincil ve ikincil cinsel performansı etkilemediği görülmüştür. Bor bölgeleri yaşayanları ve bor üretimi çalışanları için bor ve bor bileşikleri maruziyetinin herhangi bir tehlike oluşturmadığı belirlenmiştir (Şimşek ve diğ., 2003; Şaylı, 2003).

### **Bor Atıklarını Değerlendirmeye Yönelik Çalışmalar**

Eti Holding Kırka Boraks işletmesinde oluşan atıkların büyük boyutlara ulaşması ve çevre kirliliği meydana getirmesi nedenleriyle son yıllarda bu atıkların değerlendirilmesi ile ilgili bir çok araştırma yapılmıştır.

Kavas ve Emrullahoglu (1999) Seydişehir kırmızı çamuru ile Kırka bor atık killerini değişik oranlarda karıştırarak yüksek mukavemetli ve düşük su emme özelliğine sahip kaliteli tuğla imal etmişlerdir. Bu karışımın endüstriyel hammadde olarak, seramik ve inşaat sektöründe kullanılabileceği belirtilmiştir.

Genç vd (1998) konsantratör atıklarının, termal genleşme katsayılarının yüksek olmasından dolayı fayans suyuda direkt olarak kullanılamayacağını, fakat genleşme katsayısını düşürecek şekil de reçete düzenlenmesi ile atıkların fayans ürünlerinde sıra olarak kullanılabileceğini kanıtlamıştır.

Yaman (1997) yapmış olduğu fiziksel testler sonucunda Kırka tesis atıklarının yer karosunda ve fayansta masse olarak kullanılabileceği göstermiştir.

Sönmez vd (1993) bor türevleri atık killerin seramik sanayinde frit ve sıra yapımında, pestil killerin ise hamur hazırlamada, Sönmez ve Yorulmaz (1995), Ediz ve Özdağ (1995), Sur vd (1997) ise bor türevleri atık killerin tuğla toprağı ile karıştırılarak tuğla yapımında kullanılabilceğini deneysel olarak göstermişlerdir.

Kırka boraks işletmesi atık malzemesi ve Bloksan tuğla-kiremit hammaddesinin mineralojik, kimyasal özelliklerini belirlemiştir ve bu hammaddelerin %50 oranlarındaki karışımın 900 °C gibi düşük sıcaklıkta pişmesi ile enerji maliyetinin azaltacağım tespit etmiştir. Aynı çalışmada bu karışımın seramik malzemelerde aranan düşük su emme, düşük aşınma, yüksek mukavemet ve beyazlık gibi özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir.

Yaman (1997) Kırka ve Bandırma bor atıklarının döşeme tuğası, yer karosu ve fayans hamurlarına %6'ya kadar ilave edilebileceğini bildirmektedir. Yine başka bir çalışmada bor atıklarının kimyasal bileşimine göre borosilikat cam, emaye ve silika astarlara katkı malzemesi olarak kullanılabileceği belirtilmektedir (Yaman&Marşoğlu 1998).

Bentli&Çakı (2001) bor türevleri tesisi DSM elek üstü atık kılının %10 oranına kadar çini çamuruna ilave edilebileceğim deneysel olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada elde edilen çini çamurun hem uygun fiziksel özellikleri taşıdığı hem de daha ekonomik olduğu belirtilmektedir.

Yeşilkaya vd (1989) konsantratör atıklarındaki kılın salkımlaştırılarak sudan ayrılması ve seramik sanayinde kullanılabilirliği üzerinde araştırmalarda bulunmuştur. Konsantratör alığının seramik endüstrisinde sıra üretiminde, katkı maddesi olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Boraks kristalleri içindeki dolomitli killerde, cevher içindeki ara yeşil killerde ve üleksit zonu üst killerde yüksek tenörde lityum (Li) ve stronsiyum (Sr) varlığım tespit edilmiştir (Çolak 1997).

Mordoğan vd (1995) Kavurma ve su ile çözeltme yöntemleri ile bu killerdeki lityumun kazanılabileceğini deneysel olarak göstermişlerdir. Kırka boraks konsantratör atıklarındaki borakların soda Üci ile kazanılma imkanları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda tesisin çalışma koşullarına uygun bir akım şeması önerilmiştir (Yamikvd1995).

Badruk vd (1997) üretim sırasında meydana gelen artığın çevre kirliliği oluşturmaması için kompaklaşınlabıllırları iğini araştırmışlardır. Bu şekilde katı artığın, preslenerek bir göletten yüzlerce defa daha az bir yer kaplayacak şekilde 2 5 3 depolanabileceğim ve çevreye çok daha az zarar verebileceği bildirilmektedir.

Sabah ve Yeşilkaya (2000) tarafından konsantratör atıklarının çökelme davranışları incelenmiş, çökelmenin etkinliği, ekonomik açıdan en uygun flokülant tipi ve dozajı belirlenmiştir.

Ediz vd (1997) baca gazlarındaki azot oksitlerin çeşitli atık ve doğal malzemeler kullanarak adsorbs edilebilirliğini araştırmışlardır. Tesis bazda elde edilen sonuçlara göre Kırka bor atıklarının baca gazındaki azot oksitlerin filtre edilmesinde kullanılabileceği anlaşılmıştır.

### **Toprakta Bor Arıtma Üzerine yapılan Çalışmalar**

Sevim Miçillioğlu (2010) tarafından bor toksisitesine karşı duyarlı olan bitkiler yardımı ile yüksek bor konsantrasyonuna sahip sulardan bor giderim kapasitesi, bitkisel arıtım yöntemi kullanılarak araştırılmıştır.

### **SONUÇLAR**

Borun çevreye etkilerinin belirlenebilmesi için suda (sulama suyu, içme suyu), toprakta ve bitkideki bor düzeyleri çok önemlidir. Bu parametrelerin yüksek bor düzeyleri zamana bağlı olarak insan sağlığını etkileyen faktörlerdir. Bor bitkilerin gelişmesi için gerekli bir elementtir. Fakat suda fazla bulunması halinde bitki gelişmesi için zararlı olup, hatta bitkiyi öldürebilir. Bor doğal sular ve toprakta oldukça düşük derişimde olduğu halde, bitkilerin bu elemente karşı hassas olmaları ve toprakta biriken borun yıkanmasının da kolay olmaması nedeniyle tarımsal ürünlere oldukça fazla zarar vermektedir.

Yapılan araştırmalar sonucu, borun insan sağlığını üzerinde doğrudan bir etkisinin bulunmadığı görülmüştür. Buna rağmen, Avrupa Birliği bünyesindeki ülkelerde, çeşitli hayvanlar üzerinde yapılan deneyler ve sonuçlar dikkate alınarak, bor ve bor türevlerinin çevre ve sağlık yönünden risk oluşturduğu ifade edilmekte, bor ve türevlerinin riskli ve tehlikeli malzemeler grubuna alınması için çalışmalar yapılmaktadır.

Bor atıkları üzerinde aşağıdaki araştırmalar yapılmıştır; Atıklardaki borların tekrar kazanılması amacıyla zenginleştirilebilirliği, Atıkların çevreye zarar vermeden ve ilerde kullanımına uygun bir şekilde stoklanması ve Kil içerikli atık killerin, seramik ve inşaat sektöründe kullanılabilirliği.

Atıklardaki borun tekrar kazanılması amacıyla yapılan zenginleştirme çalışmalarında en etkili yöntemler flotasyon, manyetik ayırma ve ısıl işlem olarak saymak mümkündür. Bununla beraber son zamanlarda ultrasonik ve doğrudan çözeltme yöntemlerinde olumlu sonuçlar alınmıştır.

## KAYNAKLAR

- Baykut, F., Aydin, A., Baykut, S., 1987, "Çevre Sorunları ve Koruma", *ITÜ Yayımları*, No:3449, Sy 419.
- Börekçi, M., 1986, "Borla Kirlenen Simav Çayının Sulamada Kullanılmasının Toprakta Oluşabilecek Bor Birikmesine Etkileri", *TGAE Müd. Yay.*, Genel Yay. No:113, R Seri, No:51.
- Cantürk, M., 2002, "Borun Etkileri".
- DSİ, 1983, "Kırka Yöresi Bor Kirliliği Araştırması Raporu", *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ İçme suyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı*.
- Kalafatoglu, E., Örs, N., Sain, S., 1997, "Bor Bileşikleri İçeren Atık suların Arıtılması", *Tübitak Marmara Araştırma Merkezi*.
- Özgül, Ş., 1974, "Tuzluluk ve Sodiklik", *Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu Türk Milli Komitesi, Teknik Rehber:04.02-02, Neşriyat No:2, Sy 18-34*.
- Özkara, M. M., 1991, "Sulama Suyundaki Bor Düzeylerinin Lizimetre Koşullarında, Toprakta Bor Birikimi ile Ayacağı, Fasulye, Çeltigin Gelişmelerine Etkileri", *Menemen Araştırma Enstitüsü Müd. Yayınları*, Genel Yay. No:185, Rap Serisi No:122.
- Şaylı, B. S., Çöl, M., Elhan, A. E., 2003, "Assesment of Fertility and Infertility in Boron Exposed Turkish Subpopulations, Relevant Data From All Centres", *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi*.
- Şimşek, A., Velioğlu, Y. S., Coşkun, A. L., 2003, "Boron Concentration in Selected Foods From Borate Producing Regions in Turkey", *J. Sci. Food and Agriculture*, Sayı 83, Sy 586-592.
- Uygan, D., Çetin, Ö., 2004, "Borun Tarımsal ve Çevresel Etkileri: Seydisuyu Toplama Havzası", *Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü, Su Yönetimi Bölümü*, Eskişehir.
- Karadeniz, M., 1996, Csvher Zenginleştirme Tesit Artıkları- Çevreye Etküeri-Önlemier. MTA MAT Daire Başkanlığı. Ankara: 332 s.
- Kavas, K., Emrullahoglu, ÖF., 1999, Seydişehir kırmızı çamuru ve Kırka bor atıklannın endüstriyel hammadde olarak kullanımı. LButi Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası. İzmir: 216-225.
- Kaytaz, Y.T Önal, G., Güney, A., 1986, Bigadiç Kolemanit atıklarının değerlendirilmesi. I .Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu. Ed Aytekin, C. 1. İzmir. 238-249.
- Kılınç, E., Mordogan, H., Tannverdi, M., 2001, Bor mineralerinin önemi, potansiyeli, üretimi ve' ekonomisi. 4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. TMMOB Maden Mühendisleri Odası. Eds Köse, Arslan&Tann verdi İzmir: 226-235.
- Micillioğlu, S., 2010, Lactuca Sativa Bitkisi Kullanılarak Bor Konsantrasyonu Yüksek Suların Arıtılabilirliğinin Araştırılması. Adana: 55-65.

## TOPRAKTA TUZLULUK VE GİDERİM YÖNTEMLERİ

Süleyman GÜNDÜZTEPE<sup>1</sup>, Gülden GÖK

<sup>1</sup> Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, suleymangunduztepe@hotmail.com

**ÖZET:** Tuzluluk dünya topraklarının önemli sorunlarından biridir. Tarımsal ya da peyzaj sulama uygulamalarının yanlış yapılması, özellikle doğal drenaj koşullarının kötü olduğu kurak ve yarı kurak yerlerde tuzluluk sorununun ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Sulamanın olduğu her yerde toprağa tuz iletimi de söz konusudur. Sulamada kullanılan yerüstü ve yer altı sularının tamamı da bünyelerinde erimiş olarak tuzları bulundururlar. Topraktaki su buharlaşma ve bitki kullanımıyla tüketildiğinde geride bu tuzlar kalarak birikmektedir. Toprakta biriken tuzlar, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini bozmakta ve bitki gelişimini de olumsuz yönde etkilemektedir. Yetişirilen bitkinin veriminde görülecek azalmalar, toprak çözeltisinin konsantrasyonuna bağlı olduğu kadar, bitkinin tuza dayanımı ile de ilgilidir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitki gelişimi, Tuzluluk, Verim, Tuz.

### Salinity in the Soil and Treatment Methods

**Abstract:** Salinity is one of the most important problems of the world lands. That the applications of agricultural and landscape irrigation are carried out in a wrong way is able to lead the problem of salinity particularly on the places where the natural drainage conditions aren't enough. If there is irrigation on a land, it is inevitable to transmit salt by water. Both ground and over ground water used in irrigation have dissolved salt on their own. When the water in soil is consumed by evaporation and plant, this salt has been accumulated in the soil. Salt accumulated in soil has spoilt the physical and mechanical features of the soil and has affected the crop development negatively. The decreases observed in the productivity of a crop which has been grown depend not only on the concentration of soil solution but also the soil resistance of the crop.

**Keywords:** Plant development, Salinity, Yield, Salt.

### TOPRAKTA TUZLULUK

Tuzluluk Dünya topraklarının önemli sorunlarından biridir. Dünyada her yıl 10 milyon ha arazinin tuzluluk etkisiyle elden çıkması sorunun boyutunu daha iyi göz önüne sermektedir (Kwiatowski, 1998). Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yetersiz yağış ve yüksek buharlaşma tuzluluğun başta gelen sebeplerindendir. Nadir de olsa okyanus kenarlarındaki delta ovalarında okyanus etkisi nedeniyle tuzluluk görülebilmektedir. Öte yandan yanlış sulama uygulamaları da özellikle drenaj koşullarının kötü olduğu yerlerde tuzluluğa sebep olabilmektedir (Ergene, 1982). Dünyada tarım arazilerinin sınırlı olduğu ve besin ihtiyaçlarının katlanarak arttığı dikkate alınırsa en azından mevcut arazilerin daha verimli kullanılması gereği ortaya çıkar. Bu yüzden tuzlu toprakların ıslahı ve ekonomik bir şekilde değerlendirilmesi son derece önemlidir (Woods, 1996).

Tuzluluk; Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yer altı suyuna karışan çözünebilir tuzların yüksek taban suyuyla birlikte kapilarite yoluyla toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşma sonucu suyun çıkışması uçmasıyla toprak yüzeyinde birikmesi olayıdır (Ergene, 1982; Kwiatowski, 1988). Bu birikme toprak yüzeyinde olabilecek gibi yüksek sıcaklık

etkisiyle yüzeyden daha aşağılarda da olabilmektedir. Tuzluk topraklar sodik topraklara göre ıslahı daha kolay ve bitki yetiştirmeye daha müsaittirler (Ergene, 1982).

### **Toprak Alkallığı**

Toprakta bulunan fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, mangan, demir, bakır, bor, klor ve diğer elementlerin toprak çözeltisi içindeki miktarı, topraktaki toplam tuz miktarını verir. Bu bakımından topraklardaki tuzluluk, evlerde kullanılan sodyumklorür ( $\text{NaCl}$ )'den farklılık gösterir.

Tuzlar kimyasal özelliklerinden dolayı topraktaki suyu tutar ve hatta bünyesine çekerler. Ancak tuz miktarının toprakta çok artması, bitkilere toksik etki yapar ve toprağın kullanılamaz hale gelmesine sebep olur. Bu topraklara Tuzlu topraklar veya Çorak topraklar adı verilir. Topraktaki tuzlanma değişik şekillerde ortaya çıkar. Öncelikle ana kayaların parçalanmasıyla ayrısan mineraller topraktaki tuzları oluşturur. Tarım yapılrken kullanılan aşırı gübrelerin bitkiler tarafından alınamayan miktarları, toprakta kalarak tuzlanmaya sebep olur. Topraktaki tuzların bir kısmı fazla yağış ve sulama suyu ile yılanarak toprağın alt katlarına doğru sızar.

Alt toprak katmanlarına bazen de taban suyuna ulaşan tuzlar, sıcak yaz aylarında kuruyan üst toprak tabakalarına doğru suda ermiş halde kapillarite yolu ile hareket ederek ulaşırlar. Üst toprak tabakalarına ulaşan su buharlaşırken beraberinde getirdiği tuzları buralara bırakır. Zaman zaman aşırı tuz birikimi nedeniyle toprak yüzeyinde kolaylıkla görülebilen beyaz tuz kristalleri oluşmaya başlar. Topraklarda tuz konsantrasyonunun artması onların kullanımını sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir. Kullanılan sulama suyunun kalitesiz olması yanında aşırı ve bilinçsizce yapılan sulama da toprakların tuzlanması hızlandırır. Sera topraklarındaki tuzlanma, açık tarım arazilerindeki tuzlanmaya göre daha hızlı meydana gelir. Çünkü açık arazilere gelen kış yağışları tuzların büyük bir bölümünün yıkamasına ve alt katlara taşınmasına yol açar. Bunların alt katlardan yükselmesi, kılcal borularla yukarı çıkması durumunda tuzluluk başlar. Oysa genellikle kışın ve sonbaharda üretim amacıyla kullanılan seralarda kış yağışlarının toprağı yıkama olayı gerçekleşmez. Seralar kapalı bir mekan olduklarından, topraktaki su hareketi daha çok ters yönde gelişir. Çünkü sera içindeki hava sıcaklığı her zaman toprak sıcaklığından yüksektir. Bu durumda toprağa verilen sular, toprak derinliklerine sızsalar bile, bir müddet sonra toprak ve hava arasındaki sıcaklık farkından dolayı, topraktan havaya doğru meydana gelen hava hareketi, toprağın yüzey kısmında bulunan suyun hava ile beraber çabucak uçmasını, havaya karışmasını ve alt katlardaki suyun da kapillarite yolu ile tekrar yukarıya doğru çekilmesini ve buharlaşmasını sağlar. Böylece serada su hareketi daha çok aşağıdan yukarıya doğru olur. Tarladaki tuzluluk sınırları : (%) de veya g tuz /100 g toprakta) 0 - 0,033 ise Tuzsuz toprak; 0,033 - 0,150 ise Az tuzlu toprak; 0,150 - 0,350 ise Tuzlu toprak; 0,350' den fazla ise Çok tuzlu toprak olarak vasiplandırılır.

Buna karşılık seralardaki tuzluluk sınırları ise şöyledir (%); 0 - 0,150 Tuzsuz toprak; 0,150 - 0,450 Az tuzlu toprak; 0,450 - 0,700 Tuzlu toprak; 0,700 ten büyük Çok tuzlu toprak olarak değerlendirilir.

Topraktaki tuzluluk, toprağın yapısına ve bünyesine bağlı olarak farklılık gösterir. Humuslu toprakların çözeltisi içindeki iyonlar, daha çabuk kopar ve bitkiler tarafından daha rahatlıkla alınır. Aynı zamanda tuzların humusun bünyesine bağlı kalması, topraktaki tuz miktarı yüksek bile olsa, bitkiler için zararlı etki yapmaz. Sera toprağındaki tuzluluğu azaltmak için kaliteli bir suyla yıkama yapıldığında, humusun bünyesinde bağlı bulunan tuzlar daha çabuk bünyeden ayrılarak yıkanır ve topraktaki tuzluluk daha kolay ortadan kaldırılabilir.

Kil bünyeli topraklarda kolloidal tanelere bağlanmış tuzların kopartılması daha zor ve tuzluluğun suyla yıkanarak ortadan kaldırılması daha güçtür. Bu bakımından sera toprakları, dışarıdaki topraklara göre daha çok organik madde ve daha az kil içerdiklerinden bünyelerinde daha fazla tuz bulundurabilirler. Bu nedenle yukarıda, sera topraklan için verdigimiz tuz oranları daha yüksek olabilmektedir.

**Tablo 1.** Tuzlu ve Alkali (Sodik) Toprakların Sınıflandırılması

Kriter	Tuzlu	Tuzlu Alkali/Sodik	Alkali/Sodik
EC*10 <sup>3</sup> -25C	>4	>4	<4
Değişebilir Na %	<15	>15	>15
pH	<8,5	>8,5	>8,5

### **Toprak Tuzluluğunun Belirlenmesi**

Tuzluluk deyince toprak çözeltisi içerisinde erimiş katı madde konsantrasyonunun, bitkiye ve toprağa zarar verecek düzeylere yükselsmiş olduğu anlaşılmalıdır. Yüksek konsantrasyonlara ulaşan çözelti içerisindeki bu tuzların cins ve miktarlarının ölçülmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

Tuzlu alanlar bazen yüzeyde biriken tuzların görünen beyazımsı izlerinden anlaşılabilmektedir. Bu tür birikmeler daha çok alanın bitki örtüsü barındırmayan nisbeten yüksek kısımlarında suyun buharlaşlığı ve tuzların geride bıraktığı bölümlerde olmaktadır.

Görünen bu tuz birikintileri doğaldır ki, yüzeydeki birikmeleri göstermektedir, bu birikintiler her zaman yüksek kök bölgesi tuzluluğunu tam olarak belirteci olmayacağından, bu durumda açık profillerin incelenmesi yada kök bölgesi profilinden örneklemeye yapılması gerekmektedir.

## **TUZLU TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI**

Bu başlık altında sırasıyla USDA Tuzluluk Laboratuvarı, USSR ve FAO/UNESCO Sistemi ile Toprak Taksonomisi inceleneciktir.

### **USDA Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırması**

USDA Tuzluluk Laboratuvarı tarafından ortaya atılan toprak tuzluluk sınıflandırması geniş oranda kullanılmıştır. (Richards ve ark. 1954). Bu sınıflandırma esas olarak tuzlu toprakların iyileştirilmesi amacıyla ortaya atılmıştır. Basit olarak iki faktöre dayanan bir sınıflandırmadır; toprak tuzluluğu ( $EC_e$ ) ve sodyumluluk (ESP). Basitliğinden ötürü bu sınıflandırma, doğada rastlanabilecek tüm varyasyonları içermektedir. Bu nedenle sistem gelişigüzel uygulanamaz. Tuzlu topraklar şu şekilde sınıflandırılırlar;

Tuzlu Topraklar;  $EC_e > 4$  dS/m ( $25^{\circ}\text{C}$ 'de) ve  $ESP < 15$  olan topraklardır. Genel olarak pH değeri 8.5'den düşüktür. Dominant anyonlar,  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{SO}_4^{2-}$  'tir.  $\text{HCO}_3^-$  az miktarda bulur,  $\text{NO}_3^-$  ise nadiren vardır. Kural olarak  $\text{Na}^+$  çözünebilir katyonların %50'sinden azdır.

Kural olarak Na Tuzlu Sodyumlu Topraklar;  $EC_e > 4$  dS/m ve  $ESP > 15$  olan topraklardır. Bazı durumlarda pH 8.5' in üzerine çıkar. Sıkça nötr reaksiyonlar gösterir. Sodyum iyonu doğal tuzlar halinde bulunur (örneğin  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). pH değeri 8.5'den fazla olursa  $\text{HCO}_3^-$  ve  $\text{CO}_3^{2-}$  iyonları da çözeltide bulunurlar. Bu tür tuzlu-sodyumlu topraklar ıslah açısından oldukça problemlidir.

Tuzsuz Sodyumlu Topraklar;  $EC_e < 4$  dS/m ve  $ESP > 15$  olan topraklardır. pH değeri her zaman 8.5'in üzerindedir. Hatta pH'nin 10'un üzerine çıkması istisna olarak kabul edilmez. Sodyum toprakta ana katyonlardan birisidir. Toprak nadir olarak  $\text{CaCO}_3$  içerir. Bu tuzun düşük çözünürlüğünden ötürü, pH değeri düşürülmediği sürece ıslah için gerekli olacak Ca rezervi barındıramayacaktır. Tuzsuz sodyumlu toprakların strüktürleri yoğunlukla zayıf (dayanıksız) olarak nitelendirilebilir. Bazı tuzsuz sodyumlu yüzey toprakları tamamen  $\text{CaCO}_3$ 'den mahrumdurlar ve  $pH < 7$  'dir. Değişebilir hidrojenin yüksek miktarlarına bağlı olarak toprak kompleksinde adsorbe edilmiş olarak bulunurlar.

### **USSR Tuzlu Toprak Sınıflandırması;**

Bu sınıflandırma sisteminde toprak ilmi, tuz jeokimyası ve bitki fizyolojisi prensipleri bir arada değerlendirilmiştir.

Tuzlu Topraklar şu şekilde sınıflandırılırlar;

Solonçak; Bunlar özellikle üst toprakta (0-30 cm) genellikle %2'den fazla olmak üzere önemli miktarlarda ve kolay çözünürlüklü tuz içeren topraklardır.

Doğal vejetasyon sulu halofitlerden oluşur ve toprak bazen çoraktır. Genelikle tarımsal ürünlerin verimleri düşüktür. Üst horizonta çok az miktarda humus içerirler. (%0.7- 1.3) toprak reaksiyonu hafif alkalidir (pH 7.5- 8.3). Reaksiyon genellikle  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{MgCO}_3$  ve  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  tarafından kontrol altında tutulur. Solonçaklarda, kolay çözünebilir tuz konsantrasyonunun en fazla olduğu yer üst horizontlardır. Tuz konsantrasyonu alt katmanlara doğru azalır. Birçok solonçak  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{CaSO}_4$  ile üst katmanlarda %10'a varan miktarlarda jips içerir.

Solonçak benzeri topraklar; Bu topraklar 1-1.5 m'lik toprak derinliğinde %0.5- 1.5 arasında ( $EC_e$ 'nin 10-45 dS/m değerine karşılık gelir) eriyebilir tuz içeren tuzlu topraklardır. Dominant tuzun cinsine göre ve taban suyu derinliğine göre alt bölümlendirme yapılabilir. Örneğin tuzlu çayır toprakları yüzlek derinlikte tabansuyu içerirler, birikmiş tipteki solonçak benzeri topraklarda ise taban suyu derinlerdedir.

Solonetzler: Bu topraklar önemli miktarlarda ESP içerirler. Tuzlu topraklarda görülmeyen profil özellikleri vardır. A horizonu genellikle incedir ve burada kolloidler disperse olmuş durumdadır. Değişebilir sodyumun bir sonucu olarak topraklar, kil minerallerinin birikmesi ile oluşmuş, sert ve koyu renkli blok yada prizmatik yapıda B horizonu bulundururlar. B horizonunda ESP'nin yüksek olması sonucu pH değeri 8'in üzerine çıkar. Tabansuyu derinliğine profil gelişmesine ve bulunan tuzlara göre alt bölümlendirmeler yapılır.

## TUZLAŞMAYA NEDEN OLAN ANYON VE KATYONLAR

**Anyonlar:** En Fazla Rastlanan Cl, SO<sub>4</sub> Bunların Yanında HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Anyonları Bulunabilir. (Ergene, 1982; Terry, 1997).

**Katyonlar:** Fazla miktarda Na, Ca, Mg az miktarda K bulunur. (Ergene, 1982; Terry, 1997).

Topraktaki minerak maddelerin büyük çoğunluğu 8 element oluşturmaktadır. Bu elementlerden O (oksijen) negatif (-) elektrik yükü olup gerek hacimsel ve gerekse ağırlık olarak en yaygın bulunan elementtir.

Pozitif (+) yüklü olan diğer 7 element topraklarda azalan oranlarda bulunur sırası ise şu şekildedir; Si > Al > Fe > Ca > K > Na > Mg' dur.

Bu elementlerden O (oksijen), Si, Al ve Fe toprağın mineral bölümünün yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır. Yer Kabuğu bulunan diğer elementlerin konsantrasyonları % 1'den daha azdır.

## TUZLULUKTA ETKİLİ OLAN UNSURLAR

**Okyanuslar:** Okyanuslar daha ziyade sahil kesimlerde ve okyanus kenarlarındaki delta ovalarındaki tuzluluğun kaynağıdır. Okyanusların tuzlu suyu, gel-git olayları, deniz serpintileri ve tuzlu suyun arazilere nüfuzu yoluyla bu topraklara ulaşır ve buharlaşma sonunda toprak yüzeyinde tuz birikmesi olur (Terry, 1997).

**Ana Materyal:** Dünya üzerindeki tuzluluğun en önemli kaynağı ana metaryaldir. Zira yüzey ve taban suyu akışı sırasında ana metaryaldeki çözünebilir tuzların yer altı ve yer üstü sularına karışması tuzluluğun temel kaynağıdır. Ana metaryalde tuz iki şekilde bulunabilir; Deniz orijinli kayaşar; daha önce deniz tabanı olan ancak jeolojik olaylar sonucu suyu çekilen bilgelerde yıllarca tuzlu deniz suyuna maruz kalan kayalar tuzluluk kaynağıdır. Mineral ayrışması; ana kayada mevcut bulunan tuzlar sular ve diğer bazı kimyasallar ve fiziksel etkilerle ayıırlar ve tuzluluğa sebep olurlar (Terry, 1997).

**Topografi:** Tuzluluğun oluşmasında önemli bir faktör de topografiyadır. Kapalı havzalar genellikle tuzlaşma eğilimindedirler. Özellikle taban suyu akışını engelleyen geçirimsiz tabakalar yüksek taban suyunun ve dolayısıyla tuzluluğun başta gelen sebepleridendir (Ergene, 1982; Terry, 1997).

**İklim:** Tuzluluk daha ziyade kurak ve yarı kurak bölgelerde sorun olmaktadır. Zira yağışlı bölgelerde fazla yağışla yer altı suyuna iletilen tuzlar akarsularla denizlere ulaştırılır.

Ancak kurak ve yarı kurak bölgelerde tuzların yıkanması ve taban suyuna karışması yetersiz yağış nedeniyle yereldir ve çoğu zaman yer altı suları açık denizlere ulaşamaz. Bunun sonucunda da lokal kapalı havzalar meydana gelir. Ayrıca yüksek buharlaşma kurak ve yarı kurak bölgelerdeki tuzluluun en önemli sebeplerindendir.

## TUZLULUĞUN SEBEP OLDUĞU SORUNLAR

Tuzlu toprakların pH'sı, permeabilitesi ve infiltrasyonu normal topraklara yakındır. Yani böyle topraklarda sodik topraklardaki gibi kıl dispersiyonu ve organik madde çözünürlüğü pek

görülmez. Bu sebeple tuzlu toprakların ıslahı ve idaresi sodik topraklardan daha kolaydır. Tuzlu topraklarda görülen başlıca sorunlar şunlardır;

**Toprak Yüzeyinde Tuz Birikmesi:** Tuzlu topraklarda yüzeyde ve yüzey altında tuz birikmesi meydana gelir. Beyaz görünümünden dolayı bazı araştırmacılar böyle topraklara beyaz alkali topraklar demişlerdir.

**Bitki Gelişimine Etkisi:** Bitki yetişme ortamındaki fazla tuz bitkinin gelimesini önemli ölçüde sınırlar. Tuzlar bitki büyümeye 2 türlü etki ederler. Zehir etkisi: Sodyum ve Bor gibi elementler bitkilerde zehir etkisi yaparlar. Bitkide su açığa yaratma: Çözünebilir tuzlar besi ortamının su potansiyelini düşürür. Böylece bitkini su alımı sınırlandırılmış olur. Bu etki osmotik ayarlama mekanizmasıyla dengelenebildiğiinden birinci etki kadar önemli değildir. Osmotik ayarlama mekanizması; Ortamdaki yüksek tuz konsantrasyonu bitkinin besin alımını artırr. Bu artış bitki köklerinin su potansiyelini düşürür ve dolayısıyla bitkinin su alımı artar. Bu yüzden tuzdan etkilenmiş bitkilerde solma belirtisi görülmez. Buna karşılık donuk maviye çalan küçük yapraklı bodur bitki görünümü tipiktir (Aydemir, 1992).

## TUZLULUĞUN MEYDANA GELİŞ MEKANİZMASI

Yukarıda da anlatıldığı gibi tuzluluk kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde tipiktir. Oluşumunda iklimin yanında topoğrafyanın etkisi büyktür. Yağışlar ve aşırı sulama sebebiyle derinler sızan sular gerek sızma esnasında ve gerekse yer altı suyu akışı sırasında toprak ve kayalarda bulunan eriyebilir tuzları eritirler. Yer altı suları doygun akış sistemine göre yerçekiminin etkisiyle tabana doğru hareket eder ta ki geçirimsiz bir tabakaya rastlayınca akış durur ve birikme başlar. Bu birikme bazen toprak yüzeyine kadar ulaşabilir.

Tuzluluk meydana gelebilmesi için kritik taban suyu derinliği toprak yapısına göre değişmekte beraber yaklaşık 2m civarındadır.

2m' den daha yüksek taban suyu su tablası seviyesinden itibaren doymamış akış sistemine göre hareket eder ve adezyon kuvvetinin etkisiyle yukarı yana doğru su molekülleri çok nemli kısımdan az nemli kısma doğru kapillaritenin etkisiyle ilerler. Bu hareket sırasında da toprakta mevcut bulunan eriyebilir tuzlar eritilerek suyla beraber yüzeye doğru hareket ederler.

Su zerrecikleri yüzeye ulaşınca bünyelerindeki tuzları toprak yüzeyine bırakarak buharlaşırlar. Bu buharlaşma işlemi kurak bölgelerde toprak yüzeyinden daha aşağılardan başlar. Yani daha derinlerde tuzlaşma başlar.

Topoğrafya ya bağlı olarak değişik tuzluluk çeşitleri görülse de tuzluluğun oluşma mekanizması genellikle böyledir.

Tuzlu toprakların teşhisı oldukça zordur. Zira her zaman toprak yüzeyinde beyaz bir tabaka görülmeyebilir. Elde edilen ürün önemli ölçüde düşmesine rağmen bunun sebebi anlaşılamayabilir.

Tuzlu toprakları teşhis etmenin en kolay ve kesin yolu elektrik iletkenliğinin, pH'sının ve değişimle sodyum yüzdesinin belirlenmesidir. Tuzlu ve sodik toprakların elektrik iletkenlikleri değişimle.

## TUZLU TOPRAKLARIN ISLAHI

Tuzlu toprakların ıslahında başlıca yöntemler şunlardır;

**1. Drenaj sistemlerinin kurulması:** Tuzlu toprakların büyük çoğunluğunda taban suyu oldukça yüksektir. Uygun yerlere açılacak açık veya kapalı drenaj kanalları taban suyunun kritik derinliğinin altına düşmesini sağlayabilir.

**2. Uygun su idaresi:** Sulama amaçlı kullanılacak suyun içinde en fazla 1000 ppm tuz bulunmalıdır. Bunun üzerindeki tuz konsantrasyonları toprak yüzeyinde veya içerisinde buharlaşmanın etkisiyle birikmeye sebep olabilir.

Tuzlu topraklarda düşük tuz içeren su kullanımı yanında sulama zamanının ve yönteminin doğru belirlenmesi de ıslah açısından önemlidir. Zira salma sulama yöntemiyle ve sıcak saatlerde yapılan sulama hem sızma yoluyla taban suyunu yükseltecek, hem de hızlı buharlaşma sebebiyle yüzeyde tuz birikmesine neden olacaktır. Bu yüzden tuzlu topraklarda en uygun sulama zamanı buharlaşmanın en az gece saatleri ve uygun sulama yöntemi de damla sulama yöntemidir.

Bir diğer husus tuzlu su içeren drenaj ve sulama kanallarındaki sızmaların önlenmesidir. Böylece kanal çevresindeki tuz birikmesi önlenebilir.

**3. Tuzlu toprakların idaresi:** Drenaj sağlanmalıdır: Tuzlu toprak idaresinde temel unsur drenaj sağlanmalıdır. Zira yüksek taban suyu bitki kök bölgesinin suyla kaplı olması demektir. Buda bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyümeyi engeller.

Mevcut tuz periyodik olarak süzülmeli: Böylece tuz içeriği bitkilerin yetişme ortamı temin edilebilir.

Tuza dayanıklı bitkiler yetiştirmeli: Tuzlu toprak kullanımında en ekonomik ve yaygın yöntem budur. Toprağın tuz içeriği tespit edilerek ona uygun bitkiler yetiştirmelidir.

Tuzlu toprağın bitkideki hormon dengesine etkisi şöyle özetlenebilir;

Oksinler: Tuzlu koşullarda azalır.

Giberellinler: Tuz stresi altında oldukça azalır.

Sitokinler: Tuz stresi altında yapraklardaki sitokinin seviyesi düşer. Bu etilenin kontrolü için kritik bir durumdur.

Etilen: Tuz stresi altında hemen artar. Bu olay bitki dokularını olumsuz etkiler ve bitkinin hastalıklardan kolay etkilenmesine neden olur.

Absisik asit: Tuz stresi altında hemen artar.

**Tablo 2.** Tuza dayanıklılık açısından bitkilerin sınıflandırılması

Yüksek Dayanıklı Bitkiler	Şeker pancarı, Pamuk, Arpa
Orta Dayanıklı Bitkiler	Üzüm, Buğday, Ayçiçeği, Kaba Yonca
Düşük Dayanıklı Bitkiler	Kızıl yonca, Baklagiller, Turunçgiller

**Düşük tuz içerikli su kullanımı:** Düşük tuz içerikli su kullanımı toprağın ıslahına yardım edeceği gibi bitkilerin suyu daha kolay kaldırmasını sağlar.

Bitkinin dikim yerine dikkat edilmelidir: Özellikle karık siteminde tuz birikimi karıkların tepelerinde yoğunlaşır. Bu sebeple bitkiler karıkların yan yüzeylerine dikilmelidir.

## KAYNAKLAR

Çepel, 1997, Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar Kitabı, TEMA ve Doğal Varlıklar Koruma Vakfı Yayınları.

Gök, G., 2016, Toprak Kirliliği Ders Notları, Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü.

<http://dergi.omu.edu.tr/omuanajas/article/viewFile/1009002358/1009001706>

<http://www.eceabat.com.tr/kodak/dernek.asp?islem=sayfalar&id=24>

<http://www.olcme-kontrol-kayit.com/toprakta-tuzluluk-olcme-sebepleri-nedenleri-nasil-olu.html>

<http://stoller.com.tr/toprak-ve-tuz-1/>

## KATI ATIKLARDAN ENERJİ ELDESİ (ŞANLIURFA KATI ATIK TESİSİ DEPONİ SAHASI )

Mehmet Selim KAYA<sup>1</sup>, Durdane YILMAZ<sup>2</sup>

Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

<sup>1</sup>selim72kaya72@gmail.com. <sup>2</sup>dyilmaz@aksaray.edu.tr

**ÖZET:** Katı atıklar günümüzün en büyük sorunlarından biri haline gelmiştir. Katı atıklar her türlü insan faaliyetleri sonucunda oluşan, evsel, ticari, endüstriyel kaynaklı olabilen, üreticisi tarafından kullanılmayan, istenmeyen tüm katı maddelerdir. Atıklar insan sağlığını, hayvan ve bitki yaşamını tehlkeye sokmamak, hava, su, toprağı kirletmemek, hamadden enerji potansiyelinden verimli bir şekilde yararlanmak amacıyla çeşitli işlemelere tabi tutulmaktadır. Bazı kentsel atıkların yeniden kazanılması mümkün değildir. Bunların insan ve çevre sağlığına zarar vermeden bertarafı en önemli hususlardan biridir. Doğal kaynak ve enerji kullanımında tasarrufa gidilen günümüzde atık bertarafı ile enerji üretimi sağlanabilmektedir. Çöplerin enerji kaynağı olarak düşünülmesi ile farklı teknolojiler geliştirilip uygulanmaya başlanmıştır. Bu çalışmada kentsel katı atıklardan enerji üretim yöntemleri incelenmiştir.

Gelişmiş ülkelerde katı atıkların bertarafı amacıyla termal yöntemler uzun süredir kullanılmakta olup atık yönetim sistemi bileşenlerinden biri halini almış durumdadır. Termal bertaraf yöntemleri, yakma, piroliz ve gazifikasiyon tekniklerini içermektedir

**Anahtar kelimeler:** Katı atık, enerji eldesi, çevre, bertaraf.

**Abstract:** Solid waste has become one of the biggest problems today. Solid wastes are any kind of solid materials that are not wanted or used by their producers which mainly exists as a result of different sorts of human activities, such as, residential, commercial and industrial. In order not to endanger animal and plant life, human health, and also not to pollute water, air and soil, wastes are subjected to various processing to benefit effectively from raw materials and energy potential. Recycling of some urban wastes is not possible. Their disposal, without harming the environment and human health is one of the most important issues. In today's world where natural resources and energy use is gradually saved, it is possible to produce energy by disposing the waste. Considering the garbage itself as a source of energy, different technologies have been developed and implemented into the issue. In this study, methods of energy production from municipal solid waste have been examined. In developed countries, thermal methods for the disposal of solid waste that is used for a long time have already been one of the key components of the waste management system. Thermal disposal methods involve incineration, pyrolysis and gasification techniques.

**Keyword:** Solid waste , energy to obtain , environment , disposal

### 1.Giriş

Eski uygulanan, büyük riskler taşıyan katı atıkların vahşi depolanması geçerliliğini tüm dünyada yitirmiştir. Gelişmiş ülkelerde 1970 yıllarından itibaren düzenli depolama ve yakma teknolojileri uygulanmaya başlanmıştır. 1990 ve 2000' li yıllarda ise bu teknolojileri üzerine yapılan çalışmalar sonucunda gazlaştırma ve anaerobik çürüme sistemleri gündeme gelmiştir. Yavaş yavaş tüm Dünyada önem kazanan bu düşüncenin sonucu olarak, atıklardan enerji üreten ve özellikle lokal enerji ihtiyacının büyük kısmını karşılayan birçok tesis işletme geçmiştir.

Bugün geri kazanım çalışmaları içerisinde en önemli depo gazı bertaraf edilmesi gereken bir çöpün ve atıktan kaynaklanan gazın bertaraf ederken maksimum fayda olarak elektrik üretilmektedir (Aydoğan, 2011).

Bakanlıkça 26/03/2010 tarihli ve 27533 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanan ve 01/04/2010 tarihinde yürürlüğe giren Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik ile atıkların düzenli depolama yöntemi, bertarafına ilişkin teknik, idari hususlar ve uyulması gereken genel kurallar belirlenmiştir. Yönetmelikte belirtilen usul ve esasların sağlanması çalışmaların uygunluğunun yetkili otoritelerce onaylanması, çevre ve insan sağlığının korunması bakımından büyük önem arz etmektedir (Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, 2010).

Bu çalışmanın amacı, kentsel katı atıklardan enerji üretim sistemlerini inceleyerek bu teknolojilerin analizlerinin yapılmasına.

### **1.1. Katı atıklar**

Kullanılma süresi dolan ve yaşadığımız ortamdan uzaklaştırılması gereken her türlü katı malzemeye katı atık denir. Katı atıklar evde, okulda, hastanede, endüstride, bahçelerde ve daha birçok yerde olabilir. Ülkemizde çöp bileşenlerinin %68 organik katı,%13 değerlendirilebilir katı atık,%19 diğer atıklarıdır. Katı atık miktarı ve bileşimi, mevsimlere, bölgenin coğrafik yapısına göre değişiklik gösterir. Kentsel merkezlerde oluşan katı atıkların giderilmesi, bertaraf edilmesi ve değerlendirilmesinde yaygın olarak beş ana metot kullanılmaktadır Bunlar; Geri kazanma, düzenli depolama, kompostlaştırma, yakma, piroliz (Armağan, 1996)

. Katı atıkların bileşimi ve miktarı beslenme alışkanlıklarını, ekonomik durum, nüfus, sosyal seviye gibi faktörlere göre değişiklik göstermektedir.

### **2. Şanlıurfa Katı Atık Tesisi Genel Tanımı**

685 000 m<sup>2</sup> tesisli alan üzerinde kurulu mevcut Katı atık sahasına 2009 yılından bu yana çöp kabulu yapılmakta olup,6330 sayılı Büyükşehir Yasası ile birlikte Birlik tarafından işletilen Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Büyükşehir Belediyesine devrolmuştur.  
Devir sonucu yapılan durum değerlendirmesinde Merkez Katı Atık Sahasında çöp kabulu yapılan 1.lot alanı kapasitesini doldurmak üzere olduğu tespit edilmiş olup çözüm arayışlarına gidilmiştir.

Sahaya günlük ortalama 780 ton katı atık bertarafi yapılmakta olup; Haliliye, Eyyübiye, Karaköprü, Suruç, Akçakale ve Harran ilçelerinden katı atık kabulu yapılmaktadır.

Yapılan fizibilite çalışmasıyla mevcut 1.lotta bulunan yaklaşık 1 milyon ton çöpünaslında çalışmanın finansmanı için bir kaynak olduğu belirlenmiş olup planlamalar bu çerçevede sürdürülmüştür. Ayrıca Türkiye'deki emsal tesislere göre en yüksek gelir ile % 58' lik kar payına sahiptir.



Şekil 2. Proje alanı ve yerleşimlerin gösterildiği harita ve uzaydan görüntüsü

## 2.1. Tesise Gelen Atıkların Ayırıstırılması

Tesise gelen atıklar, kurulma aşamasında olan ayırtırma tesisinde geri dönüşüm malzemeleri çöpten ayırtırıldıktan sonra ayırtırılamayan atıklar düzenli depolama sahasına gönderilerek nihai bertarafı yapılmaktadır. Depolama alanında bertarafı sırasında düzenli olarak atık serimi ve sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmektedir.

## 2.2. Tesise Gelen Atıkların Oranı

ATIK TÜRÜ	TÜM ATIKLARA ORANI (%)
Organik atıklar	53
Kağıt Atıkları	4
Plastik Atıklar	8
Cam Atıkları	3
Metal Atığı	4
Kül, Park Ve Bahçe Atıkları	12
Sıvı Atıklar	8
Lastik Atığı	1
Diğer Atıklar	7

Çizelge 2.2 Tesise Gelen Atıkların Oranı

## 2.3. Tesisten Enerji Elde Edilme Aşamaları

Depolama alanında depolanan katı atıkların içerisindeki organik atıkların zamanla çürümesi ve ayırması neticesinde metan gazı ortaya çıkmaktadır. Oluşan metan gazı; Katı atık sahasının dip kısmından üst yüzeyine kadar ki gazı çekmek amacıyla forekazık makinası ile vurulan Dikey kuyular olup 38 adettir. Yapımında 200 mm çapında çeşitli uzunluklarda polietilen delikli boru kullanılmıştır. Katı atık sahasının belirli bir derinlikten yüzey kısmasına

kadarki gazı çekmek amacıyla döşenen riğol olarak tabir ettiğimiz yatay kanallar olup 28 adettir . Yapımında 200 mm çapında çeşitli uzunluklarda polietilen delikli boru kullanılmıştır



Resim:2.3 gaz toplama ve santral ünitesi

## 2.4 .Santral Alanı

Projede kollektör olarak tabir ettiğimiz Gaz toplama istasyonları olup 3 adettir . Yatay rigollere bağlanan 110 mm çapında ki polietilen borular yardımıyla gaz rigollerden istasyonlara taşınmaktadır

Bu kollektörler rigollerden gelen gazın portatif analizör cihazının yardımcı ile ölçümünün yapıldığı ve ölçüm sonucuna göre optimum gaz kalitesini sağlamak amacıyla ayarlamaların yapıldığı gaz toplama merkezidir.

-Santral alanında bulunan booster cihazı yardımcı ile kollektörde toplanan gaz 315 mm çapında polietilen borular ile santral alanına taşınmaktadır

### 2.4.1. Booster ünitesi

Katı atık depolama alanının üzerindeki kolektörlerde toplanan gazın vakum etkisi oluşturularak santral alanına taşınmasını , gaz kalitesinin ölçülmesini(Metan , oksijen ,karbondioksit, sülfür değerleri) ölçülmesini, gazın temizlenip motorlara 140 mbar basınçla iletildmesini sağlayan ve fazla gazın yanma bacası yardımı ile yakıldığı ünitedir.



Resim 2.4.1 Booster ünitesi görseller



Resim 2.4.1 Booster ünitesi görseller

### 3. Tesiste uygulanan biyokimyasal işlemler

Katı atık içinde bulunan biyolojik olarak ayırasılabilir organik maddeler mikroorganizmaların yardımı ile biyokimyasal olarak ayırsırlar. Ayırışma süreçlerinin başlangıcında, aerobik bakteriler organik maddeleri organik asitlere ve diğer kimyasal bileşiklere dönüştürürler. Atıklar depolandıktan sonra, ortamda bulunan oksijen, ortamındaki mikroorganizmalar tarafından hızla tüketilir. Bundan sonra meydana gelen biyolojik ayırışma süreçleri anaerobik mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Bu mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu ortaya çıkan temel ürünler depo gazı (LFG), yüksek kırletici konsantrasyonlarına sahip sızıntı suları ve stabilize olmuş atıklardır. Anaerobik ayırışma çok yavaş ve uzun süreler alan bir süreçtir ve ayırışma hızı, nem, sıcaklık, pH, hava basıncı ve sıkıştırma oranı gibi pek çok çevresel faktöre bağlı olarak değişmektedir.

#### 3.1. Aşama – Aerobik

Bu aşama, atıkların sahada bir hücreye doldurulması sırasında geçen birkaç günü kapsar. Bu süreçte, büyük moleküllü parçalar temel bileşenlerine ayrılır. Bu işlemler sırasında sıcaklık artar ve pH düşer.

#### 3.2. Aşama - Anaerobik / Asit Özümseme Devresi

Bu aşamada, anaerobik mikroorganizmaların etkinlikleri sonucunda uçucu asit ve inorganik iyon konsantrasyonları azalır, dolayısıyla pH ve redox potansiyeli düşer. Oluşan sülfitler, asit fermantasyonu sonucu ortaya çıkan demir, mangan ve ağır metalleri çöktür. I. Aşamadan biraz daha uzun süren bu aşamada, BOİ, BOİ/KOİ oranı ve amonyak yoğunlukları artar.

#### 3.3. Aşama - Anaerobik / Ara anaerobiosis

Göreceli olarak daha uzun süren bu aşamada, metanojen bakteriler yavaşça üremeye başlarlar. Bunun sonucunda metan üretimi artar, uçucu asit yoğunluğu azalır ve dolaylı olarak pH yükselir. Ağır metal yoğunluğu da yavaşça azalır. Hızı yavaşlasa da amonyak üretimi devam etmektedir.

### **3.4. Aşama - Anaerobik / Metanojen**

Bakterilerin ağırlıklı olarak görüldüğü bu aşamada, temel organik maddelerin özümserenmesi tamamlanmasına rağmen metan üretimi devam eder. pH genelde nötre yakındır. Düşük BOİ/KOİ oranı ve ağır metal yoğunluğu gözlemlenir.

### **3.5. Aşama – Aerobik / Olgunluk Dönemi,**

Bu aşama eski sahalarda gözlemlenir. Metan oluşum hızının düşüklüğü sebebiyle havanın karışımı artar.

## **4. Tesis parametreleri**

### **4.1. Tesiste İşlenecek Atıklar**

Parametre	Mutfak Atıkları	Büyükbaş Hayvan   Gübresi
Kuru Madde (%)	16,7	13
Organik Kuru Madde (%)	80	85
N (%)	0,25	2,6
C (%)	48,3	40

Çizelge 4.1 Biyogaz tesiste kullanılacak materyallerin özellikleri

### **4.2. Biyogaz tesiste kullanılacak materyallerin özellikleri**

Kullanılan materyal	Hayvan sayısı	Günlük atık üretimi (t/gün)	Günlük atık miktarı (t/gün)	Toplanabilir gübre miktarı (t/gün)	KM olarak toplanan atık miktarı (t/gün)	25 günde toplanan KM (t/25 gün) <sup>*</sup>	25 günde toplanan materyalin %15 KM oranındaki miktarı (t/25 gün)
<b>Büyükbaş Hayvan Gübresi</b>	15000	0,029	435	217,5	30,45	761,25	5075
<b>Mutfak Atıkları</b>	-	-	140	140	23,4	585	3900

Çizelge 4.2 Biyogaz tesiste kullanılacak materyallerin özellikleri

#### 4.3. Tesisin enerji ve fermentte gübre üretimi

Tesisten yılda 8 543 987m<sup>3</sup> (%55 metan içeriğinde) biyogaz üretilmesi beklenmektedir. Bu miktar yaklaşık 4 699 193 m<sup>3</sup> metana karşılık gelmektedir. Elde edilecek metanın kojenerasyon ünitesinde yakılması sonucunda 19 736 610 kWh/yıl elektrik enerjisi ve 21 146 368 kWh/yıl ısıl enerji üretecektir. Tesisten ayrıca, seperatörlerde %35 kuru madde içeriğine yükseltilmiş, yılda 33 695 ton fermentte olmuş gübre üretebilecektir.



Şekil 4.3 Kojenerasyon sistemi

#### 4.4. Biyogaz tesisinden üretilcek enerji ve gübre miktarları

Santral alanımızda 4 adet gaz motoru bulunmaktadır .Her bir gaz motorunun elektiriksel gücü 1560 kw(e) (2100 hp) mekaniksel gücü 1605 kw(m)'dır.

Booster ünitesinden 140 mbar basınçla motora gelen gaz 16 silindirli içten yanmalı motorlarda yakılarak kimyasal enerji kinetik enerjiye dönüşür. Kinetik enerji jeneratör yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürülerek şalt sahasında ki yükseltici trafolar yardımıyla şebekeye verilir.

Ürünler	Miktar
Biyogaz (m <sup>3</sup> /yıl)	8 543 987
Metan (m <sup>3</sup> /yıl)	4 699 193
Elektrik (kWh/yıl)	19 736 610
Isıl Enerji (kWh/yıl)	21 146 368
Fermente olmuş gübre %35 KM (t/yıl)	33 695

Çizelge 4.4 Biyogaz tesisinden üretilcek enerji ve gübre miktarları

## Sonuç ve öneriler

Metan gazından elektrik enerjisi üretimi hem Şanlıurfa iline ekonomik olarak hem de çevre iyileştirilmesi bakımından büyük fayda sağlar. %58'lik bir oranla Türkiye'nin en karlı projelerinden bir tanesidir ve üretilen enerji ile tesis makinaları çalıştırılmaktadır. Metan gazından enerji üretilirken Şanlıurfa ili çöplerini de bertaraf etmiş olur. Tesis halen gelişmektedir. Depo gazının enerji potansiyelinin değerlendirilmesi yani oluşan metan gazından elektrik enerjisi üretimi gittikçe yaygınlaşan bir teknolojidir.

Bacadan atılan duman gazi sıcaklığını 50 °C civarlarına düşürülebildiği taktirde duman gazının enerjisinden maksimum seviyede faydalananmış olunur. Dünya nüfusunun hızla artması, tüketim maddelerinin çeşitliliği ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi ciddi bi atık sorunuyla karşı karşıya kalmamıza sebep olmaktadır. Atık sorunun etkin bir şekilde çözülebilmesi için yeni teknolojilerin kullanımının tüm dünyada yaygınlaşması gerekmektedir

## Kaynakça

- Aydoğan Ö, Kentsel katı atık yönetimi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2011.
- Armağan, B. , “Gap Bölgesi Şanlıurfa İli Katı atık Araştırması” , İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Ocak 1996.
- Borat M. , “Katı Atık Yönetimi”, Ders Notları, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2001, 90 – 92
- Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı Atıkların Düzenli depolanmasına Dair Ynetmelik, 2010
- Gelener, S. , “Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Bertaraf Projesi Notları” Çevre Koruma Şube Müdürlüğü, Şanlıurfa, 2015.
- Şanlıurfa katı atık deponi sahası gözlem ve Şanlıurfa Büyük Şehir Belediyesi

## ESKİŞEHİR İLİ İÇME SUYU ARITMA TESİSİ İŞLETİMİ VE İŞLETME PROBLEMLERİ

Sibel ERMAN<sup>1</sup>, Gülsah SÖNMEZ<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

erman.lbs@gmail.com ,gulsah327@gmail.com

**ÖZET:** Su hayatın varlığı ve devamlılığı için vazgeçilmez bir kaynaktır. Öncelikle insanımızın ihtiyacı olan sağlıklı içme ve kullanma suyunun sağlanması gerekmektedir. Uzun yıllar boyunca dikkate alınan temel konu hijyenik olarak elverişli kaynaklar üretmek olmasına rağmen kaynak suları artan endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerle birlikte hızlıca kirlenmeye başlamıştır. Zaman içerisinde toplum taleplerinde daha zorlayıcı sebepler ortaya çıkmış bu kapsamında günümüzde koku, bulanıklık, tat, nitrat, zararlı metal iyonları ve zirai ilaçlar yada solventler gibi çeşitli organik kimyasallardan arındırılmış suların temin edilmesi beklenir hale gelmiştir. Artan nüfusla birlikte yaşam standartlarının yükselmesi temiz suya olan ihtiyacı artırmaktadır. Temiz su konusunda sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu sıkıntıları gidermek ve su ihtiyacını karşılamak amacıyla içme suyu arıtma tesisleri zorunlu hale gelmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** içme suyu, nüfus, arıtma tesisi, kirlilik.

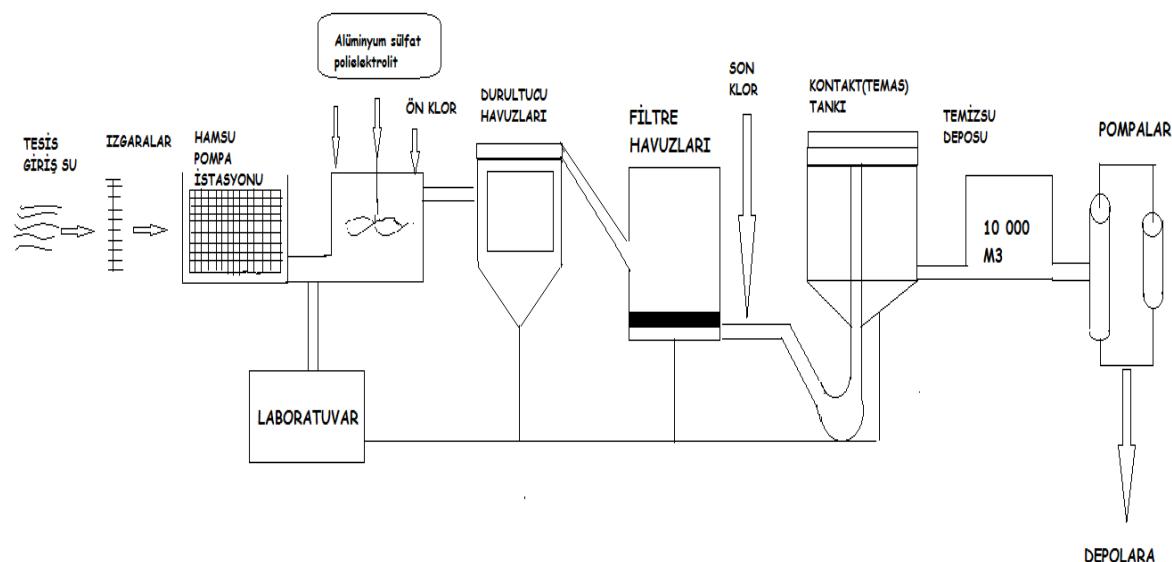
## ESKİŞEHİR DRINKING WATER TREATMENT PLANT OPERATION AND MANAGEMENT PROBLEMS

**Abstract:** It is an indispensable resource for the existence and continuity of aquatic life. Firstly, it is necessary to ensure that the needs of our people healthy drinking and potable water . Although spring water sources to produce favorable hygienic main issues under consideration for many years, it began rapidly with increasing industrial and agricultural activities. Over time, appeared more compelling reason for the demand of society in this regard today odor, turbidity, taste , nitrate, has become harmful metal ions to pesticides or solvents, such as it is expected to provide water free of various organic chemicals. The increase in the standard of living is increasing population with increasing needs for clean water. Problems occur in fresh water. To resolve these problems and drinking water treatment plants to meet the water needs has become imperative.

**Keywords:** Drinking water, population, treatment plant, pollution

### GİRİŞ

Eskişehir'in içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılayan tesis, 1983 yılında İller Bankası tarafından ihalesi yapılmış ve 1984 yılında da inşaatına başlanmıştır. 1991 yılında işletilmeye açılmıştır. Bu tesis 812.320 kişiye hizmet vermektedir. Halen Eskişehir Su ve Kanalizasyon idaresi (E.S.K.İ) Genel Müdürlüğü bünyesinde olan, İçme ve Kullanma Suyu Arıtma Tesisleri, 135 000 m<sup>2</sup> alan üzerine yerleşmiş bulunmaktadır. Bu alanın 35 000 m<sup>2</sup>'si kapalı alan olup, geri kalan miktar tesis içi yolları ve spor sahaları ile yeşil alan olarak korunmaktadır. Tesise alınan ham suyun kaynağı Porsuk Çayı'dır.



**Şekil:** Eskişehir ili içme suyu arıtma tesisi prosesi

### Hamsu pompa istasyonu

Porsuk Barajı'ndan gelen ham su, tesise altı giriş bölmesinden giriş yapmaktadır. Giriş bölgesinde 10cm ve 2cm'lik ,istenmeyen maddeleri (çöp, plastik şişe, poşet, yaprak vb.) tutmak için ızgara sistemi vardır. Su kendi cazibesiyle, Ham Su Binası'na girmektedir. Ham Su Binası'nda altı adet dikey pompa bulunmaktadır. Ham su pompalarının debisi 960lt/s'dır. Altı adet pompanın iki tanesi yedektir. Tesiste günlük, yaklaşık 105 000 m<sup>3</sup> su arıtılmaktadır. Tesisin kapasitesi günlük: 320 0003 / gün'dür.



**Foto 1:** Porsuk Barajı Hamsu pompa istasyonu

### Durultucu havuzları

A (Doğu Durultucu) ve B (Batı durultucu) olmak üzere iki adet paralel durultucu havuz bulunmaktadır. Ham su çıkışında iki tane 1200 mm'lik çelik boru hattı pompa çıkışlarına bağlıdır. Ham suya; M1 ve üst savaklama noktasında, , Alüminyum Sülfat ve Sülfirik Asit birlikte katılır 5 dakika karıştırılır.



**Foto 2:** Porsuk Barajı Durultucu Ünitesi

### Filtre havuzları

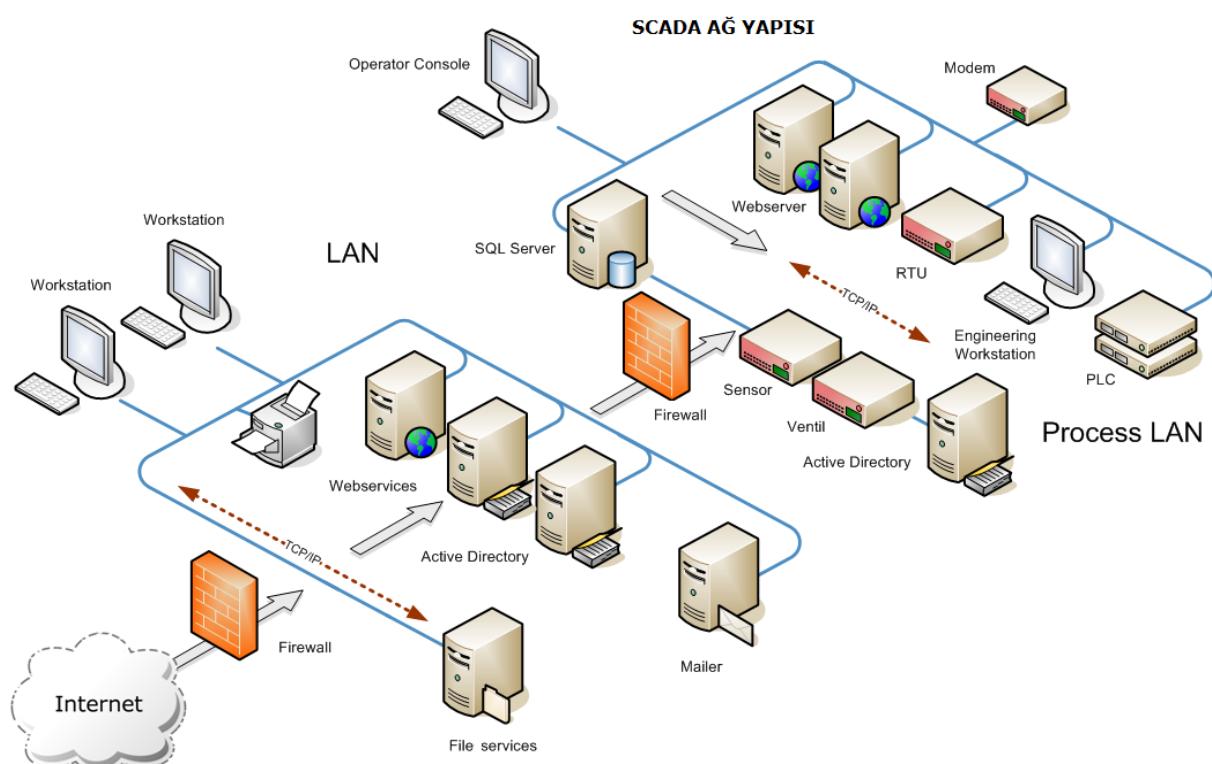
Filtre binalarında toplam on iki adet havuz mevcuttur (6+6). Durultucudan gelen su, filtre havuzlarında süzülerek, alt kattaki ortak filtrelenmiş su kanalında toplanır. Bunların toplandığı noktası M4 noktasıdır. Burada kireç ünitesi mevcuttur ( $P^H$  problemi yaşanmadığı için faaliyette değildir.). Dezenfeksiyon için M4 noktasında son klorlama işlemi gerçekleştirilmektedir. Filtrelenmiş ve kimyasal işlemleri bitmiş olan su, kontak tankına kendi cazibesiyle geçiş yapmaktadır. Su 20 dakika dinlendirilip, havalandırıldıktan sonra temiz su deposuna geçmektedir.



**Foto 3:** Porsuk Barajı Filtre havuzları

## Temiz su

Temiz su deposu 10 000 m<sup>3</sup>'tür. Temiz su çıkışında iki ana hat bulunmaktadır. Birinci hatta altı adet yatay salyangoz pompa bulunmaktadır. Her biri M-1 deposuna saniyede 900 lt su basmaktadır. İkinci hatta ise; dört adet küçük pompa mevcuttur. Her biri M-4 depolarına saniyede 220 lt su basmaktadır. Şehrin yüksek yerlerinde bulunan su depolarına, pompalar aracılığıyla verilen sular, daha sonra yine bu depolardan cazibeyle şehrin kullanımına verilmektedir. Şehrin içme suyu depoları SCADA Ağ yapısı sistemi ile kontrol edilmektedir.



Şekil 2: SCADA Ağ diyagramı

## Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmalar sonucunda, Tablo 1'de görüldüğü gibi Eskişehir ili içme suyu arıtma tesisi çıkış suyu parametreleri “**İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği’ne**” uygun değerlerdedir. Tesiste karşılaşılan en önemli sorun klor dozlaması esnasında gerçekleşmektedir. Bunun sebebi ise klor dozlamasının dengelenmemesidir. Ayrıca, hızlı karıştırma ünitelerinde kimyasal maddelerdeki safsızlıklardan dolayı durultucu havuzlarında su yüzeyinde zaman zaman köpüklenmeler görülmektedir.

**Tablo1:**Eskişehir ili içme suyu arıtma tesisi Ekim 2015 içme suyu analiz sonuçları

Parametreler	Aritilmiş Su	İnsanı Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği İzin verilen En Yüksek Değer
<b>Alüminyum</b>	0,041	200 ( $\mu\text{g/L}$ )
<b>Nitrat</b>	11,3	50 ( $\text{mg/L}$ )
<b>Nitrit</b>	0,007	0,50 ( $\text{mg/L}$ )
<b>Amonyum</b>	0,05	0,50 ( $\text{mg/L}$ )
<b>Sülfat</b>	65	250 ( $\text{mg/L}$ )
<b>Demir</b>	0,005	200 ( $\mu\text{g/L}$ )
<b>Mangan</b>	0,010	50 ( $\text{mg/L}$ )
<b>Florur</b>	0,075	1,5 ( $\text{mg/L}$ )
<b>Fenol</b>	0,05	-
<b>Çinko</b>	3,0	-
<b>Bakır</b>	0,020	2 ( $\text{mg/L}$ )
<b>Siyanür</b>	0,005	50 ( $\mu\text{g/L}$ )
<b>Krom</b>	0,010	50 ( $\mu\text{g/L}$ )
<b>Kadmineyum</b>	0,614	5 ( $\mu\text{g/L}$ )
<b>Nikel</b>	3,690	20 ( $\mu\text{g/L}$ )
<b>Kurşun</b>	5,0	10 ( $\mu\text{g/L}$ )
<b>İletkenlik</b>	551	2500 ( $\mu\text{S/cm}^{-1}$ )
<b>Sertlik</b>	31,98	-
<b>Ph</b>	8,13	6,5-9,5
<b>Bulanıklık (NTU)</b>	0,22	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok
<b>Arsenik</b>	2,21	10 ( $\mu\text{g/l}$ )

## KAYNAKLAR

[www.aski.gov.tr/yukle/dosya/teskilat\\_semasi/teskilatsemasi](http://www.aski.gov.tr/yukle/dosya/teskilat_semasi/teskilatsemasi)  
 Toröz, İ 2013 (Beşinci Basımdan Çeviri) Çevre Mühendisliği ve Bilimi için Kimya  
<http://www.eskisehir-eski.gov.tr/>  
<http://www.santes.com.tr/content.php?cid=60>

## KATI ATIKLARDAN ENERJİ ELDESİ

Şenol EREN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, senoleren46.60@gmail.com

**ÖZET:** Fosil kökenli birincil enerji kaynaklarının arzında yaşanan dalgalanma, rezervlerin sınırlı olması, sera gazları emisyonuna neden olması ve buna bağlı artan enerji fiyatları, yenilenebilir enerji kaynakları başta olmak üzere alternatif enerji kaynaklarının oluşturulması ve kullanımını öncelikli hale getirmiştir. Bu alternatif enerji kaynaklarından bir tanesi de atıklardan enerji üretimiştir. Artan atıkların oluşturduğu çevresel problemler, azalan enerji primer kaynakları ve artan enerji talebi göz önüne alındığında bu problemlerin aynı anda çözümüne katkı vermek için en uygun yol atıktan enerji üretilmesidir. Bu amaçla katı atıklardan enerji eldesi ile ilgili incelemeler yapılmıştır.

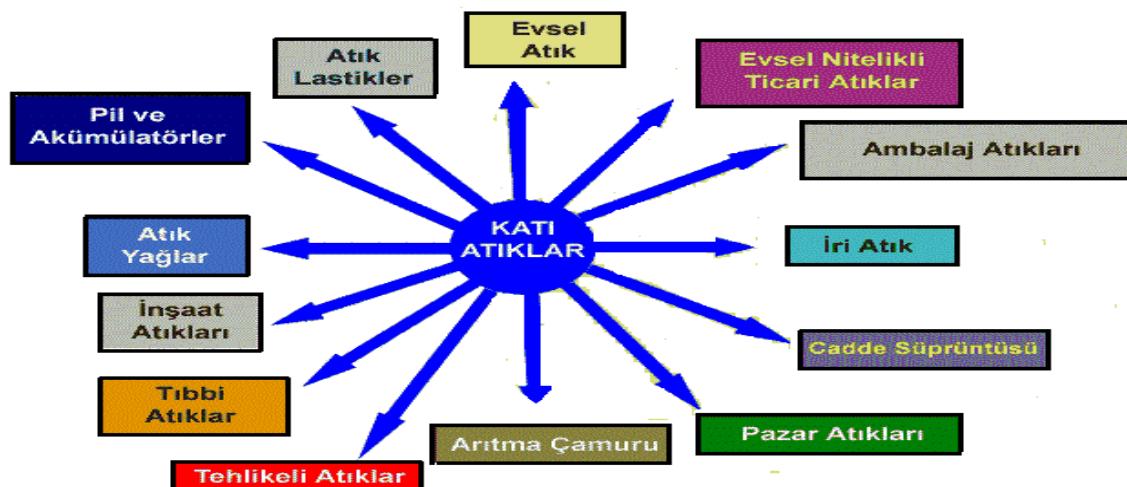
**Anahtar Kelimeler:** Fosil yakıt, Katı atık, enerji

**Abstract:** Fossil origin, fluctuations in the supply of primary energy sources, the limited reserves of greenhouse gases that cause emissions and the associated rise in energy prices, the creation of alternative energy sources, especially renewable energy sources and the use has become a priority. This is the generation of energy from waste is one of the alternative energy sources. Increasing environmental problems created by waste, decreased energy and primary resources of these problems Given the increasing demand for energy is to produce energy from waste most convenient way to contribute to the solution at the same time. For this purpose it has been conducted on energy production from solid waste.

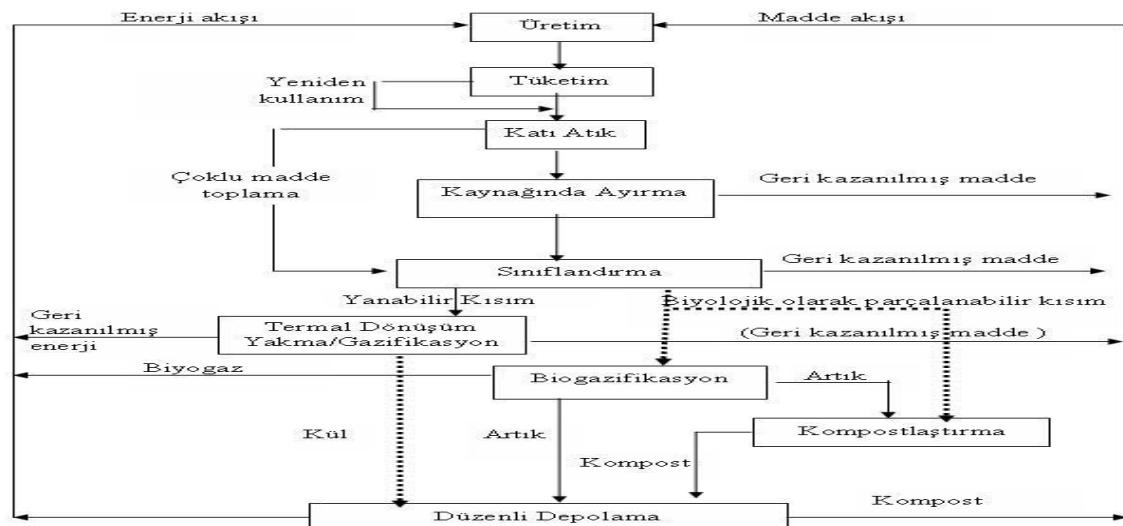
**Keywords:** fossil fuels, solid waste, energy

### GİRİŞ

Katı atık, insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan istenilmeyen ve toplumun menfaati gereği toplanıp uzaklaştırılması gereken katı nesnelere denir (Şekil 1) [1]. Katı atıklardan enerji üretiminde 3 temel yöntem vardır. Bunlar, düzenli depolama, termal dönüşüm teknolojileri, yakma, piroliz, gazlaştırma ve biyolojik dönüşüm teknolojileri (aneorobik fermantasyonla biokütleden biyogaz oluşumu) (Şekil 2) [1].



Şekil 1: Katı atıkların sınıflandırılması şematik görünümü [1]

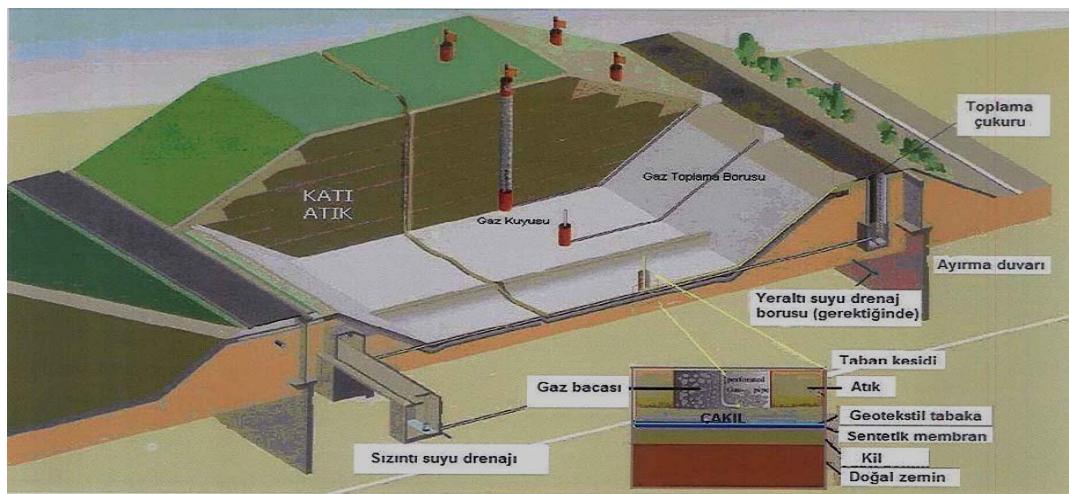


Şekil 2: Katı Atık Yönetimi Akış Şeması [1]

## KATI ATIKLARDAN ENERJİ ÜRETİM YÖNTEMLERİ

## Düzenli Depolama

Katı atıkların, sızdırmazlığı sağlanmış büyük alanlara dökülmesi, sıkıştırılması ve üzerinden örtüerek tabii biyolojik reaktör haline getirilmesi olarak tanımlanabilir. Düzenli depo sahası hücrelerden oluşur, bu hücreler yeterli atık ile doldurulduğlarında sızdırmazlığı sağlayacak şekilde toprak vb. malzemelerle kapatılır. Zaman içerisinde doğal olarak oluşan depo gazı yatayda ve dikeyde yerleştirilmiş borular vasıtasyyla toplanarak yakıt olarak kullanılır [2].



Şekil 3: Düzenli Depolama Tesisi Tipik Şematik Görünümü [2]

## **Depo Gazı Oluşumu ve Hesap Yöntemleri**

Depolama sahalarında depolanmış olan büyük mikardaki organik atıkların havasız ortamda çürümesi sonucunda depo gazı oluşmaktadır. Depo gazı genellikle metan ( $\text{CH}_4$ ) (%50-60), karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) (%35-40), azot ( $\text{N}_2$ ) gibi bileşenlerden (%3-10) oluşur. Bu gazın kompozisyonunda ayrıca iz miktarda oksijen, çeşitli organik kükürt bileşenleri, amonyak

( $\text{NH}_3$ ) ve su bulunur. Teorik olarak bir ton çöpün ayrışması neticesinde % 55 metan içeren ve  $19750 \text{ kJ/m}^3$  düşük kalorifik değere sahip  $400 \text{ m}^3$  depo gazı oluşur. Katı atık depo sahalarında oluşan gazın belirlenmesiyle ilgili birçok model geliştirilmiştir. Bu modellerden biri de EPA'nın (Environmental Protection Agency, Avrupa Çevre Ajansı) geliştirdiği LandGEM (depo gazı emisyon modeli)'dir. Modelde depo gazı oluşma hızı birinci derece bozunma denklemine dayanmaktadır. Modelde kullanılan denklem aşağıdaki gibidir [3]. Model,  $\text{CO}_2$  ve  $\text{CH}_4$  emisyonlarının aynı oranda olduğunu kabul etmektedir, yani depo gazı miktarının metan emisyonunun iki katı olduğu varsayılmaktadır [3].

$$Q_{\text{CH}_4} = L_0 * R * [(e^{-k*c}) - (e^{-k*t})]$$

$Q_{\text{CH}_4}$ : t anındaki metan üretim hızı ( $\text{m}^3/\text{yıl}$ );  $L_0$ : Potansiyel metan üretim kapasitesi ( $\text{m}^3 \text{ CH}_4/\text{ton atık}$ ); R: Depolanan yıllık atık miktarı (ton/yıl); k: Metan üretim hızı sabiti ( $\text{yıl}^{-1}$ ); c: Saha kapatıldıktan sonraki yıl sayısı (yıl); t: İlk atık depolanmasından sonra geçen süre (yıl)

### Depo Gazından Enerji Üretimi

Depo gazından enerji geri kazanımı için dört ana yol mevcuttur. Bunlar; direkt ısıtma, elektrik üretimi, kimyasal besleme stoğu ve boru hattı kalitesinde gaza saflaştırılmıştır. Direkt yakma depo gazının kullanımında en basit ve en ucuz yöntemdir. Depo gazı genellikle büyük endüstriyel kazanlarda veya tuğla fırınlarında, kireç veya çimento fırınlarında yakılır. Çevrede bulunan konut, okul gibi binaları veya seraları ısıtmakta kullanılır. Direkt yakmanın mümkün olmadığı durumlarda en ekonomik çözüm depo gazından elektrik üretimidir. Elektrik üretimi gaz motorları, gaz türbinleri, buhar türbinleri, mikro türbinler ve yakıt pilleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bunlardan en yaygın olanı gaz motorları kullanılarak elektrik üretimi veya kojenerasyonudur. Gaz türbinleri ancak 3 MW'nun üstündeki sahalarda kullanılabilir. Ayrıca depo gazının debisinin zamanla azalması nedeniyle birden fazla gaz motoru kullanılarak üretim yapılması daha yaygın bir uygulamadır. Böylece gaz debisi düşüğü zaman motorun başka bir sahaya taşınması mümkün olur. Buhar türbini gaz debisinin 8-9 mW'lık sistemleri desteklediği çok büyük depolama sahalarında uygulanabilir. Buhar türbin sistemleri içten yanmalı motorlardan veya gaz türbinlerinden daha yüksek oranda kW başına maliyete sahiptirler. Bu yüzden pek tercih edilmemektedir.

### Yakma

Kentsel katı atıklar hacim azaltılması, stabilizasyon, patojen mikroorganizma giderimi ve enerji elde etmek amacı ile yakılırlar. Yakma teknolojisinin en büyük avantajı ağırlıkça %75, hacimce %90 azalma sağlamaasıdır. Dezavantaj ise yakma sonucu oluşan baca gazı emisyonlarının hava kirliliğine neden olmasıdır. Baca gazı arıtma sistemleri de maliyeti oldukça yükseltmektedir. Atıklardan yakarak enerji elde etmek için atığın kalorifik değerinin 8000-9000 kJ/kg olması gerekmektedir.

Tablo 1: Standart Yakma Prosesleri [1, 6]

Fırın tipi	Uygulama alanı
Izgara fırını - Doğru yatay izgara - Ters akışlı yatay izgara - Silindirik izgara	Kalorifik değeri (9000-15000 kJ/kg) olan karışık katı atık; evsel katı atıklar için standart yöntemdir.
Akışkan yataklı fırınlar	Çok düşük veya çok yüksek kalorifik değere (5500-35000 KJ/kg) sahip homojen atıklar için uygulanır. Akışkanlaştırılmış yataktaki yakılacak atıkların öncelikle tasnif edilip homojenize edilmeleri gereklidir.
Döner fırınlar	Düşük veya yüksek kalorifik değerlere (7000-35000 KJ/kg) sahip çamurlu, sıvı veya katı karışık atık ve tehlikeli atıklar için kullanılır.

### **Yakma İşlemi Sonucu Enerji Üretimi**

Atıkların yakılması sırasında, ısı üretilir. Bu ısı, termik veya elektrik enerjisi olarak değerlendirilebilir. Giren atıkların kalorifik değerinin %70'i ile %80'i enerji olarak değerlendirilebilir. Geri kalani, fırının termik ışları, cüruf ısısı, yakılmayan malzeme ve baca gazının ısı kaybı olarak kaybedilir. Giren atıkların kalorifik değeri ortalama 8000 kJ/kg ham atık olarak kabul edildiğinde 1,67 kWh/(kg giren atık) mertebesinde enerji kazanılabilir. Yakma işlemi sonucu başlıca ürün buhardır. Buhar doğrudan kullanılamadığı durumlarda buhar türbinleri ile elektrik üretimi yapılabilir. Bunun yanında bileşik ısı güç ihtiyacının olduğu durumlarda kojenerasyon sistemleri uygulanabilir [1, 6].

### **Gazlaştırma**

Gazlaştırma terimi yakıtın stokimetrik hava miktarında daha az havayla yakıldığı kısmi bir yanma prosesini tarif eder. Gazlaştırma prosesi kentsel katı atıkların hacminin azaltılmasında ve enerji geri kazanımı için verimli bir tekniktir. Gazlaşmanın yanmaya göre en büyük avantajı elektrik üretim veriminin daha iyi olmasıdır. Temel enerji üretimi ise yanmadan daha düşüktür. Gazlaştırma prosesinde atığın kısmi yanması sonucu CO, H<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> olmak üzere bazı doymuş hidrokarbonlardan oluşan yanabilen bir gaz yakıt elde edilir. Elde edilen gaz daha sonra içten yanmalı motor, gaz turbini ve boylerlerde yakılarak enerji üretilir. Gazlaştırma sistemlerinde sadece işlenmiş katı atık kullanılmaktadır. Bu yüzden atıkların öncelikle ön arıtma prosesine tabi tutulmaları gereklidir [1-6].

### **Piroлиз**

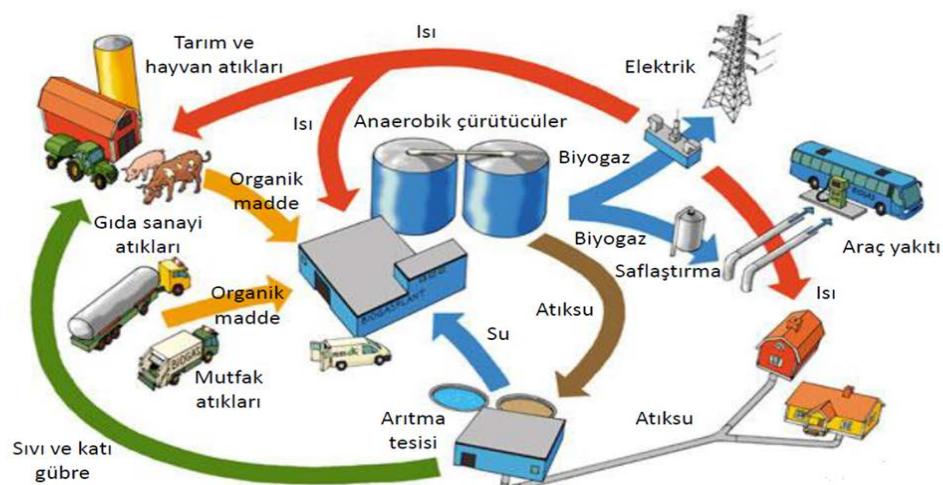
Piroлиз, gazlaştırıldan farklı olarak organik maddelerin tamamen oksijensiz ortamda yüksek sıcaklıklarda (300-700 °C) bozunmasıdır. Prosesin ürünleri; H<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve diğer gazları içeren gaz (sin gazı), katran ve çeşitli yağları içeren sıvı ve/veya kömür granülü, karbon ve diğer inert materyalleri içeren katı fazlardan oluşur. Piroлиз bir yakıtı diğerine dönüştürmede bilinen en eski metodudur. Piroлиз ürünleri elektrik, ısı ve diğer yan ürünlerine kolayca

dönüştürülebilir [6]. Piroliz prosesi diğer biyolojik ve termal proseslere göre aşağıda belirtilen avantajlara sahiptir;

- Gaz motor veya türbinlerinde kullanılabilecek ve elektrik üretebilecek, yüksek kalorifik değerde gaz üretir.
- Biokütle miktarıyla orantılı olarak karbon kredileri ticareti için uygundur.
- Sin gazı, gaz motorlarında veya gaz türbinlerinde yakılmadan önce, içerisindeki kirlilikten arıtmak üzere temizlendiği için havaya salımlar çok daha azdır.
- Kirlilik kontrol arıtma tesisleri yakma ve hatta gazlaştırmaya oranla daha küçük ve haliyle daha ucuzdur.
- Sin gazı; enerjiyi buhar türbinlerinden, anaerobik çürütmeden elde edilen biyogazdan veya düzenli depolamadan elde eden depo gazının gaz motorlarında yakılması prosesine kıyasla, gaz türbinlerini veya gaz motorlarını kullanarak daha verimli bir biçimde enerji elde etmek üzere kullanılabilir.
- Tesisler modülerdir ve inşası kolaydır [6].

### **ANAEROBİK ÇÜRÜTME İLE BİYOGAZ OLUŞUMU**

Enerji üretimi bakımından biyolojik dönüşüm biokütleden biyogaz oluşumudur. Biyogaz terimi temel olarak organik atıklardan kullanılabilir gaz üretilmesini ifade eder. Diğer bir ifade ile anaerobik ortamda mikrobiyolojik floranın etkisi altında organik maddenin karbondioksit ve metan gazına dönüştürülmesidir. Biyogaz elde edinimi temel olarak organik maddelerin ayırtılmasına dayandığı için temel madde olarak bitkisel atıklar ya da hayvansal gübreler kullanılabilir. Kullanılan hayvansal gübrelerin biyogaza dönüşüm sırasında ferment olaraq daha yarışlı hale geçmesi sebebiyle dünyada temel materyal olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda tavuk gübrelerinden de oldukça verimli biyogaz üretimi sağlanabilmektedir [1-5].



Şekil 4: Biyogaz Üretimi Şematik Görünümü [4]

Tablo 2: Ton Belediye Atığı Başına Net Elektrik Potansiyeli [6]

Bertarf Metodu	Enerji Potansiyeli (MWh)
Geri Dönüşüm	2,25
Düzenli depolama	0,11
Yakma	0,59
Gazlaştırma	0,66
Piroliz	0,66
Anaerobik Çürütme	0,25

Tablo 3:Kentsel katı atık teknolojisi noktasındaki dünyadaki mevcut durum. [6]

ÜLKE	DEPOLAMA(%)	TERMAL BERTARAF (%)	GERİ KAZANIM (%)	KOMPOST (%)
TÜRKİYE	97,58	0,98	0,29	1,15
MEKSİKA	96,70	0,00	3,30	0,00
İNGİLTERE	64,30	8,40	17,40	9,30
İTALYA	54,40	12,10	0,00	33,30
ABD	54,30	13,60	23,80	8,40
İSPANYA	51,70	6,70	9,00	32,70
FRANSA	36,00	33,80	15,80	14,30
ALMANYA	17,70	24,60	33,10	17,10
JAPONYA	3,40	74,00	16,80	5,80

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya nüfusunun hızla artması, tüketim maddelerinin çeşitliliği ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi ciddi bir atık sorunuyla karşı karşıya kalmamız sebep olmaktadır. Atık sorununun etkin bir şekilde çözülebilmesi için yeni teknolojilerin kullanımının tüm dünyada yaygınlaşması gerekmektedir. Katı atıkları hiçbir işlemden geçirmeyip vahşi depoladığımız zaman gerek sızıntı suyu etkisi gerek karbon salınımı etkisi ile çevreye büyük zararlar veririz. Aynı zamanda önemli maddi getirileri olan atıklardan faydalananmamış ve potansiyel enerjilerini israf etmiş oluruz. Bu bağlamda katı atıklardan enerji üretiminde dünyada kullanılan depo gazından enerji geri kazanımı, yakma, gazlaştırma ve anaerobik çürütme teknolojileri incelenmiştir. Depo gazının enerji potansiyelinin değerlendirilmesi ve yakma teknolojileri dünyada en çok kullanılan teknolojilerdir. Dünyada tepkilere neden olabileen yakma uygulaması baca gazı emisyonlarının iyi bir şekilde yapıldığı takdirde son derece çevreci de bir uygulamadır. Anaerobik çürütme teknolojisi daha çok Avrupa'da kullanılmaktadır. Gazlaştırmanın yakmaya göre elektrik üretim verimi daha yüksektir, bir diğer önemli avantajı da hava kirletici emisyonlarının çok düşük olmasıdır. Bunların yanında birim ton atık başına net elektrik potansiyeli en yüksek olan teknoloji ise piroliz uygulamasıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Borat, M. 2003, Katı Atıkların Yönetimi Ders Notları, *İstanbul Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü* İstanbul, Türkiye.
- [2] Tezcakar, M. 2010, *Atıktan Enerji Eldesinde Termal Bertaraf Teknolojileri* [online], [http:/ Eurostat](http://Eurostat) “Using ofcial statistics to calculate greenhouse gas emissions” 2010 edition /documents/tips/documents/atiktan-enerji-eldesinde-termel-bertaraf-eknojileri.html [ziyaret tarihi: 13 Mayıs 2016].
- [3] Eurostat “Using ofcial statistics to calculate greenhouse gas emissions” 2010 edition.
- [4] Gendebien, A. 1992, Landfill gas from environment to energy final report (commission of the European Communities).
- [5] Çevre ve Orman Bakanlığı Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, 2006, “*Katı atıkların geri kazanımı*” [online], <http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr> [ziyaret tarihi: 13 Mayıs 2016].
- [6] Özçakıl, M. 2015, Türkiye’de katı atık depo gazı geri kazanım tesislerinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *I.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, Türkiye, 1-152.

## **TARIM TOPRAKLARINDA AĞIR METALLER**

Nazan ÖZ<sup>1\*</sup>, Melayib BİLGİN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, nazanoz.26.26@gmail.com

<sup>2</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, melayib@gmail.com

**ÖZET:** Çevre kirliliği hava, toprak ve su kirliliği olarak üçlü bir çember içerisinde doğada oluşmakta ve sonuçta insanın da dahil olduğu tüm ekosistemi etkilemektedir. Toprak kirliliği ise doğada giderilemeyen ve dönüşümü olmayan kirliliklerdir. Kirli toprakta tarım yapılmamakta, bu tür topraklar atıl kalmaktadır. Toprak kirliliği gerek hava kirliliği, gerekse su kirliliğinin doğada son noktasını oluşturmaktadır. Ağır metallerin sebep olduğu çevre kirliliği, su, hava ve doğrudan toprak kirliliğine yol açan madencilik çalışmaları, gübre ve pestisitler, sanayi atıkları ve hidrokarbon yanma ürünleri ile toprağa ulaşabilmektedir. Sonuçta ağır metaller kontamine olmuş topraklarda yapılan bitkisel üretimler ve meraların da kirlenmesi ile gıda zincirine dahil olmakta, tüm canlı sistemlerini etkilediği gibi insan sağlığını da olumsuz olarak etkilemektedir. Toprak kirliliğine sebep olan başlıca ağır metaller arasında kurşun(Pb), civa(Hg), arsenik(As), çinko(Zn), bakır(Cu), krom(Cr) ve kadmiyum(Cd) sayılabilir. Bu derlemede ağır metallerin tarım ürünleri ve meraları kirletmesi sonucu insan sağlığına olan olumsuz etkileri gıda zinciri dahilinde incelenmiştir.(Necla Ç. 2010)

**Anahtar Kelimeler:** Çevre, Toprak kirliliği, Ağır metal

## **HEAVY METALS IN AGRICULTURE SOIL**

**Abstract:** Environmental pollution exists in the World as a trial chamber of air, water and soil; therefore, it influences all the ecology that the human beings are included. Soil pollution is a kind of pollution that can be hardly eliminated from environment. Agriculture cannot be performed in polluted soil, and such lands remain idle for agricultural practices. Soil pollution is the last focal point of air and water pollutions, fertilizer and pesticides, industrial chemical substances could reach soil by hydrocarbon burning products. Agriculture in pollutant soil becomes a source of contamination for food chain. Thus it becomes harmful for human health as well as for other living systems. Major heavy metals causing soil pollution are lead(Pb), mercury(Hg), copper(Cu), chrome(Cr) and cadmium(Cd). In this study, the effect of heavy metal contamination of soil on human health and food chain was briefly reviewed.

**Keywords:** Environment, Soil pollution, Heavy metal

## **GİRİŞ**

İnsanoğlunun yaşam standartlarını yükseltme amacıyla sanayileşmeye önem vermesi ve buna bağlı olarak çevreye verilen zararlar göz ardi edilemez. Kontrolsüz bir şekilde doğaya bırakılan bu katı-sıvı-gaz yada bunların karışımı halindeki atıklar çevrede zamanla birleşerek canlı yaşamını etkilemektedir. Özellikle ağır metaller çok düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki göstermesi sebebiyle birçok türün yokmasına sebep olmuştur.

### **Toprak Oluşumu**

Çözülmeye uğrayan kayaların yüzeyi zamanla, ayrılmış minareller, organik maddeler ve mikroorganizmalardan oluşan bir örtüyle kaplanır. Bu örtüye toprak denir. Toprak tabakası, yerkabuğu üzerinde bulunur. Kalınlığı birkaç cm den 2-3 m ye kadar olabilir. Oluşumunu

tamamlayan bir toprak kesitinde ana kaya ayrılmış kaya, ham toprak, olgun toprak katları bulunmaktadır. Ayrıca Zonal(yerli toprak), Intrazonal, Azonal(Taşınmış toprak) gibi toprak türleri vardır.

Toprağın oluşumunu etkileyen faktörler: İklim, canlılar, ana madde, topografsya ve zaman olarak sayılabilir.(URL-1)

**Toprak kirliliğinin başlıca sebepleri:** Kazalar, bilerek atılan veya dökülen tehlikeli madde ve atıklar, atmosferde yağış ve rüzgar yolu ile torağa gelen kirleticiler olarak sınıflandırılabilir. Toprak kirlenmesine yol açan prosesler doğal ve insan yapımı olarak da ikiye ayrılabilirler. Kirletici kaynakların en önemlisi insan faaliyetleri sonucu meydana gelen kirliliklerdir. İnsan faaliyetleri sonucu meydana gelen kirlilikte evsel, tarımsal ve endüstriyel nitelikli olarak üç kategoriye ayrılabilir.

*Evsel nitelikli atıklar*, katı veya sıvı halinde olabilir. Katı atıklar ülkemizde çoğulukla gelişen güzel atılmakta, düzenli ve sıhhi depolama veya bertaraf etme henüz yeni kullanılmaktadır. Evsel nitelikli atıkların içinde piller, muhtelif çeşitte yağlar, çözüçüler ve boyalar bulunmaktadır. Çöplüklerden yağmur suları ile sızan veya taşınan kirli sular yeraltı ve yüzeysel suların kalitesini etkilemektedir. Sıvı evsel atıklar büyük bir çoğulukla arıtmadan alıcı su ortamlarına veya fosseptik çukurlarına deşarj edilmektedir. Fosseptik çukurların tasarımları ve kontrolü ile ilgili geniş ve kapsamlı bir kanun ve yönetmelik henüz bulunmamaktadır.

*Endüstriyel atıklar* (katı ve sıvı) rastgele atıldıklarında veya depolandıklarında, çok ciddi toprak kirlenmesine yol açmaktadır. Amerika Birleşik Devletlerinde endüstriyel atıkların atıldığı eski depolar ve boş araziler bir müddet sonra çok önemli bir kirlilik kaynağı (toprak, yeraltı ve/veya yüzeysel su kirliliği) olarak ortaya çıkmıştır ve şimdi çok paralar harcanarak incelenmeye çalışılmaktadır.

*Tarımsal atıklar*, tarım alanlarında sızan yada yüzey akışına geçen yağmur suları, göller ve akarsular için en önemli kirlilik kaynağı teşkil etmektedir. Tarım alanlarında verimi artırmak için kullanılan gübreler ve zirai mücadele ilaçları (pestisitler, herbisitler) bilinçsizce ve yanlış kullanıldığında (gerekenden çok miktarda veya yanlış zamanda) toprak kalitesini ve dolayısıyla yeraltı ve/veya yüzeysel suların kalitesini etkileyebilir. Yağmur suları ile topraktan yíkanan azot ve fosfor bileşikleri yüzeysel sularda ötrifikasyona neden olmaktadır. Yeraltı sularının nitrat ve pestisitler ile kirlenmesi çok sık rastlanan bir problemdir. (URL-2)

Tarım toprakları bu atıkların hepsinden etkilenerek kirlenmeye uğramaktadır. Bu atıklar toprakta ağır metallerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu ağır metaller toprağı, insanları ve çevreyi etkilemektedir.

## Ağır metal

Ağır metal, periyodik sıralamada üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan metaller için kullanılan ve bilimsel olmayan bir deyimdir. Genel olarak zehirli ve çevre kirliliğine neden olan tüm metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadır. Ağır metal tanımı fizikal özellik açısından yoğunluğu  $5\text{ g/cm}^3$ 'ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal dahildir. (URL-3)

### *Tarım topraklarında bulunan başlıca ağır metaller;*

**Kurşun(Pb):** Çevre kirliliğine neden olan kurşunun büyük bölümü motorlu araçlarda kullanılan benzinin yanması sonucu ortaya çıkan tetra etil kurşundan kaynaklanmaktadır. Endüstriyel atıkların suyla taşınması sonucu deniz canlılarında kurşun bulaşmasına rastlanmaktadır. Kurşunun vücutta toksik etki yaratması için kanda veya yumuşak dokularda belli bir düzeye kadar birikmesi gereklidir. Yaş, beslenme ve fizyolojik durumlar gibi birçok faktöre bağlı olarak etkisi değişmektedir. Çocuklar için  $40-80\text{ mg Pb}/100\text{ ml}$  toksik belirtilerin görüleceği,  $80\text{ mg Pb}/100\text{ ml}$  kurşun zehirlenmelerinin hakkında bilgi vermektedir. İnsanların kurşun zehirlenmesi sonucu oluşan akut zehirlenmelerde beyin hasarı ve ölüm, bebekler ve çocukların çok duyarlı olduğu kronik zehirlenme vakalarında ise küçük yaşta kurşuna maruz kalmada zeka geriliği, öğrenme bozuklukları ve heperaktivite ile kan basıncı yüksekliği, kronik anemi, periferik sinir hasarı görülebilmektedir ( Vural, 1993).

**Bakır(Cu):** Bakır çok yaygın bir maddedir ve doğada yaygın olarak bulunur ve doğal olaylar yolu ile doğada yayılır. Küçük ve basit yapılı canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir.

**Kadmiyum(Cd):** Kadmiyum elementi ekosistemde en tehlikeli ağır metal kirleticilerinde biri olup canlı organizmalar için toksiktir. Fosforlu gübre ve arıtma çamurlarının uzun süreli kullanılması nedeniyle dünyanın birçok bölgesindeki tarım toprakları az veya orta düzeyde kadmiyum birikimine maruz kalmaktadır. Kadmiyum toprak-bitki sistemindeki yüksek mobilitesi nedeniyle kolaylıkla besin zincirine dahil olabilmekte böylece bitki, hayvan ve insan sağlığı açısından tehlikeli olabilmektedir. Endüstri bölgelerinde havadaki kadmiyum oranı kırsal alanlara oranla çok daha yüksektir. Çevremizdeki kadmiyum kaynakları: Kadmiyum içeren boyalar, sigara dumanı, plastik katkı maddeleri, kadmiyum sülfür ve çinko üreten tesislerdir ( Korentajar, 1991).

**Nikel(Ni):** Sertliği ve korozyona dayanıklığı nedeniyle birçok metal合金ının yapısına girer. Nikelin, en yaygın uygulaması, paslanmaz çelik ve diğer metal malzemelerin içeriği olarak kullanılmasıdır. Nikelin toksikolojik etkileri temel olarak 3 grupta incelenmektedir. Bunlar;

- 1-Kanserojen etki
- 2-Solunum sistemine etki
- 3-Dermatolojik(alerjik) etkidir.

**Krom(Cr):**Ekonomik olarak işletilen tek krom minerali kromittir. Krom içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtlarının ağaç ve kağıt ürünlerin yanması neticesinde doğada altı değerlikli krom oluşmaktadır. Okside krom havada ve saf suda nispeten kararlı iken ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda üç değerlige geri indirgenir.

### **Tarımsal Kaynaklı Kirleticiler**

Tarımsal kaynaklı kirleticiler, kimyasal gübreler çeşitli ve pestisitleri içine alır. Bunlara tarım makinelерinde yakıt olarak kullanılan ve istenmeden topraklara dökülen hidrokarbonları da ekleyebiliriz. Kimyasal gübreler ve gübrelemeden kaynaklanan ana kirletici etki, ağır metallerin ve bileşiklerinin topraklara katılmasıyla gerçekleşmektedir. Bunlara örnek olarak kümes hayvanlarına ait gübre metaryelleri kullanıldığında Zn, As ve Cu ile toprak kirlenmesi meydana gelirken, bazı fosfatlı gübreler kullanıldığında da As, Cd, Mn, U, V ve Zn topraklara katılmaktadır. Pestisit olarak kullanılan organik bileşikler toprak ekolojisi üzerine çok daha fazla zararlı etkiye neden olmaktadır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2009).

### **Toprak Kirliliği Kontrol Yöntemleri**

Kirlenmiş topraklar için dört olası yönetim seçeneği söz konusudur.

- 1-Kirletici olduğu şekliyle bırakmak, o bölgenin kullanımı yasaklamak.
- 2-Kirletici bölge içinde immobilize etmek ve bölgeyi sürekli izleyerek diğer bölgelere geçiş kontrol altında tutmak.
- 3-Kirlenmiş toprağı uzaklaştırarak özel bir bertaraf sahasında depolamak.
- 4-Toprağı bölge içinde(in-situ) veya bölge dışında temizlemek(ex-situ)

Toprağın temizlenmesi yani topraktaki kirleticilerin uzaklaştırılması özellikle bölgenin yeniden kullanılmasının önemli olduğu düşünüldüğünde ekonomik bir alternatif olabilmektedir. Toprağın artırılması için fiziksel, kimyasal, termal veya biyolojik prosesleri içeren pek çok metod mevcuttur. Uygun toprak arıtım metodunun seçimi, bölge karakteristikleri, giderilecek kirleticinin tipi konsantrasyonu ve kirlenmiş arazinin sonraki kullanımı gibi pek çok faktöre bağlıdır. Toprağın temizlenmesi genellikle kirlenmiş bölgenin kazılması, izole edilen veya temizlenen toprağın tekrar yerine doldurulmasıyla gerçekleştirilmektedir. Ancak son yıllarda toprağı kazmadan doğrudan bölgede uygulanan(in-situ) teknolojiler üzerinde yapılan araştırmalar hız kazanmıştır (Acar ve Gale, 1995).

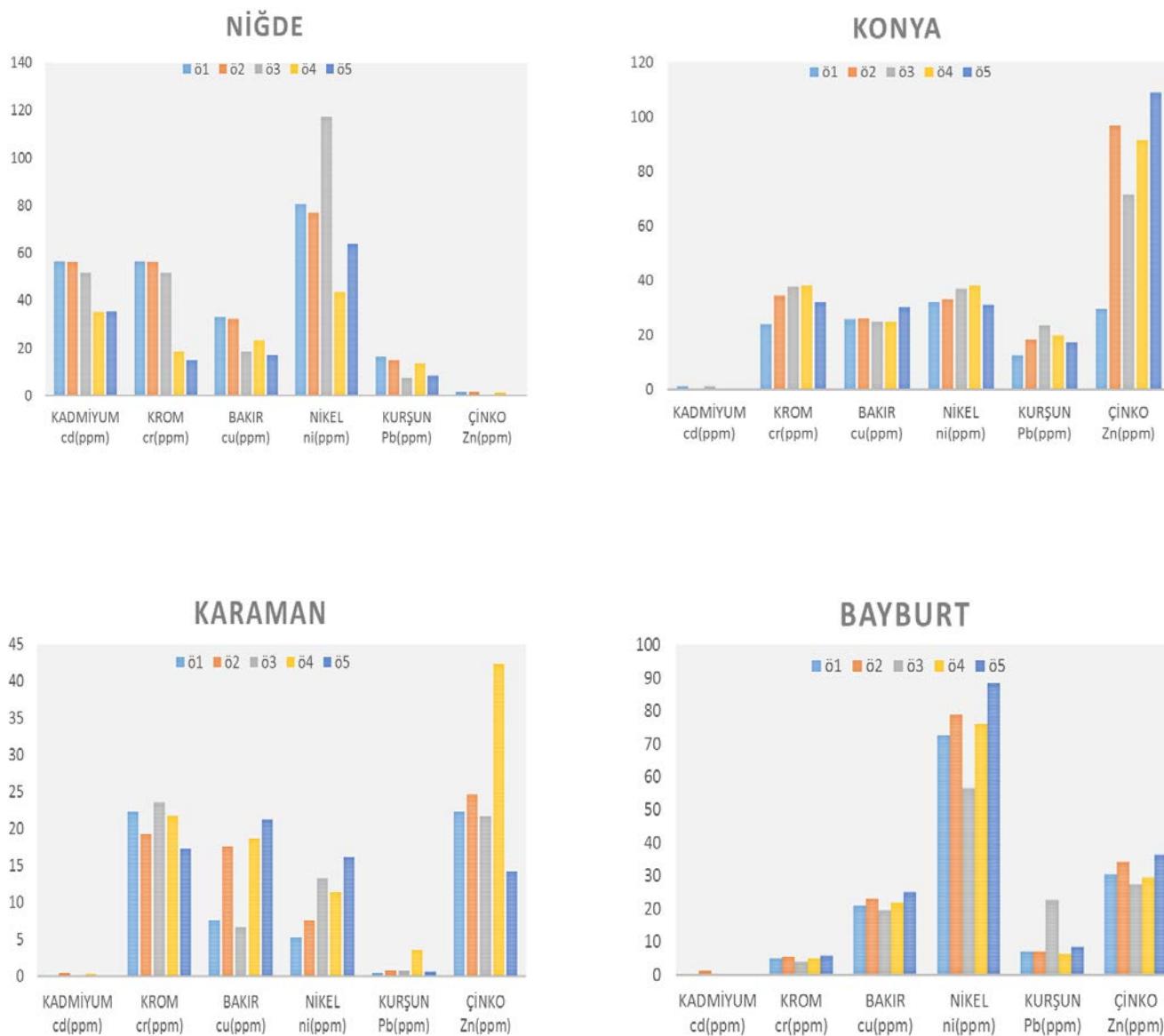
### **Ağır Metallerin Çevre ve İnsan Sağlığına Zararları**

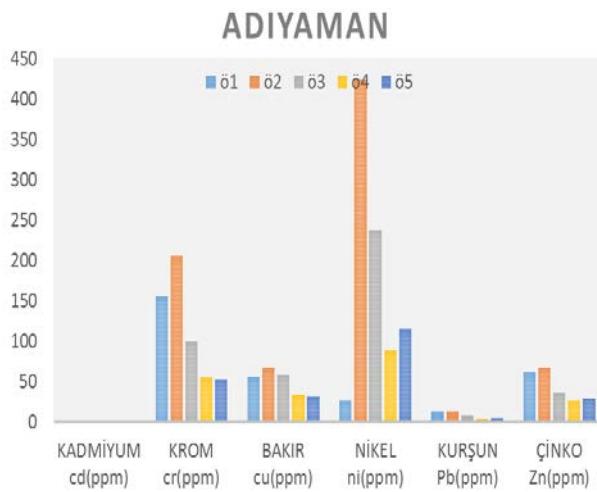
Gerekli ölçüde alındığında insan sağlığına yararı olan birkaç metalin dışında ağır metaller vücuda alındığında zehirleyici etkiler göstermektedir ve insan vücudundan atılamazlar. Ağır metallerin sebep olduğu çevre kirliliği, su, hava ve doğrudan toprak kirliliğine yol açan madencilik çalışmaları, gübre ve pestisitler, sanayi atıkları ve hidrokarbon yanma ürünleri ile

toprağa ulaşabilmektedir. Sonuçta ağır metaller, kontamine olmuş topraklarda yapılan bitkisel üretimler ve meraların da kirlenmesi ile gıda zincirine dahil olmakta, tüm canlı sistemlerini etkilediği gibi insan sağlığını da olumsuz olarak etkilemektedir (Tunçok, 2008).

## BULGULAR

Yapılan çalışmada beş farklı ilin tarım topraklarından örnek alınmıştır. Bu toprakların ağır metal oranlarına bakılıp grafiklerdeki veriler elde edilmiştir.





## SONUÇ

Topraklardaki ağır metal kirliliği, endüstrinin ve madencilik aktivitelerinin gelişmesiyle ve atık suyla yapılan sulamaların ve arıtma çamuru uygulamalarının yaygınlaşmasıyla global bir problem halini almaktadır. Kentsel toprakların önceden belirlenemez tabakalaşma, basit yapı, yüksek iz elementlere sahip olma gibi kendine özgü karakteristik yapısı olduğu bilinmektedir. Topraklar endüstri atıklarından, araç emisyonlarından, kömür yakma atıkları ve diğer aktivitelerden kaynaklanan büyük miktardaki ağır metallerin alıcısıdır. Ağır metal kirliliği genellikle antropojeniktir. Yapılan çalışmadaki verilere göre; Niğde-Bayburt-Adiyaman'da nikel oranının yüksek olması volkanik bölge olması ve doğalgaz harici fosil yakıtların çok kullanılması olarak açıklanabilir. Kadmiyumun en çok Niğde'de bulunmasının nedeni numune alınan örneklerin sanayiden gelen atık suyla tarım arazisinin sulanmasıdır. Krom'un en fazla bulunduğu ilin Adiyaman olmasına etken ise demir çelik fabrikasının olması ve doğal kaynaklı yayılımların olmasıdır. Bakırın en fazla olduğu il Adiyaman'dır bunun nedeni de doğal kaynaklı yayılımlardır. Konya'daki Kurşun'un diğer bölgelere göre yüksek olması, nüfusun ve dolayısıyla araçların fazla olması nedeniyle gerçekleşmiştir. Çinkonun en fazla olduğu ilde Konya'dır. Doğal kaynaklı yayılımlardan kaynaklı bir kirlenme olduğu saptanmıştır.

## KAYNAKÇA

- Acar, Y.B. and Gale, R.J. (1995) Electrokinetic remediation: basics and technology status, Journal of Hazardous Materials, 40, 117-137
- Çevre ve Orman Bakanlığı, Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahaları Yönetim Sistemi Teknik Dökümanı, Ankara 2009
- Korentjar, L., 1991. A review of the agricultural use of sewage sludge. Benefits and potential hazards. Water SA. 17 (3) 189-196.
- Necla Ç. 2010. Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi Akademik Gıda 8 (2) (2010) 31 -35
- Tunçok, Y., 2008. İçme suyunda ağır metaller ve insan sağlığına etkileri.

URI-1 [http://bilgiyelpazesi.com/egitim\\_ogretim/konu\\_anlatimli\\_dersler/cografya\\_dersi\\_ile\\_ilgili\\_konu\\_anlatimlar.asp](http://bilgiyelpazesi.com/egitim_ogretim/konu_anlatimli_dersler/cografya_dersi_ile_ilgili_konu_anlatimlar.asp)

URI-3 <http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sdugeo/article/viewFile/2703/2422>

URI-2 <http://hdl.handle.net/123456789/80>

Vural, H., 1993. Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. Çevre Dergisi 8: 3-8

## TARIM TOPRAKLARINDAN TOPRAK YIKAMA YÖNTEMİ İLE KURŞUN ( $Pb^{+2}$ ) GİDERİMİ

Merve AYAZ<sup>1</sup>, Merve ESEN<sup>1</sup>, Şevket TULUN<sup>1</sup>, Melayib BİLGİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,

ayazmerve\_94@hotmail.com; mmrv\_sn@hotmail.com; sevkettulun@gmail.com; melayib@gmail.com

**ÖZET:** Günümüzde en önemi çevresel sorunlardan bir tanesi de toprak kirliliğidir. Toprak kirliliğinin en önemli nedenlerinden biri ağır metallerdir. Ağır metallerin toprakta birikmesinin sadece toprak verimliliği ve ekosistem fonksiyonları üzerinde değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla hayvan ve insan sağlığı üzerinde de önemli etkileri vardır. Topraklardaki ağır metal kirliliği, endüstrinin ve madencilik aktivitelerinin gelişmesiyle ve atıksu ile yapılan sulamaların ve arıtma çamuru uygulamalarının yaygınlaşmasıyla global bir problem halini almaktadır. Toprak yıkama tekniği genellikle topraktaki kararsız ağır metal türlerini gidermede kullanılır ve oldukça verimli bir metottur. Bu çalışmada EDTA yıkama çözeltisi kullanılarak farklı katı/sıvı oranlarında (1/5, 1/10, 1/20), farklı karıştırma hızlarında (100rpm, 150rpm) belirlenen sürelerde topraktaki kurşun giderim verimleri tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda en iyi kurşun giderim verimi, 100rpm dönüş hızında 1/20 katı-sıvı oranında 5.dakikada elde edilmiştir. Kurşun giderim verimi %92.15 olarak bulunmuştur. EDTA ile toprak arıtım yönteminin seçiminde toprak karakteristikleri, maliyet vb. pek çok faktörün göz önünde bulundurulması gerekiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak, ağır metaller, kırılmış toprak, toprak yıkama, EDTA

## LEAD REMOVAL FROM AGRICULTURAL LAND WITH SOIL WASHING METHOD

**Abstract:** Today, the soil pollution is one of the most important environmental problems. One of the most important causes of soil pollution are heavy metals. The accumulation of heavy metals in the soil not only on soil fertility and ecosystem functions, as well as on animal and human health through the food chain also has important implications. Heavy metal pollution in soil, industrial and mining activities and the development of the irrigation with wastewater and sewage sludge applications are a global problem becomes widespread. Soil washing technique is usually used in removing heavy metal species in the soil unstable and highly efficient method. In this study, EDTA wash solution using different solid / liquid ratios (1/5, 1/10 and 1/20), in a different stirring speed (100rpm, 150rpm) costs lead the soil yields were determined at specified times.

The results lead removal efficiency at best, 100rpm rotational speed of the solid - liquid ratio of 1/20 was obtained after 5 minutes. Lead removal efficiency was found to be %92,15. The selection of the soil treatment method with EDTA soil characteristics, cost and so on. It was determined that many factors must be taken into consideration.

**Keywords:** Soil, heavy metals, contaminated soil, soil washing

### 1. GİRİŞ

Yirminci yılın başından itibaren modern tarıma geçilmesi ve sanayileşmenin hızlanması ile birlikte, toprakta ağır metal kirliliği de bir çevre sorunu olarak ortaya çıkmaya başlamıştır (Çepel 1997). Arıtma çamurlarının uygulanması, pestisit ve aşırı gübre kullanımı gibi tarımsal etkinlikler, metal endüstrisi ve madencilik aktivitelerinin artması, araba

egzosları, atık su deşarjları ve belediye atıklarının yanmasından kaynaklanan emisyonlar nedeniyle topraklar ve yer altı suları ağır metallerle kirlenmektedir (McGrath 1987).

Ağır metal iyonları, en zararlı toprak kirleticileri arasında yer almaktadır. Topraktaki organik kirleticilerin aksine, kimyasal yada biyolojik olarak yıkama uğramamaları ve toksik olmaları nedeniyle ekosistemden uzaklaştırılmadıklarında, uzun zaman çevre kirliliği yaratmaya devam etmektedir (Kim ve ark. 2003). Topraklarda en sık rastlanan metal kirleticiler Pb, Hg, As, Cr, Cd, ve Cu' dur. Bu ağır metal iyonlarından Pb, insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en çok zarar veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır (Heil ve ark. 1999).

Kurşunun oksidasyon durumu +4, olmasına rağmen genelde  $Pb^{+2}$  şeklindedir ve doğal sularda güç çözünen diğer bazı mineralleri oluşturur. Kurşun, yoğun endüstriyel kullanım nedeniyle çevrede yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Yüksek toksisitesi yüzünden düşük konsantrasyonlarda bile biyolojik zincire dahil olmasıyla tehlike oluşturmaktadır. Antropojenik yolla ekosisteme Pb girişinin, doğal yolla Pb girişinden yaklaşık 100 kat daha fazla olduğu bilinmektedir (Campbell ve ark. 1983).

Topraklarda diğer önemli Pb kaynakları, ev ve bahçelerde Pb içeren boyalardır. Topraklarda Pb son yıllarda çok daha dikkat çekmiş ve özetlenmiştir. Şehir bölgeleri, bahçeler ve endüstriyel alanlarda topraklar bilhassa incelemiştir. Topraktaki Pb direkt olarak yani kontamine topraktan çocuklara transfer edilmektedir. Çünkü topraktaki Pb miktarı ile çocukların kanındaki Pb arasında önemli bir ilişki bulunmuştur. Bitkiyle Pb alındığında, Pb'nun bitkinin yukarı kısımlarına doğru gitme olasılığı çok zayıftır. Kurşunun büyük bölümü kök hücrelerinde birikir. Bazı bitkiler (mısır, ayçiçeği) büyük miktarda Pb'yi köklerinde biriktirir. Köklerdeki Pb miktarı, topraktaki Pb miktarıyla ilişkilidir. Çünkü bitkiler topraktan Pb'yi alır. Bazı toprak ve bitki faktörleri köklerle Pb alımını ve bitkinin yukarı kısmına kadar Pb'nin transferinden sorumlu olduğu bilinmektedir. Yüzey toprağında Pb'nin birikmesi ekolojik olarak çok önemlidir. Çünkü bu metal toprağın biyolojik aktivitesini büyük oranda etkiler.

Toprak yıkama teknolojisi, kazılmış toprağa uygulanan ve topraktaki çok sayıda organik, inorganik ve radyoaktif kirleticilerin uzaklaştırılmasında etkili, klasik kimyasal-fiziksel ekstraksiyon ve ayırma proseslerini içeren su bazlı bir arıtım teknolojisidir. Bu su bazlı teknoloji, kazılmış topraktaki kirleticileri ayırmak için mekanik prosesleri ve/veya kirleticilerin çözünürlük özelliklerini kullanmaktadır. Proses sonucu kirleticiler serbest hale geçerek orijinal toprak hacminin %5 ila %40'luk kısmında konsantre olurlar ve bu konsantre kısım diğer arıtım yöntemleriyle işlem görmek veya deponi sahalarına gönderilmek üzere sistemden ayrılır. Diğer bir ifadeyle, proses kirleticileri yok eden bir proses değil, onları konsantre ederek hacmini önemli derecede azaltan ve dolayısıyla daha sonraki işlemlerin maliyetini düşüren bir prosesdir (Anonim, 1997).

Toprak yıkama prosesi toprağın kazılması ve besleme toprağının hazırlanmasıyla başlamaktadır. Toprak hazırlama safhası kaya, jeolojik birikimler ve diğer büyük materyallerin besleme toprağından ayrılması için uygulanan mekanik elemeyi içermektedir. Kirleticileri içeren partiküller ayırmak için ıslak ayırıcılar, mekanik tutucular ve eleme prosesleri kullanılmaktadır. Prosesde ayrıca, yıkama için bir ünite ve ayrılan fraksiyonların tutulması için sistemler mevcuttur. Kazma ve hazırlık safhasından sonra besleme toprağı, topraktaki kirleticilerin ayrılması için suyla veya su bazlı bir çözeltiyle karıştırılır. Daha sonra, toprak kullanılan çözeltiden ayrılır ve nispeten yüksek hacimdeki kaba kum ve çakıl fraksiyonu ve tipik olarak kirleticiler yönünden zengin ince silt ve kil fraksiyonu olarak geri kazanılır. Kaba kum ve çakıl fraksiyonu genellikle yüzeysel kirliliği uzaklaştırmak için bir bazik maddeyle, yüzey aktif maddeyle veya şelatlaştırıcı maddeyle muamele edilir. Son aşamada geriye kalan silt ve kil fraksiyonu ve kirlenmiş yıkama suyu çökeltim ve bekletme prosesleriyle arıtılır ve metaller ile ince toprak çamur olarak sistemden uzaklaştırılır.

Kimi zaman, kirletici giderim verimini artırmak üzere yıkama suyuna asitler, bazlar, şelatlaştırıcı maddeler, alkoller gibi kimyasal maddeler eklenmektedir. Bunlar arasında asidik sularla yıkama ve şelatlaştırıcı maddelerin kullanımına daha çok rastlanmaktadır.

Son yıllarda kirlenmiş topraklardan Pb'nin giderilmesi için büyük çaba harcanmaktadır. Toprak yıkama teknolojisi, kirlenmiş toprakların arıtılması için hem yerinde hem de izole edilip taşındığı yerde kullanılan yöntemlerden biridir. Uzun yıllardır yaygın bir şekilde kullanılmasına rağmen araştırmacılar hala toprağa bağlı kirleticileri, desorpsiyon ve çözünme ile sıvı faz transfer eden toprak yıkama teknolojisini geliştirmek için çabalamaktadırlar. Bu amaçla su, alkol, sitrik asit, dietilen triamin penta asetikasit (DTPA), etilen diamin tetra asetikasit (EDTA), sodyum nitrilo triasetat (NTA), hidroklorik asit (HCl) gibi pekçok kimyasal yıkama çözeltileri kullanılmıştır. Bu kimyasal maddelerden özellikle şelat yapıcılar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Ağır metallerle kuvvetli kompleks oluşturma ve yeraltı suyu sistemlerindeki biyolojik parçalanabilirliğinin nispeten düşük olması, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini bozmaması ve ortamin asitleşmesine neden olmaması sebebiyle yıkama çözeltisi olarak literatürde en yaygın kullanılan şelatlayıcı madde EDTA (Etilen diamin tetra asetik asit)'dır (Peters 1999, Kimveark.2003).

Bu araştırmanın amacı uygulanan EDTA ile toprakta Pb'nin giderim verimini test etmek ve maksimum yıkama veriminin hangi derişimde ve hangi katı-sıvı oranında elde edildiğini belirlemektir.

## **2. MATERİYAL VE METOT**

Araştırmada, Konya İlinin farklı yerlerinde bulunan tarım toprakları yüzden 35 cm altından çıkartılarak toplanmıştır. Alınan bütün numuneler, içinde bulunan taş, çakıl ve bitki parçalarından uzaklaştırmak için No14 (1.4mm) çaplı elekten geçirilip bir miktar örnek alınıp

etüvde 66,5°C de 24 saat kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Çalışma yapıldıktan sonra + 4°C deki buzdolabında plastik tüpler içerisinde saklanmıştır.

Bu yedi farklı tarım toprağı için yapılan pH değerleri Tablo 1 de verilmiştir.

**Tablo 1.** Toprak pH değerleri

		pH Değerleri
1.Numune	Doğrugöz Mısır	8,0
2.Numune	Doğrugöz (inşaat ilerisi) Fasulye	7,7
3.Numune	Doğrugöz Çayboyu Mısır Tarlası	7,8
4.Numune	Doğrugöz Mısır	8,0
5.Numune	Seyran Erik	8,1
6.Numune	Seyran (Gül) Erik	8,0
7.Numune	Seyran Kestane	8,0

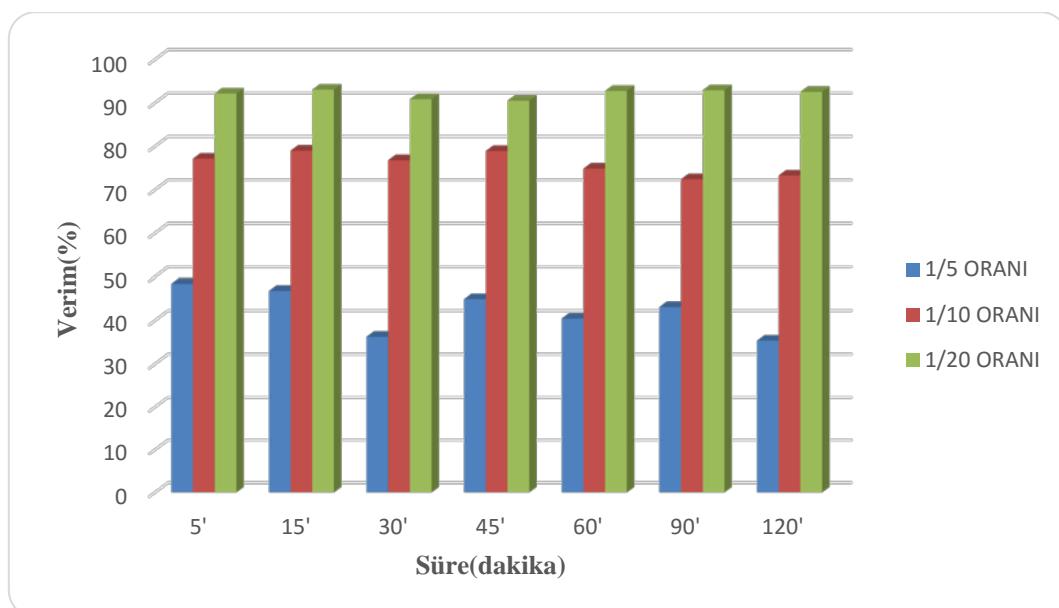
Mikrodalga ( ETHOS EZ) ile DG-EN 12 yakma metoduna göre yakılmıştır. Toprak numunelerinin içerisindeki kurşun miktarları ICP ( Optima 2100 DV ) tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yıkama işlemine en uygun toprak numunesinin 2 numaralı (Doğrugöz Fasulye) toprak olduğu belirlenmiştir.

Toprak katı-sıvı 1/5,1/10 ve 1/20 oranı olacak şekilde erlen mayerlerin içerisinde konularak farklı dönüş hızlarına ayarlanan shaker ( ZHWY-211D ) içerisinde konuldu. Belirlenen süreler sonunda 0,45µm filtre kağıtlarından süzülmüş kurşun giderim verimleri tespit edildi.

### **3. ARAŞTIRMA BULGULARI**

#### **3.1. 100 RPM DÖNÜŞ HIZI**

Shaker da 100 rpm lik dönüş hızlarında kurşun ağır metallerinin giderim verimleri Şekil 1. de gösterilmiştir.

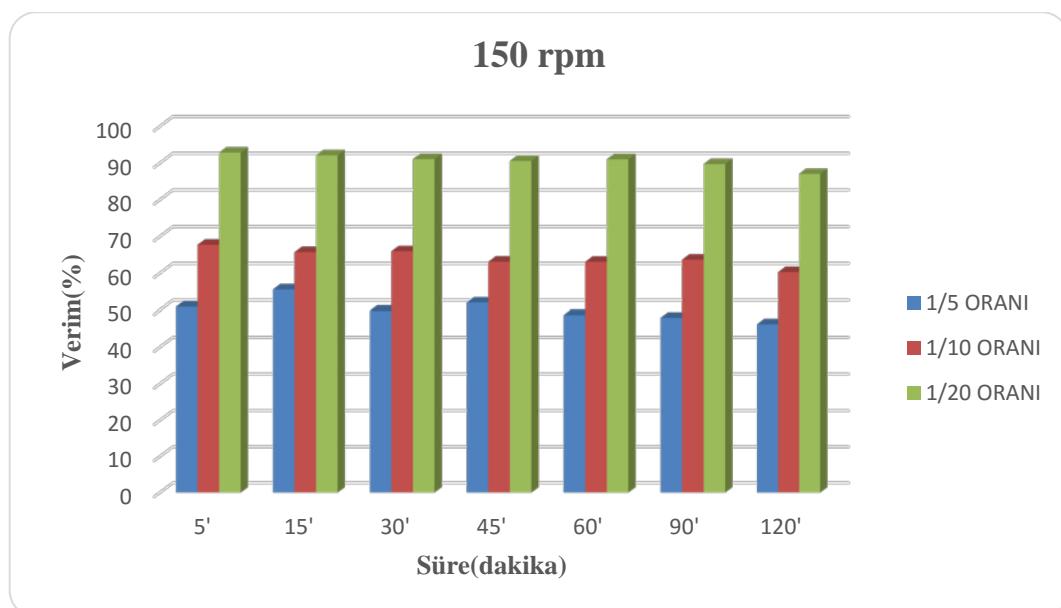


**Şekli 1.** 100 rpm Dönüş Hızlarındaki Giderim Verimleri

1/5 katı-sıvı oranında, kurşun giderim verimleri %35-49 arasında zamana bağlı değişim göstermiştir. 1/10 katı sıvı oranlarında ise en yüksek giderim verimi 15. dakikada %79 olduğu görülmüştür. 1/20 oranında ise giderim verimlerinin diğer oranlara nazaran daha yüksek olduğu görülmüş ve en yüksek verim 5. Dakika da %92 olarak tespit edilmiştir.

### 3.2. 150 RPM DÖNÜŞ HIZI

Shaker da 150 rpm lik dönüş hızlarında kurşun ağır metallerinin giderim verimleri Şekil 2. de gösterilmiştir.



**Şekli 2.** 150 rpm Dönüş Hızlarındaki Giderim Verimleri

100 rpm dönüş hızlarıyla kıyaslandığında 1/5 katı-sıvı oranında daha yüksek verimler elde edilmiştir. Bu oranda giderimleri %46-51 aralığında değişmiştir. 1/10 katı-sıvı oranı 100rpm lik dönüş hızından daha düşük giderim verimleri gözlenmiştir. Bu dönüş hızında en yüksek verimler 1/20 oranındaki çalışmalarda elde edilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Tarım topraklarına uygulanan farklı hız katı/sıvı oranı ve sürelerde EDTA ile toprak yıkama çalışmalarında katı sıvı oranı azaldıkça giderim verimlerinin arttığı ve bu verimlerin %92 seviyelerine kadar çıktıığı görülmüştür. Sürelerin artması ile verimler arasında lineer bir bağıntı kurulamamıştır.

EDTA ile toprak yıkama yönteminin topraklarda kurşun gideriminde yararlı olduğu sonucu çıkmaktadır.

#### KAYNAKLAR

Anonim (1997) Best Management Practices (BMP's) for Soil Treatment Technologies: Suggested Operational Guidelenes to Prevent Cross-media Transfer of Contaminants During Clean-up Activities, United States Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response (5305W).

Başkaya, H.S. ve Teksoy, A. (1997) Topraklarda ağır metaller ve ağır metal kirliliği, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, 763-771.

Campbell PGC, Stokes PM, Galloway JN (1983) Effects of atmospheric deposition on the geochemical cycling and biological availability of metals. In: Proceedings of the International Conference on Heavy Metals in the Environment, 6–9 September 1983, Heidelberg, 760–763.

Çepel N (1997) Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. TEMA Vakfı Yayımları, İstanbul.

Demir A, Koleli N (2013) The Effects of Different Salts of EDTA to Lead Removal from Contaminated Soil. *Ekoloji* 22 (86): 58-67.

Heil DM, Samani Z, Hanson AT, Rudd B (1999) Remediation of lead contaminated soil by EDTA, I. batch and column studies. *Water, Air and Soil Pollution* 113: 77-95.

Kim C, Lee Y, Ong SK (2003) Factors affecting EDTA extraction of lead from lead-contaminated soils. *Chemosphere* 51: 845-853.

McGrath SP (1987) Long-term Studies of Metal Transfers Following Applications of Sewage Sludge in Coughtrey. In: Martin PJ, Unsworth MH (eds), *Pollutant Transport and Fate in Ecosystems*, Oxford, 301-317.

Peters RW (1999) Chelant extraction of heavy metals from contaminated soils. *Journal of Hazardous Materials* 66: 151-210.

Uludağ Üniversitesi(2003), Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 1

## **AĞIR METALLERİN ÇEVRESEL ÖZELLİKLERİ VE ENDÜSTRİYEL ATIKSULARDAN ARITILMASI**

Vatha ÇAYILDAK<sup>1</sup>, Samet ÖZCAN<sup>1</sup>, Hasan KOÇYİĞİT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, AKSARAY, 68100

vethe.cyldk@hotmail.com

**ÖZET:** Metaller canlıların yaşam süresinde önemli roller üstlenirler. Ağır metaller yer kabuğunda doğal olarak bulunan bileşiklerdir, bozulmaz ve yok edilemezler. Vücudumuza gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile girmektedirler. İz elementler gibi bazı ağır metaller (örneğin bakır, selenyum, çinko) insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için gereklidirler. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilirler ve zehirlenmelere yol açabilirler. Ağır metaller biyobırıkmaya yol açtığından oldukça tehlikeli maddelerdir. Endüstrinin gelişmesi çevreye ve canlı ekosistemlere ağır metal salınımını artırmış, canlılar üzerinde olumsuz etkiler bırakmıştır (1). Bu makalede, ağır metallerin etkileri ve giderim yöntemleri hakkında bilgiler derlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ağır metaller, Endüstriyel atıksular, Giderim yöntemleri

### **Purification of Industrial Wastewater of Heavy Metals and Environmental Properties**

**Abstract:** Metals took on an important role in the life span of organisms. Heavy metals are natural components of the Earth's crust, imperishable, indestructible. Our body foods, drinking water, and air are entering. As trace elements, some heavy metals (e.g. copper, selenium, zinc) are essential to maintain the metabolism of the human body. However, at higher concentrations can be toxic and poisoning can result. Bioaccumulative substances as heavy metals are very dangerous leads. The live environment and the development of the industry the release of heavy metals into ecosystems increased and had negative effects on living organisms. In this article, information has been compiled about the effects of heavy metals and removal methods.

**Keywords:** Heavy metals, Industrial wastewater, Removal methods.

### **1.GİRİŞ**

Ağır metal, periyodik sıralamada (öğeler çizelgesi), üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan metaller için kullanılan ve bilimsel olmayan bir deyimdir. Genel olarak zehirli ve çevre kirliliğine neden olan tüm metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadır (2). Yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$  'ten büyük olan veya atom ağırlığı 50 ve daha büyük olan elementlere ağır metaller denir. Ağır metallere örnek olarak; Bakır (Cu), Demir (Fe), Çinko (Zn), Kurşun (Pb), Civa (Hg), Kobalt (Co), Krom (Cr), Nikel (Ni) ve Kadmiyum (Cd) verilebilir. (1)

Metaller canlıların yaşam süresinde önemli roller üstlenirler. İnsanlar için ağır metaller küçük bir miktara kadar vücutumuza gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile girerler. İz elementler gibi bazı ağır metaller (örneğin sodyum, potasyum, kalsiyum, demir, bakır, selenyum ve çinko) insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için gereklidirler. Redoks tepkimelerinde kullanılırlar, elektrostatik interaksiyonlarda molekülleri stabilize ederler, enzimlerin yapısal bileşeni olarak görev alırlar ve osmotik basıncın düzenlenmesinde etkilidirler. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilirler. Ağır metal zehirlenmesi oluşabilmektedir, örneğin kontamine olmuş içme suyundan (kurşun borular),

emisyon kaynaklarına yakın ortamın hava konsantrasyonun yüksek olmasından kaynaklanabilir (4).

Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir. Ülkemizde de başta tuz ihtiyacımızı karşıladığımız tuz gölü olmak üzere kapalı göllerimizde yeterli çevresel önlem almadığımız ve su havzalarında kontrollsüz sanayileşmeye izin verdigimizden dolayı ağır metal konsantrasyonu sürekli yükselmektedir (3).

### **1.1. Ağır Metallerin Doğada Bulunu ve Yayılımı**

Antik çağlarda metallerin cevherleri işlenmeye başlandığından beri metaller insan faaliyetleri sonucu olarak doğal çevrimler dışında atmosfere, hidrosfere ve pedosfere yayılmaya başlamışlardır. Her gün yüzlerce kirletici doğaya deşarj edilmektedir. İnsanlığı tehdit eden kirleticilerin en önemlileri; petrol, yağ, klorlu hidrokarbonlar, radyoaktif atıklar, sentetik deterjanlar, pestisitler, yapay ve doğal tarımsal gübreler, ağır metaller, bakteri ve virus gibi hastalık yapıcı canlılardır. Bu kirleticilerin içinde yer alan ağır metallere alıcı ortamların en ciddi kirleticileri gözüyle bakmak gerekmektedir. Çünkü ağır metal içeren kirleticiler sucul ortamlarda veya sucul canlılarda birikim gösterebilirler. Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir.

Havaya atılan ağır metaller, sonuça karaya ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvanlara ve insanlara ulaşırlar ve aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan aerosol olarak veya toz halinde solunurlar. Ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin tozlaşması yoluyla da hayvan ve insanlar üzerinde etkin olurlar.

**Tablo 1.** Temel endüstrilerden atılan metal türleri (2).

Endüstri Türü	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+

Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

## 1.2. Çevresel Etkileri

Günümüzde karşılaşılan ciddi sorunlardan biri de sanayi ve diğer atıklardan kaynaklanan çevre kirlenmesidir. Daha çok endüstriyel atıklardan ağır metaller, toprak, hava ve su için önemli kirlenticiler arasındadır. Kirlenen bu sahalar, bünyesinde barındırdığı canlı organizmalar için büyük tehlikeler oluşturmaktadır. Kirlenmiş çevreyi temizlemek oldukça pahalı ve kompleks tesisler gerektiren uzun bir çalışma ile mümkündür. Bu sebeple su, toprak ve havanın kirlenmesini önleyici tedbirlerin alınmasına çalışmak daha da önem kazanmaktadır. Bu sahalardan en önemlisi su kirliliğidir. Çünkü toprak ve havada kirlilik yaratan materyaller zamanla yağmur ve kar gibi etkenlerle suya geçmektedir. Ayrıca zararlı maddeler canlı organizmalar tarafından su ile birçok yoldan kolay ve yaygın olarak alınabilmektedir. Suda bulunan ağır metaller; bitkiler, hayvanlar ve su ürünleri tarafından depo edilirler. Böylece insanlar bütün yiyecek ve içecekleri ile birlikte belirli miktarlarda metalleri de alırlar. Özellikle toksik organik atıkların metallerle birleşerek veya başka bileşiklere dönüşerek daha toksik hale geçmeleri önemli sorunlar yaratmaktadır. Bu nedenle tarım, hayvancılık ve içme suyu olarak kullanılacak suların ağır metal kirliliğini dünyaca kabul edilen limite indirmek gerekmektedir (7).

## 1.3. İnsan Metabolizmasında Ağır Metaller

Ağır metallerin insan metabolizmasında oluşturdukları etki ve etkin oldukları aşamaları ana sistemler açısından kısaca ele alırsak bunları

- Kimyasal reaksiyonlara etki edenler
- Fizyolojik ve Taşınım sistemlerine etki edenler
- Kanserojen ve mutojen olarak yapı taşlarına etki edenler
- Alerjen olarak etki edenler ve
- Spesifik etki edenler olarak sıralamak mümkündür (3).

## 2. Ağır Metal İçeren Atıksuların Arıtım Yöntemleri

Endüstrilerden kaynaklanan inorganik atıksuların içeriği Cd, Cu, Cr, Ni, Zn gibi toksik maddeler besin zincirinde birikme eğilimi gösterirler. Ağır metallerin sucul çevrede yüksek çözünürlüğü nedeniyle canlı organizmalar tarafından absorbe edilebilirliği yüksektir. Besin zincirine bir kere girmeleriyle birlikte insan vücudunda geniş konsantrasyonlarda ağır metal birikebilir. Son yıllarda hem atıksu üretim miktарını azaltmak hem de arıtlan suyun kalitesini artırmak için ağır metal içeren atıksularda farklı arıtım teknolojileri geliştirilmiştir. Kimyasal çöktürme, koagülasyon flokulasyon, flotasyon, iyon değiştirme ve membran filtrasyon gibi teknikler üzerine çalışılmıştır.

Atık su arıtımında temel amaç suyun kirlilik derecesinin kullanım amacına göre istenilen düzeye getirilmesidir. Bu amaca yönelik olarak çeşitli arıtma yöntemleri uygulanmaktadır. 1980-2006 yılları arasında ağır metal arıtımı üzerine 120 civarında çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar incelendiğinde; ağır metal içeren atıksuların arıtımında en çok iyon değiştirmeye ve membran filtrasyonu yönteminin çalışılmış olduğu görülmektedir. Tayland ve Türkiye'de elektrokaplama atıksularının arıtımı için kimyasal çöktürme yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda inorganik atık su arıtımı için membran ayırma hızlı bir şekilde elverişli olarak kullanılmaya başlanmıştır. Membran filtrasyonunun; ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters osmoz gibi farklı tipleri mevcuttur. Tayvan ve Güney Kore'de atıksudan  $Cd^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  iyonlarını gidermek için membran filtrasyon kullanılmaktadır. Elektrodiyaliz, membran elektroliz ve elektrokimyasal çöktürme gibi elektro arıtımalar da son dönemde popüler olmaya başlamıştır (5).

## **2.1. Kimyasal çöktürme**

Kimyasal çöktürme; çözünmüş ve askıda kalmış katı maddelerin fiziksel ve/veya kimyasal durumunu kimyasal madde ilavesiyle değiştirerek çökelmeyi kolaylaştırma işlemidir. Çöktürme temel olarak ilave edilen kimyasal maddenin kirletici maddeyi sürükleme ile veya çökebilir hale getirmesi ile gerçekleşir. Bazı durumlarda kimyasal madde ilavesi, atık sudaki çözünmüş madde konsantrasyonunun artışına neden olabilir. Kimyasal çöktürme standartlara uyum sağlamak için aşağıdaki durumlar da kullanılabilir; Atık su özellikleri mevsimsel değişimler gösterirse, Orta derecede bir arıtma gerektiğinde, Çökeltim işlemini kolaylaştırmak ve/veya iyileştirmek için. Kimyasal çöktürmede kullanılan kimyasal maddeler  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Fe_5O_4$ ,  $Ca(OH)_2$ ,  $FeCl_3$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$  ve polielektrolitlerdir (5).

## **2.2. Koagülasyon**

Kireç, demir(III)klorür, alum yalnız veya birlikte çöktürücü koagülat olarak su arıtma işlemlerinde kullanılır. Metallerin çoğu çökelme sedimentasyon ile kolaylıkla ayrılabilir. Bununla beraber, kullanılan koagülanta bağlı olarak farklı neticeler elde edilir. Örneğin, demir(III)klorür civa iyonlarını gidermede kireç veya alum'dan çok daha etkilidir. Alüm ise nikel ve çinkoyu gidermede çok etkili olmasına karşılık kurşuna ancak %91 oranında giderebilir (6).

## **2.3. Kompleks yaparak çöktürme**

Ağır metaller poliasitler ile suda çözünebilen kompleksler oluşturulabilir; bir polibazın ilavesinde durumunda ise suda çözülmeyen komplekslere dönüştürülür. Metaller, kompleks çökeleğin mineral asitleri ile liç edilmesi suretiyle geri kazanılır. Bu ekstraksiyon esnasında polimer kayıpları genellikle minimum olurken; poliasit ve polibazda yeniden kullanılabilir (6).

## **2.4. Sementasyon**

Sementasyon, kısaca kimyasal olarak yer değiştirme veya bir metalin diğer bir metalin yerine geçmesi olarak değerlendirilebilir. Bakır, cıva ve gümüş bu teknik ile atık sulardan geri

kazanılan başlıca metallerdir. Sementasyon sadece metallerin ayrılması için değil Cr<sup>+6</sup>'nın Cr<sup>+3</sup>'e indirgenmesi için de uygun bulunmaktadır.

Çözünmüş metal ihtiva eden çözelti çok aktif bir metal ile temasta olduğu zaman, çözünmüş metal iyonları elektrokimyasal olarak aktif metal üzerinde metalik bir hale indirgenirken; buna karşılık çok aktif olan metalin bir kısmı de iyon halinde çözeltiye geçer. Metaller arasındaki elektromotor kuvveti (E.M.K) ne kadar büyük ise, sulu fazdaki sementasyon işlemi o kadar hızlı yürütür ve az aktif olan metal çok saf bir halde elde edilir. Sementasyon işlemeye bir örnek olarak bakırın demir üzerinde metalik hale indirgenmesi verilebilir. Sementasyon, çeşitli metal kirleticileri ihtiva eden küçük ölçekli atık suların arıtma işlemi çok uzun zaman gereği için, sementasyon işlemi avantajlı olmaktadır (6).

## **2.5. Elektrolitik olarak geri kazanma**

Elektrolitik arıtma teknikleri atık suların işlemlerinde en çok istifade edilen tekniklerden biridir. Bu teknik ile siyanürler yok edilir, krom indirgenir ve metaller çok saf bir şekilde geri kazanılır. Elektrolitik prosesler, yüksek konsantrasyonda metal ihtiva eden atıksuların arıtma işlemlerinde yaygın olarak kullanılmasına karşılık; bilhassa, düz elektrotlar ile yapılan geleneksel elektrolizle çok düşük verim elde edildiğinden dolayı seyreldik atıksuların artılma işlemlerinde kullanılması pek uygun bulunmamaktadır. Çünkü, seyreldik sulu çözeltilerin çok yüksek elektrik direncine sahip olmaları nedeniyle bu yöntemle arıtılmaları çok pahalıya mal olmaktadır. Elektrolitik proseslerden, hem pek çok metal kirletici içeren kaplamacılık ve asitli maden işletme atıksularının arıtmasında, hem de fotoğrafçılık işlemlerinden gelen atıksulardan gümüşün geri kazanılmasında da istifade edilmektedir (6).

## **2.6. Elektrodiyaliz**

Elektrodiyaliz bir membran prosesi olup, elektrik alnı etkisiyle iyonik kirleticileri konsantre etmesine veya gidermesine karşılık, daha tuzlu sulardan içilebilir su elde edilmesindeki uygulaması ile tanınır. Elektrodiyaliz işlemlerinden yüksek verim elde etmek için, anahtar görevi gören anyon veya katyon seçici membranın çok ince olması gereklidir. Bu prosesste, besleme membranın bir tarafındaki bölgeye alınır ve uygun bir doğru akım voltajı tesiri ile anyonların veya katyonların membran içerisindeki diğer taraftaki bölgeye göç etmeleri sağlanır. Böylece anyon seçici membran ile katyonların, katyon seçici membran ile de anyonların membran içerisindeki geçişleri engellenerek atık su istenmeyen katyonlardan veya anyonlardan temizlenir (6).

## **2.7. Solvent ekstraksiyonu**

Sıvı-sıvı ekstraksiyonu olarak da bilinen solvent ekstraksiyonu, kimyasal proses endüstrilerinin temel birim işlemlerinden biridir. Buna karşılık, ancak 1960'lı yillardan sonra atık suların arıtma işlemlerinde kabul görmeye başladı. Metallerin ekstraksiyonu esnasında sulu çözelti önce ağır metal iyonları ile tercihli olarak bileşen organik reaktif ile temas ettirilir, daha sonra ağır metal - organik bileşiği organik fazda çözünebilen şekle dönüştürülür. Solvent formülasyonu su ile karışmadığı için, fazla temas işleminden sonra kolaylıkla ayrılabilir. Bundan sonra metal organik fazdan sıyrıılır ve geleneksel metodlarla geri kazanılabileceği suda

çözülebilir formuna konsantre edilir. Kullanılan solvent, çok kez taşıyıcı solvent ve taşıyıcı solventte çözünmüş ekstraktanttan ibarettir. Çünkü ekstraktantların bir kısmı çok viskoz olduğu için taşıyıcı solvent ile viskozitelerinin düşürülmesi kaçınılmaz olmaktadır. Bazen modifier edilen denilen üçüncü bir komponent katarak tuz çökeltmesini veya üçüncü fazın oluşumunun engellenmesi de gerekebilmektedir. Pek çok ekstraktant hayli seçicidir. Örneğin, LIX 34'un bakıra karşı büyük ilgisi vardır ve modifier kullanılmaksızın bakırı ekstrakte eder. Taşıyıcı solventlere örnek olarak Solvesso 100, Chevron 3 ve Norpar 12 gibi ticari isimlerle bilinen kerosen verilebilir (6).

## **2.8. Sıvı membranlar**

Sıvı membranlar esasen su ile karışmayan emülsiyonlar olup; hidrokarbon solvent, yüzey aktif madde ve aditif karışımından meydana gelen yağ fazı olarak da değerlendirilebilirler. Bunun yanında, atıksulardan ekstrakte edilen kirletici maddelerin sıyrılma işlemlerinin yapılabilmesi için uygun reaktif içerikli sulu çözelti damlacıklarını da kuşatmış halededirler. Sıvı membranlar pek çok hususta solvent ekstraksiyonuna benzemesine karşılık, ekstraksiyon ve sıyırmaya işlemlerini tek kademe birleştirdiği için solvent ekstraksiyonundan farklı olmaktadır. Eğer ayrılacak kirleticiler yağ fazında yeterince çözünmüyorsa, transfer işlemini kolaylaştmak için uygun bir iyon taşıyıcı veya ekstraktant da ihtiyac etmek durumundadır. Bu prosesin, ağır metaller,  $\text{NH}_4^+$  ve bir çok organik bileşigin atık sularından giderilmesinde başarılı olduğu kabul edilmektedir (6).

## **2.9. Ters osmoz**

Ters ozmoz, yüksek basınç ve yarı geçirgen membran vasıtası ile kirleticilerin atıksulardan uzaklaştırıldığı bir proses olarak tanımlanabilir. Bu proses esasen bir konsantrasyon tekniği olup, daha çok konsanrenin yeniden kullanılacağı durumlarda tercih edilmektedir ters ozmoz ile ultrafiltrasyon birbirine benzer ve aralarında çok kesin bir fark bulunmaz. Bununla beraber, ultrafiltrasyon katılıları şekil ve boyutlarına göre ayıran fiziksel; ters ozmoz ise membran çözelti etkileşimleri sonucu verimliliğin belirlendiği fizikokimyasal bir proses olarak değerlendirilebilir (6).

## **2.10. Şarjlı membran ultrafiltrasyonu**

Şarjlı membran ultrafiltrasyonun da, yüksek su geçisi sağlayan ve ağır metalleri mükemmel şekilde geri iten negatif yüklü membranlar kullanılır. Şarjlı membran ile ağır metallerin veya iyonik katıların ayrılması, metaller veya iyoniklerin membran üzerindeki sabit şarj grupları tarafından geri itilmesi esasına dayanır. Şarjlı membran ultrafiltrasyonu, asitli madencilik, kağıt endüstrisi, elektrolitik kaplama suları gibi sentetik çözeltilerin sözü edilen kirleticilerden kurtarılmasında başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (6).

## **2.11. Ozonla muamele**

Ozonla muamele, su ve atık su arıtma işlemleri için en geçerli tekniklerden biri olarak kabul edilir. Su arıtımında çok önceden beri kullanıldığı halde, evsel ve endüstriyel atık suların arıtılması işlemlerinde kullanılması daha yendir. Petrol rafinerileri, fotoğrafçılık ve

elektrolitik kaplama işlemlerinden gelen deşarjlar; ozonlama ile başarılı bir şekilde arıtilan atık sulardan sadece birkaçıdır. Ozonlama ile suda çözünebilen metal - organik kompleksler, fenoller, siyanidler ve yüzey aktif maddeler de kolaylıkla bozunurlar. Bu işlemin önemli bir diğer uygulaması da içme sularından demiri ve mangani elimine etmesidir (6).

### **2.12. Köpükle ayırma (Flotasyon)**

Son yıllarda bu prosesler evsel ve endüstriyel atık suların arıtılma işlemlerinde de çok kullanılmaya başlandı. Köpükle ayırma prosesleri, köpükle fraksiyonlama, iyon flotasyonu, çökelme flotasyonu ve mikroflotasyon olmak üzere birkaç kategoriye ayrılabilir. İyon flotasyonu, ayrılacek iyonlar ile hemen hemen stokiyometrik oranda yüzey aktif madde metal iyonları ile birleşerek suyu sevmeyen kolloidler oluşturur ve onları gaz - sıvı ara yüzeyinde bir araya getirir. İyon flotasyonu aşırı seçiliğine karşılık, nispeten yüksek reaktif dozajları kullanmayı gerektirir. Bundan dolayı, prosesin ekonomik olarak kullanılabilmesi köpükte konsantrasyonlu olan yüzey aktif maddenin geri kazanılmasına bağlı olmaktadır (6).

### **2.13. Aktif karbon adsorpsiyonu**

Aktif karbon adsorpsiyonu çözülmüş organiklerin ayrılması için kullanılan tekniklerin en popüler olanlarındandır. Tanecikli karbon yapı tercih edilmesine karşılık; hem tanecikli, hem de toz hali ile de kullanılabilir. Aktif çamur sistemlerinde (havalandırma havuzlarında) toz haldeki aktif karbonun kullanılmasından sonra, petrokimya, tekstil ve diğer atıksuların arıtılma işlemlerinde de son yıllarda aktif karbon kullanılmaya başlandı. Aktif karbonun bunların yanında, biyolojik arıtma işlemleri sırasında ağır metalleri gidermesi, KOI ve BOI eğerlerini iyileştirmesi gibi üstünlükleri de bulunmaktadır Metal ayırma işlemlerinde kullanılan aktif karbon; kostik ile desorpsiyon, ısıl yenileme, asit yıkama v.b. tekniklerle yenilebilmektedir (6).

### **2.14. İyon değiştirme**

Bu işlemde çözelti bir reçine yatağından geçirilirken, ya katyonlar ya da anyonlar seçici olarak ayrılırlar. İyon değiştirme geleneksel metodların başarılı olamadığı atık suların, bilhassa seyredik atıksuların arıtılma işlemlerinde uygulanabilir. Kirlenmeyi önlemek, dolayısıyla membran ömrünü uzatmak için bir ölçüde ön arıtma yapmak gereklidir. Bu yöntem ile, hem ağır metaller mükemmel bir şekilde giderilir hem de arıtılan suyun kalitesi çok yüksek olur (6).

### **2.15. Evaporatif geri kazanma**

Evaporatif geri kazanma, kaplama endüstrilerinden gelen kirliliklerin kontrolü için düşünülmüş iyi bir tekniktir. Kaplama banyolarının hemen her tipi başarı ile uygulanmasına karşılık, atık ısının kullanılabilıldığı durumlarda çok daha çekici olmaktadır (6).

## **3. SONUÇ**

Ağır metaller veya diğer zehirli maddelerden bir veya birkaçını içeren kullanılmış suların alıcı sulara verilmesi, su ortamında bulunan organizmalar için zehirleyici etki yapar ve ortamdaki canlı yaşamı tehlikeye sokar. Ağır metaller, kirletmiş olduğu suların kendiliğinden

temizlenmesini önlediği gibi tarımsal açıdan da sulamada bazı sınırlamalar getirmektedir. Ağır metallerin zehirleyici özelliklerinden dolayı ekosistemi kirletme etkileri insan sağlığını da tehlkeye sokmaktadır. Bu nedenle kirlilik kaynaklarından oluşan atıksular çevreye verilmeden önce arıtilarak çeşitli su standartlarına göre izin verilen kirlilik değerlerinin altına düşürülmelidir.

Ağır metaller bitkilerde depolanmakta ve enzimlerle birlikte pek çok yaşamsal faaliyeti düzenlemektedir. Bu nedenle ağır metallerin zehirleyici özelliklerinden dolayı ekosistemi kirletme etkileri insan sağlığını da tehlkeye sokmaktadır. Doğada bulunan ağır metallerin besin zincirine katılan canlıların bünyelerinde biyolojik olarak birikme eğiliminde olmaları ve zehirlilik etkilerinden dolayı bitki, hayvan ve insan hayatı açısından büyük bir tehdit haline gelmektedir. Bu nedenle ağır metal içeren evsel ve endüstriyel atık sular boşaltılmadan önce arıtilmalıdır.

Atık sulardaki ağır metaller endüstriden ve belediye kanalizasyonlarından gelmektedir ve su ile toprak kirliliğinin ana nedenlerinden biri haline gelmiştir. Bu metallerin atık sularda aşırı birikimi insanoğlunun yaşam tarzi ve bölgedeki endüstriyel kuruluşlar gibi yerel faktörlere de bağlıdır. Atık su tesislerinden çeşitli biyolojik organizmaları kullanarak ağır metallerin arındırılması ve kontrolünün sağlanması beklenmektedir. Mikroorganizmalar için ağır metal kirliliği çok iyi belgelenmektedir. Belli konsantrasyonlarda ağır metallerin bitkilerde, yüksek organizmalarda ve mikroorganizmalarda toksik etki yarattığı belirlenmiştir. Bu nedenle, ağır metallerin atık sulardaki varlıklarını sadece büyük bir çevresel tehdit olarak görülmemektedir. Aynı zamanda mikrobiyal aktiviteyi de son derece düşürmektedir. Sonuç olarak biyolojik atıksu arıtma süreçlerini de olumsuz etkilemektedir (1).

#### **4. KAYNAKLAR**

- 1.[http://www.journalagent.com/turkhijyen/pdfs/THDBD\\_69\\_4\\_235\\_253.pdf](http://www.journalagent.com/turkhijyen/pdfs/THDBD_69_4_235_253.pdf)
- 2.<http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sdugeo/article/viewFile/2703/2422>
- 3.[http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136\\_4753.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf)
- 4.<http://biotek.ankara.edu.tr/files/NALAN-OYA-SAN-Mayalar%C4%B1n-A%C4%9F%C4%B1r-Metal-ve-Boyar-Madde-Giderimi.pdf>
- 5.<https://prezi.com/kbs2qbdvvyes/untitled-prezi/>
- 6.<http://mfozelders.blogspot.com.tr/2012/05/atik-sulardan-agir-metal-giderilmesi.html>
- 7.[http://maycalistaylari.comu.edu.tr/kimya2/sunumlar/projeraporlari/b\\_grubu\\_proje\\_raporu\\_metalciler.pdf](http://maycalistaylari.comu.edu.tr/kimya2/sunumlar/projeraporlari/b_grubu_proje_raporu_metalciler.pdf)

## İÇME SUYU BORULARINDA BIYOFİLM OLUŞUMU VE ÖNLENMESİ

Yasin MAZLUM<sup>1</sup>, Durdane YILMAZ<sup>2</sup>

Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

<sup>1</sup>yasinmazlum061@hotmail.com, <sup>2</sup>dyilmaz@aksaray.edu.tr

**ÖZET:** Eksopolisakkart (EPS) matriks içinde sıvı bir yüzeye tutunan mikroorganizma topluluğundan oluşan biyofilmler içme suyu boruları için ciddi problemlere neden olmaktadır. Hücre dışı polimerik matriks, biyofilmlerin önemli yapısal ögesidir. Polisakkart, protein, DNA ve sudan oluşan hücre dışı matriks, biyofilm hücrelerinin tutunmasını sağlar. Matriksin en önemli fonksiyonlarından birisi UV radyasyon, farklı pH koşulları, ozmotik basınç, su kaybı, antibiyotik gibi birçok faktöre karşı bakteriyi korumaktır. Bu makalede, içme suyu borularını ilgilendiren en önemli sorumlardan biri olduğu için, biyofilm oluşumu, yapısı ve önlenmesi hakkında bilgiler derlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Biyofilm, eksopolisakkart matriks, içme suyu

## BIOFILM FORMATION AND PREVENTION IN DRINKING WATER PIPES

**Abstract:** Biofilms which consists of microorganisms attached to the surface of a liquid exopolysaccharide (EPS) matrix cause serious problems for drinking water pipes. The extracellular polymeric matrix is an important structural component of biofilms. Extracellular matrix, which forms with polysaccharides, proteins, DNA and water, allows to hold on to biofilm cells. One of the most important functions of matrix is to protect the bacteria against many factors such as UV radiation, different pH conditions, osmotic pressure, water loss, antibiotics. In this article, biofilm formation, structure and preventing information has been compiled just because one of the most important issues for drinking water pipes.

**Key Words:** Biofilm, exopolysaccharide matrix, drinking water

### 1. Giriş

#### 1.1. Biyofilmin Oluşumu

Biyofilm, polisakkart matriks içine gömülü olarak birbirine veya bir yüzeye geri dönüşümsüz olarak tutunmuş halde yaşayan mikroorganizmaların oluşturduğu topluluktur. Biyofilm yapısını küfler, mayalar, algler, protozoalar, virüsler, bakteriler oluşturabilmektedir. Saf kültürlerden oluşabildiği gibi karışık mikroorganizma türlerinden de oluşabilir. Biyofilm yapısındaki mikroorganizmalar hücre dışı polimerik maddeler (EPS) salgılayıp canlı veya cansız yüzeylelere geri dönüşümsüz olarak bağlanırlar. “*Quarum sensing*” (QS) sinyal molekülleri, otoindükleyiciler, EPS’nin salgılanmasına neden olan işlemler üç boyutlu biyofilm yapısının oluşumuna yol açar.

İnfeksiyon hastalıklar ile biyofilm oluşturan mikroorganizmalar arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Bu mikroorganizmalar özellikle kalp iç zarı iltihabı, periodontit, kistik fibroz gibi hastalıklara neden olur. 1930’ lu yillardan bugüne kadar yoğun bir şekilde araştırılan biyofilm tabakası, endüstriyel/evsel su sistemlerinde, ısı değiştiricilerde, su iletken borularda, su arıtma, depolama, işleme dağıtım tesislerinde ”biyofouling” olarak da adlandırılan istenmeyen tortu ve tabakalaşmalara yol açarak önemli derecede ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

Boru hatlarında oluşan biyofilm, boru hattı boyunca akışın azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca biyofilm oluşan borularda ısı taşınımı azalabilmekte, biyofilm ürünü

kontamine olabilmekte ve biyofilm içindeki asit oluşumu nedeniyle borular korozyona uğrayabilmektedir.

Bakterilerin kümeler halinde ve EPS içinde bulunmaları sonucu fagositlerin etkisiyle güçleşir ve hümoral immün sistem bileşenlerinin bakterilere ulaşması engellenmiş olur. Uygun koşullar altında bozulma etmeni olanlar ile patojen özellik gösteren tüm mikroorganizmalar tarafından biyofilm oluşturabilir. Biyofilm oluşumu ve bakterilerin yüzeylere bağlanma düzeyi, ortamın pH'sı ve sıcaklığı, bakteri türü, bakteri hücre duvarının yapısı, bakteri sayısı, bağlandığı yüzeyin özellikleri, hücre hareketliliği, ortamındaki besin maddelerinin içeriği ve miktarı, iyon konsantrasyonu gibi birçok faktör ile değişebilmektedir.

### **1.2. Biyofilm tabakasının tanımı**

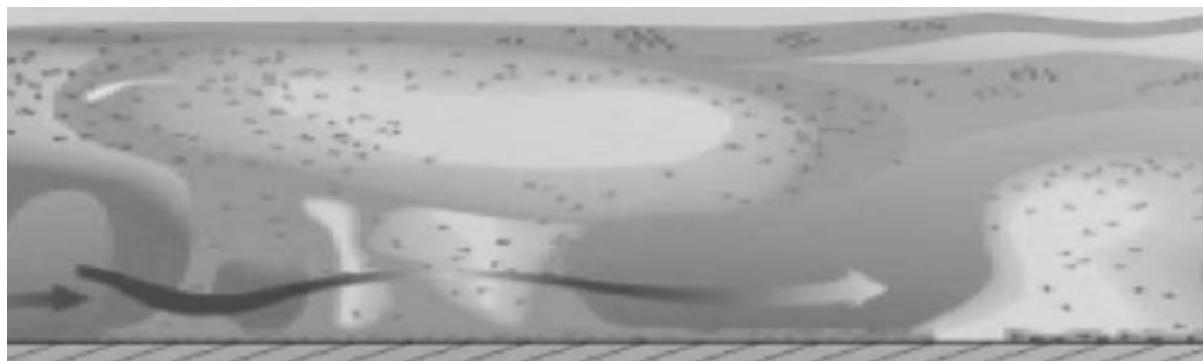
Biyofilm, bakterilerin oluşturduğu kompleks bir organizasyondur. Organize bir yapı içerisinde birlikte yaşayan bakteriler yüzeylere tutunur ve birbirleriyle uyum içindedirler. Bakteriler, polisakkartitlerden, nükleik asitlerden, lipidlerden ve hücre dışı polimerik maddelerden oluşan matriksin içine gömülüdürler. Fosil kayıtları üç milyar seneden beri prokaryotların biyofilmler halinde yaşadıklarını göstermektedir. *Pseudomonas aeruginosa*, *Hemophilus influenzae*, *Streptococcus pneumoniae* ve *Staphylococcus aureus* gibi birçok hastalık etkeni biyofilm oluşturabilir.

Biyofilm yapısı oldukça çeşitli yüzeylerde meydana gelebilir. Örneğin doğal su sistemlerinde, su arıtım, depolama, işletim ve dağıtım sistemlerinde, endüstriyel veya evsel su sistemlerinde, ısıtıcılarda ve doğada oluşabilmektedir.

### **1.3. Biyofilmin yapısı**

Biyofilm kütlesinin %97 gibi büyük bir kısmını su oluşturur. Matriks içindeki diğer bileşenler ise; %1-2 EPS, %1-2 globuler glikoproteinler ve diğer proteinler, %1-2 nükleik asit, lipit, fosfolipitlerdir. Ancak bu oranlar mevcut organizmaların çeşidine, fizyolojik özelliklerine, gelişme ortamının doğasına, akışkanın tipine, genel fiziksel özelliklere göre değişebilmektedir.

Polisakkartit, protein, DNA ve sudan oluşan ekstrasellüler matriks biyofilm hücrelerinin tutunmasını sağlar. Yüzeye sıkıca tutunan bakteri burada çoğalarak önce mikrokolonileri, mikrokolonilerde büyümerek ve genişleyerek biyofilm tabakasını oluşturur. EPS üretimi, organizmanın yüzeye dönüşümsüz olarak tutunması için gereklidir ve bu biyofilm oluşumunun bir göstergesidir. Olgun bir biyofilmin kütlesinin %75–90'ını EPS oluşturmaktadır.



### **Şekil 1.1. Biyofilmin Yapısı**

#### **1.4. Biyofilm nerelerde oluşur?**

Biyofilm tabakasına su ile temas eden tüm yüzeylerde, örneğin; endüstriyel veya evsel su sistemlerinde, su iletken borularda, su arıtma, depolama, işleme ve dağıtım tesislerinde, soğutma kulelerinde, kağıt makinelerinde ve dış unitelerinde rastlanabilir.



**Şekil 1.2. Biyofilm Oluşan Yüzeyler**

#### **1.5. Mikroorganizmalar Neden Biyofilm Oluşturur?**

##### **1.5.1. Savunma**

Mikroorganizmalar çevreden aldığı sinyalleri tehlike gibi algılar korunmak için biyofilm oluşturur.

##### **1.5.2. Adhezyon (yapışma) ve Kolonizasyon**

Mikroorganizmalar boru yüzeyine yapışırlar. Gelişmek ve çoğalmak için koloni oluştururlar.

##### **1.5.3. Yaşanabilir Çevre Geliştirme**

Özellikle ortamındaki glukozun bakteri tarafından kullanılabilir olmasının bakterilerin EPS ekspresyonu ve biyofilm oluşturmalarını belirgin bir şekilde artırdığı gösterilmiştir.

#### **1.6. EPS Tabakası**

EPS, biyofilmin organik karbonlarının %50-90'ını oluşturmaktadır. EPS esas olarak polisakkartitlerden oluşur. Gram negatif bakterilerde polisakkartitlerden bazıları doğal, bazıları da polianyoniktir. Bu anyonik özellikler, kalsiyum ve magnezyum gibi divalent katyonların etkileşimlerini sağlar. Polimer iplikçiklerle çapraz bağ kurarlar ve gelişmiş olan biyofilmlerde bağlanma gücünün artmasını sağlamaktadırlar. Stafilocoklar gibi Gram pozitif bakterilerde ise EPS'nin kimyasal bileşeni katyonik özelliktedir. Ayrıca EPS yüksek oranda su içermektedir.

#### **1.7. Biyofilm Oluşum Mekanizması**

Bakterilerde biyofilm gelişiminin başlaması taze besiyeri sağlandıça devam eder. Ancak ortamındaki besin maddeleri tükenince yüzey bağlantıları zayıflar ve planktonik modlarına geri dönerler. Açıkh空白 durumu hücrelerin yeni taze besin kaynakları aramalarını, ortamlara daha iyi adapte olmalarını ve yayılmalarını sağlar.

##### **1.7.1. Yüzey Koşulları**

Bakteriler, farklı tipteki yüzeylere tutunabilirler. Bu nedenle de biyofilm oluşturma ve gelişimleri de bu yüzey koşullarına göre değişebilmektedir. Örneğin *Legionella pneumophila*

hücrelerinin kauçuk yüzeylere tutunma düzeyi  $2.2 \times 105$  kob/cm<sup>2</sup> civarında iken, etilen-propilen, polivinil klorür, polipropilen, yarı çelik, paslanmaz çelik ve cam yüzeylerde tutunma oranının daha az olduğu belirlenmiştir.

Bozulma etmeni birçok mikroorganizma paslanmaz çelik, alüminyum, cam, ahşap, teflon ve plastik materyaller üzerinde biyofilm oluşturdukları belirlenmiştir. Nylon ve teflon yüzeyler düz olduğundan mikroorganizmalar yapışmış gibi görünürler. Bununla birlikte paslanmaz çelik yüzeyler çatlak ve yarılmalar nedeniyle pürüzlü bir yüzeye sahip olabilirler.

### **1.7.2. Bakterilerin Yüzeye Tutunması ve Biyofilm Oluşumu**

Mikroorganizmalar gelişim evrelerine göre planktonik ve yerleşik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Planktonik hücreler bireysel olarak serbest yaşarlar. Yerleşik hücreler ise bir yüzeye tutunur ve bir araya gelerek topluluk halinde fonksiyonlarını gerçekleştirirler. Bakterilerin yüzeye tutunmaları iki basamakta incelenebilir.

### **1.7.3. Dönüşümlü Tutunma**

Yüzeye organik ve/veya inorganik maddelerin yapışmasını takiben mikroorganizmalar bu yüzeye geri dönüşür özellikte tutunur.

### **1.7.4. Dönüşümsüz Tutunma**

Yüzeye tutunan hücreler, bakteri hücre zarındaki proteinlerin uyarımı sonucunda ekzopolisakkarit yapıda materyal sentezlemeye başlar ve bu da hücrelerin birbirine ve yüzeye tutunmasını sağlar.

### **1.7.5. Koloni oluşumu**

Biyofilm oluşumunun son aşaması yüzey kolonizasyonudur. Tutunan bakteri gelişir ve daha sonra bölünür. EPS de, diğer planktonik hücrelerin yakalanması da sağlanır. Bu aşamada bir bakteri hücresi yüzeyde koloni oluşturduktan sonra (ilk koloni), aynı yüzeye diğer bakteriler de koloni oluşturur (ikincil koloni). Biyofilm büyündükçe, polimer matriksinde kapsül oluşturmuş mikroorganizmalarda da artış görülür.

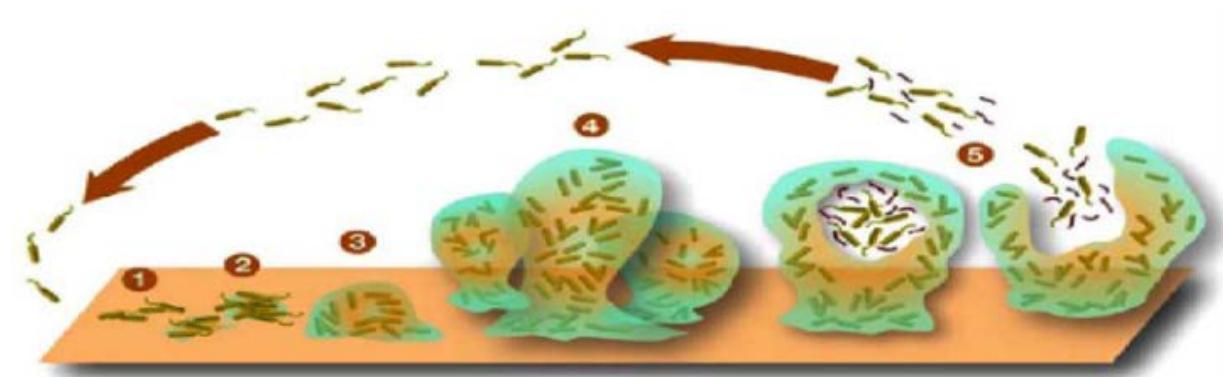
Daha sonraki evrede ise, mikrokoloniler büyürler ve kompleks, mantar şeklindeki yapılara veya kulelere dönüşürler. Konfokal lazer mikroskopisi ile yapılan çalışmalar bakterilerin, kompleks ekzopolisakkarid ile çevrilmiş mikrokoloniler içerisinde yaşadıklarını ortaya koymustur. Yani yüzeye tutunan bakteriler bölünüp çoğalarak biyofilmin en küçük organizasyon birimi olan mikrokolonileri oluşturur. Bu mikrokolonilerin üzerine ortamındaki planktonik bakteriler de yapışarak kolonizasyon sağlanır.

#### **1.7.5.1. Sinyal Molekülüyle İletişim**

Biyofilm oluşumu, bakterilerin sadece bir araya gelerek belirli bir yüzeye tutunduktan sonra oraya yapışması ve o yüzeydeki diğer türlerle birlikte yaşamaya devam ettikleri şeklinde gerçekleşen rastgele bir olay değildir. Birçok organizma aktivitelerini koordine etmek için birbirlerine sinyal verirken küçük yayılabilir molekülleri kullanırlar. Biyofilm oluşumunda önemli bir mekanizma olan ve “Quorum Sensing (QS)” olarak adlandırılan bu işlem ile bakteriler üretikleri sinyal moleküllerinin yoğunluğunu ölçebilmekte, çevrelerindeki diğer mikroorganizmaların miktarını hissedebilmekte ve bu verileri diğerlerine iletmesine imkân sağlamaktadır.

### **1.7.6. Biyofilmden Kopma**

Genelde hızlı akan sivının ürettiği kayma gerilmeleri sonucu erozyon olarak tabir edilen küçük taneciklerden parça kopması ile gerçekleşir. Suyun etkisi, küçük biyofilm kısımlarının devamlı taşınmasına sebep olmaktadır. Kural olarak biyofilm kalınlığı arttıkça erozyon artar. Yeni oluşturulmuş olgunlaşmamış biyofilmde, erozyon yoğunlukla olmaz. Aksine küme şeklinde kopma tesadüfü ve ayrı bir prosesdir. Kalın biyofilmde içerisinde oluşan büyük partiküllerin kopması prosesidir.



**Şekil 1.3. Biyofilmin Oluşum Basamakları**

## 2. İçilebilir Suda Biyofilm Oluşumu

### 2.1. Tanım

İçilebilir su borularında varlığı, daha modern metodlar kullanılarak birkaç araştırmacı tarafından elektro mikroskopu ile gözlenmiştir. İçilebilir suda biyofilm özel patojenlerin, fırsatçı patojenlerin, virüslerin büyümesi için emin bir sığınak ve tek hücreli canlılar için yaşam ortamıdır.

İçme suyunda biyofilm, tat ve koku problemlerine sebep olmaktadır. Bazı bakterilerden oluşan, biyofilm parçasının boru malzemesinde korozyon oluşturduğu görülmüştür.

İçilebilir suda, yüzeylere yapışan bakteriler, klordan koruyan mikroorganizmalar için belirleyici faktör olarak gösterilir. Bu yüzden biyofilm, potansiyel olarak problemlı mikropların yayılması için bir sistem olarak hizmet edebilir.

### 2.2. İçilebilir Su ve Biyofilm'in Mikrobiyolojisi

İçme suyu genellikle çok miktarda mikroorganizma içerir. Ama genellikle dezenfeksiyon işlemleri ve su arıtım prosesleri sonucu içme sularında ölü veya cansız veya zarar görmüş mikroorganizmalar bulunur. Bununla birlikte çok iyi bilinmeyen olay klorlama ile oluşan mikroorganizma ölümünün tam net olmamasıdır. Fakat belli bir gerçek yaralı ve ölü bakteriler metabolik olarak çoğalma yeteneğine sahip değildir. Mikroorganizmalar kültür ortamında çoğalır. Su florası sayılabilir ve ölçülebilir. Epifluorescense mikroskop teknigiyle mikroorganizmalar nütrient agar üzerinde kültür yoluyla ölçülür.

İçme suyunda oluşan biyofilmler, ince bir tabaka olmasına rağmen biyofilm 200 mm kalınlığına ulaşabilir. Bu kalınlık oluşunca boru ile biyofilmin yaptığı yerde oksijen düşer ve anoksik koşullar oluşur. Bu koşullarda sülfat indirgeyen bakteriler oluşabilir ve korozyon oluşur. Korozyon sonucunda borularda aşınma oluşur.

Biyofilm kontrolü sağlıklı bir içme suyu dağıtımının temel amaçlarından biridir. Bununla birlikte klorlama ve biyofilm oluşumunu önleyemediği için diğer önleyici önlem,

mekanik temizleme gibi daha fazla biyofilm giderimi sağlamak için biosolit uygulanmalıdır. Sonuçta yeniden gelişim için, adaptasyon fazı uzar. Şu da not edilmelidir ki klorlama içme suyunda biyofilm gelişiminin bir nedeni olabilir. Biyofilm karakteristiğini mevcut hücrelerin miktarı, spesifik gravitesi ve kalınlığı etkiler. İçme suyundaki mevcut türlerin sayısı ve türler suda bulunan biyolojik maddenin konsantrasyonu, çeşidi ve hidrolik rejim bakterilerin kolonize olduğu destek materyali ile ilgilidir.

### **2.3. Biyofilm Birikimini Etkileyen Faktörler**

Biyofilm birikmesinde en önemli etken özel olarak su hidroliği, besinlerin değişimi, sıcaklığın karakteristikleri, dezenfeksiyon ve bağlanma yüzey kompozisyonlarıdır.

#### **2.3.1. Su Hidroliği**

Su hidroliği içme suyu borularındaki mevcut yüzeydeki mikrobiyal gelişmeyi etkiler. Genellikle yüksek su hızları biyofilmde bir boru yüzeyinde daha fazla kesme kuvveti ile besinler ve dezenfektana daha fazla ulaşım olur. İçme suyu sistemlerinde su hızında mevsimsel değişimler nedeniyle herhangi bir değişiklikle esas olarak dalgalanmalar olur. Özellikle bilinen nedeni, sıcak yazları tüketici talebi nedeniyle artma olayıdır. Su hızını etkileyen diğer faktörler yanın hidrantları, boru ağ tasarımları ve sistemlerin boru basması nedeniyle bozulmasıdır.

Boru çalışmalarının içme suyundaki biyofilm üzerinde herhangi bir yerde yaptığı olumsuz etkiler bilinmektedir. Özellikle etkileri dezenfektan kalıntıları ve tortusu, enkaz birikimidir ve bunun sonucunda mikrobiyal büyümeye artar.

#### **2.3.2. Besinlerin değişimi**

İçme suyunda bakterilerin büyümesi için besin bir zorunluluktur. Heterotrofik bakteriler için genel koşullarda karbon, azot ve fosfor 100:10:1 oranında olmalıdır. Bu oran etkili bakım ve büyümeye için gereklidir. Gerekli kimyasal enzimlerin işlevi için, eser elementler ve kofaktörler, ayrıca temel besin gerekmektedir. Bu besin durumu bir ana faktör olarak bilinen bu su işlemleri sırasında kontrol edilebilir içme suyu içerisinde bakteri büyümesinde etkili olmaktadır.

#### **2.3.3. Dezenfeksiyon**

İçilebilir suda klorlama potansiyel patojenleri ve fekal koliformları yok etmek için kullanılır. İyi bir içme suyunda biyofilmler veya koliform kontrolü kloru arttırır. İçilebilir suda biyofilmlerin kontrolü için litre başına 12 mg konsantrasyonun yeterli olmadığı görülmüştür. Ayrıca dezenfeksiyon işleminin biyofilm yapısı ve morfolojisi üzerinde büyük etkileri olduğu bulunmuştur.

#### **2.3.4. Sıcaklık**

Yaz aylarında yüksek su sıcaklıklarını nedeniyle içme suyu sistemlerinde mikrobiyal nüfus artışı görülmektedir. Colbourne ve ark. Sudaki koliformların sıcaklığın  $20^{\circ}\text{C}$ 'de ise düşüğünün ilişkili olduğunu göstermiştir.

Donlan ve Borular, su sıcaklığının ve biyofilmlerin gelişimi arasında yakın bir ilişki olduğunu bulmuştur.  $15^{\circ}\text{C}$  üzerindeki sıcaklık içme suyunda mikrobiyal içeriğin genel olarak artmasına yol açmıştır. Fransolet, Villers ve Masschelein çalışmalarında bakteri büyümeye oranı üzerinde sadece su sıcaklığı değil gecikme fazı ve hücre veriminde etkili olduğu bulunmuştur.

#### **2.3.5. Bağlanma Yüzeyi Kompozisyonu**

Boru malzemesinin içme suyunda biyofilm gelişimini etkilediği bilinmektedir. Farklı malzemeler dökme demir, plastik malzemeler, klorürlü içme suyu taşımak için kullanılır. İnşaat malzemeleri lastik, silikon, polivinil, klorür (PVC), polietilen ve bitümlü kaplama içerir.

Artık araştırmalarda içme suyunun taşınmasında yaygın olarak paslanmaz çelik, plastik, demir ve çelik borular özellikle alternatifdir. Genel olarak, bu biyofilm gelişimini azaltacak malzemelerin kullanımı ile kesinlikle içme suyu avantaj sağlayacak ve böylece halk sağlığı korunmuş olacaktır.

### **3. Halk Sağlığı Açısından İçme Suyunda Biyofilm Oluşumu**

Son on yıl içinde fekal kirlenme açısından legal kirlenmenin neden olduğu, su yolu ile bulaşan hastalık olayları olmuştur. Problemli bölgelerde bakım sistemlerinde biyofilmlerin koruyucu doğası yüzünden dezenfeksiyon olayları tam yapılamamaktadır. Şebeke bakım sistemleri iyi değildir ve bundan dolayı dezenfektan madde öldürücü etkisinden çıkış olabilir.

Biyofilmler birçok mikroorganizmayı bünyesinde barındırır ve bunlar belirlenemez. Bu durum Biyofilm gelişimini ve mikrobiyal ekolojinin gelişimini etkiler. Birçok su kaynaklı salgınlar genellikle protozoa, parazitler ve enterik virüsler tarafından oluşur. *Legionella*, *Helicobacter pylori*, *Mycobacterium spp.* ve *Aeromonas spp.*, diğer patojenik ve fırsatçı patojenler ile artan sorunlar vardır. İçme suyu sistemlerinde Biyofilm kanıtının olmasına rağmen içinde koliform ve patojen olduğuna dair çok az bilgi vardır. İçme suyunun kalitesi hastalığın yayılmasında önemlidir. Su kalitesi üzerindeki çalışmalar bakterilerin büyük bir tür çeşitliliği olduğunu ortaya çıkmıştır. Genellikle bakteri sorunlu olarak tespit edilmiştir ve zararlı olarak sınıflandırılır. İçme suyu ile ilgili olarak *Pseudomonas spp.*, *Flavobacterium sp.*, *Spirillum sp.*, *Clostridium sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Gallionella* ve *Lepthothrix spp.* ancak *Flavobacterium* ve *Pseudomonas spp.* *pseudomonas aeruginosa* ise hastane enfeksiyonlarının önemli bir nedeni olması ile fırsatçı patojenler olarak bilinir.

### **4. SONUÇ**

Biyofilmin yapısının ve oluş mekanizmalarının daha iyi anlaşılması muhtemelen mikroorganizmaların potansiyel tedavi hedeflerini de ortaya çıkartacaktır. Biyofilm oluşumu mikroorganizmaların çok iyi organize edilmiş bir gelişim prosesi sonucu oluşturdukları kompleks organizma toplulukları olarak görülebilir.

Biyofilmlerin oluşumunda çoğu mikroorganizma için genel mekanizma aynı olsa da, türlere spesifik davranışlar her bir mikroorganizmanın kendine özel değerlendirilmesi gerektiğini de vurgulamaktadır. Saf kültürlerin yanısıra, biyofilm oluşumu farklı birçok türün kombinasyonlarından da kaynaklanabileceği için bunlar arasındaki ilişkilerin iyi anlaşılması da şarttır.

Çeşitli mikroorganizma grupları canlı veya cansız yüzeylerde biyofilm oluşturma yeteneğine sahiptir. İçme suyu borularında, su kullanımı olmadığı anlarda, şebekelerin üç kısımlarında ve içme suyu depolarında kolaylıkla biyofilm oluşabilmektedir.

Şebeke borularında mikroorganizmaların kolay tutunamayacağı malzemeler tercih edilmelidir. Biyofilm oluşumunun kontrolü ve engellenmesinde ilk aşama biyofilm oluşmadan gerekli tedbirlerin alınmasıdır. Sonrasında düzenli klorlama içme suyu borularında biyofilm oluşmasının önlenmesinde en etkili yöntemdir.

### **KAYNAKLAR**

BİYOFİMLER: YÜZEYLERDEKİ MİKROBİYAL YAŞAM (İlhan Gün 1, Fatma Yeşim Ekinci 2) , 2009

1 Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu Süt ve Ürünleri Programı, Burdur  
2 Yeditepe Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul

İçme Suyu Pompalarında *Escherichia coli*'nin Oluşturduğu Biyofilm Yapısının İncelenmesi ve Oluşmasının  
Önlenmesi MALHUN KUBA 2012

Dokuz eylül üniversitesi sağlık bilimleri Enstitüsü Mikrobiyoloji ve klinik mikrobiyoloji ad yüksek lisans tezi

Salmonella Kontaminasyonunda Biyofilmin Önemi Prof. Dr. Hakan YARDIMCI  
Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı

İçme Suyu Şebekelerinde Biyofilm Oluşumu ve Giderim Yöntemleri Çiğdem AYALP 2010  
Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

## TEKİRDAĞ İLİNE İÇME SUYU SAĞLAYAN NAİPKÖY BARAJ GÖLÜ BESLEYEN İŞİKLAR DERESİNİN SU KALİTE PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Oğuz ÇAKIR<sup>1</sup>, Samet ÖZCAN<sup>1</sup>, Hatim ELHATİP<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, AKSARAY  
cakir9418@gmail.com, sametozcan@hotmail.com, helhatip@gmail.com

**ÖZET:** Bu çalışma, Naipköy Baraj Gölü (Tekirdağ)'nın besleyen Işıklar Dere'sinin su kalite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Işıklar deresi kaynağının menbaşı, ortası ve mansabından alınan örnekler analiz edilmiş olup, Sağlık Bakanlığı tarafından 2011 de yapılan analizlerle karşılaştırılmıştır. Günümüzde içme sularındaki büyük problemlerden biri olan arseniğin bu kaynaklarda da sınır değerlerin çok üzerinde olduğu dikkat çekmektedir. Kaynaklardan alınan örneklerin analizleri sonucunda birçok kalite parametresinde 1. Sınıf su kalitesine sahipken arseniğin sınır değerlerin çok üzerinde olması bu suyun IV. Sınıf su kalitesinde olduğu göstermiştir. Işıklar deresinin içme suyu kaynağı olarak kullanılabilmesi, ancak arıtma işlemlerinden sonra, içme suyu kriterlerine (WHO, AB ve TS266) uygun hale gelebileceği düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** İçme suyu, Su kalitesi, Kaynak, Tekirdağ

**Abstract:** The main objective of this study is to investigate the water parameters of Işıklar stream, that recharges the Naipköy Dam Lake in Tekirdağ Province. The water samples, that were collected from the upstream, middle and downstream part of Işıklar stream, were analyzed and compared with the result of analysis carried out in 2011 by the Ministry of Health. Today, one of the most important problems is the arsenic limit values in drinking water, this water resource has also high limits. The results of the analysis showed that the water quality for many water quality parameters is of Class-I, while regarding to the arsenic limit values, the water quality is located in Class-IV. It is appropriate that, the water of Işıklar stream can be used as drinking water resource, after certain treatments, for Drinking Water Standards (WHO, EU and TS266).

**Anahtar kelimeler:** İçme suyu, Su kalitesi, Kaynak, Tekirdağ

### 1. GİRİŞ

İnsanların ve diğer canlıların hayatında çok önemli bir yeri olan suyun vazgeçilmez bir madde olduğu şüphesizdir. Tarih boyunca insanlar yerleşmek için suyun en kolay elde edildiği kaynakların civarlarını ve akarsu boylarını tercih etmişlerdir. Artan nüfusla birlikte bu suların daha fazla yararlanılmak amacıyla kaynakların kaptajlarını yapmışlar ve akarsu boylarına bentler, barajlar inşa etmişlerdir (1). Gezegenimizin  $\frac{3}{4}$ 'ü sularla kaplı olmasına rağmen kullanılabilecek suyun toplam su miktarına  $\frac{3}{4}$ 'ü'nden azdır.

Çağımızda artan nüfus, kentleşme ve sanayileşme ile birlikte kullanılabilir su kaynaklarına evsel, endüstriyel ve tarımsal kirleticilerin ulaşması sonucu su kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu sebeple suların içme amacıyla kullanımı giderek sınırlanmaktadır ve ayrıca suların arıtılması için büyük masraflar yapılmaktadır. Türkiye'nin kuzey batısında bulunan Tekirdağ,  $27^{\circ}$ - $31^{\circ}$  doğu meridyeni ile  $40^{\circ}$ - $59^{\circ}$  kuzey paraleli arasında yer almaktadır. Doğuda İstanbul, güneyde Marmara Denizi ve Çanakkale, batıda Edirne, kuzeyde Kırklareli ve kuzeydoğu Karadeniz ile çevrilidir. Tekirdağ, ilin batısında yer alan en yüksek tepesini 945 m.

Rakımlı Işıklar Dağı'nın oluşturduğu Tekir Dağları hariç genelde düzültür. Kuzeyde ilin en önemli akarsuyu olan Ergene nehri bulunur. Tekirdağ ilinde yıllık yağış miktarı  $49,1 \text{ kg/m}^2$ 'dir (2). Tekirdağ Naipköy Barajına ait fiziksel özellikler Şekil 1'de verilmiştir.

<b>Naipköy Barajı</b>		Barajın Yeri	Tekirdağ İli, Barbaros İlçesi Naipköyü 2 Km Güneybatısı
Akarsuyu		Işıklar Dere	
Amacı		İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini	
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı		2011- 2015	
Gövde dolgu tipi		Homojen Toprak Dolgu	
Gövde hacmi		2,75 hm <sup>3</sup>	
Yükseklik (talvezden)		36,50 m	
Yükseklik (temelden)		56,50 m	
Normal su kotunda göl hacmi		21,62 hm <sup>3</sup>	
Normal su kotunda göl alanı		1,475 km <sup>2</sup>	
İçme suyu		6,43 hm <sup>3</sup> /yıl	
Proje uygulama durumu		+30 kotuna kadar gövde dolgusu tamamlandı. Tüm enjeksiyon işleri bitirildi.	

**Şekil 1. Tekirdağ Naipköy Barajı fiziksel özellikleri.**

<http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi11/tekirdag.htm>

Tekirdağ ili mevcut içme suyu kaynaklarını barajlar, göletler ve yeraltı suyu kuyuları oluşturur. Barajlar; Naipköy Barajı, Çokal Barajı ve Ayvacık Göleti' dir. Göletler; Türkmenli Göleti, Yazır Göleti, Müstecep Göleti, Şarköy-Merkez Göleti' dir. Bu barajlar ve göletlerin dışında 450 adet olmak üzere yeraltı suyu kuyuları bulunmaktadır (3). Naipköy Barajından alınan su Tekirdağ içme suyu arıtma tesisinde arıtılıarak istenilen standartlara getirilmektedir.

Bu çalışmada Tekirdağ'ın içme suyu kalitesini belirlemek amacıyla yeni yapılan Naipköy barajını besleyen Işıklar deresinden alınan (mamba, Orta kısım ve baraj girişi) numunelere içme suyu parametreleri analizi yapılmıştır.

## 2. MATERİYAL ve METOD

Tekirdağ Işıklar Deresinin içme suyu kalitesini belirlemek amacıyla TS 266' da belirtilen esaslara uygun olarak numuneler alınmıştır. Kaynağın menbaşı, ortası ve mansabından alınan örneklerin elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde ve tuzluluk parametreleri W.T.W. LF330 marka portatif conductivitiy meter (SCT) ile arazide yapılmıştır. Diğer bütün parametreler Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında standart metotlar kullanılarak analiz edilmiştir.

## 3. BULGULAR

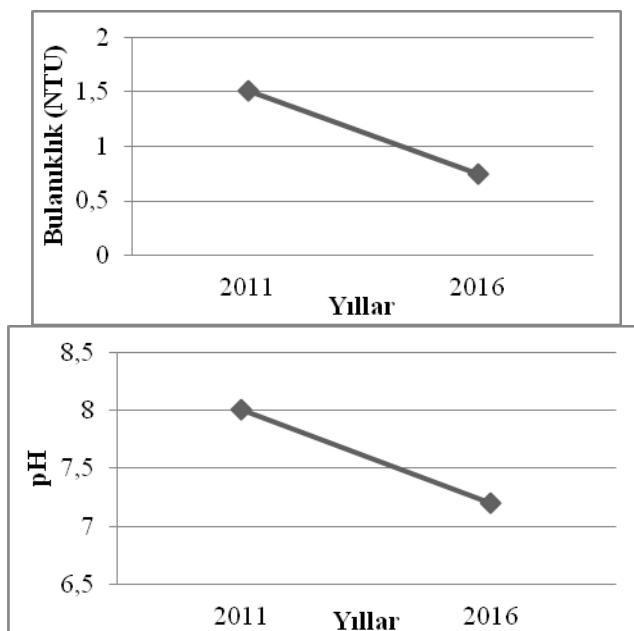
Işıklar deresi içme suyu kalite parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Yapılan analizlerle, 2011 yılında Sağlık Bakanlığı tarafından yapılan analizler karşılaştırılmış ve yıllar içerisindeki değişimler gözlemlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmada alınan örnekler 3 ayrı kısımdan (Mamba-Orta-Baraj Girişi) alınmış olsa da analiz karşılaştırmalarında baraj giriş kısmı ve 2011 yılındaki analizler karşılaştırılmaktadır. Analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1. Işıklar deresi içme suyu kalite parametrelerin analizleri**

PARAMETRE	Yöntem	Membə	Orta Kısım	Baraj Girişi	2011 Analiz Sonuçları
Arsenik, mg/L	SM 3120 B	0.117	0.117	0.117	0.100
Bor, mg/L	SM 3120 B	0.000	0.000	0.000	0.690
Kadmiyum, mg/L	SM 3120 B	0.000	0.000	0.000	0.000
Krom, mg/L	SM 3120 B	0.031	0.031	0.031	0.000
Bakır, mg/L	SM 3120 B	0.131	0.132	0.132	0.000
Kurşun, mg/L	SM 3120 B	0.004	0.002	0.004	0.000
Nikel, mg/L	SM 3120 B	0.016	0.018	0.020	0.000
Alüminyum, mg/L	SM 3120 B	0.207	0.217	0.230	0.014
Demir, mg/L	SM 3120 B	0.001	0.011	0.013	0.012
Mangan, mg/L	SM 3120 B	0.020	0.023	0.024	0.000
Sodyum, mg/L	SM 3120 B	8.599	13.64	18.72	15.00
Baryum, mg/L	SM 3120 B	0.015	0.013	0.013	-
Kalsiyum, mg/L	SM 3120 B	31.31	28.74	29.67	54.00
Kobalt, mg/L	SM 3120 B	0.010	0.010	0.010	0.000
Potasyum, mg/L	SM 3120 B	0.856	1.096	1.508	-
Lityum, mg/L	SM 3120 B	0.004	0.007	0.009	-
Magnezyum, mg/L	SM 3120 B	13.32	18.56	23.63	-
Çinko, mg/L	SM 3120 B	0.031	0.047	0.059	-
Florür, mg/L	SM 4110 B	0.455	0.428	0.346	0.070
Klorür, mg/L	SM 4110 B	9.408	7.389	9.965	8.500
Nitrit, mg/L	SM 4110 B	0.602	0.315	0.514	0.300
Nitrat, mg/L	SM 4110 B	2.243	1.082	1.989	0.000
Bromür, mg/L	SM 4110 B	-	-	-	-
Fosfat, mg/L	SM 4110 B	5.754	8,732	9.831	0.000
Sülfat, mg/L	SM 4110 B	14.98	56.15	79.90	13.10
Toplam Organik Karbon, mg/L	SM 5310 B	5.282	5.693	4.855	3.500
Toplam Azot, mg/L	EN ISO 11905-1	0.190	0.181	0.169	-
Renk, mg/L	SM 2120 C	0.000	0.000	35.33	0.000
Bulanıklık, NTU mg/L	SM 2130 B	0.000	0.540	0.750	0.000
İletkenlik,(20°C)	SM 2510 B	216.7	272.0	299.0	429.0
pH	SM 4500-H+	6.81	7.27	7.20	8
Amonyum, mg/L	SM 4500 B-C	0.001	0.001	0.001	0.000
Toplam sertlik, mg/L	SM 2340 C	160.0	280.0	280.0	245.0
Alkalinite, mg/L	SM 2320 B	125.0	125.0	175.0	-
Toplam Çözünmüş Katı Madde (T.Ç.K.M mg/L)	SM 2540 C	53.00	61.00	73.00	455.6

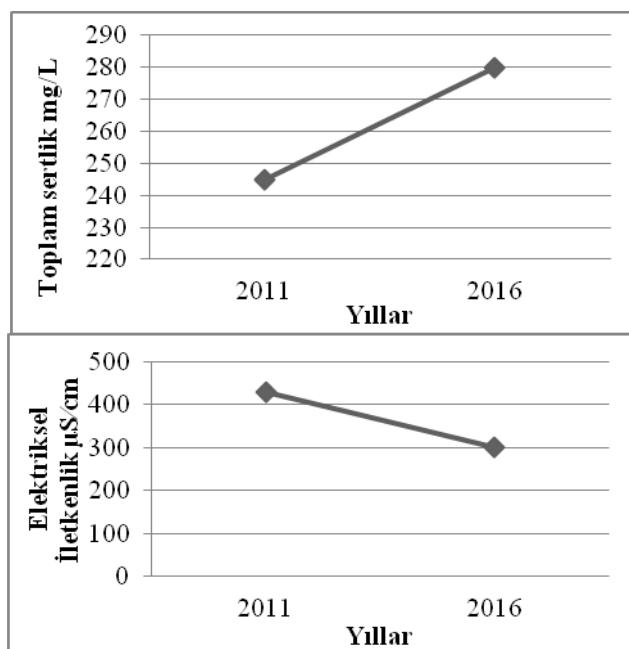
Ölçüm yapılan noktadaki Bulanıklık sonuçlarına göre TS 266'da bulunan içme suyu standartlarına göre kabul edilebilir maksimum değerin 5 NTU olması gerekikten baraj girişinde 0,75 NTU ölçülmüş ve suyun içme suyu olarak kullanılması konusunda bir engel teşkil etmemektedir. 2011 yılındaki bulanıklık değeri 2016 yılına göre mevsimsel koşullardan dolayı yüksek çıkmıştır.

2011-2016 yılları arasında ortaya çıkan pH miktarının düşmesinin sebeplerinden biri derenin geçtiği yerdeki kayaçlardan daha az miktarda mineraller almasıdır ve bunun sonucunda sudaki asitlik oranının artmasıdır. Bu standarlarda yer alan pH maksimum değerinin 6,5-9,5 arasında olması gerektiğinden ölçülen sonuçlara göre pH değeri bu değerler arasında ölçülmüştür (Şekil 2).



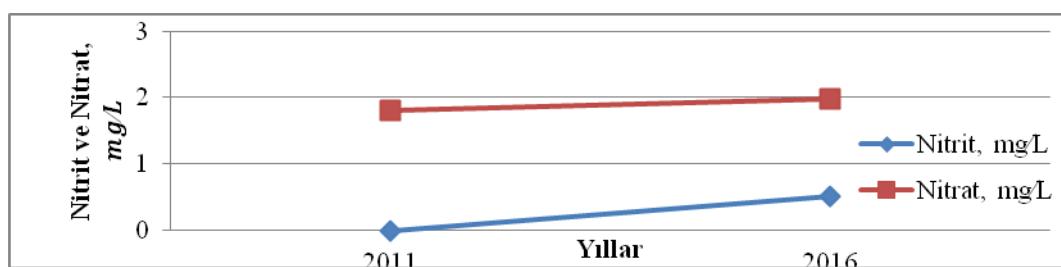
**Şekil 2. Işıklar deresinin Bulanıklık ve pH değerlerinin yıllara göre değişimi**

2016 yılında toplam sertlik miktarı 2011 yılına göre yükseliş göstermiştir. Bunun nedeni ise ışıklar deresi boyunca baraja kadar olan bölümde suyun izlediği yol boyunca aldığı minerallerin toplam sertlik miktarını yükseltecek mineraller olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Alınan numuneler sonucunda ortaya çıkan elektriksel iletkenlik değerleri  $429 \mu\text{S}/\text{cm}$  ve  $300 \mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değişmektedir. Bu değerin 2016 yılında daha düşük bir değer olduğu görülmektedir. Bu durumda suda karışan madde miktarının 2011 yılına göre daha az olduğu tahmin edilmektedir. TS 266'da yer alan içme suyu standartlarının maksimum değerler düşünüldüğünde herhangi bir problem teşkil etmemektedir (Şekil 3).



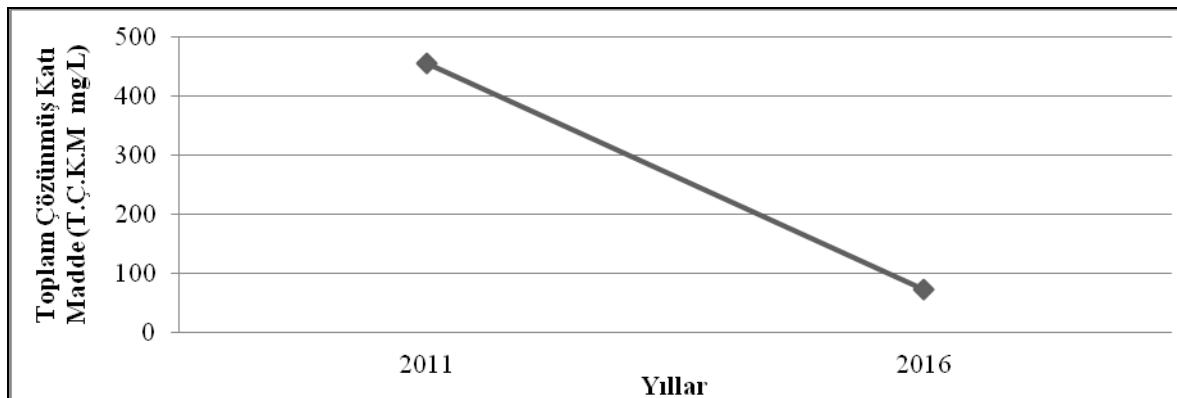
**Şekil 3. Işıklar deresinin Sertlik ve Elektriksel İletkenliği değerlerinin yıllara göre değişimi**

2011-2016 yıllarındaki nitrit ve nitrat miktarına bakıldığından en yüksek değerlere 2016 yılında rastlanmıştır. Yapılan analizler sonucu ortaya çıkan nitrit değerleri 0,3 mg/L ve 0,5 mg/L arasında değişmektedir. Nitrat miktarları ise 0 mg/L ile 2,25 mg/L arasında değişmektedir. TS 266 da yer alan içme suyu standartlarının maksimum değerlerine göre nitrit miktarı 0,5 mg/L ve nitrat miktarı 50 mg/L olduğundan çıkan analiz sonuçlarının su kalite parametrelerine göre herhangi bir problem teşkil etmemektedir (Şekil 4).



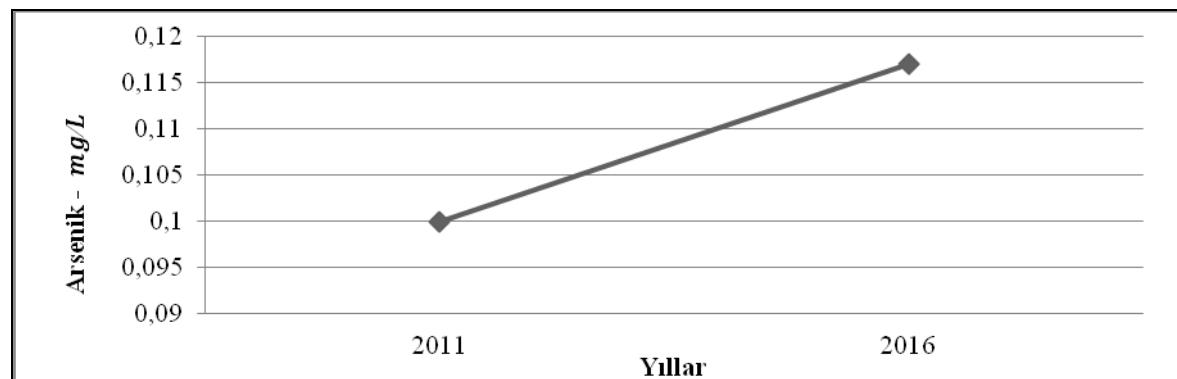
**Şekil 4. Işıklar deresinin Nitrit ve Nitrat değerlerinin yıllara göre değişimi**

2011 ve 2016 yılları karşılaştırıldığında 2016 yılında elektriksel iletkenlik değerleriyle de doğru orantılı olarak, Toplam Çözünmüş katı Madde miktarında 455,6 mg/L ‘den 73 mg/l ‘ye düşüğü ciddi bir azalma görülmektedir (Şekil 5).



**Şekil 5. Işıklar deresinin Toplam Çözünmüş Katı Madde değerlerinin yıllara göre değişimi**

Yapılan analizler sonucunda örnekler alınan kaynaktaki arsenik miktarının yıllara göre azda olsa arttığı görülmektedir. 2011 yılında 0,1 mg/L olan Arsenik miktarının 2016 yılında 0,117 mg/L ‘ye çıktığı belirlenmiştir (Şekil 6).



**Şekil 6. Işıklar deresinin Arsenik değerlerinin yıllara göre değişimi**

#### **4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR**

Araştırma süresince belirlenen istasyonlarda tespit edilen toplam çözünmüş madde miktarı 2011 yılında 455,6 mg/L ile 2016 yılında 73 mg/L (Memba 53 mg/L, Orta kısım 61 mg/L) arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu değerler Tekirdağ içme suyu arıtma tesisinde arıtma işlemi sonunda kita içi su kalite kriterlerine göre toplam çözünmüş madde bakımından 1. Sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik suyun çözünmüş tuz içeriğine bağlı olarak bağlı olarak artar. Çalışılan kaynak suyunun iletkenliği 2011 yılında 429  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ile 2016 yılında 299  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak tespit edilmiştir. 2016 yılında elektriksel iletkenliğin düşmesinin sebebi alınan Işıklar Deresi’ndeki çözünmüş tuz içeriğinin bölgedeki mevsimsel değişikler ve kayaçlardan dolayı azalma göstermiştir. Yönetmelik standart değeri 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’ye kadar izin verdiği için çalışılan örnekler uygun aralıktadır. Doğal suların biyolojik ve kimyasal sistemlerinde önemli bir faktör olan pH’ın sucul yaşam için gerekli optimum koşulları 7,5-9,0 arasındadır (4). Diğer taraftan içme suyu standartları açısından pH’ın 6,5-8,5 arasında olması gerekmektedir. Yapılan araştırmada, pH 6,8 ile 8,0 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu değerler kita içi su kriterlerine göre 1. Sınıf sular grubuna girmektedir ve aynı zamanda WHO, AB ve TS 266 kriterlerine de uygunluk göstermektedir.

Sulardaki nitrit ve nitratın asıl kaynağını organik maddeler, azotlu gübreler ve tabiattaki bazı mineraller teşkil etmektedir. Ancak, nitrit oksijen bulunan bir ortamda yükseltgenerek nitrat haline dönüşmektedir. Bu sebeple aerobik ortamda nitrit tabi sularda kısa bir süre için bulunur. Araştırmamanın yapıldığı örneklerde en yüksek nitrit değeri 2016 yılında (Baraj giriş kısmı) 0,51 mg/L olarak Işıklar deresinde tespit edilmiştir. Bu durum içme suyu kalitesi açısından oldukça önemlidir. Zira içme suyunda nitritin bulunması istenmeyen bir durumdur. Kıtta içi su kaynaklarının kalite kriterlerine göre nitrit miktarı 4. Sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir.

Tekirdağ içme suyu arıtma tesisisinde arıtlarak 1. Sınıf içme suyu kalitesine dönüştürülecektir. WHO, AB ve TS 266 standartlarına maksimum değer 50 mg/L'dir. Bu standartlara göre kaynağın içme suyu olarak kullanılmasında bir sakınca görülmemiştir. WHO, AB ve TS 266 Su kalite kriterlerine göre nitrat konsantrasyonu en yüksek 50 mg/L olmalıdır. Araştırmamanın yapıldığı kaynaktta nitrat konsantrasyonu en yüksek 1,98 mg/l çıkmıştır. Tespit edilen nitrat miktarı kıta içi su kaynaklarının sınıflandırılmasına göre 1.sınıf su kalitesi olarak tespit edilmiştir.

İncelenmiş olan örneklerde bulanıklık değerleri 0,75 ile 1,51 arasında değişmektedir. Bu değerler WHO, AB ve TS 266'daki içme suyu kalite parametrelerine göre uygundur. Su sertliği, içindeki kalsiyum ve magnezyum iyonlarından kaynaklanır. Bu iki iyon birlikte suyun sertliğini oluştururlar ve suda önemli bir kalite özelliğidir. Alınan örneklerde yapılan analizler sonucunda toplam sertlik 245 mg/L ile 280 mg/l arasında değişmektedir.

Topraktaki organik maddelere bağlı olarak da bulunan arsenik, organik maddelerin okside olmasına veya oradan bitkilere geçer. Doğal su kaynakları ve denizlerde değişen oranlarda arsenik bulunmaktadır. Sularda arsenik düzeylerinin çeşitliliği arazinin coğrafi yapısına, kuyu sularının derinliklerine ve kirletici kaynaklarının durumuna bağlı olabilir (5). Arsenik miktarı bakımından yönetmelik standart değeri en çok 10  $\mu\text{g/l}$  'dır. Arsenik toksik özellikte bir madde olup toksisite derecesi, arsenik bileşiklerinin kimyasal ve fizikal şecline, vücuda girişine, alınan miktarına ve alınma süresine, gıda içindeki reaksiyonu etkileyen elementlerin varlığına, yaş ve cinsiyete bağlıdır. Organik arsenik vücuttan kolaylıkla atılabilen ve sağlığa etkileri önemsiز olduğundan arıtma işlemleri inorganik arseniğin giderimine yönelikir (6). Çalışılan örneklerde arsenik miktarı 0,100  $\mu\text{g/l}$  ile 0,117  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmektedir. Bu değerler yönetmelikteki (WHO, AB ve TS 266) sınır değerleri aşmaktadır. Bu doğal kaynak suyu Tekirdağ içme suyu arıtma tesisisinde arıtlarak istenilen içme suyu standartlarına getirilecektir.

## KAYNAKLAR

1. Canik, B., 1998, *Hidrojeoloji*, Ankara Üniv. Fen Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, 1-13 s., Ankara.
2. Cirik, S., Cirik, Ş., 1995, *Limnoloji (Ders kitabı)*, Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yayınları, Yayın No:21, İzmir.
3. Tekirdağ Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (TESKİ), 2015, 3. Uluslararası sürdürülebilir su yönetimi Kongresi, Tekirdağ ilinde içme suyu kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi sunumu, İzmir.

4. Örgev C, İnanç İ. 2004, *Doğal zeolit'in doğal kaynak sularında pH, iletkenlik ve sertlik özelliklerinin düzenleyicisi olarak kullanımı.* BİYOMUT,; 256-7.
5. Egemen, Ö., Sunlu, V., 1996, *Su Kalitesi, Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yayınları, Yayın No:14, İzmir.*
6. M. Necdet A, Deniz Dölgön, Hülya B, Hasan S, 2010, *İçme suyunda kimyasal yöntemlerle arsenik giderimi* Dokuz Eylül Üniv, Mühendislik Fakültesi, Çevre mühendisliği Bölümü, ITÜ dergisi, Su kirlenmesi kontrolü, cilt:20, sayı: 1,15-25,.

## **İKİZCETEPELER BARAJI SU KALİTESİ ve KİRLİLİK PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

Hatim ELHATİP & Mehmet Murat YETİM  
*Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*  
*helhatip@gmail.com, mehmetmuratyetim@gmail.com*

**ÖZET:** Bu çalışma, Balıkesir il sınırları içerisinde yer alan İkizcetepeler Barajı'nın su kalitesinin belirlenmesi ve kirlilik parametrelerinin ölçümü amacıyla yapılmıştır. Çalışma Mart 2016–Mayıs 2016 tarihleri arasında yürütülmüş ve barajın orta noktasından alınan su örneği üzerinde çalışılmıştır. Su örneklerinde kalıntı analizi, kimyasal analiz ve ağır metal analizi ölçümleri yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, Türkiye için kabul edilen içme suyu standartı TS-266 Su Kalite Sınıflarına göre ölçümleri yapılan fiziko-kimyasal parametreler açısından değerlendirilmiştir. Buna göre, İkizcetepeler Barajının suları içme amaçlı açısından uygun olduğu belirlenmiştir.

### **INVESTIGATION OF WATER QUALITY AND POLLUTION PARAMETERS OF THE IKIZCETEPELER DAM**

**Abstract:** This research was done to measure the water quality and the contamination parameters of İkizcetepeler Dam, which is located at Balıkesir province border. The research was carried out during the period between March 2016 and May 2016, and the water samples were collected from the middle part of the dam. During this research, residue analysis, chemical and heavy metal analyses for all water samples were performed. As result of the study, the water quality of İkizcetepeler Dam was determined in terms of physico-chemical parameters, which were measured and evaluated regarding to TS-266 Water Quality Classifications for Turkey. Accordingly, the water quality of the İkizcetepeler Dam was determined to be suitable for covering the drinking usages.

### **1. GİRİŞ**

Dünyadaki tatlı su kaynaklarında bir artış olmadığından ve hali hazırda var olan kaynakların kirlenme nedeniyle kullanılamaz hale gelmesinden dolayı, temiz suya olan gereksinim her geçen gün artmaktadır. Su kaynakları, uzun vadede istikrarlı bir şekilde kullanılması ve korunması gereken doğal kaynaklardır. Tatlı su kaynaklarının fiziko-kimyasal durumlarının ortaya çıkarılması, yüksek kalitede olanların korunması ve düşük kalitede olan kaynakların ise iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Türkiye tatlı su kaynakları açısından zengin bir ülke değildir. Aksine gerekli önlemler alınmaz ise gelecekte su sıkıntısı çeken bir ülke olacaktır. Ülkenin su sıkıntısına düşmesine neden olacak etmenler şunlardır: Sorunlu coğrafya nedeniyle su kaynaklarını kontrol etme güçlüğü, yağış ve su kaynaklarının dengesiz dağılımı, su havzasına dayalı bütünlendirilmiş su yönetimi uzun vadeli planlaması yerine, kısa vadeli, bölgesel, ayrı planlar vasıtasyyla su kaynaklarından yararlanması. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı  $1600 \text{ m}^3$ 'tür. Diğer ülkeler ve dünya ortalamasıyla kıyasılsak, Türkiye kişi başına kullanılabilir su miktarı bakımından su azlığı çeken ülkeler arasında görülebilir. Kişi başına  $5000 \text{ m}^3$  ve fazla su potansiyeli olan bir ülke "su zengini" olarak kabul edilir. 2023 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2023 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının  $1125 \text{ m}^3/\text{yıl}$  civarında olacağı söylenebilir. Mevcut büyümeye hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskınları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca tüm bu tahminler mevcut kaynakların hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Dolayısıyla Türkiye'nin gelecek nesillerine sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir. Bu

çalışmada, içme suyu kaynağı olarak da kullanılan İkizcetepeler Barajı'nın fiziko-kimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılması ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki kita içi su kalite kriterlerine göre baraj gölünün su kalite sınıfının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## **2. MATERYAL VE METOD**

### **- Çalışma alanı :**

İkizcetepeler Barajı, Balıkesir'de Kille Çayı üzerinde, sulama, içme suyu ve taşının önleme amacıyla 1986-1991 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır (Şekil 1). Toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi  $1.115.000 \text{ m}^3$ , akarsu yatağından yüksekliği 52,00 m., normal su kotunda göl hacmi  $164,56 \text{ hm}^3$ , normal su kotunda göl alanı  $9,60 \text{ km}^2$ 'dir. Baraj 1.700 hektarlık bir alana sulama hizmeti verirken yıllık  $72 \text{ hm}^3$ 'lük de içme suyu sağlamaktadır (Şekil 2).

**Barajın Yeri ve Kullanım Amacı :** Balıkesir-İzmir güzergahından il merkezine 21 km mesafede, Sulama % 16 – İçme suyu % 84 olarak kullanılmaktadır.

**İnşaatın (başlama-bitiş) yılı :** 03.03.1986 - 13.05.1992

**Barajın Gövde dolgu tipi :** Kum-çakıl zonlu toprak dolgu

**Gövde hacmi:**  $1,115 \text{ hm}^3$

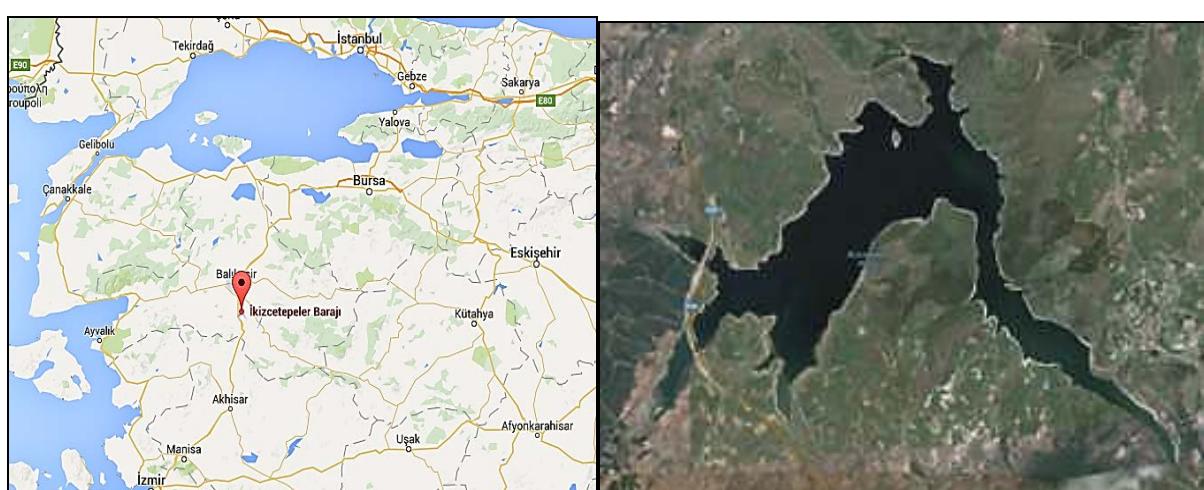
**Yükseklik (talwegden):** 45 m

**Normal su kotunda göl hacmi:**  $164,56 \text{ hm}^3$

**Normal su kotunda göl alanı:**  $9,60 \text{ km}^2$

**Sulama alanı:** 4.688 ha

**Barajı Besleyen Akarsuyun Adı :** Kille çayı



**Şekil 1. İkizcetepeler Barajı**

(<http://wikimapia.org/9779706/tr/DS%C4%B0-%C4%B0K%C4%IKIZCETEPELER-BARAJI>)



**Şekil 2. İkizcetepeler Barajı Görünümü**

**- Örneklerin Toplanması Ve Analizi:** İkizcetepeler Barajı su kalitesini belirlemek üzere 28.04.2015 – 20.05.2015 tarihleri arasında, örneklemeye noktasından bu zaman aralığında örneklemeler yapılmıştır. Alınmış örneklerden Kimyasal analiz, Ağır Metal analizi, Kalıntı analizi deneyleri yapılmıştır.

### **3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER**

Balıkesir İkizcetepeler Barajı Gölü içme suyu amacıyla da kullanıldığından, bu baraj gölünün bazı su kalite parametreleri İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ile belirlenmiş olan standart değerlerle karşılaştırılmıştır. İkizcetepeler Barajı Gölü'nün su kalite sınıfları belirlenmiştir. Ayrıca aynı yönetmelikte göller, göletler, bataklıklar ve baraj havzelerinin ötrophikasyon kontrolü için belirlenmiş olan bazı parametrelere ait sınır değerleri, baraj gölünde kaydedilen değerlerle karşılaştırılmıştır.

**- Pestisit – Kalıntı Analizi:** Katkı Kalıntı laboratuvarında sudaki pestisitlerin tayin edilmesi amacıyla bir sistem oluşturmaktır (<http://aytblab.com/laboratuvar/pestisit-kalinti-analizi-laboratuvari>) (*Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2015). Yapılan deneylerde ölçüm sonuçlarının cihazın tayin sınırından küçük olduğu görülmektedir (Tablo 1).

**Tablo 1. - Pestisit – Kalıntı Analizi**

Numune No		15-0293-7					
Alındığı yer		Sakaig 001 İkizcetepeler Barajı					
Alındığı tarih		22.04.2015					
Parametre	Deneysel sonucu ( $\mu\text{g/L}$ )	Tayin Sınırı ( $\mu\text{g/L}$ )	Parametre	Deneysel sonucu ( $\mu\text{g/L}$ )	Tayin Sınırı ( $\mu\text{g/L}$ )	Parametre	Deneysel sonucu ( $\mu\text{g/L}$ )
<b>*Pestisit parametreleri</b>							
Aacetamiprid	n.d.	0.005	Dimetofosit	n.d.	0.005	Pendimethalin	n.d.
Acetochlor	n.d.	0.250	Ethylmorphoph	n.d.	0.100	Piperonyl butoxide	n.d.
Aksonefen	n.d.	0.050	Ethoxyamid	n.d.	0.025	Primercarb	n.d.
Azinonitrin	n.d.	0.025	Diuron	n.d.	0.010	Prochloraz	n.d.
Alachlor	n.d.	0.750	Ethofumesate	n.d.	0.025	Proteracarb	n.d.
Atrazine	n.d.	0.010	Ethoglyphos	n.d.	0.050	Procavilene	n.d.
Azinphos ethyl	n.d.	0.200	Fenampiphos	n.d.	0.010	Propachlor	n.d.
Azinphos metinil	n.d.	0.100	Fenbensulfid	n.d.	0.010	Propiconazol	n.d.
Aldrin	n.d.	0.010	Fenpropidin	n.d.	0.010	Propiconazole	n.d.
Bentazon	n.d.	0.250	Fenpropimorph	n.d.	0.010	Propiconazole	n.d.
Bifenox	n.d.	0.250	Fenthion	n.d.	0.100	Propiconazole	n.d.
Boosalid	n.d.	0.010	Fipronil	n.d.	0.050	Pyrimprostol	n.d.
Buprofezin	n.d.	0.025	Fluorovpp	n.d.	0.050	Quinalphos	n.d.
Burolan	n.d.	0.025	Flutriafol	n.d.	0.010	Quinoxifen	n.d.
Carbaryl	n.d.	0.005	Fosfazate	n.d.	0.010	Quaral (op-P-Ethyl)	n.d.
Carbendazim	n.d.	0.005	Hexythiazox	n.d.	0.010	Simazine	n.d.
Carbofenthin	n.d.	0.010	Imazalil	n.d.	0.005	Terbuticonazole	n.d.
Carbofuran-3-hidroksy	n.d.	0.050	Imidacloprid	n.d.	0.010	Terbuticonazole	n.d.
Carbovir	n.d.	0.005	Isofenphos	n.d.	0.005	Terbuticonazole	n.d.
Chlorfenapyfos	n.d.	0.025	Iso-purutan	n.d.	0.050	Terbuticonazole	n.d.
Chlorfluazuron	n.d.	0.025	Lenach	n.d.	0.010	Thifensulfazole	n.d.
Chloridazon	n.d.	0.010	Linuron	n.d.	0.050	Thiendioxazin	n.d.
Chlorpyrifos	n.d.	0.100	Lufenuron	n.d.	0.010	Telefeno-methyl	n.d.
Chlorpyrifos methyl	n.d.	0.250	Malation	n.d.	0.010	Triadimenol	n.d.
Chlorotoluidin	n.d.	0.025	Mebuxol	n.d.	0.005	Trimesapac-ethyl	n.d.
Chlorvinyli	n.d.	0.005	Mebuturon	n.d.	0.100	<b>**PAH parametreleri</b>	
Clofibinnedil	n.d.	0.025	Methidathion	n.d.	0.050	Antrozan	n.d.
Clofibinnedil	n.d.	0.010	Methiocarb	n.d.	0.010	Benzocarbpirine	n.d.
Cybutryne	n.d.	0.010	Methomyl	n.d.	0.025	Benzocarb(pirene)	n.d.
Cyprodinil	n.d.	0.010	Metonchlor	n.d.	0.010	Benzocarb(pirene)	n.d.
Diazinon	n.d.	0.005	Molinate	n.d.	0.100	Benzocarb(pirene)	n.d.
Dichloruanid	n.d.	0.800	Monsulfotetra	n.d.	0.005	Floranil	n.d.
Dichlorviro	n.d.	0.250	Monuron	n.d.	0.005	Indeno[1,2,3-cd] pires	n.d.
Difenconazol	n.d.	0.010	Nicotinofuron	n.d.	0.005	Nattalin	n.d.
Difenoconazol	n.d.	0.010	Oxadiazon	n.d.	0.025		
Diflufenican	n.d.	0.010	Oxadixyl	n.d.	0.025		
Diflufenican	n.d.	0.050	Pencyrazole	n.d.	0.010		
Dimethoamid	n.d.	0.005					

n.d.: Ölçüm sonucunun, cihazın tayin sınırından küçük olduğunu gösterir.

- : Ölçülemediye parametre

Kullanılan metodlar: \*Pestisitlerin analizi In-House (Laboratuvar metodu), \*\*PAH analizleri EPA 550.I metodu, \*\*\*Hidrokarbonlar analizleri TSE EN ISO 9377-2 metodu ile yapılmıştır.

<http://aytblab.com/laboratuvar/pestisit-kalinti-analiz-laboratuvari>

### Kimyasal Analiz

Kimyasal parametreler suların jeokimyasalacidan tanımlanmasına ve bazı zirai yada evsel kirliliklerin kaynağının araştırılmasına yardımcı olmaktadır. Analizler, yeraltı sularında, havuz sularında, endüstriyel sularda yada atık sularda bulunan iyonların tayinin de kullanılır (Tablo 2).

**Tablo 2. İkizcetepeleri Barajı Suların Kimyasal Analiz Sonuçları**

**1. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu  
(UCMÖS-16 Konya)**

LABORATUVAR NO		:		15-0635 / 20			
NUMUNENİN ALINDIĞI YER		:		SUKAIG001 İkizcetepeler Barajı			
NUMUNENİN ALINDIĞI TARİH		:		25.08.2015			
	DENEY SONUÇLA RI	ÖLÇ. BEL	DEĞER EN COK TS 266 (2005)		DENEY SONUÇLA RI	ÖLÇ. BEL	DEĞER EN COK TS 266 (2005)
SICAKLIK°C (Num.Alındığı Yerdeki)			-		SİNIF 1 SİNIF 2(TP1) SİNIF 3(TP2)	SİNIF 1 SİNIF 2(TP1) SİNIF 3(TP2)	
ÖLÇÜM SICAKLIĞI °C	21,9		-		(13)	92,4	- -
pH (*)	(1) 8,16	± 0,03	6,5-9,5	6,5-9,5	(13)	7,95	- -
Elektriksel İletkenlik, mS/m (25 °C) (*) (Otomatik Cihaz Düzeltmesi)*	(2) 33,2	± 0,81	65	250	(12)	0,38	- -
Toplam Çözünmeli Katalar, mg/L	(5)	-	-	-	(5)	2,00	- -
Sodyum, mg/L (*)	(10) 10,62	± 0,42	100	200	(15)	0,73	- -
Potasyum, mg/L (*)	(10) 3,91	± 0,16	-	-	(9)	12,50	1 20
Toplam Sertlik, (CaCO3), mg/L	(11) 154,55		-	-	(4)	5,00	5 5
Kalsiyum, mg/L (*)	(10) 38,81	± 1,55	-	-	(14)	0,30	1 1
Magnezyum, mg/L (*)	(10) 13,81	± 0,83	-	-	(14)	18,00	- -
F.S			-	-	(14)	0,00	- -
Karbonat, mg/L	(8)	-	-	-	(14)		- -
Bikarbonat, mg/L	(8)	-	-	-	(14)	0,03	- -
Toplam Alkalinitet, (CaCO3), mg/L			-	-	(12)	0,13	- -
Klorür, mg/L (*)	(9) 9,46	± 1,04	30	250	(12)		- -
Sülfat, mg/L (*)	(9) 21,33	± 2,77	25	250	(14)		- -
Amonium Azotu, mg/L	(10) <0,025		-	-	(14)		- -
Nitrit Azotu, mg/L	(9) <0,015		-	-	(14)		- -
Nitrat Azotu, mg/L	(9) 0,14	± 0,02	-	-	(14)		- -
Orta Fosfat, mg/L (*)	(9) <0,150	± -	-	-	(14)		- -
Flerür, mg/L (*)	(9) <0,060	± -	1,0	1,5	(7)	11,00	± 1,65
Sıyanür (Serbest), mg/L	(14) 0,00		0,050	0,050	(6)	-	- -
Toplam Org.Karbon, mg/L	(16) 6,73		-	-	(14)		- -
Cözünlüklü Org.Karbon, mg/L	(10)		0,05	0,5	(14)	0,15	- -

KULLANILAN METODLAR: (1) TS EN ISO 10523,(2) TS 9748 EN 27888,(3) TS EN ISO 7187,(4) TS 5191 EN ISO 2027,(5) STMD,(6) TS 7093,(7) TS EN 872,(8) TS J 790 EN ISO 9963 1,(9) TS EN ISO 10304 1,(10) TS EN ISO 14911,(11) HESAP Y&#214;NTEMİ,(12) TS 7889,(13) TS EN ISO 5814,(14) KİT,(15) TS 6218 EN ISO 8467,(16) TS 1195 EN 1484

SİNIF 1 SULAR BIR TİPLİK  
SİNIF 2 SULAR (TİPLİ İŞLEM GÖRÜŞÜ KAYNAK (MİMİA) NİMLƏRİ - TİP 2 İÇME VE KULLANMA SULARI OLMAZ (ZƏRƏR İKLİ TLƏBLİ)

<http://gidalab.tarim.gov.tr/mersin/Menu/10/Kalinti-Analiz-Laboratuvari>

**Sıcaklık:** Baraj Gölün suyunun sıcaklığı, gölün coğrafik konumuna, mevsimlere, derinliğine, alanına, içinde bulunan erimiş madde miktarına ve soğurduğu güneş enerjisine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Barajda ölçülen sıcaklık değeri, 21,9 °C civarındadır.

**pH :** Herhangi bir şekilde kirletilmemiş olan göl sularında pH değerinin 6–9 arasında değiştiği belirtilmiştir. İkizcetepeler Barajında yüzey suyu pH değerleri 7.80–8.95 arasında değişim göstermiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki su kalite sınıflarına göre ortalama pH değeri açısından İkizcetepeler Barajı I. sınıf su kategorisine girdiği belirlenmiştir. İnsani Tüketicim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe göre, pH değerlerinin 6.5-9.5 arasında olması gerekmektedir. İkizcetepeler Barajı kaydedilen pH değerleri bu aralık içerisinde değişim göstermiştir.

**Bulanıklık:** İçme suları ve bazı endüstri suları açısından bulanıklık önemli bir parametredir. Depolarda bulunan suların 10m derinlikte bulunan maddelerin fark edileceği kadar berrak olması istenir. Suda bulanıklığa neden olan maddeler; askıda maddeler, planktonlar ve diğer organik maddelerdir. Suda kum, kil, toprak ve organik maddeler bulunduğuunda sarı ve yeşilimsiz renkte görülür.

**Elektriksel İletkenlik:** Elektriksel iletkenlik (E<sub>i</sub>), su numunesinin elektrik akımını iletme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Bu sayı iyonize olmuş maddenin toplam konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlıdır. Çözünmüş iyonların mobilitesi, yükü ve konsantrasyonu iletkenliğe etkiyen faktörlerdir. Elektriksel direncin birimi ohm olduğundan iletkenlik birimi bunun tersi olan mho ya da siemens olmaktadır. Su analizlerinde siemens birimi çok büyük olduğu için sonuçlar mikrosimens cinsinden ifade edilmektedir. Elektrolitik iletkenlik, metalik iletkenliğin tersine sıcaklık artınca artar. 1° C için %1.9 artış gösterir. Bu nedenle iletkenlik ölçümelerinin 25° C'ta verilmesi uygundur. Çözeltideki iyonların iletkenlikleri birbirinden farklıdır. Suda çözünen iyon ne kadar fazla ise iletkenlik o kadar fazla olur. İletkenlik kondüktometre ile ölçülür

**Ağır Metal Analizi :** Bu metot ile sularda bulunan Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, As, Hg, Ca, Mg, Na, K, Cr ve Sn analizleri yapılmaktadır (Tablo 3).

**Tablo 3. Baraj Sularının Ağır Metal Analiz Sonuçları**

	NUM.NO :	15-0680/40		*ICP-MS Cihazında Elementin Tayin Sınırı	DEĞER EN ÇOK TS 266 (2005)		
	ALINDIĞI YER :	İKİZCETEPELER BARAJI			SINIF 1 ve SINIF 2 (TİP 1)	SINIF 2 (TİP 2)	
	İSTASYON/KUYU NO :	SUKA10001					
	ALINDIĞI TARİH :	23.07.2015 (Müşteri Beyanı)					
	DENEY SONUCU	ÖLÇME BELİRŞİZLİĞİ					
TOPLAM KURŞUN (I)*( $\mu\text{g/L}$ )	0,35	-	0,18 $\mu\text{g/L}$	10 $\mu\text{g/L}$	10 $\mu\text{g/L}$		
TOPLAM ÇINKO (I)* ( $\mu\text{g/L}$ )	n.d.	-	0,50 $\mu\text{g/L}$	-	-		
TOPLAM KROM (I)* ( $\mu\text{g/L}$ )	5,98	-	0,50 $\mu\text{g/L}$	50 $\mu\text{g/L}$	50 $\mu\text{g/L}$		
TOPLAM MANGAN (I)* ( $\mu\text{g/L}$ )	-	-	0,02 $\mu\text{g/L}$	20 $\mu\text{g/L}$	50 $\mu\text{g/L}$		
TOPLAM DEMİR (I) ( $\mu\text{g/L}$ )	-	-	8,80 $\mu\text{g/L}$	50 $\mu\text{g/L}$	200 $\mu\text{g/L}$		
TOPLAM BAKIR (I)* ( $\mu\text{g/L}$ )	1,68	-	0,15 $\mu\text{g/L}$	100 $\mu\text{g/L}$	2000 $\mu\text{g/L}$		
TOPLAM KADMİYUM (I)* ( $\mu\text{g/L}$ )	n.d.	-	0,05 $\mu\text{g/L}$	5,0 $\mu\text{g/L}$	5,0 $\mu\text{g/L}$		
TOPLAM KOBALT (I) ( $\mu\text{g/L}$ )	0,08	-	0,03 $\mu\text{g/L}$	-	-		
TOPLAM NİKEL (I)* ( $\mu\text{g/L}$ )	3,25	-	0,05 $\mu\text{g/L}$	20 $\mu\text{g/L}$	20 $\mu\text{g/L}$		
TOPLAM ALUMİNYUM (I)* ( $\mu\text{g/L}$ )	7,26	-	0,33 $\mu\text{g/L}$	200 $\mu\text{g/L}$	200 $\mu\text{g/L}$		
TOPLAM CİVA (I) ( $\mu\text{g/L}$ )	n.d.	-	0,07 $\mu\text{g/L}$	1,0 $\mu\text{g/L}$	1,0 $\mu\text{g/L}$		
TOPLAM ARSENİK (I)*( $\mu\text{g/L}$ )	18,59	-	0,08 $\mu\text{g/L}$	10 $\mu\text{g/L}$	10 $\mu\text{g/L}$		
TOPLAM MOLİBTEM (I) ( $\mu\text{g/L}$ )	1,51	-	0,31 $\mu\text{g/L}$	-	-		
TOPLAM ANTIMON (I)* ( $\mu\text{g/L}$ )	n.d.	-	0,17 $\mu\text{g/L}$	5,0 $\mu\text{g/L}$	5,0 $\mu\text{g/L}$		
TOPLAM SELENYUM (I) ( $\mu\text{g/L}$ )	n.d.	-	3,91 $\mu\text{g/L}$	10 $\mu\text{g/L}$	10 $\mu\text{g/L}$		
TOPLAM BOR (I) ( $\text{mg/L}$ )	-	-	0,01 $\text{mg/L}$	1 $\text{mg/L}$	1 $\text{mg/L}$		
TOPLAM BERİLYUM (I) ( $\mu\text{g/L}$ )	n.d.	-	0,04 $\mu\text{g/L}$	-	-		
TOPLAM TİTANYUM (I) ( $\mu\text{g/L}$ )	0,80	-	0,26 $\mu\text{g/L}$	-	-		
TOPLAM VANADİYUM (I) ( $\mu\text{g/L}$ )	3,25	-	0,02 $\mu\text{g/L}$	-	-		
TOPLAM GÜMÜŞ (I) ( $\mu\text{g/L}$ )	n.d.	-	0,37 $\mu\text{g/L}$	-	-		
TOPLAM BARYUM (I) ( $\mu\text{g/L}$ )	64,30	-	0,05 $\mu\text{g/L}$	-	-		
TOPLAM TALYUM (I) ( $\mu\text{g/L}$ )	n.d.	-	0,02 $\mu\text{g/L}$	-	-		
<b>KULLANILAN YÖNTEMLER : (i) EPA 200.8</b>							
<b>Not:</b>							
i) n.d. : Element için ölçme sonucunun, ölçme cihazının tayin sınırından küçük olduğunu ifade eder.							
ii) - : Deneylerin yapılmadığını ve/veya ilgili herhangi bir sonucun/değerin verilemediğini ifade eder.							
SINIF 1 SULAR BİR TIPTİR. SINIF 2 SULAR TİP 1 - İŞLEM GÖRMÜŞ KAYNAK (MEMBA) SULARI TİP 2 - İÇME VE KULLANMA SULARI OLMAK ÜZERE İKİ TIPTİR.							

(Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2015)

#### **4. SONUÇ**

Yapılan çalışma sonucunda, Türkiye için kabul edilen içme suyu standartı TS-266 Su Kalite Sınıflarına göre ölçümleri yapılan fiziko-kimyasal parametreler açısından İkizcetepeler Barajının suları içme ve kullanma amaçlı olarak uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, İkizcetepeler Barajından inşa edilen isale hattı ve arıtma tesisi vasıtasıyla Balıkesir'e yılda 53 Milyon m<sup>3</sup> içme suyu sağlanmaktadır.

#### **KAYNAKLAR**

- Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2015, No. 2(1): S. 85–91,  
<http://wikimapia.org/9779706/tr/DS%C4%B0-%C4%B0K%C4%İKİZCETEPELER-BARAJI>  
<http://pervaneturkler.blogspot.com.tr/2008/04/su-analizleri.html>  
<http://www.an-ka.com/KMDefault.aspx?cntid=1196>  
<http://gidalab.tarim.gov.tr/mersin/Menu/10/Kalinti-Analiz-Laboratuvari>  
<http://aytblab.com/laboratuvar/pestisit-kalinti-analiz-laboratuvari>

## **KYOTO PROTOKOLÜ ve PARİS ANLAŞMASI; SONUÇLARI ve TÜRKİYE**

İsmail CEYLAN, Samet ÖZCAN, Hasan KOÇYİĞİT  
*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*  
*cyln1992@hotmail.com*

**ÖZET:** Fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, arazi kullanımı değişiklikleri ve sanayi süreçleri ile atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimleri, sanayi devriminden beri hızla artmaktadır. Bu ise, doğal sera etkisini kuvvetlendirerek, şehirleşmenin de katkısı ile dünya yüzey sıcaklıklarının artmasına neden olmuştur. Durumun ciddiyetinin farkında olan insanoğlu; BMİDÇS uyarınca çıkarılan uluslararası Kyoto Protokolü'ünü; 1997 yılında üye ülkelerin hükümetlerinin onayına sunmuştur. Atmosfere salınan insan kaynaklı küresel sera gazı emisyonlarının kontrol ve denetim altına alınması hükümlerini içeren BM Kyoto Protokolü 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. 2012 yılında sona eren BM Kyoto Protokolü, tüm BM üyelerince onaylanmaması nedeniyle istenilen hedefe ulaşamamıştır. Bunun üzerine 2009'da Kopenhag'da gerçekleştirilen toplantıda yeni bir anlaşmanın kabulü gerçekleştirilememeyince, 2011'de Durban'da yapılan konferansta 2015 sonunda yeni bir iklim değişikliği anlaşmasının tamamlanarak 2020 yılında yürürlüğe girmesine karar verilmiştir. Alınan karar uyarınca; gelişmiş, gelişmekte olan ve az gelişmiş toplamda 196 ülke, 12 Aralık 2015 tarihinde, Fransa'nın başkenti Paris'te, Birleşmiş Milletler çatısı altında toplanmasıyla hayatı geçirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kyoto Protokolü, Paris Anlaşması, İklim Değişikliği, Sera Gazı, BMİDÇS

## **The Kyoto Protocol and the Paris Treaty; Results and Turkey**

**Abstract:** The burning of fossil fuels, deforestation, land use changes and industrial processes and the accumulation in the atmosphere of greenhouse gases released into the atmosphere, since the industrial revolution is increasing rapidly. That is, the natural greenhouse effect by strengthening the contribution of the urbanization increased the temperature of the Earth's surface with. Human beings who are aware of the seriousness of the situation; the United Nations Framework Agreement on Climate Change issued in accordance with the Kyoto Protocol in 1997 presented for approval to the governments of Member States international. Global anthropogenic greenhouse gas emissions into the atmosphere to be taken under the control and supervision of the United Nations Kyoto Protocol took effect on 16 February 2005 contains provisions to. United Nations Kyoto Protocol which ended in 2012, did not reach the intended destination because it is not approved by all members of the United Nations. At a meeting in Copenhagen in 2009, this wasn't carried out since the adoption of a new agreement, held in Durban in 2011, a new climate change Agreement at the conference at the end of 2015 was completed and has decided to enter into force in 2020. In accordance with decision taken; developed, developing and underdeveloped the total of 196 countries, December 12, 2015 in the history of the capital of France in Paris, under the roof of a collection has been implemented through the United Nations.

**Keywords:** Kyoto Protocol, Paris Treaty, Climate Change, Greenhouse Gas, BMİDÇS

## **1.GİRİŞ**

### **1.1. Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması'nın Tarihi Süreci**

Protokol, adını Japonya'nın Kyoto kentinden alıyor. Sera gazı emisyonlarında indirime gidilmesi konusunda ilk anlaşma Kyoto kentinde 1997 yılında yapılan zirvede sağlanmıştır (1). Kyoto Protokolü, 1992'de Rio de Janeiro'da (Brezilya) gerçekleştirilen Dünya Zirvesi'nde

kabul edilen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ('BMİDCS')'nin eki olarak kabul edilen uluslararası bir anlaşmadır. Protokolün ana amacı, atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun, iklime tehlikeli etki yapmayacak seviyelerde dengede kalmasını sağlamaktır. Protokol, sera gazı emisyonunu azaltma amacıyla doğrultusunda sanayileşmiş ülkelere bir dizi bağlayıcı hedefler öngörmüştür. BMİDCS, emisyonun azaltılması için 'teşvik edici uygulamalar', Protokol ise 'zorlayıcı yaptırımlar' öngörmektedir (2).

Protokolün ülkelerin onayına ve uygulamasına hazır hale getirilmesi için gerekli ayrıntılı uygulama kuralları 2001 yılında Marakeş'te gerçekleştirilen 7. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir. "Marakeş Uzlaşmaları" olarak adlandırılan bu kurallar 2005 yılında Protokol'ün 1. Taraflar Toplantısı'nda onaylanmıştır. 16 Şubat 2005'te yürürlüğe giren Kyoto Protokolu'ne Mayıs 2010 itibariyle 191 ülke ve Avrupa Birliği taraftır (3)

Protokolün yürürlüğe girmesi için iki şart koşulmuştur:

- En az 55 ülkenin Protokole taraf olması

Taraf devletlerin, dünya toplam emisyonunun %55'ini oluşturması. Yani; Anlaşmanın "Annex 1" ülkeleri olarak adlandırdığı, salım oranlarını düşürmek üzere belirli hedefler verilen ülkelerin, yani dünya çapındaki salımların en az yüzde 55'inden sorumlu olan ülkeler tarafından imzalanması (2).

İlk hedefe, 2002 yılında ulaşıldı. Fakat ABD'nin ve Avustralya'nın protokole katılmama kararının ardından, ikinci koşulun sağlanması, Rusya'nın tutumuna bağlı oldu (4).

Son olarak 18 Kasım 2004 tarihinde Rusya Federasyonu'nun da onaylamasıyla Kyoto Protokolu 16 Şubat 2005 tarihinde fiilen yürürlüğe girmiştir (7). Protokolu onaylayan 38 sanayileşmiş ülke, başta karbondioksit ve metan olmak üzere, atmosfere saldıkları sera gazlarında, 2012 yılına kadar, 1990 yılındaki düzeyinden toplam yüzde 5,2 oranında bir indirime gitmeyi kabul etti (1).

Ancak protokolün senato tarafından onaylanmaması sonucunda ABD'de hiç hayatı geçmedi. En fazla sera gazı salınısına neden olan ABD'nin Kyoto Protokolu'ne tâbi olmaksızın kendi karbon pazarlarını oluşturarak kendi politikalarını uygulaması, diğer gelişmiş ülkelerin tek tip taahhütlerle bağlı tutulması ve çoğu gelişmekte olan ülkenin protokolle ortaya konulan hedefleri yerine getirememesi Kyoto Protokolu'nun başarısızlığına neden oldu. Bunun üzerine 2009'da Kopenhag'da gerçekleştirilen toplantıda yeni bir anlaşmanın kabulü gerçekleştirilemeyeince, 2011'de Durban'da yapılan konferansta 2015 sonunda yeni bir iklim değişikliği anlaşmasının tamamlanarak 2020 yılında yürürlüğe girmesine karar verildi (5).

BM üyesi 190'dan fazla ülke 2020'den itibaren geçerli olacak bir iklim sözleşmesi hazırlamak için 12 Aralık 2015'te Paris'te bir araya gelerek Paris Anlaşması'nı imzaladı (6).

## **1.2. Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması'nda Türkiye'nin Konumu**

Türkiye'nin Kyoto Protokolü iklim değişikliği müzakereleri kapsamındaki konumu aşağıdaki biçimde özetlenebilir.

- Türkiye Ek-I ülkesidir. Ancak, 2001 yılında Marakeş'te gerçekleştirilen 7. Taraflar Konferansı'nda (COP 7), BMİDÇS altında Türkiye'ye ilişkin olarak alınan 26/CP.7 numaralı karar ile, "sözleşmenin Ek-I listesinde yer alan diğer taraflardan farklı bir konumda olan Türkiye'nin özel koşullarının tanınarak, isminin EKI'de kalarak EK-II'den silinmesi" yönünde karar alınmıştır.
- Türkiye Kyoto Protokolüne taraftır. Ancak Ek-B dışı bir ülkedir (salım sınırlandırma veya azaltım taahhüdü yoktur).
- Türkiye OECD üyesi bir ülkedir.
- Türkiye G20 üyesidir.
- AB üyeliğine aday bir ülkedir.

Bu özelliklerin tümü birlikte düşünüldüğünde de Türkiye, dünyada tek ülke olma özelliğine sahiptir (7).

Bakanlıklar ve diğer kamu kuruluşları başta olmak üzere, iş dünyası ve akademik camiadan geniş bir resmi heyetle COP21 toplantısına katılan Türkiye'nin müzakereler boyunca aktif olarak kendi özel koşulları ve başka konularda söz aldığı görüldü. Küresel bir iklim anlaşması için pozitif bir tutum sergileyen Türkiye'nin uluslararası iklim finansmanı sağlama konusundaki pozisyonunun net olmaması sıkıntı oluşturmuştur. 1992 yılından bu yana Türkiye'nin BMİDÇ Sözleşmesi'ndeki EK-I listesinde olması durumu hala bir sorun teşkil etmektedir. Her ne kadar Paris Anlaşması metninde Sözleşmede geçen EK-I, EK-II ve EKLER-DIŞI listelere hiçbir atıf yapılmasa da, Anlaşmanın içinde Türkiye'nin "özel koşullarının tanındığı" notunun olmaması sorun teşkil etmektedir. Ancak Paris Anlaşması deklare edildiği zaman Türkiye'nin bu konuyu gündeme getirmesi ve COP Başkanının ilgili konuyu çözecekleri yönündeki beyanı "uluslararası finansman sağlama" konusundaki sorunun 2016 yılında çözüleceğini bekleyebiliriz (9).

## **2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI**

## **2.1.BMİDÇS'nin Temel İlkeleri**

- İklim sisteminin eşitlik temelinde, ortak fakat farklı sorumluluk ilkesine uygun olarak korunması,
- İklim değişikliğinden etkilenecek olan gelişme yolundaki ülkelerin ihtiyaç ve özel şartlarının dikkate alınması,
- İklim değişikliğinin etkilerine karşı önlem alınması ve alınacak önlemlerin etkin maliyetli ve küresel yarar sağlayacak şekilde olması,
- Sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi ve belirlenecek politika ve önlemlerin ulusal kalkınma programlarına dahil edilmesi,
- Tarafların işbirliği yapmalarıdır (7).

## **2.1. Protokolün Kararları**

- Atmosfere salınan sera gazı miktarı %5'e çekilecek,
- Endüstriden, motorlu taşıtlardan, ısıtmadan kaynaklanan sera gazı miktarını azaltmaya yönelik mevzuat yeniden düzenlenenecek,
- Daha az enerji ile ısınma, daha az enerji tüketen araçlarla uzun yol alma, daha az enerji tüketen teknoloji sistemlerini endüstriye yerleştirme sağlanacak, ulaşımda, çöp depolamada çevrecilik temel ilke olacak,
- Atmosfere bırakılan metan ve karbon dioksit oranının düşürülmesi için alternatif enerji kaynaklarına yönlenecek,
- Fosil yakıtlar yerine örneğin bio dizel yakıt kullanılacak,
- Çimento, demir-çelik ve kireç fabrikaları gibi yüksek enerji tüketen işletmelerde atık işlemleri yeniden düzenlenenecek,
- Termik santrallerde daha az karbon çıkartan sistemler, teknolojiler devreye sokulacak,
- Güneş enerjisinin önü açılacak, nükleer enerjide karbon sıfır olduğu için dünyada bu enerji ön plana çıkarılacak,
- Fazla yakıt tüketen ve fazla karbon üretenden daha fazla vergi alınacaktır.

## **2.2.Protokolün Prensipleri**

- Kyoto Protokolü devletler tarafından desteklenir ve BM şemsiyesi altında küresel kurallar ile belirlenir.
- Devletler iki genel sınıfa ayrılmıştır: gelişmiş ülkeler, bu ülkeler Ek 1 ülkeleri olarak anılacaktır; ve gelişmekte olan ülkeler, bu ülkeler Ek 1'de yer almayan ülkeler olarak

anılacaklardır. Ek 1 ülkeleri sera gazı salımlarını azaltmayı kabul etmişlerdir. Ek2 ise Ek 1'in alt kümesidir. Ek 2 ülkeler Ek 1'de yer almayan (gelişmekte olan) ülkelerin masraflarını ödemekle yükümlüdürler. Ek 2'de yer almayan Ek 1 ülkeleri 1992'de geçiş ülkesi olarak tanımlanan ülkelerdir. Ek 1'de yer almayan ülkelerin ise sera gazı sorumlulukları yoktur ve her yıl sera gazı envanteri raporu vermelidirler.

- Kyoto Protokolündeki hedeflerine uymayan herhangi bir Ek 1 ülkesi bir sonraki dönem azaltma hedeflerinin %30 daha azaltılması ile cezalandırılacaktır.
  - 2008 ile 2012 arasında, Ek 1 ülkeleri sera gazı salımlarını 1990 yılı seviyesinden ortalama %5 aşağıya çekmek zorundadırlar (birçok AB üyesi ülke için bu 2008 için beklenilen sera gazı salımlarının %15 aşağısına denk gelmektedir). Ortalama salım azalmasının %5 olarak belirlenmesine rağmen AB üyesi ülkelerin salım hedefleri %8 azaltma ile İzlanda tarafından hedeflenen %10 artırıma kadar değişmektedir. Bu azaltma hedefleri 2013 yılına kadar belirlenmiştir.
  - Kyoto Protokolü, Ek 1 ülkelerinin sera gazı salımı hedeflerine ulaşmak için başka ülkelerden salım azalması satın alabilmeleri esnekliğine imkân tanımıştır. Bu, çeşitli borsalardan (AB Salım Ticaret Sistemi gibi) veya Ek 1'de yer almayan ülkelerin salımlarını azaltan Temiz Gelişim Tekniği (TGT) projeleri ile veya diğer Ek 1 ülkelerinden satın alınabilirler.
  - Sadece TGT Yönetim Kurulu tarafından onaylanmış Onaylı Salım Azaltımları (OSA) alınıp satılabilir. BM çatısı altında, Kyoto Protokolü Bonn merkezli Temiz Gelişme Tekniği Yönetim Kurulu'nu Ek 1'de yer almayan ülkelerde gerçekleştirilen TGT projelerini değerlendirip onaylaması için kurmuştur. Bu projeler onaylandıktan sonra OSA verilir.
1. Pratikte bu kurallar Ek 1'de yer almayan ülkelerin sera gazı sınırlamalarına tabi olmadıklarını ama sera gazını azaltan bir projenin bu ülkelerde uygulanması durumunda elde edilen Karbon Kredisinin Ek 1 ülkelerine satılabilmesini anlatır (8).

### **2.3.Paris Anlaşmasının İçeriği**

- Paris Anlaşması (PA) 195 ülke tarafından kabul edilen küresel nitelikte bir anlaşmadır.
- Tüm tarafların emisyon azaltımı konusunda yükümlülük alması kabul edilmiştir.
- Sanayi devriminden bugüne kadar 1c dereceye ulaşan Yerkürenin ısınmasının 2c derecenin daha altına (well below 2c) ve mümkün olduğunca 1.5c seviyelerinde tutulmasına karar verilmiştir.

- Gelişmiş ülkeler gelişmekte olan ülkelere “düşük-karbonlu ve iklim dirençli” kalkınmayı sağlayacak dönüşümü gerçekleştirmesi için gerekli olan iklim finansmanı, teknoloji ve kapasite geliştirme desteği sağlamaları gerekmektedir
- Ülkelerin emisyon azaltımları konusunda almış oldukları hedefler, geliştirdikleri politikalar ve hedefe ulaşma konusundaki ilerleme durumu şeffaf ve hesaplanabilir bir yöntemle her beş yılda bir düzenli olarak değerlendirmeye tabi olacaktır (9).

### **3. ARAŞTIRMA BULGULARI**

Küresel ısınma, iklim değişikliğinin ölçülebilen en doğrudan sonuçlarından birisidir ve Sanayi Devrimi'nden bu yana; yani 1900'lerin basından beri özellikle üretim için fosil yakıtların yakılması, ormansızlaştırma, bazı tarımsal etkinlikler ve sanayi prosesleri, kentleşme gibi insanların doğrudan yarattığı etkinlikler dolayısıyla atmosfere salınan gazların konsantrasyonu artmakta ve doğal sera etkisi kuvvetlenmektedir.

Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazı birikimlerinde, Sanayi Devrimi'nden beri gözlenen artış sürmektedir. Özellikle atmosferdeki birikim miktarı ve yaşam süresi dikkate alındığında, bu sera gazları arasında CO<sub>2</sub> öne çıkmaktadır ve yapılan bilimsel gözlemlere göre de hızla artmaktadır. 1950'li yılların sonunda 315 ppm civarında olan yıllık ortalama CO<sub>2</sub> birikimi, son yıllarda 380 ppm ulaşmıştır ki bu son 650 bin yılın doğal seviyesini aşmaktadır. Son 50 yılda, geçen 100 yıla kıyasla doğrusal ısınma eğiliminin iki katına ulaştığını belirtmek hızla gelen bir süreç değişikliğini göstermek açısından önemlidir.

Türkiye'nin hâlihazırda en son resmi bildirimi olan İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi 'ne göre toplam sera gazı emisyonları CO<sub>2</sub> es değeri olarak 1990 ve 2004 yılları için sırasıyla 170.19 ve 296.6 milyon ton olarak tahmin edilmiştir.

Sera gazı emisyonlarında CO<sub>2</sub> es değeri olarak en büyük payı yüzde 77 ile enerji sektörü oluşturken, bunu yüzde 9'ar paylar ile endüstriyel prosesler ve katı atık bertarafı almaktadır. Enerji sektörü ayrıca; 1990 ve 2004 arasında en büyük emisyon artısının olduğu sektör olmuş ve yüzde 124 emisyon artısı görülmüştür (10).

Paris Anlaşması ise iklim değişikliğinin nedeni olarak görülen küresel sıcaklık artışını sanayi devrimi öncesine kıyasla 1,5 – 2 derece ile sınırlamayı hedefliyor. Toplamda 41 gelişmiş ülke gelişmekte olan ülkelere iklim değişikliğiyle mücadelede, yılda 10 milyar doların üzerinde kaynak sağlamayı kabul etti. Bu rakamın 100 milyar doları aşması hedefleniyor (11).

### **4. SONUÇ**

1992 yılında BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile başlayıp 1997'de Kyoto Protokolü ile devam eden ve 2012'de Kyoto'nun 2020'e kadar uzatılmasıyla olan küresel çabanın geleceğine ilişkin umutlu olmak için elimizde fazla neden yok.

Bütün dünya ülkelerinin ekonomilerini yeni bir duruma uyarlama amacının doğal bir sonucu olarak da, Kyoto Protokolü belki de bugüne deðin hazırlık süreci en yoğun ve en karmaþık olan uluslararası anlaşma niteliðini taþıyor. Üstelik bu haliyle çözüm süreci oldukça bürokratik ve ağır işleyen bir yapı sergiliyor. Dünyanın hemen hemen bütün ülkelerinden çok sayıda katılımcıyı her yıl birkaç kez bir araya getirmenin ve sonra da onların anlaşmalarını beklemenin gerçekçi olmadığı da çok açık (12).

12 Aralık günü Paris'te onaylanan Paris Anlaşması, Kyoto Protokolü'nden ve BMİDCS'den farklı olarak, tarihte ilk defa bütün ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadelede somut tedbirler almayı kabul ettiðini belgeleyen bir metin olarak karþımıza çıktı.

Ancak BMİDCS Sekretaryası ve UNEP tarafından yayınlanan raporlar, geçtiðimiz yıl 188 ülkenin ortaya koyduðu hedeflerin, anlaşmada öngörülen eşliğin oldukça üzerinde yaklaşık 3 derece civarında sıcaklık artısına yol açacak bir emisyon seviyesini öngördüğüne işaret etti. Böylesi bir artış, denizde ve karada bir çok canlı türünün yok olması, çok sayıda kıyı yerlesim alanının sular altında kalması ve su kaynaklarının tükenmesi de dahil olmak üzere bir dizi geri döndürülemez etkiyi beraberinde getirecektir.

COP 21'den ve Paris Anlaşması'ndan çıkarabileceğimiz bir diğer güçlü mesaj bu yolda umutlu olabileceğimizi gösteriyor. 195 ülkenin tamamının sera gazı emisyonlarını azaltmak ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamak yönünde somut tedbirler almayı, bu çerçevede birbirlerine finansman ve teknoloji desteği sağlamayı ve en önemlisi bu yönde atacakları bütün adımları raporlamayı kabul ettiði bu anlaşma metnini uzun vadeli bir ekonomik dönüşüme yönelik bir irade beyanı olarak görebiliriz. Çok sayıda çok uluslu şirketin, yatırımcının ve iş dünyası örgütlerinin karbonun fiyatlanması yönük açıklamaları hükümetlerin ortaya koydukları bu irade beyanını desteklediklerini gösteriyor (11).

## KAYNAKLAR

1. [http://www.bbc.co.uk/turkish/europe/story/2005/11/051129\\_kyoto\\_explained.shtml](http://www.bbc.co.uk/turkish/europe/story/2005/11/051129_kyoto_explained.shtml) (Murat N. BBC Türkçe Servis 29 Kasım 2005 17.20)
2. Petform, 2009, Kyoto Protokolü Bilgi Notu, NAPOGS 2008 Özel Raporu
3. Erişim Adresi: [http://www.pagev.org.tr/contents\\_TR.asp?id=67&pid=589](http://www.pagev.org.tr/contents_TR.asp?id=67&pid=589) Ziyaret Tarihi: 07 Mayıs 2016

4. Tolga K. , Kyoto Protokolü: Nedir, Ne Değildir? Bia Haber Merkezi, 15 Şubat 2005, Londra İngiltere
5. Özge O. , İklim Değişikliğine Karşı Paris Anlaşması İmzalandı, 13 Aralık 2015
6. Nilay V. , 5 Soruda Paris İklim Zirvesi, Bia Haber Merkezi, 20 Kasım 2015, İstanbul Türkiye
7. DSİ Genel Müdürlüğü, Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, İklim Değişikliği Birimi, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü ve Türkiye
8. Erişim Adresi : [https://tr.wikipedia.org/wiki/Kyoto\\_Protokolü](https://tr.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protokolü) Ziyaret Tarihi: 8 Mayıs 2016
9. Prof. Dr. Etem K. , Paris Anlaşması: İçeriği ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme, Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Derneği Başkanı, Adnan Menderes Üniversitesi, Nazilli İİBF Dekanı
10. İklim Değişikliği Süreci ve Kyoto Protokolü, Makine ve Mühendisleri Odası, Mühendis ve Makina, Cilt: 49 Sayı: 581 Haziran 2008
11. Tanyeli Behiç S. , İklim Politikaları Araştırmacısı, 21 Ocak 2016, Erişim Adresi : [http://www.bugday.org/portal/haber\\_detay.php?hid=7882](http://www.bugday.org/portal/haber_detay.php?hid=7882)
12. Bülent D. , Kyoto Protokolü'nden Halkların Protokolüne, Mülkiye Dergisi, Cilt: 32 Sayı: 259 2008

## MISIR SİLAJI VE ARITMA ÇAMURLARINDAN BİYOGAZ ELDESİ

Latife GÜNEŞ, Melayib BİLGİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisi Bölümü, Aksaray

[latife3355@hotmail.com](mailto:latife3355@hotmail.com)

**ÖZET:** Dünyada ve ülkemizde, gittikçe artan enerji ihtiyacının yanında, mevcut kaynakların yetersiz ve sınırlı olması toplumları, alternatif çözümler üretmeye yöneltmiştir. Bu ihtiyacı karşılamak adına ülkemizde çeşitli yöntemler ile elektrik enerjisi üretilmektedir. Çevreye verilen değerin artmasıyla birlikte tüm dünya üzerinde yenilenebilir enerji kaynakları büyük önem kazanmaktadır ve hızla gelişim göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının önemi gittikçe artmaya başlamıştır. Ülkemizde halen, tarım ve hayvancılık ekonomide önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle biyogaz teknolojisine yatırım yapılması mantıklı görülmektedir. Biyogaz teknolojisi, enerji üretiminin yanında, atık olarak çevre kirliliği oluşturan hayvansal ve bitkisel atıkların zararsız hale getirilmesi için de önemli bir teknolojidir.

Türkiye'de bol olarak bulunması nedeni ile enerji bitkilerinden biyogaz üretimi üzerine araştırma çalışmaları son yıllarda önem kazanmıştır. Mısır, çim, melas, meyve kabukları vb. enerji bitkileri bu anlamda birçok çalışmada kullanılmıştır. Mısır, tarıma dayalı biyogaz tesislerinde en sık kullanılan materyaldir. Ülkemizde Atık su arıtma işletmelerinde endüstriyel ve evsel atık suların arıtılması sırasında üretilen arıtma çamurları, uzaklaştırılmasında sorun yaşanan maddelerdir. Arıtma çamurları atıldıkları ortamda biyolojik parçalanmaya uğrayarak yeraltı ve yüzey sularını kirletmekte, oluşan gazlar atmosfere yayılarak hava kirliliğine neden olmaktadır. Endüstriler ve yerel yönetimler çamurların uzaklaştırılması için sistemler kurmakta ve çamurun ekonomik değerinden faydalananmaya çalışmaktadır. Bu sistemlerden biri de arıtma çamurlarından biyogaz elde ederek atık halindeki bir maddeden getiri sağlamaktır.

**Anahtar kelime:** Biyogaz, Mısır silajı, Arıtma çamuru, Yenilenebilir enerji

### GİRİŞ

Sera gazlarının olumsuz çevresel etkilerinin gün geçtikçe artması ve artan enerji gereksinimi, insanları alternatif ve düşük maliyetli enerji bulmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltti. Yenilenemeyen enerji tüketiminin bir sonucu olarak kömür, benzin ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar; hava ve su kirliliği, küresel ısınma, hayvan ve bitki yaşamı üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Ancak, yenilenebilir enerji kaynakları bu etkiler ve risklerden kaçınarak birçok çevresel faydalara sağlayabilir. Doğal kaynaklardan elektriksel, mekanik ya da termal enerji üretilirken; fosil yakıtların, yakın gelecekte enerji çoğunuğu tükenmiş olacaktır. Türkiye'de tüketim petrol (% 40), kömür (% 25), doğal gaz (% 21) ve diğerleri (% 14) üzerine dayanır. Günümüzde, yenilenebilir enerji tüketimi sürekli artan enerji ihtiyacını karşılamak için önem kazanmaktadır. Biyokütlenin, yenilenebilir bir enerji kaynağı ve bir ulusal enerji politikası olarak yakın gelecekte önemi artacaktır. Biyokütleyi enerjiye dönüştürmek için diğer teknolojiler arasında anaerobik sindirim yoluyla biyogaz üretimi en eski ve en umut verici teknolojilerden biridir. (Bayır, 2009)

Biyogaz, organik materyallerin (gübre, bitkiler, çöp, yemek artığı, kimyasal atıklar, vb.) anaerobik koşullarda biyokimyasal fermantasyon ve mikrobiyolojik faaliyet sonucu parçalanması ile elde edilen, % 20 havadan daha hafif olan, kalorifik değeri 20 MJ/m<sup>3</sup> bileşiminde %40–75 metan (CH<sub>4</sub>), %25–60 karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) ve %2 hidrojen sülfür(H<sub>2</sub>S),azot (N) bulunan yanıcı bir gaz karışımıdır (Buğutekin, 2007).

Bütün ölü bitki ve hayvansal maddeler bozunmaya uğrar. Bu bozunma veya ayrışma, bakteri adı verilen organizmalar tarafından gerçekleştirilir. Bazı bakteriler bu bozunmayı havalı ortamda gerçekleştirirler. Bunlara aerobik bakteri adı verilir. Diğer bazı bakteriler ise bu bozunma işlemini havasız ortamda gerçekleştirirler ki bunlara da anaerobik bakteri adı verilir (Buğutekin, 2007).

Bataklıkların dibindeki ölü bitkisel ve hayvansal maddeler anaerobik bir ayrılmaya uğrarlar ve sonunda yüzeyde gaz kabarcıkları çıkmaya başlar (Buğutekin, 2007).

Aritma çamuru, 5 Nisan 2005 tarihli ve 25777 sayılı Resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeli inde “Evsel ve evsel nitelikli endüstriyel atık suların, fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemleri sonucunda ortaya çıkan, suyu alınmış, kurutulmuş, çamur” olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle de evsel veya endüstriyel atıksuların fiziksel, biyolojik ve kimyasal yöntemlerle arıtılması sonucu üretilen sıvı veya yarı katı maddelere, uygulanan arıtma yöntemine bağlı olarak katı madde içeriği değişmekte olan ve genel bir yaklaşım olarak kütlege %0,25-12 katı madde içeren sulu karışımlara arıtma çamuru denilmektedir (Halisdemir, 2009).

Atık suların arıtılmasıyla üretilen arıtma çamurunun yapısının bilinmesi arıtma çamuruna uygulanacak işlemler için gereklidir. Anaerobik çürütme uygulanacaksız sistemin kontrolünde pH, alkalinité ve organik asit içeriğinin saptanması gerekmektedir. Yakma ve arazide rastgele boşaltma metodunun uygulanması durumunda ise çamurdaki ağır metal, pestisit ve hidrokarbonların saptanması gerekmektedir. Yakma gibi ıslı süreç kullanılcagında çamurun enerji içeriği de hesaplanmalıdır (Halisdemir, 2009).

Atık su arıtma işletmelerinde endüstriyel ve evsel atık suların arıtılması sırasında üretilen arıtma çamurları, uzaklaştırılmasında sorun yaşanan maddelerdir. Arıtma çamurları

atıldıkları ortamda biyolojik parçalanmaya uğrayarak yeraltı ve yüzey sularını kirletmekte, oluşan gazlar atmosfere yayılarak hava kirliliğine neden olmaktadır. Endüstriler ve yerel yönetimler çamurların uzaklaştırılması için sistemler kurmakta ve çamurun ekonomik de erinden faydalananmaya çalışmaktadır. Bu sistemlerden biri de arıtma çamurlarından biyogaz elde ederek atık halindeki bir maddeden getiri sağlamaktır. Anaerobik parçalanma ile büyük miktardaki atık, yenilenebilir bir enerji kaynağı olan metana dönüştürülmemektedir. Bu nedenle en ekonomik yöntemlerin uygulamaya geçirilmesi için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır (Halisdemir, 2009).

## **YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI**

Enerji kaynakları, yenilenemeyen ve yenilenebilen kaynaklar olarak iki grupta toplanır. Bu kaynaklara bakacak olursak; Yenilenemeyen enerji kaynakları taşkömürü, linyit, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar ile nükleer enerji gibi rezervi sınırlı olan ve tüketidine yenilenemeyen kaynaklardır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, hidrolik, güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarıdır (Yenilenebilir Enerji Kanunu, 2005).

Günümüzde dünya enerji üretiminde öncelikli kaynaklar petrol, doğalgaz ve kömür gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır. Sürekli artış gösteren tüketim sonucu yeni teknolojilerin kullanımına geçilmediği takdirde, mevcut enerji kaynakları bu enerji ihtiyacını karşılayamayacak hale gelecektir. Bütün bu gelişmeler ışığında, enerji sorununa çözüm olması açısından alternatif enerji kaynakları arayışına geçilmiş ve yenilenebilir enerji kaynakları belirlenmelidir (Gül, 2014).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük özellikleri;

- 1-Karbondioksit emisyonlarını azaltarak, çevrenin korunmasına yardımcı olmak.
- 2-Yerli kaynaklar oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azaltmak ve istihdamın artmasına katkıda bulunmak (Gül, 2014).

## BİYOGAZ NEDİR?

Biyogaz, organik maddelerin anaerobik fermantasyonu sonucu elde edilir. Doğal gaza benzer yanıcılığı sonucu, doğal gaz veya LPG ile çalışan makinalarda çok az modifikasyon sonucu kullanılabilir. Biyogaz sistemlerinin en büyük özelliği, çevresel ve sağlık ile ilgili sorunlara yol açan organik atıkları girdi olarak kullanması ve bu atıkları değere çevirmesidir. Çevre ve sağlığa zararlı olan bu atıklar, tarımsal uygulamalarda gübre olarak veya tezek olarak yakılarak verimsiz bir şekilde kullanılmaktadır. Kırsal kesim biyogaz teknolojilerinin önemi burada ön plana çıkmaktadır. Biyogaz, parlak ve mavi bir alevle yanan, kalorifik değeri nispeten yüksek bir gaz karışımıdır. Birim hacimdeki biyogazda, yaklaşık %70 oranında metan gaz ( $\text{CH}_4$ ) vardır. Zaten, yanıcılık niteliğini kazandıran da, bu gazdır. Metan gazı, daha önce belirtilen organik kökenli artıklardan, yani biyomas kaynaklarından ve özellikle çiftlik gübresinden kolayca elde edilebilir. Öte yandan, biyogaz elde edilmesinde, tesis ve üretim teknolojisi karmaşık olan bir sistem gerekmektedir. Üretim için gerekli olan ham madde, kırsal kesimde hayvancılık yapan her aile tarafından, zaten bol miktarda sağlanmaktadır. Ülkemizde bu tarz sistemleri geliştirmenin; kırsal kesimde ekonomik kalkınmanın sağlanmasına yardımcı olacağı, enerji ihtiyacının dışa bağımlı olmayan yollar ile karşılaşmasının sağlanması ve fosil yakıtların kullanılması yerine biyogaz sistemlerinin kullanılması sayesinde küresel ısınmanın önlenmesi için çözüm yollarından biri olacağını düşünmekteyim (Gül, 2014).

## MISIR

Mısır, tarıma dayalı biyogaz tesislerinde en sık kullanılan materyaldir. Mısır, hektar başına yüksek enerji verimliliği ve fermantasyona uygunluğunun iyi olması sayesinde, biyogaz tesislerinde kullanılmak için çok uygundur. Verimliliği bölgeye ve çevre koşullarına çok bağlıdır ve kumlu topraklarda 35 t ham mahsulden (YM) yüksek verimli topraklarda 65 t YM/hektarin üzerine kadar çıkabilir. Verimlilik ortalaması olarak yaklaşık 45 t YM/hektardır. Mısır nispeten mütevazı bir bitkidir ve bu nedenle hemen her bölge için uygundur. Hasatta mısır bitkisinin tamamı kıyıılır ve silolarda depolanır. Bu sırada kuru madde oranı % 28'in altında ve % 36'nın üzerinde olmamalıdır. Eğer KM oranı % 28 KM'den küçükse, çok miktarda sıvı suyu çıkışıyla bağlantılı olarak ciddi enerji kayipları hesaba katılmalıdır. Eğer

KM oranı % 36 KM'nin üzerindeyse, silaj yüksek lignin oranına ve böylelikle daha düşük bir parçalabilirliğe sahiptir. Bunun dışında silaj uygun şekilde sıkıştırılamaz, bu da silaj kalitesini ve böylelikle saklama stabilitesini olumsuz etkilemektedir.

Silonun içinde depolandıktan sonra kıyılmış bitki bileşenleri sıkıştırılır (örneğin tekerlekli kepçe, traktör) ve bir folyoya hava sızdırmayacak şekilde kapatılır. Yaklaşık 12 haftalık bir silajlama aşamasından sonra biyogaz tesisinde kullanılabilir. Materyal verileri ve ortalama biyogaz verimliliği, bu başlığın sonunda gösterilmiştir. Silo mısır olarak bitkiden komple faydalananmanın yanında sadece koçandan faydalanalması, pratikte belirli bir anlam taşır. Farklı hasat yöntemleri ve dönemleri sayesinde öğütülmüş mısır başlığı (LKS), corncob-mix (CCM) ve taneli mısır yaygın çeşitlerdir. LKS ve CCM genellikle hasat sonrasında silolanır. Taneli mısır ya ıslak silajlanır, parçalanır ve silajlanır veya kurutulabilir. Sözü edilen materyallerin enerji yoğunluğu, mısır silajına göre önemli ölçüde yüksektir, ancak alansal enerji verimliliği, bitkinin artıklarının tarlada kalması nedeniyle daha düşüktür (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2010).

## **ARITMA ÇAMURU**

Evsel veya endüstriyel atık suların fiziksel, biyolojik ve kimyasal yöntemlerle arıtılması sonucu üretilen sıvı veya yarı katı maddelere, uygulanan arıtma yöntemine bağlı olarak katı madde içeriği değişmekte olan ve genel bir yaklaşım olarak kütlece %0,25-12 katı madde içeren sulu karışımlara arıtma çamuru denilmektedir. Arıtma çamurları atıldıkları ortamda biyolojik parçalanmaya uğrayarak yeraltı ve yüzey sularını kirletmekte, oluşan gazlar atmosfere yayılarak hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu sistemlerden biri de arıtma çamurlarından biyogaz elde ederek atık halindeki bir maddeden getiri sağlamaktır. Anaerobik parçalanma ile büyük miktardaki atık, yenilenebilir bir enerji kaynağı olan metana dönüştürülmektedir. Bu nedenle en ekonomik yöntemlerin uygulamaya geçirilmesi için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır (Halisdemir, 2009).

## **SONUÇ VE TARTIŞMA**

*Sonuç olarak;* Bu çalışmanın sonucunda genellikle atık olarak Kabul edilen ve değerlendirlilmeyen mısır silajı atıkları ile yine yönetimi oldukça zor olan arıtma çamurları birlikte değişik oranlarda karıştırılarak metan oluşturularak, aynı zamanda bu işlem sonucunda oluşacak gübrenin de tarımsal amaçlı kullanılarak hem atıkların sağlıklı bir şekilde bertarafı sağlanmıştır. Bu sayede hem atıkların değerlendirilmesi hem de ekonomiye büyük katkılar sağlayacaktır. Aynı zamanda mısır silajı işi ile uğraşan kişilerin de basit bir biyogaz tesisi kurarak kendi enerjisini karşılayabileceği gösterilmiş olacaktır. Ülkemizde enerji açığının kapatılmasında, milli sermayenin ülkede kalmasında, atmosfere sera gazı salınımının önlenmesinde, biyogaz bir alternatif olabilir. Mısır silajı ve arıtma çamurları bir atık değil, bir enerji kaynağı olarak görülmelidir. Hayvansal ve bitkisel atıkların çürüttülmesiyle üretilen biyogazı depolayarak doğalgaz yada LPG gazı yerine tüm ihtiyaçlarımız için yerli, temiz ve alternatif enerji kaynağı olarak kullanmamız mümkündür. Belirli bir süre sonra köy ve çiftliklerde biyogaz, şehirlerimiz için doğal geleceğimizin enerji kaynağı olacaktır (Kasap, 2009, Afacan, 2009).

## KAYNAKLAR

- AFACAN,H.,(2009) “Küçük Ölçekli Sürekli Beslemeli Bir Biyogaz Tesisinin Çalışma Şartlarının Belirlenmesi
- BAYIR, Z., (2009) “Biogas Production From Sugar Beet And Maize at Various Total Solid Contents” Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi.
- BUĞUTEKİN, A., (2007) “Atıklardan Biyogaz Üretiminin İncelenmesi” Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- GÜL,A., (2014) “Sebze Ve Meyve Atıklarının Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- GÜL,E., (2011) “Biyolojik Proseslerle Üretim Yapan Biyogaz Tesisinin Ve Proses Sonucu Elde Edilen Biyogaz İle Çalışan Süt Soğutma Ünitesi Tasarımı Ve Optimizasyonu” Bitirme Tezi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- HALİŞDEMİR, B., (2009) “Aktif Çamur Ve Portakal Posasının Biyogaz Üretim Verimleri Ve Bazı Önişlemlerin Biyogaz Üretim Verimine Etkilerinin Araştırılması”, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KASAP, A.,(2009) “Küçük Ölçekli Sürekli Beslemeli Bir Biyogaz Tesisinin Çalışma Şartlarının Belirlenmesi
- T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI (2010), Biyogaz Kılavuzu

## **İÇME SULARINDA ELEKTROKOAGÜLASYON İLE DOĞAL ORGANİK MADDE GİDERİMİ VE TRIHALOMETAN OLUŞUMUNUN ÖNLENMESİ**

*Mustafa KARAARSLAN<sup>1</sup>, Fatma GÜRBÜZ<sup>1</sup>*

*1. Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Aksaray*

*mustafakaraarslan05@gmail.com*

**ÖZET:** Artan nüfus ve gelişen sanayiye başlı olarak her geçen temiz su kaynaklarında görülen azalma, alternatif su arıtma teknolojilerine olan ilgiyi artırmaktadır. Ülkelerin gelişmişlik göstergelerinden biri olan sanayi de mevcut su kaynaklarını kullanmaktadır. Süredürebilirliğin temel hedeflerinden birisi olan, hem insanı ihtiyaç için hem de endüstriyel işletmelerde kullanılan su ortamının kirletilmesini önlemektir. Amaçlanan ise hem insanı ihtiyaç için hem de endüstriyel işletmelerde kullanılan su ortamının kirletilmesini engellemektir. Kimyasal koagülasyon ve flokulasyon yaygın olarak atıklarda kirleticilerin ortamdan uzaklaştırılması için kullanılmaktadır. Bu sistemler sudaki nutrient, organik madde veya toksik ağır metaller gibi birtakım kirlilik parametrelerinin giderimin de oldukça başarılıdır. Elektrokoagülasyon prosesi sudaki kirlilik parametrelerinin giderilmesinde kimyasal koagülasyonun gelişmiş bir alternatif çeşididir. Bu araştırmada doğal organik maddelerin (DOM) elektrokoagülasyon prosesi ile giderimi incelenmiş, elektrokoagülasyon prosesi kullanımı ile ilgili bazı avantaj ve dezavantajlar ele alınmıştır.

**Anahtar kelimeler:** *Elektrokoagülasyon, doğal organik maddeler, avantaj ve dezavantaj, içme suları*

## **REMOVAL OF NATURAL ORGANIC MATTER and FORMATION OF TRIHALOMETHANES via ELECTROCOAGULATION FROM DRINKING WATER**

**Abstract:** Increasing population and decline in every major source of clean water in the developing industry, an increasing interest in alternative water treatment technologies. One of the indicators of industrial development, countries use the available water resources. It is intended to prevent the contamination of water both for human needs and media used in industrial businesses.

Chemical coagulation and flocculation is widely used for the removal of contaminants from the environment in wastewater. These systems nutrients in the water, it is quite successful in removing a number of parameters such as organic matter pollution or toxic heavy metals. The electrocoagulation process is an advanced alternative types of chemical coagulation parameters for the elimination of water pollution. In this research, natural organic matter (NOM) removal by electrocoagulation process was investigated, some advantages and disadvantages associated with the use electrocoagulation process is discussed.

**Keywords:** *Electrocoagulation, natural organic substances, advantages and disadvantages*

### **1.GİRİŞ**

İçme suyu kaynaklarının kirlenmesine sebep olan ve insan sağlığı açısından risk taşıyan en önemli unsurlardan birisi doğal organik maddelerdir. Doğal organik maddeler (DOM), makromoleküler hümik yapılar, küçük molekül ağırlıklı hidrofilik asitler, proteinler, yağlar, karboksilik asitler, amino asitler, karbonhidratlar, ve hidrokarbonlar gibi organik maddeleri içeren heterojen bir karışımıdır (Mollah vd., 2001). İçme suyu arıtma işlemlerinde sulardaki DOM'un varlığı birçok probleme neden olmaktadır. DOM'lar koagülatant ve oksidan-

ihtiyacını artırırlar, filtre ömrünü kısaltırlar, suya renk verirler ve şebeke sistemlerinde bakterilerin tekrar büyümeye yardımcı olurlar. Ayrıca içme suyunda dezenfeksiyon amaçlı klorlama işlemi süresince, klor doğal organik maddelerle reaksiyona girerek trihalometan (THM) ve haloasetik asit (HAA) gibi insan sağlığına zararlı olduğu belirtilen dezenfeksiyon yan ürünlerini (DYÜ) meydana getirir (Singer vd., 1999). THM'ler içinde en çok bilinen DYÜ'leri kloroform, bromodiklorometan, klorodibromometan ve bromoform'dur (El-Rehaili vd 1989). THM'ler insan sağlığı açısından kanserojenik birleşiklerdir. Suda bulunması ile suya renk, tat ve koku verirler (Teerman vd., 1999). Bu nedenlerle DOM'lerin içme suyundan giderilmesi gerekmektedir. Son yıllarda elektrokoagülasyon (EC) prosesi kimyasal koagülasyon (CC) prosesine göre sağladığı çeşitli avantajlarından dolayı tercih edilen bir proses olarak karşımıza çıkmaktadır. EC prosesinde basit ekipman gereksinimi, kolay işletilme, düşük alikonma süresi, kimyasal madde gereksiniminin olmaması, düşük miktarda çamur oluşumu, çamurun stabil ve kolay çökelmesi, ayrıca oluşan flokların büyük, asidik ortama dayanıklı ve kolayfiltrelenebilir olması bu prosesin sağladığı avantajlardır. EC prosesi ile çeşitli türde atıksuların ve içme sularının arıtılması çalışmalarda kirleticilerde yüksek giderme verimleri elde edilmiştir. Örneğin; evsel atıksuların arıtımı (Bukhari A.A vd., 2008) restaurant atıksularının arıtımı (Chen X vd., 2000), mermer sanayı atıksularının arıtımı (J. Hazart vd., 2009), içme sularından  $Mn^{+2}$  giderimi (Arami M. vd., 2010), sertlik giderimi (Makalootion vd., 2010), florurlu suların arıtımı (Ghosh D. vd., 2010), arsenik ve nitrat giderimi (Lakashmanan vd., 2010) üzerine yapılan çalışmalarla araştırmacılar tarafından başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu nedenle çalışmada içme sularından EC prosesiyle DOM giderimi üzerine etkisi incelenmiştir.

## **2. İÇME SULARINDA ELEKTROKOAGÜLASYON İLE DOĞAL ORGANİK MADDE GİDERİMİ VE TRİHALOMETAN OLUŞUMUNUN ÖNLENMESİ**

### **2.1. Doğal Organik Maddeler**

Tüm yüzeysel ve yeraltı sularında hatta yağmur suyunda bile bulunan, doğal organik maddeler, kompleks biyotik ve abiyotik reaksiyonlar sonucu oluşur. DOM, makro moleküllü hüük maddeler, küçük molekül ağırlıklı hidrofilik asitler, proteinler, yağlar, karboksilik asitler, aminoasitler, karbonhidratlar ve hidrokarbonlar gibi organik maddeleri içeren heterojen bir karışımındır. Yüzeysel sularda bulunan organik maddeler bitkisel, toprak, evsel ya da endüstriyel kökenlidir.

Doğal olarak meydana gelen kararlı toprak organik maddesi genellikle hüük madde olarak bilinmekte ve toprak organik maddesinin yaklaşık % 35- 65'ini oluşturmaktadır. Bu oran renkli yüzeysel sularda % 80'lere kadar çıkabilmektedir. Doğal organik madde (DOM) farklı büyülükte ve farklı fonksiyonel grplara sahip organik moleküllerin karışımından meydana gelmektedir. DOM'un bileşimi ve fizikokimyasal karakteri hem zaman hem de konum açısından çok çeşitlilik gösterebilir. DOM'un doğal sularda en çok bulunan bileşeni çözünmüş organik maddedir (ÇOM).

## **2.2 Doğal Organik Maddelerin Sınıflandırılması**

DOM'lar kompleks organik maddelerin heterojen bir karışımı olduğu için, sınıflandırılmasında çeşitli yaklaşımlar önerilmiş ve kullanılmıştır. Su ortamındaki DOM'lar boyutlarına göre sınıflandırılabilir. Partiküler kısım toplam organik karbonun (TOK) yaklaşık %10-20'si, çözünmüş fraksiyon (ÇOM) ise, TOK'un kalan %80-90'ıdır. Çözünmüş fraksiyon, DOM bileşenlerinin 0.45 $\mu$ m'lik filtreden geçen kısmı olarak tanımlanır. Doğal sularda ise, bu iki fraksiyon arasında bir ayırım yapılamaz. Çözünmüş ve partiküler fraksiyonların kesimi kolloidal fraksiyondur. Kolloidal fraksiyon, canlı ya da bozunmuş organizmalardan kaynaklı askıda katı maddeler ve hücre salgılarından oluşur, ve minerallerle bağlı olarak bulunabilir. Yaklaşımların bir diğerinde ise, DOM'un hümik fraksiyon ve hümik olmayan fraksiyonolarak ikiye ayrılmıştır. Organik maddenin baskın bir gurubu humik maddelerden geri kalan kısmı ise reçine, bal mumu ve organik asitler gibi çözünmez ve dekompoze olmamış organik maddeler olan humik olmayan maddelerden oluşur.

### **2.2.1 Hümik Maddeler**

Hümik yapılar genel olarak şu şekilde tanımlanır: Doğal olarak meydana gelen, biyojenik, renk olarak sarıdan siyaha değişebilen, yüksek molekül ağırlıklı ve kararlı heterojen organik yapılardır.

### **2.2.2 Düşük Molekül Ağırlıklı Hidrofilik Asitler**

Düşük molekül ağırlıklı hidrofilik asitler, yüzeysel sularda ve yeraltı sularındaki çözünmüş organik karbonun (ÇOK) sırasıyla yaklaşık %20-30 ve %50'sini oluşturur. RAK (reçine adsorpsiyon kromatografisi) tekniğinde kullanılan XAD<sup>-4</sup> reçinesiyle elde edilen ÇOM fraksiyonu düşük molekül ağırlıklı hidrofilik asitler olarak tanımlanır.

## **2.3 Trihalometanların İnsan Sağlığı Açısından Önemi**

Dezanfeksiyon yan ürünlerinlerin (DYÜ) en yaygın iki türü trihalometan(THM) ve haloasetik asit(HAA) bileşikleri insan ve çevre sağlığı açısından oldukça sakıncalıdır. Klorlanmış içme sularının tüketimi, üriner ve sindirim sisteminde kanser gibi rahatsızlıklar ve diğer bazı sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Lee vd.,2004; Fawell, 1999). EPA, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından DYÜ bileşikleri için pek çok sınırlamalar getirilmiş olup, özellikle son yapılan revizyonlarda maksimum limit daha düşük konsantrasyonlara çekilmektedir ve bu durum bu konunun insan ve çevre sağlığı açısından önemini ifade etmektedir. Türkiye'de ise bu konuda yasal sınırlırmaların yetersiz olmasının sebeplerinden en önemlisi konunun ciddiyetinin geniş kitlelerce bilinmiyor olmasıdır.

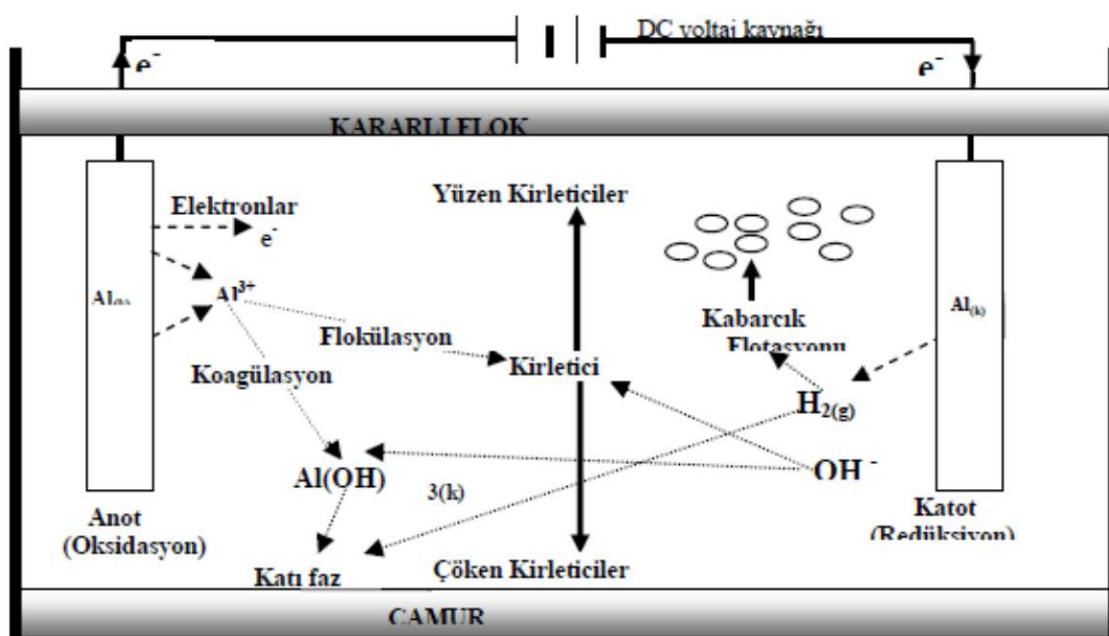
### **3. ELEKTROKOAGÜLASYON**

Elektrokoagülasyon basit bir elektrokimyasal hücre içinde elektrotlara uygulanan doğru akım formuyla su ve atık su arıtma teknolojisi olarak kullanılır, genellikle elektrotlar demir veya alüminyum, elektrolit ise su veya atıksudur (Fernandes vd.,2004). Elektrokoagülasyon teknolojisi 20. Yüzyılın sonlarına doğru uygulanmaya başlanmıştır. 1889' da Londra' da deniz suyuyla karıştırılmış atıksu arıtımı ve elektrolizi için kurulmuştur. 1906' da elektrokoagülasyon A. E. Dietrich tarafından patentlendirilmiş ve gemilerden kaynaklanan sintine sularını arıtmak için kullanılmıştır (Fernandes vd.,2004). 1909' da, Amerika' da, J.T. Harries elektrolizle tükenen demir ve alüminyum elektrotlara atıksu arıtımı için bir patent almıştır(Cameselle vd.,2005). 1940' larda Matteson elektrokimyasal olarak anottan alüminyum iyonlarının çözünüp elektrolite geçtiği ve bunların katotta meydana gelen hidroksil iyonlarıyla reaksiyona girerek alüminyum hidroksilleri oluşturduğu bir "elektronik koagülatör" den bahsetmiştir. Bu hidroksitler, askıdaki katkıları koagüle eder ve böylece su arıtılmış olur. Benzer bir proses 1956' da Britanya' da demir elektrotlarla nehir suyunu arıtmak için kullanılmıştır(Cameselle vd.,2005).

Elektrokoagülasyon prosesi ile atıksu arıtımı son yüzyılda çoğulukla sınırlı başarı ve popüleriteyle uygulanmıştır. Bununla birlikte, son birkaç yılda elektriksel güç tüketimi minimize ve işlevselliği maksimize edildikçe kullanımını artmıştır (Fernandes vd.,2004).

#### **3.1 Elektrokoagülasyon Prosesi**

Elektrokoagülasyon prosesinin su ve atıksu arıtımında metallerin, anyonların, boyaların, organik maddelerin (biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)), askıdaki katkıların, kolloidlerin ve kısmen arseniğin uzaklaştırılmasında etkili olduğu gösterilmiştir(Cameselle vd.,2005). Bir elektrokimyasal arıtım prosesinde en önemli etkenlerden biri kullanılan elektrotun cinsidir. Elektrokoagülasyon prosesinde anot olarak çözünen demir veya alüminyum elektrotlar kullanılması halinde bu elektrotlar çözünerek çözeltiye  $Al^{+3}$  ve  $Fe^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$  iyonları vermektedir, bu iyonlar sudaki hidroksil iyonları ile birleşerek çok az çözünen  $Al(OH)_3$ ,  $Fe(OH)_2$  ve  $Fe(OH)_3$  gibi metal hidroksitler oluşturmaktadır. Elektrokoagülasyonda anında oluşan metal hidroksit partiküllerinin adsorpsiyon özellikleri çok yüksektir. Koagüle edilen partiküller atıksularda bulunan mikro kolloidal partikülleri ve iyonları kendilerine doğru çekerek adsorbe etmektedir. Oluşan yumaklar çökelmeye ve elektroflotasyon da oluşan gazlar yardımıyla su yüzeyine kaldırılabilmektedir. Kirleticiler bu sayede atıksudan uzaklaştırılmış olur. Bu metod günümüzde birçok sanayi dalında kullanımına başlanmıştır(Daneshvar vd., 2004). Bu yöntem renk, KOİ, toplam organik karbon, askıda madde ve ağır metallerin atıksulardan uzaklaştırılması işlemlerinde kullanılmaktadır(Fernandes vd.,2004). Alüminyum ve demir dışında çelik, grafit ve titanyum gibi maddeler elektrot olarak kullanılabilmektedir. Alüminyum elektrotların kullanıldığı elektrokoagülasyon prosesi Şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1 : Elektrokoagülasyon ile giderim prosesi (Emamjomeh ve Sivakumar,2006).

Elektrokoagülasyon sistemi alıştırılmış koagülasyon flokulasyon uygulamalarına benzese de bu sistemlere kıyasla birçok avantajı vardır.

- a) Elektrokoagülasyon küçük koloidal partikülerin kararlı hale getirilip giderilmesin de konvansiyonel koagülasyona oranla daha etkilidir.
- b) Elektrokoagülasyonda daha az ve daha kararlı çamur oluşmaktadır.
- c) Elektrokoagülasyon ekipmanlarının kullanımı ve işletmesi kolaydır.
- d) Elektrokoagülasyonda kimyasal madde eklenmesine gerek yoktur. Bu yüzden işletme ve bakımı daha kolaydır.
- e) Oluşan çamur daha susuzlaştırılabilir yapı sergilemektedir(Daneshvar vd.,2004).
- f) İlk yatırım maliyeti alternatifli ve teknolojilerine göre oldukça düşüktür.
- g) Bir çok kirletici tek bir proses ile giderilir.

Elektrokoagülasyon prosesinde genellikle art arda üç aşamanın olduğu kabul edilmektedir ;

- Elektrolitik oksidasyonda çözünen elektrot ile koagulant türlerin oluşumu,
- Kirleticilerin destabilizasyonu, partikül süspansiyonu ve emülsiyonların kırılması,
- Destabilize edilmiş fazlarda flokların toplanması. Cameselle vd.,2005).

Kirleticilerin destabilizasyon mekanizması, partikül süspansiyonu ve emülsiyon kırılması şu şekilde tanımlanır; çözelti içinden geçen akım nedeniyle elektrotun çözünmesiyle meydana gelen iyonların etkileşimleri sonucu yüklü türlerin, oluşan iyonlar etrafındaki dağınık çift tabakanın sıkıştırılması sağlanır. Suda var olan iyonik türlerin nötralizasyonu elektrokimyasal olarak çözünen elektrotlar tarafından üretilen zit iyonlarla sağlanır. Elektrokoagülasyon

prosesinin mekanizması, ortamın kimyasal özelliğine ve iletkenliğine bağlıdır. Ayrıca pH, ortamdaki koloidal partiküllerin boyutu ve kimyasal türlerin konsantrasyonu gibi özellikler de elektrokoagülasyon prosesi üzerine etki etmektedir. Elektrokoagülasyon ile kimyasal koagülasyon arasındaki temel fark alüminyum yada demirin sisteme ilave edilme şeklidir (Fernandes vd., 2004). Yumaklaştırma ve çökelme mekanizmaları sisteme kimyasal madde ilavesiyle ile değil, elektrokimyasal reaktördeki elektrotların çözünmesi aracılığı ile gerçekleşmektedir. Uygun elektrotlar aracılığıyla yüklü taneciklere ilave elektriksel yükler uygulanırsa, taneciklerin yüzey yükleri nötralize edilir ve birçok tanecik kolaylıkla sudan ayrılabilen daha büyük boyutta aglomerler oluşturmak üzere birleşir. Elektrokoagülasyonda en çok kullanılan ve tercih edilen elektrotlar alüminyum ve demir elektrotlardır (Fernandes vd., 2004). Çözünen alüminyum elektrotların sulu ortamda oluşturacağı Al kompleksleri önemlidir. Sudaki hidroksil iyonları elektrotlardan çözünmüş olan  $\text{Al}^{+3}$  iyonları ile bir araya gelerek ortamın pH değerine göre komplekslerin oluşumuna yol açacaktır.

### **3.3 Elektrokoagülasyon İle Organik Madde Giderimi**

Son yıllarda elektrokoagülasyon prosesi avantajlarından dolayı tercih edilmekte ve organik madde giderimde artan bir şekilde kullanılmaktadır. Bu proses ile elde edilen floklar asidik ortama dayanıklı, kolayfiltrelenebilir olmasında büyük avantajlar sağladığı gösterilmiştir. Örneğin evsel atıksuların arıtımı (Bukkari A.A vd., 2000), restaurant atık sularının arıtımı gibi bir çok arıtım örnekleri vardır (Chen vd., 2008).

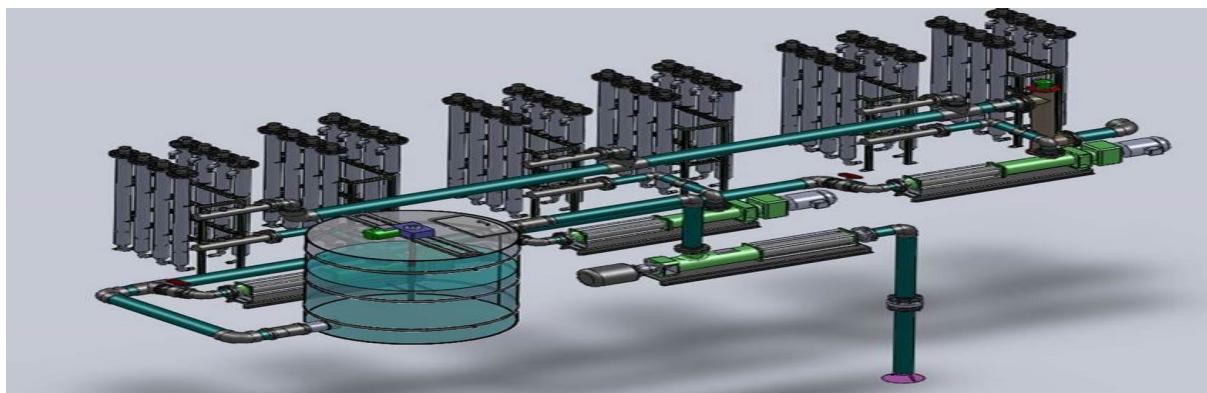
Özyonar vd., (2011) yaptıkları bir çalışmaya çözümüştür organik karbon ve UV254 absorbans parametrelerini dikkate almışlardır. Alüminyum elektrotların kullanıldığı elektrokoagülasyon ile doğal organik madde giderimi çalışmalarında çözümüştür organik karbon hesaplanarak %78, UV254 de ise %94 giderim sağlamışlardır. Demir elektrotların kullanılmasında ise %65 giderim görülmüştür. Demir elektrotların kullanıldığı optimum işletme koşullarında pH 6 olarak bulunmuştur. Bir başka çalışmalar da ise, Emilian Mohora vd., (2012) yer altı sularının organik madde giderimde çözümüştür organik karbon da %77, UV254 giderimin de %77 başarı elde edilmiştir. Ayrıca yer altı sularında arsenik giderimi de sağlanmıştır. Moshe Ben vd., (2013) demir ve alüminyum elektrotların kullanıldığı elektrokoagülasyonda pH 6.7 olarak ayarlanmıştır. Ön filtrasyon yapılarak elektrokoagülasyonun etkisi artırılmıştır. Bu çalışmada pH etkisi incelenmiştir. Özellikle düşük pH da alüminyum elektrotların daha etkili olduğu bulunmuştur. Yüksek pH da ise demir elektrotlar daha etkili olmuştur. Askari vd., (2015) farklı konsantrasyonlar da 10, 25, 50 mg/L organik madde içeren sulu solüsyonlar da toplam organik karbonu giderimini çalışmışlardır. Sırasıyla %91, %94, %87 elektrokoagülasyon ile doğal organik madde giderimi elde etmişlerdir. Şekil 2 de elektrokoagülasyon makinesi verilmiştir.

#### **4.SONUÇ**

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki basit ekipmanlar ve basit işletme şartları ile atıksuların elektrokoagülasyon ile arıtılması sonucu renksiz, kokusuz ve berrak sular elde edilebilir. Oluşan çamur, metal oksit ve metal hidroksitler kolaylıkla stabil hale getirilmekte ve susuzlaştırılabilir almaktadır. Çamur miktarı az olup, sürekli pH kontrolü gerektirmez. Yaklaşık 10 dakika gibi kısa bir temas süresi yeterlidir. İyi dizayn edilmiş sistemlerde %90 civarında yüksek verim elde edildiği görülmüştür. İlk yatırım maliyeti alternatif teknolojilerden belirgin bir şekilde düşüktür. Birçok kontaminantı bir arada giderir. Yani alternatif proseslerde belli kontaminantları gidermede birkaç proses ardarda kullanılır. Ancak elektrokoagülasyon bu kontaminantları tek bir prosesle giderebilmektedir (Arapoğlu vd., 2003).

Ancak, çözünen elektrotların düzenli olarak yenilenmesi gerekmektedir (Jiang vd., 2002). Bazı yerlerde elektrik enerjisi pahalı olabilir. Elektrokoagülasyon prosesi ile kirletici maddelerin kısmi oksidasyonu sağlanmaktadır. Arıtılan sudaki demir ve alüminyum iyonlarının konsantrasyonları nispeten yüksektir. Katot üzerinde geçirimsiz bir film tabakası oluşumu prosesin verimliliğini düşürebilir. Atıksu çözeltilerinin yüksek iletkenlige sahip olması gerekmektedir (Delipınar vd., 2007).

İçme suyu, atıksuların arıtılması ve kullanılabilir hale getirilmesi günümüzün en büyük sorunlarından biridir. Bunun çeşitli yöntemleri olup bununla ilgili olarak incelediğimiz elektrokoagülasyon prosesi içme suyu arıtımında son zamanlarda üzerinde yoğun çalışmalar yapılan önemli bir yöntemdir. Çalışmalar sonucu elde edilen bulgular elektrokoagülasyon ile NOM gideriminin %90 lara kadar ulaşması, bu işlemle arıtımın başarılı bir şekilde gerçekleşeceğini göstermiştir. Böylece sularda trihalometan, haloasetik asit, arsenik gibi birçok organik maddelerin oluşumu önlenmiş olur. Avantajlarının yanı sıra elektrokoagülasyon reaktör dizaynı, işletimi ve elektrot güvenilirliği konusunda sistematik katılımın eksikliği gibi dezavantajları da bulunmaktadır.



**Şekil 2** Elektrokoagülasyon Makinesi (Anonim 1)

## KAYNAKLAR

**Anonim 1**, Elektrokoagülasyon Makinesi (Şekil 2) <http://www.suvecevre.com/?pid=28033>

**Adhoum, N., Monser, L., Bellakhal, N., Belgaiied, J.E. 2004.** Treatment of Electroplating Wastewater Containing Cu<sup>+2</sup>, Zn<sup>+2</sup> and Cr(VI) by Electrocoagulation. *J. Hazard. Mater.* B112, 207–213.

**Arami, Lakashmanan, Gomes J.A.G., et. al.**, “Electrocoagulation mechanism for COD removal”, *Separation of Purification Technology*, 56, p. 204-211, 2010

**Arapoğlu 2003., Delipinar 2007.** Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Dergisi. Türkiye'nin Su Potansiyeli, 7.

**Bukhari, A.A .**, Investigation of the electrocoagulation treatment process for the removal of total suspended solids and turbidity from municipal wastewater, *Bioresource Technol.*, Vol 99, 914-921, 2008.

**Chen, X., Chen, G., Yue, P.L. 2002.** “Investigation on the Electrolysis Voltage of Electrocoagulation”, *Chemical Engineering Science*, Vol:57, 2449-2455.

**Cameselle, C., Pazos, M. and Sanroman, M.A. 2005.** Selection of an electrolyte to enhance the electrochemical decolourisation of indigo. *Optimisation and scale-up. Chemosphere*, 60, 817 – 822.

**Daneshvar, N., Sorkhabi, H.A. and Kasiri, M.B. 2004.** Decolorization of dye solution containing Acid Red 14 by electrocoagulation with a comparative investigation of different electrode connections. *Journal of Hazardous Materials*, B112, 55–62.

**Emamjomeh., Sivakumar., 2006.** Elektrokoagülasyon ile giderim prosesi (Şekil 1)

**Emiljan Mohora vd., 2012.** Yer altı sularında organik madde giderimi.

**Fernandes, A., Mora, A., Magrinho, M., Lopes, A. and Gonçalves, I. 2004.** Electrochemical degradation of C. I. Acid Orange 7. *Dyes and Pigments*, 61, 287–296.

**Gnusin, N.P., Vitul'skaya, N.V., Zabolotskaya, L.I., Belobrov, I.A. 1977.** *Journal of Applied Electrochemistry*, 50, 1663.

**Holt, P.K., Barton, G.W., Mitchell, C.A. 2005.** "The Future for Electrocoagulation as a Localised Water Treatment Technology", Chemosphere, Vol:59, 355-367.

**Jiang, J.Q., Graham, N., André, C., Kelsall, G.H., Brandon, N. 2002.** Wat. Res. 36 4064.

**Lee, S.C., Guo, H., Lam, S.M.J., Lau, S.L.A., 2004,** Multipathway Risk Assessment on Disinfection By-Products of Drinking Water in Hong Kong, Environmental Research, 94, 47-56.

**Mollah, M.Y.A., Schennach, R., Parga, J.R., Cocke, D.L. 2001.** Electrocoagulation (EC)- Science and Applications. Journal Hazardous Materials, Vol:B84, No:1, 29-41.

**Moshe Ben vd., 2013.** Doğal organik madde giderimi.

**Özyonar vd., 2011.** Çözünmüş organik karbon ve UV<sub>254</sub> çalışması.

## CAM ATIK SUYUNUN GERİ KAZANILMASI VE YENİDEN KULLANIMI

Ozan SİNAPLI<sup>1</sup>, Doç. Dr. Fatma GÜRBÜZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü- AKSARAY

ozansinapli@hotmail.com

**ÖZET:** Tatlı sular değerli kaynaklarımızdır. Sınırlı tatlı su kaynakları dünya nüfusundaki artış ve küresel iklim değişikliği kaynaklı etkilerden dolayı artan bir şekilde baskı altındadır ve buda su bazı bölgelerde su kaynaklarını önceki seviyelerinden daha aşağı düşmesine neden olmuştur. Su, endüstriyel faaliyetlerde ürün elde etmek için de kullanılmaktadır. Ülkemiz hızla büyümekte ve sanayileşmektektir. Sanayileşmenin artmasıyla endüstriyel faaliyetlerin su ihtiyacı da artmaktadır. Sürekli artış gösteren evsel ve endüstriyel amaçlı su kullanım gereksinimlerinin, karşılanması için sürdürülebilirlik kapsamında çalışmalar yapılmalıdır. Bunun yanı sıra, atık suların geri kazanılması ve yeniden kullanımı da gün geçikçe daha fazla önem kazanmakta ve bu konuda yoğun araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır.

Endüstriyel atık suların çevreye direkt olarak dışarıya yapılamadığı için arıtılması ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde yer alan parametrelere indirgenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Endüstriyel Faliyetlerin içinde bulunan Cam İşleme Sanayisi, Cam kesme ünitelerinde kullanılan suların kimyasal çöktürme tekniğiyle arıtılıp yeniden proses içerisinde kullanılabilmesi araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kimyasal Çöktürme, Cam kesme makinaları, Endüstriyel Atık Su

## GLASS MANUFACTURING WASTE WATER RECYCLING AND REUSE

**Abstract:** Fresh water is a precious resource. Limited fresh water resources are under increasing pressure as populations grow around the world and from possible impacts of global climate change, which may reduce water supplies in some areas compared to their previous level. The most important problem with the increasing population is required portable water usage. Water is also used by the manufacturing sector to make products with growing demand. In our country, the industries are getting bigger in course of time and also their water demand. To prevent to pressure on water supplies. The principles of sustainability should be the key controlling factor for handling increased demand of domestic and industrial water usage. Besides of this, recycling the waste water and reuse the water that are getting more important in this respect. Also the more research and innovative technologies are required.

Industrial waste water is not directly discharged to recipient environment before it is reduced down to limited parameters due to Water Pollution Control Regulation. Possibility to reuse the waste water from glass producing manufacturing which was treated with chemical precipitation and cleaned, was studied through the process.

**Key words:** Chemical precipitation, Glass diamond machines, Industrial waste water.

### 1. GİRİŞ

Nüfusun artmasıyla orantılı olarak sanayi ve endüstriyel faaliyetlerdeki su kullanımı ve atık su miktarı gün geçikçe artmaktadır. 2010 yılı Türkiye su tüketiminin %11'ine denk gelen 5 milyar m<sup>3</sup> su endüstriyel faaliyetlerde kullanılmıştır. (Özcan 2011). 2012 yılı atık su istatistik raporlarına göre organize sanayi bölgeleri tarafından 138 milyon m<sup>3</sup> su kullanılmıştır.(Tuik 2012) 235 milyon m<sup>3</sup> atık su deşarj edildi ve sadece 192 milyon m<sup>3</sup>'ü arıtılmıştır.(Tuik 2012).Ülkemizin tüketilebilir yeraltı ve yerüstü su potansiyeli yılda ortalama 112 milyar m<sup>3</sup> 'tür. (DSİ 2013). 2023 yılının 'da beklenen endüstriyel su tüketimi

ise 22 milyar  $m^3$  olmaktadır.(Özcan 2011) Bu miktar, göz ardı edinmeyecek kadar fazladır ve bu suların yeniden kazanılması ve atık oluşumunu azaltmak için çok önemlidir.

Cam işleme faaliyetlerinden oluşan atık sular, endüstriyel atık su sınıfına girmektedir. Bu atık suların yeniden kullanılması, hem tesis içerisindeki kullanılan su miktarına hem de oluşan atık su miktarını önleyerek çevre kirliliğini engellemektedir. Dünya ve Avrupa pazarlarında rakipleriyle yoğun bir rekabet içerisinde olan Türk cam Sanayi her geçen yıl büyümeyi sürdürerek performansını artırmaktadır. Ülkemizin cam üretim kapasitesi yaklaşık 3,7 milyon ton/yıldır.(Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2011-3). Bu araştırmada konu olan pilot tesis için yapılan çalışmalar Türkiye genelinde yaygın bir şeyle dönüşürse önemli miktarda atık suyun yeniden kullanılması gerçekleşebilir. Rapor konu olan tesis bir cam işleme tesisi olup, yıllık toplam 264.000  $m^2$  cam işleme kapasitesine sahiptir. Bunun yaklaşık 126.000  $m^2$ 'lik kışım muhtelif temperli cam, geri kalan 96.000  $m^2$ 'lik kısmı ise muhtelif ısı yalıtımlı cam ve cephe kaplama cam oluşturmaktadır. Firmanın temperli cam imalatı kapasitesi ise yılda 300 iş günü ve günlük 8 saatlik çalışma kapasitesi göz önüne alındığında 168.000  $m^2$ /yıl olarak kapasite raporunda belirtilmiştir. Tesis içerisinde yapılan inceleme ve ölçümlede günlük olarak 145  $m^3$  atıksuyun olduğu belirlenmiştir.

## 2. MATERİYAL VE METOT

### 2.1 Atık Suyun Oluşumu ve Özellikleri

Cam işleme fabrikasında plakalar halinde gelen camlar talep edilen ölçülere göre kesilmekte ve şekil verilen camların kesilen kısımları rodajlama ile keskin kısımları törpülenmektedir. Bu esnada rodaj makinasının rodaj yapan taşlarını soğutmak ve temizlemek için makinaya bağlanan su ile yıkama işlemi gerçekleştirilmektedir. Burada yıkamada kullanılan sular bir süre sonra çok ince cam tanecikleri ile dolmaya başlandığında, yıkanan camları taşlamaya başlamaktadır ve bu sular atık sular olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 1'de atık su karakteristiği verilmiştir.

**Tablo 1.** Atıksuyun Özellikleri

Parametre - Birim	Analiz Sonucu	Analiz Metodu
Askıda Katı Madde (mg/l)	1940	TS EN 872
pH	9,89	TS EN ISO 10523
Renk (Pt-Co)	35	SM 2129 C
Yağ ve Gres (mg/L)	10	TS 8312

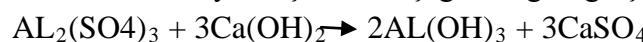
## **2.2. Kimyasal Çöktürme**

Cam işleme tesisleri atıkları; büyük oranda AKM içermektedir. Bununla birlikte renk ve yağ gres de içermektedir. Bu kirleticilerin giderilmesi için kimyasal çöktürme ile giderim yönteminin yeterli olacağı yapılmış jar testleri ile karar verilmiştir.

Kimyasal çöktürme prosesinde, hem çözünmüş maddeler hem de AKM giderimi gerçekleşmektedir. Bu prosesse  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ , Kireç veya Kostik ( $\text{NaOH}$ ) gibi kimyasallar koagülant olarak kullanılabilir.

## **2.3. Koagülasyon İşlemi**

%15'lik karışım halinde hazırlanmış olan sönmüş kireç ( $\text{CaOH}_2$ ) kullanılarak atıksuda bulunan çözümüş ağır metaller koagülasyon prosesi ile oksit bileşikleri halinde, partiküler halde olanlar ise adsorpsiyon, köprü oluşturma veya flok yapısı içerisinde hapsetme biçiminde çöktürülür ve sistemden uzaklaştırılır. Koagülasyon haznesinde oluşan reaksiyonlara örnek olarak . Alüminyum için aşağıdaki gibi gerçekleşir.

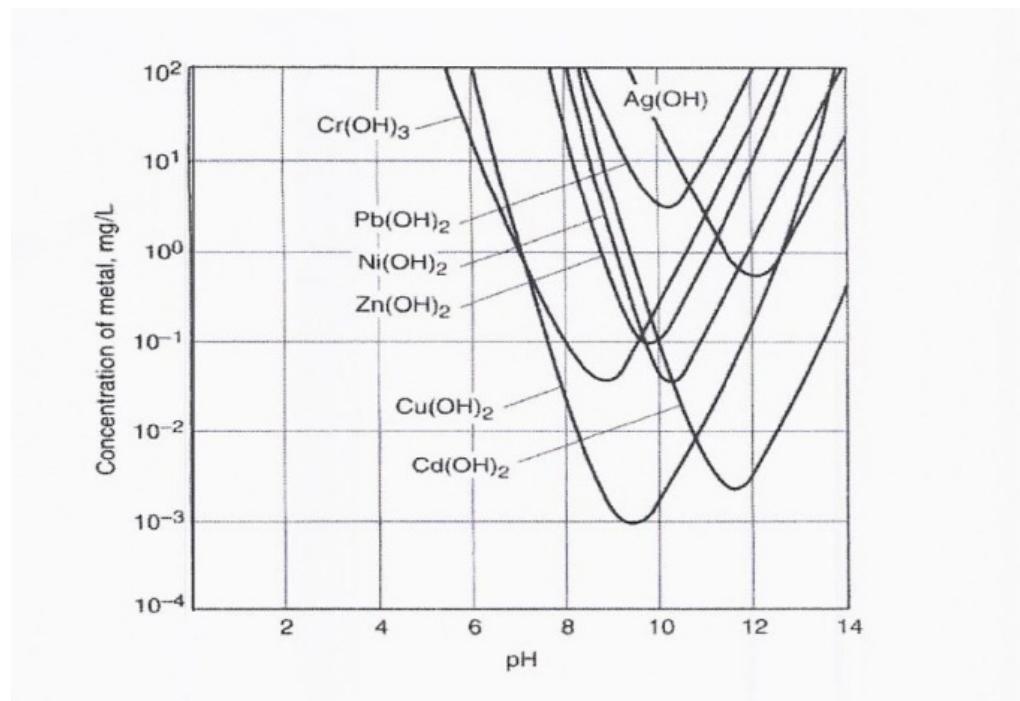


↓  
( Kimyasal Çamur)

Alüminyum için en iyi giderimin pH=6'da gerçekleşmektedir.

Demir için ise optimum pH 8 civarındadır. Alüminyum ve demirin maksimum giderimi için gerekli pH aralıkları birbirine yakın olsalar da, diğer metal iyonları için daha yüksek olabilmektedir. Diğer metallerin hidroksit şeklinde çöktürülmeleri durumunda pH ile çözünmeden kalan metal konsantrasyonlarının değişimi ise Tablo 2'de gösterilmektedir.

**Tablo 2.**



Genel olarak pH'ın 8-11 aralığında, bir çok metal çökelme için gerekli en uygun pH değerine sahip olmaktadır. Cam işletme atıksuyu pH değeri yaklaşık 10 gibi bir değerde olup doğrudan doğruya koagülyant ilavesi için hazırlıdır. İlave edilen koagülyantlar ortam pH değerinin düşmesine yol açacağından çıkış suyu pH değerinin sağlanmasına da yol açacaktır. Bu nedenle koagülyasyon prosesinde koagülyant olarak, Alüm ve polielektrolit kullanılacak ve AKM'nin çöktürülerek giderilmesi sağlanabilmektedir.

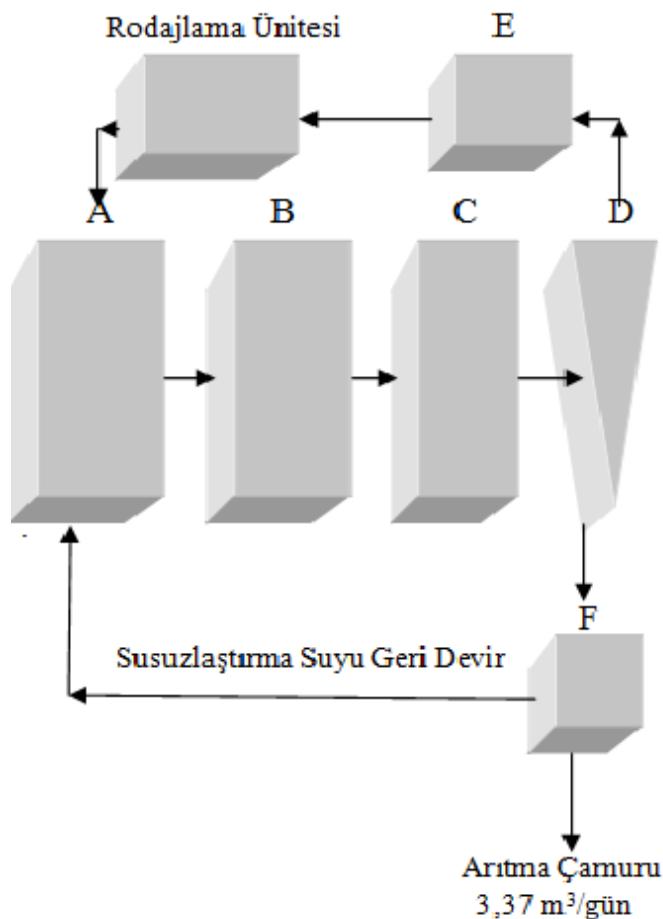
### 3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Cam atıksularının arıtılıp yeniden kullanılmasına yönelik genel hatlar şu şekildedir. Atıksu öncelikle dengeleme haznesine pH değişimleri dengelenmelidir. Dengeleme haznesinde homojen özelliklere sahip olan atıksu kimyasal arıtrnaya alınabilir hale gelmektedir. Kimyasal arıtmada ise koagülyasyon ve flokolüsyon işlemi yapılacaktır. Atıksuya Aluminum Sulfate (Alum)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  koagülyantı hızlı karıştırılarak dozajlanır. Flok oluşum reaksiyonun tamamlanması 1 saatlik yavaş karıştırmanın ardından havuzun üst fazındaki arıtılmış su ürün suyu olarak kullanılabilir hale gelmektedir.

Çökeltim havuzunun dibinde biriken çamurlar ise çamur pompaları yardımıyla torbafiltrelere basınçlandırılır.

Çamurundan ayrılan sular tekrar dengeleme bölümüğe gönderilerek arıtma prosesine gönderilir. Araştırmaya konu olan pilot tesisin akım şeması Şekil 1'de gösterilmektedir.

**Şekil 1.**



A: Dengeleme Ünitesi B: Koagülsayon Havuzu

C: Flokülasyon Havuzu D:Çöktürme Tankı

F: Torba Filtre E: Arıtılmış Su

Günlük cam yıkama işlemlerinden ve çamur susuzlaştırıldan gelen  $145\text{ m}^3$  atık su oluşturmaktadır. Araştırmaya konu pilot tesisin kullanılan suyun en önemli kirlilik parametresi camların rodajlanmasından kaynaklı askıda katı madde parametresidir. Bu parametre cam parçacıklarından oluşmakta ve suyun kimyasal yapısında herhangi bir değişikliğe yol açmamaktadır. Kullanılan suyun cam gibi partiküler madde içermemesi, gerek rodaj makinalarının gereksizde sistemlerde kullanılan pompaların zarar görmemesi için gereklidir. Benzer şekilde su içerisindeki katı maddeler bu makinaların püskürme yerlerindeki deliklerini tıkamasına da yol açabilmektedir. Geri kazanılmış suda katı maddelerin olması rodajlama yapılan camlarda istenmeyen çizilmelere de yol açmaktadır. Dolayısıyla tasarlanan sistem rodajlama esnasında suyun içerisindeki cam

parçacıklarının ayrılmasına dayanmaktadır. Böylece kullanılan ekipmanların zarar görmesi engellendiği gibi cam ürünler üzerinde de herhangi bir olumsuz tesire yol açmayacaktır.

### **3.1. Arıtılmış ve Yeniden Kullanılacak Suyun Uygunluğu**

Arıtılmış suyun karakteristik özellikleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Bu su rodaj makinaları için yeterli olmaktadır. Böylelikle rodaj makinalarından oluşan  $145 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'luk atık su arıtılıarak  $136,26 \text{ m}^3/\text{gün}$  'luk atık su yeniden kullanılmak üzere rodaj makinalarına gönderilebilmektedir.

**Tablo 2. Arıtılmış Suyun Özellikleri**

Parametre	Parametrik Değer	Birim
AKM	$\leq 25$	Mg/L
pH	7-9	-
Renk	$\leq 10$	(Pt-Co)
Yağ – Gres	$\leq 5$	$\mu\text{g}$

Pilot tesiste oluşan atık su ve bu atık suyun arıtılmasıyla geri kazanılan su miktarları Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.**

Üretim Prosesi	Şebekeden Kullanılan $\text{m}^3/\text{gün}$	Geri Kazanımdan Kullanılan $\text{m}^3/\text{gün}$	Oluşan Atıksu $\text{m}^3/\text{gün}$	Geri Kazanılan Atıksu Miktarı $\text{m}^3/\text{gün}$
Rodajlama Ü.	5,37	136,26	141,63	136,26
Soğutma Esaslı Su	-	-	-	-
Yağış Kaynaklı A.	-	-	-	-
Evsel Kaynaklı A.	4,5	-	4,5	-
Susuzlaştırma Ün.	-	-	6,74	

Bu verilere göre tesiste belirtilen arıtma yöntemiyle %96 Su kazanımı sağlanmaktadır.  $136,26 \text{ m}^3/\text{gün}$  su geri kazanılarak yeniden kullanılmaktadır. Sadece bu pilot tesisin aylık

4080 m<sup>3</sup> suyu geri kazanarak yeniden kullanması, dünyada kısıtlanmış su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından oldukça önemli olup bu çalışmada yapıldığı gibi dünya genelinde diğer çalışmalarda da yapılması yaygınlaştırılması sağlanmalıdır.

#### **4. Kaynaklar**

Anonim, 2015, Cam atık suyunun geri dönüşüm projesi hakkında teknik uygunluk raporu.

Anonim, 2014, Türkiye'de Su Yönetimi ve Geleceği.

DSİ (Devlet Su İşleri) 2013. Kullanabilir Su kaynakları Raporu.

E. Özcan, 2014, Türkiye'de Atık Su Yönetimi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

TÜİK, 2012, Organize Sanayi Bölgeleri Su, Atıksu ve Atık istatistikleri.

## MANAVGAT IRMAĞI'NIN KİRLİLİK PARAMETRELERİİNİN İNCELENMESİ

Hatim ELHATİP & Sertaç KÜÇÜKGÜÇLÜ  
*Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*  
*helhatip@gmail.com, srtc.kckgcl@gmail.com*

**ÖZET:** Manavgat Havzası, Toros Karst Kuşağı'nın Batı Toros Dağları kesiminde, derinlik ve yüzey karstının yoğun olarak geliştiği bir alanda yer almaktadır. Manavgat Havzası ve yakınlarındaki en eski drenaj ağının parçaları Orta Miosen dönemine ait paleokarstik vadilerden oluşur. Bu Nehir, içme ve kullanma suları açısından bölge için çok önem arz etmektedir. Bu nedenle, Manavgat nehrinin Kirletilen sularının kirlilik kaynaklarını tespit etmek ve önlemler almak son derece önemlidir. Bu çalışmanın amaçları arasında, mümkün olduğunca bu kirlilik kaynakları tespit etmek, kirliliğin azaltılmasını sağlamak için elde edilen su analizleri sonuçlarıyla bu problemleri öğrenmek ve öneriler geliştirmek.

### Investigation of Contamination Parameter of Manavgat River

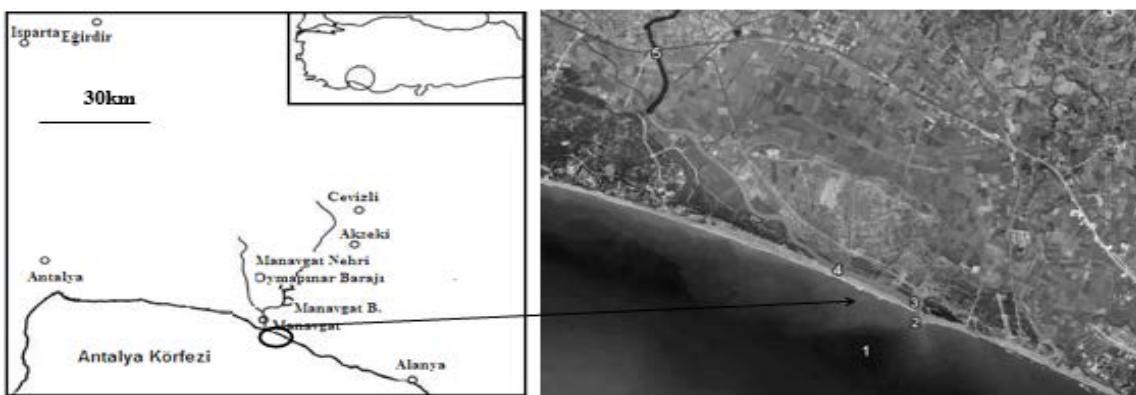
**Abstract:** Manavgat Basin is on the West Taurus Mountain section of Taurus Karst Belt where surface and deep karst have densely developed. Manavgat Basin and the sections of latest drainage network near to it are formed out of paleokarstic valleys belonging to the Middle Miocene period. This river is of great importance for the region in terms of drinking and potable water usages. Therefore, it is so extremely important to identify the sources of pollution and to take measures for protecting the Manavgat river. The main purpose of this study is using the result of water analyses to develop proposals for the reduction of these pollution resources as much as possible.

## 1. GİRİŞ

Antalya'nın Manavgat ilçesine bağlı bulunan Oymapınar Barajından Antalya ve Manavgat'ın içme suyu projesi kapsamında alınan su Manavgat içme suyu Arıtma Tesisisinde arıtilacaktır (Aygen, 1967). Oymapınar Barajından alınan su numunelerinin analiz sonuçlarına ve ortaya çıkan kirlilik parametrelerini öğrenmek ve bu parametreleri su kirliliği kontrolü yönetmeliğinde istenilen kriterlere uygun hale getirmek için çalışmalar yapmaktadır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları olarak iki kısımda gerçekleştirilmektedir. DSİ 13. Bölge Müdürlüğüne bağlı Manavgat Şubesinden alınan su analizi sonuçlarına göre incelemeler yapılmıştır. Alınan analiz sonuçları 2009 yılına ait olmaktadır.

## 2. MATERİYAL VE METOT

Deniz düzeyinden 1000–2000 metre yükseklikte olan Manavgat Nehri'nin başlangıç bölümünü yazın kuruyan küçük bir akarsu görünümündedir. Bu bölgedeki küçük akarsuların birleşmesiyle Manavgat Nehri oluşur. Yaklaşık 90 km uzunluğundaki bu nehir Manavgat ilçesinin ortasından geçerek Dalyan adı verilen yerde geniş bir nehir ağzı ile Akdeniz'e dökülür. Özellikle nehir ağzı bölgesinde çok sayıda tur teknesi ve piknik alanları az sayıda balık çiftlikleri bulunur. (Küçük, 1997). Ocak-Aralık 2009 tarihleri arasında, 12 ay süreyle ayda bir kez olmak üzere yürütülen örneklemeye dönemi boyunca her bölge için nehir ağzı bölgelerinden 3, nehir ve deniz etkisinin olduğu bölgelerden birer olmak üzere toplam 5 istasyondan örneklemeye yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Manavgat Nehri'nin nehir ağzı bölgesi ve örnek yerleri (Google Earth, 2009)

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

Araştırma süresince, Manavgat Nehri nehir ağzı bölgesinde belirlenen, yüzey ve dip suyu nitelik değerlerinin istasyonlara göre değişimi Tablo 1 ve Tablo 2 de verilmiştir.

**Tablo 1. Manavgat Nehri nehir ağzı bölgesi, 2009 yılı Ocak-Haziran döneminde ayrımlı istasyonlarda belirlenen yüzey suyu nitelik değerleri.**

Parametreler	1.İstasyon	2.İstasyon	3.İstasyon	4.İstasyon	5.İstasyon	Mevzuat Limiti
Su Sıcaklığı (°C)	22,94±1,22	15,12±0,55	14,53±0,63	14,02±0,62	13,74±0,69	25
pH	8,37±0,02	8,38±0,03	8,35±0,03	8,38±0,03	8,36±0,04	6,5-8,5
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	8,02±0,08	8,29±0,05	8,55±0,08	9,50±0,13	9,94±0,16	8
Klorofil a (mg/m <sup>3</sup> )	1,41±0,09	3,16±0,45	3,52±0,47	3,16±0,39	1,09±0,09	25
İletkenlik (µS/cm)	52766,66±77 5,2	5485,36±1966,8	962,96±262,1	464,35±86	272,25±18	2500
Seccki diskı (m)	12,41±0,58	1,14±0,04	1,17±0,06	0,94±0,04	0,88±0,03	

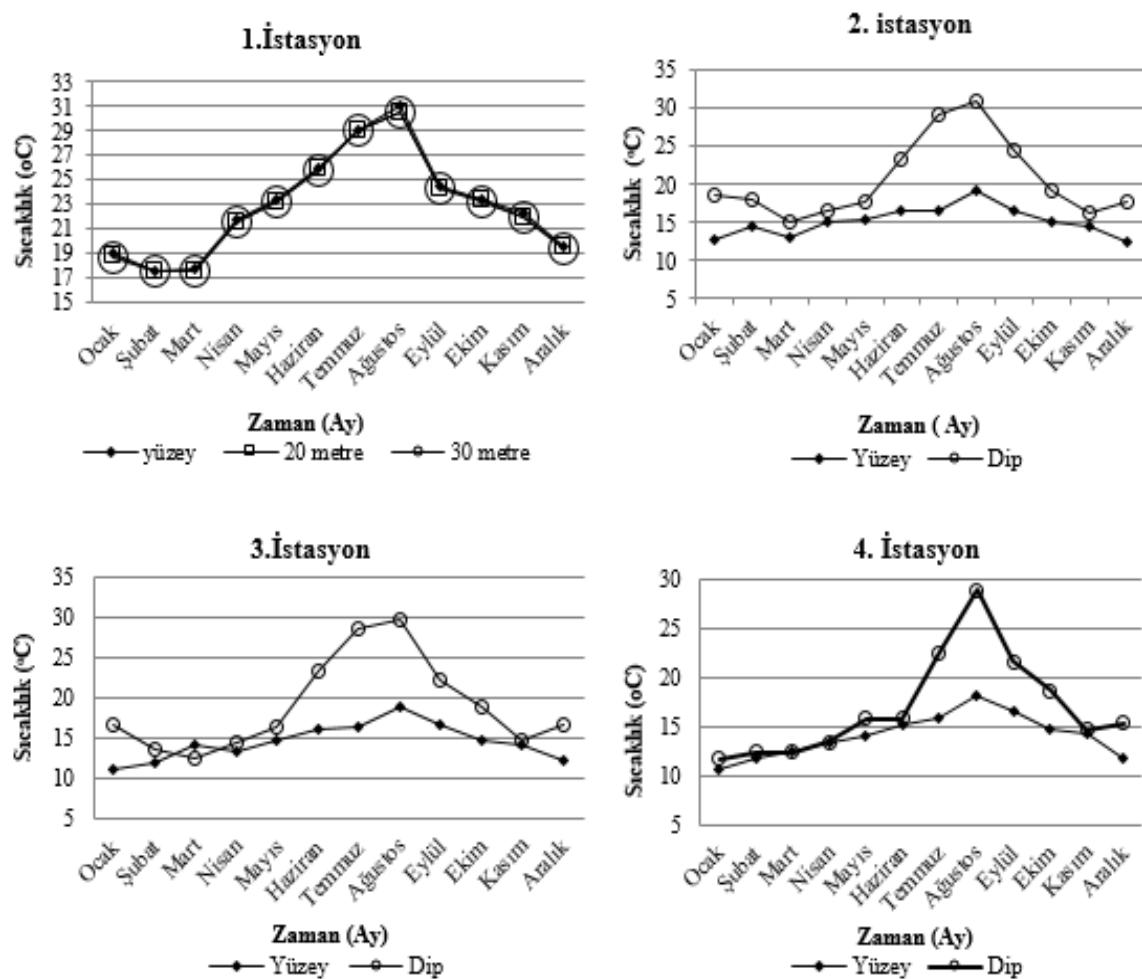
<http://www.matso.org.tr/manavgat/manavgat-merkez.html>

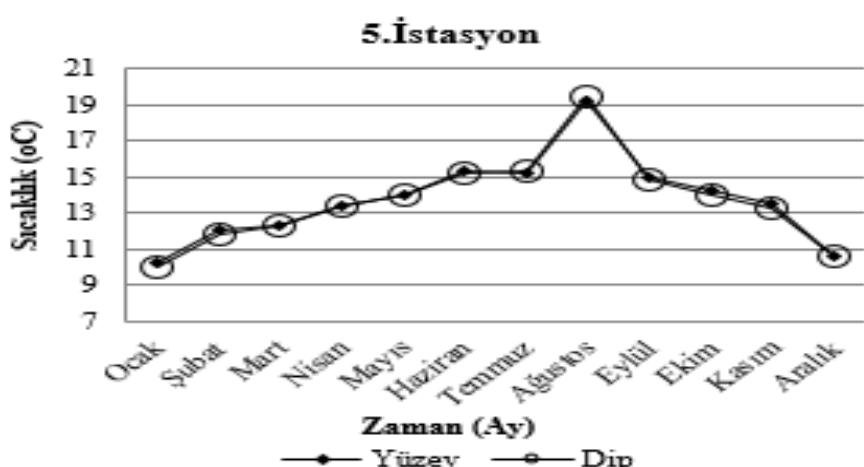
**Tablo 2. Manavgat Nehri nehir ağzı bölgesi, 2009 yılı Temmuz-Aralık döneminde ayrımlı istasyonlarda belirlenen dip suyu nitelik değerleri.**

Parametreler	1.İstasyon	2.İstasyon	3.İstasyon	4.İstasyon	5.İstasyon	Mevzuat Limiti
Su Sıcaklığı (°C)	22,71±1,22	20,59±1,50	18,96±1,64	16,90±1,47	13,67±0,71	25
pH	8,35±0,02	8,36±0,03	8,30±0,03	8,38±0,03	8,34±0,03	6,5-8,5
Çözünmüş Oksijen	7,88±0,06	7,43±0,08	7,86±0,81	8,56±0,13	9,60±0,14	8

(mg/lt)						
<b>Tuzluluk</b> <b>(ppt)</b>	35,83±0,08	20,49±4,03	16,88±4,54	0,6±0,21	0,19±0,02	175
<b>İletkenlik</b> <b>(µS/cm)</b>	52958,33±746,7	27693,33±6118,6	24729,49±6822,5	759,35±6470	342,45±34	2500

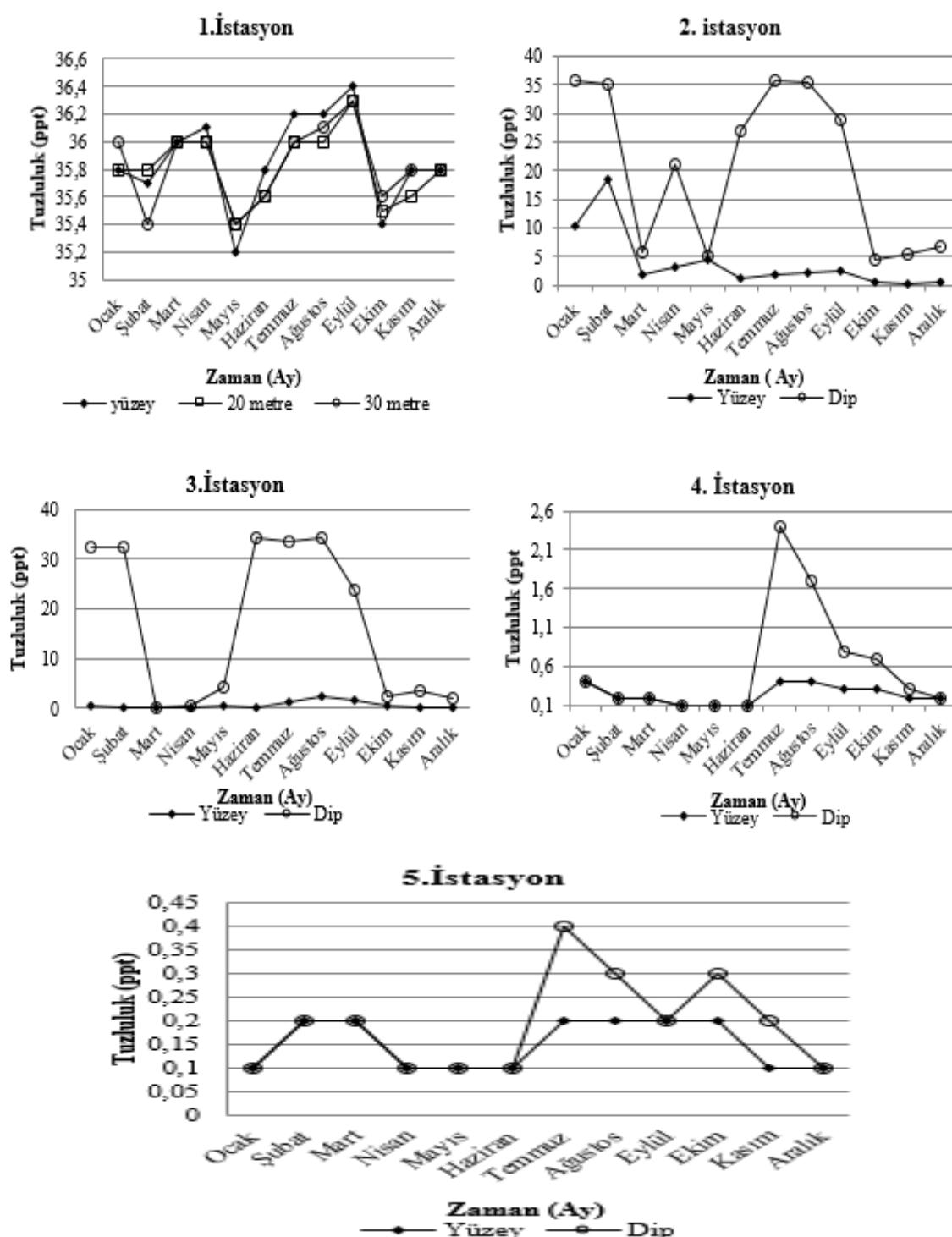
**Sıcaklık:** Bir su kütlesinin genel limnolojik karakterini belirleyen parametrelerin en önemlilerinden birisi su sıcaklığıdır. Birçok fiziko-kimyasal faktör ortam sıcaklığından önemli seviyede etkilenmektedir. Araştırma süresince, yüzey sularında en yüksek sıcaklık değeri 31 °C (ağustos, 1. istasyon yüzey), en düşük 10,2 °C (ocak, 5. istasyon); dip sularında en yüksek sıcaklık değeri 31 °C (ağustos, 2. istasyon), en düşük ise 10 °C (ocak, 5. istasyon) olarak ölçülmüştür (Şekil 2). Yüzey ve dip suyu arasındaki farklılık ağustos ayında önemlidir, diğer aylarda önemsiz bulunmuştur (*Antalya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2013*).





**Şekil 2. Manavgat Nehri nehir ağzı bölgesi yüzey ve dip suyu sıcaklık değerleri (°C)**

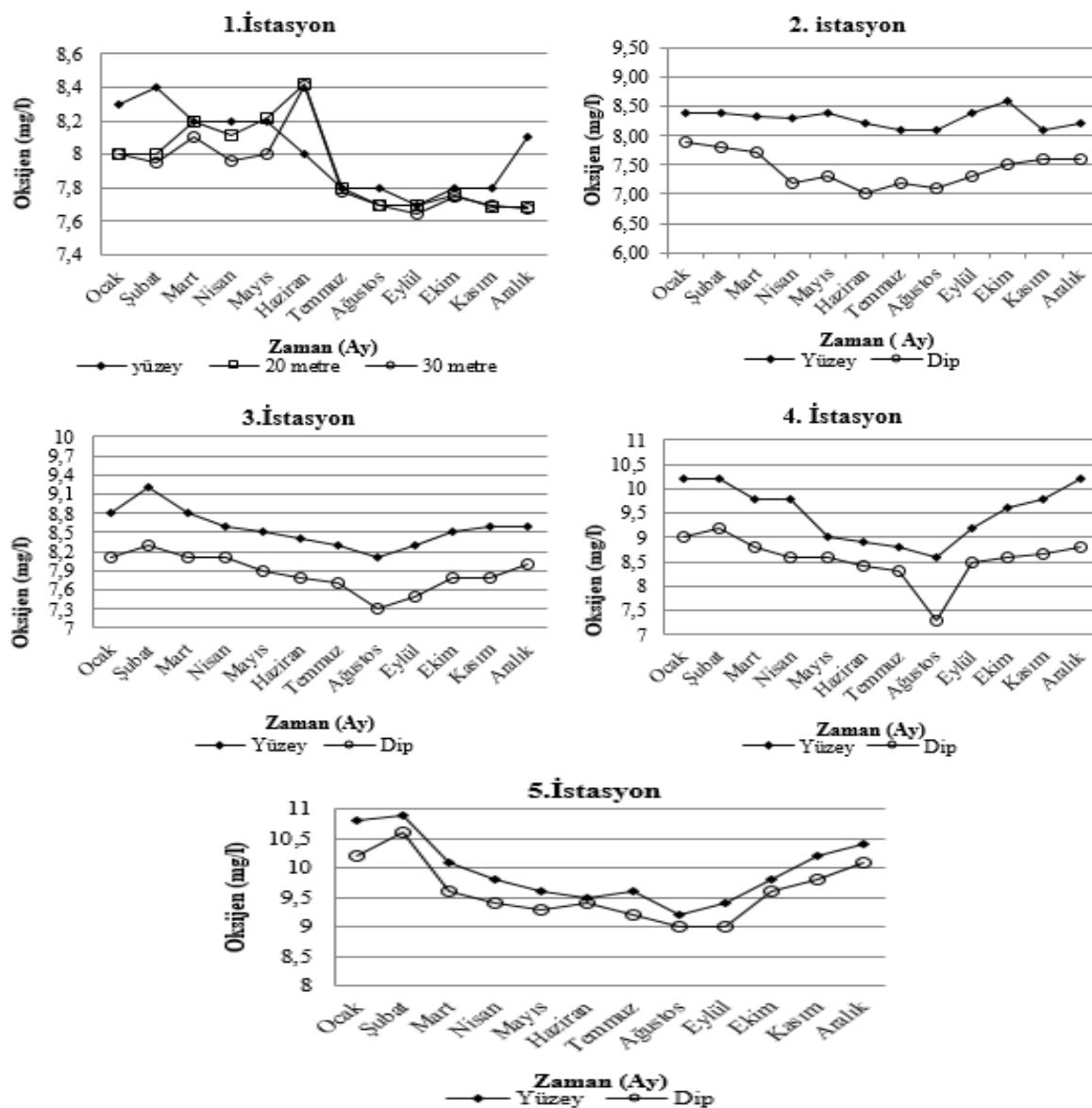
**Tuzluluk:** Fazlası tat problemi oluşturur. Tuzluluk hissi verir. Fazlalığı evsel ve endüstriyel kirlenme, toprak yapısı ve deniz katkısından kaynaklanabilir. Yüzey sularında en yüksek tuzluluk değeri 36,4 ppt (eylül, 1.istasyon yüzey), en düşük 0,1 ppt (aralık, 5. istasyon), dip sularında en yüksek 36,3 ppt (eylül, 1.istasyon 20,30 m), en düşük 0,1 ppt (nisan, mayıs, haziran, 4. istasyon, nisan, mayıs, haziran, ocak, kasım ve aralık, 5.istasyon) olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Yüzey ve dip suyu arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur.



**Şekil 3.** Manavgat Nehri nehir ağzı bölgesinde yüzey ve dip suyu tuzluluk değerleri (ppt)

**Çözünmüş Oksijen:** Çözünmüş oksijen su içinde çözünmüş halde bulunan oksijen konsantrasyonudur ve katot reaksiyon verir. Oksijen suda çok az çözünen bir gaz olduğundan çözünürlüğü verilen sıcaklıkta atmosfer basıncı ile doğrudan değişmektedir. Çözünmüş oksijen derisi yüzey sularında en yüksek 10,9 mg/l (şubat, 5. istasyon), en düşük 7,64 mg/l (eylül, 1. istasyon yüzey), dip sularında en yüksek 10,6 mg/l (şubat, 5. istasyon), en düşük 7,3

mg/l (ağustos, 3. ve 4. istasyon 30 m)olarak belirlenmiştir. (Şekil 4).Yüzey ve dip suyu arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur.



**Şekil 4.** Manavgat Nehri nehir ağzı bölgesinde yüzey ve dip suyu çözünmüş oksijen değerleri (mg/l)

2016 Şubat ayında Manavgat Irmağı'nın yüzeyinden alınan su numunesinin değerleri Tablo 3'te, verilmiştir. DSİ' den aldığım 2009 yılına ait verilerin ortalama değerleri ve 2016 Şubat ayında kendimin almış olduğu, numunenin yapmış olduğu analizlerinin sonuçları doğrultusunda yaptığım karşılaştırmalar sonucunda 2009 yılı ve 2016 Şubat ayındaki veriler arasında belirgin, bariz bir fark olmadığı artan nüfusa paralel olarak kirlilik miktarında artış gözlemlenmiştir.

Yaz aylarında da turizme ve sıcaklığa bağlı olarak ölçülen değerlerde artış değerlerde artış olduğu gözlenmiştir. Bu durumda göz önüne alınarak Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre Manavgat Irmağı'nın suyunun kullanılabilir, içilebilir bir su olduğunu verilerle desteklenmiştir. Ancak Manavgat ilçesinin nüfusunun doğru tahmin edilememesi gelecekte içme suyu sıkıntısını beraberinde getirebilir.

**Tablo 3. 2016 Şubat ayında Manavgat Irmağından aldığım numunede ölçülen parametrelerin değerleri**

Parametre	BİRİM	ÖLÇÜLEN DEĞER	MEVZUAT LİMİTİ
pH (25 °C)	-	8.2	6.5-8.5
İletkenlik (25 °C)	µS/cm	431	200
Sıcaklık	°C	23,7	25
Renk	-	-	Uygun
Bulanıklık	NTU	1,53	Uygun
Askıda Katı Madde	mg/lt	29	25
Çözünmüştür oksijen	mg/lt	8,3	8
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI)	mg/lt	5,05	25
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI)	mg/lt	1	4
Alüminyum (Al)	µg/L	13	200
Demir (Fe)	µg/L	11	200
Sodyum (Na)	mg/lt	15	200

#### **4. TARTIŞMA VE SONUÇ**

- ✓ Kaynakların yasa ve yönetmeliklere uygun koruma alanları zamanında tespit edilmediği için yeraltısı suyu kaynakları kirlenmiş ve kullanımından çıkarılmıştır. Manavgat kaynağı da çok ciddi önlemler alınmaz ise, yakın zamanda aşırı şekilde kirlenecektir. Koruma alanları ile ilgili çelişkilere hemen son verilerek, gerçek bir haritanın biran önce uygulamaya sağlanması sağlanmalıdır.
- ✓ Kent nüfusunun doğru tahmin edilememesi ve şebeke kayıplarının önlenememesi nedeniyle su ihtiyacı yanlış belirlendiği için kısa sürede yeni su kaynaklarına ihtiyaç olacaktır.
- ✓ Kente verilen suyun toprağa karışması hem su kaynaklarının israfı hem de ekonomik açıdan en önemli sorundur. Şebeke kayıplarını önleyecek önlemler süratle alınmalıdır.
- ✓ Su sorunu belediyelerin doğrudan sorumluluk alması sonucunda çözümlenmiştir. Kanaatimce Kentin su ihtiyacını temin etmekle sorumlu olan ASAT daha aktif olarak çözüm yolları üretmelidir.

### **KAYNAKLAR**

- Aygen, T., 1967. Manavgat-Oymapınar (Homa) Kemer Barajı ile Beyşehir-Suyla Gölü Manavgat Havzasının Jeoloji ile Hidrojeolojik ve Karstik Etüdü. EİE İdaresi Raporu, Ankara.
- Antalya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2013, Antalya Çevre Durum Raporu, Antalya.  
<http://www.matso.org.tr/manavgat/manavgat-merkez.html>  
<http://www.bulurum.com/dir/dsi/manavgat>

## KARBON NANOTÜP KATKILI MALZEMELERLE ARSENİK GİDERİMİ

SERHAT KOYUNBABA<sup>1</sup>, FATMA GÜRBÜZ<sup>1</sup>

*1 Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray, 68100*

*Serhatt\_466@hotmail.com*

**ÖZET:** Doğal suların arsenikle kirlenmiş olması hem toksik hemde karsinojeniktir ve oldukça yaygındır. Arseniğin sulardan giderimi için bir çok teknolojik arıtım mevcuttur. Bunların arasında koagülasyon, filtrasyon, membran filtrasyonu vs. ancak adsorpsiyon tekniği basit olması, kolay işletim şartlarına sahip olması, kimyasal ilavesine gerek olmaması ve genel olarak düşük işletim maliyetinden dolayı bir çok avantaj sağlar, yine de adsorpsiyonun teknolojik olarak geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu anlamda nanoteknolojinin, insanların ihtiyacı olan temiz ve ekonomik suyun sağlanmasıında önemli rol oynayacağı açıklıktır.

Bu çalışmada karbon nanotüpelerin arsenik arıtımında kullanılabilir olma özelliği incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Arsenik Giderimi ,Adsorpsiyon, Nano adsorbant , Karbon Nanotüp

## REMOVAL OF ARSENİC via CARBON NANOTUPS MATERIALS

**Abstract:** Contamination of natural waters with arsenic, which is both toxic and carcinogenic, is widespread. Among various technologies that have been employed for arsenic removal from water, such as coagulation, filtration, membrane separation, ion exchange, etc., adsorption offers many advantages including simple and stable operation, easy handling of waste, absence of added reagents, compact facilities, and generally lower operation cost nevertheless the adsorption still need to develop for technologically. In this respect, nanotechnology is considered to play a crucial role in providing clean and affordable water to meet human demands. In this study, removal of arsenate compound via carbon nano-tups in different studies were detailed

**Keywords:** Arsenic removal, Adsorption, Nano adsorbent, Carbon nanotubes

## 1. GİRİŞ

Zehirli özelliklere sahip metallerin çevre (deniz, göl, nehir vb. ) ve içme sularında bulunması birçok yaşam türleri için tehlike oluşturmaktadır. Canlılar için zararlı olan bu metallerin zararsız ürünlerine dönüşmeleri de söz konu değildir. Bu nedenlerden dolayı zararlı olan bu metallerin sulardan uzaklaştırılmaları zorunludur. Bu zararlı metallerden arsenik ise içme sularında bilinen en toksik madde olarak bütün dünyada liste başıdır. İçme sularında bulunan arsenik, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından insanlar için kanserojen olarak kabul edilmiştir. Arseniğin sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı içme sularında izin verilen maksimum arsenik miktarı 1993 yılında  $50 \mu\text{g/L}$ 'den  $10 \mu\text{g/L}$ 'ye düşürülmüştür ve bu değer üzerinde arsenik bulundura suların toksik olduğu ilan edilmiştir. Suda en çok bulunan inorganik arsenik türlerinden arsenit ( $\text{As}^{+3}$ ) arseniğin en toksik formudur ve özellikle yeraltı sularında çok bulunur (Smedley and Kinniburgh, 2002; Mohan and Pittman Jr., 2007).

Suda en çok bulunan inorganik arsenik türleri arsenit ( $\text{As}^{+3}$ ) ve arsenattır ( $\text{As}^{+5}$ ). Sularda bulunan arseniğin en toksik formu ( $\text{As}^{+3}$ ) formudur. Anorganik arseniğin sudaki kararlı türleri artı yüklü iyonlar olarak değil, oksijenli eksü yüklü oksianyonlar şeklinde bulunur (Smedley and Kinniburgh, 2002).

Ülkemizde 2005 yılının Şubat ayına kadar  $50 \mu\text{g/L}$  değeri geçerliydi. Bu tarihten itibaren “İnsanı Tüketim Amaçlı Sular Hk. Yönetmelik” gereği izin verilen sınır değer  $10 \mu\text{g/L}$  ye indirilmiş ve 3 yıllık bir geçiş süresi öngörülmüştür (TS 266, 2005). Buna göre Şubat 2008’den itibaren ülkemizde izin verilen sınır değer  $10 \mu\text{g/L}$  olarak uygulanmaktadır ve içme ve kullanma sularının standardı olarak aranmaktadır. Fakat birçok ülkede arıtma yöntemlerinin çok maliyetli olması nedeni ile belirlenen limitten daha yüksek değerlere izin verilmektedir (Başkan ve Pala, 2009; Öngür, 2008; Tunçok, 2008). Ülkemizde Kütahya’da Emet ve Hisarcık’ta içme suyu kaynağı olarak kullanılan kaynak ve yeraltı sularında maksimum kırletici seviyesinden daha yüksek seviyede arsenik bulunmaktadır. Bu durumun bor oluşumundaki bazı minerallerin çözünmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Oruç, 2004). Ayrıca Hisarcık bölgesinde de kabul edilebilir limitlerin üzerinde arsenik ölçülmüştür (Çöl ve Çöl 2004; Çolak v.d., 2003). Bundan başka Bursa ve çevresinde, Balıkesir ve Uşak’ta da yüksek miktarda arsenik belirlenmiştir (Erdol ve Ceylan, 1997; Gemici v.d., 2008; Çamtepe, 2006).

Günümüzde teknoloji, insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılamak için sürekli gelişmektedir. Bu gelişmelerden biri de boyutların küçültülmesiyle başlayan ve malzemelerin özelliklerini iyileştirmeye yönelik olan “nanoteknoloji”dir. ‘Mikroteknolojiden daha küçük teknoloji’ olarak da adlandırılan nanoteknoloji, atomik ölçekte gerçekleştirilen işleme teknolojisidir. Nanoteknoloji ile ilgili çalışmalar malzemelerin geliştirilmesi için de büyük önem taşımaktadır. Atomik seviyede görüntüleme, ölçme ve işleyebilme sayesinde istenilen özellikler verilerek malzemelerin geliştirilmesi de sağlanabilir. Bu işlemler sayesinde boyutları 1 ile 100 nm arasında değişen, gelişmiş özellikli malzemeler ortaya çıkartılabilir (Bruggen, 2012). 1985 yılında, Richard Smalley’in bulduğu, karbon atomlarının 60’lı gruplar halinde birbirlerine bağlanmasıyla oluşan “buckyball”lar (küresel molekül) kütlesine birkaç kobalt veya nikel atomu eklendiğinde şekil değiştirerek, kimyasal olarak kararlı ve duvar kalınlığı bir nanometre boyutundaki “nano- tüp” şecline dönüşür.

Nanotüp ilk olarak 1991 yılında ortaya çıkmıştır. Grafen düzlemi dediğimiz örülü yapının bir silindir şecline sarılması ve uçlarının küresel bir silindir kapağı şeklinde kapatılmasıyla oluşturulur. Çok haffif olması, yüksek elastiklik modülüne sahip olması ve bilinen en dayanıklı fiber olması ihtimalleri, Karbon Nanatüplerin (KNT) en önemli özelliklerindendir. Deneysel bazı çalışmalar sonucu çok cidarlı KNT’lerin 1-1.8 TPa arasında elastik modülüne ve TEM esaslı çekme ve eğme testleriyle de 0.8- 150 GPa arasında çekme dayanımına sahip olduğu anlaşılmaktadır (Gogotsi, Y. 2006). Çok cidarlı KNT’lerin çekme dayanımlarının tek cidarlardan daha düşük olduğu bilinmektedir. Bunun temel sebebi, her bir nanotüp katmanının KNT’lerin sürtünmesize yakın kinetik özelliklere sahip olmasından dolayı birbiri üzerinden kayarak sıyrılmaya (pull-out) olarak bilinen özelliğin görülmemesidir. Yu ve arkadaşları tarafından yapılan bir başka çalışmada ise tek cidarlı KNT’lerin dış yüzeylerinde taşıdığı

yükler vasıtasıyla oluşturulan gerilme-gerinim eğrilerinden 13-52 GPa arasında kırılma dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir (Yu, vd. 2000.). Aynı yöntemle çok cidarlı KNT'ler için gerçekleştirilen çalışmada ise 11-63 GPa arasında çekme dayanımı ile 0.27 – 0.95 TPa mertebesinde elastiklik modülü tayin edilmiştir. Özellikle, yoğunluğu da dikkate alındığında çelikten çok daha yüksek spesifik dayanıma sahip olan KNTler bilinen en dayanıklı malzemelerden biri olarak kabul edilmektedir. Grafenin simetrisi ve kendine has elektriksel yapısından ötürü, karbon nanotübün yapısı elektriksel özelliklerini önemli bir şekilde etkilemektedir. Teoride metalik nanotüpelerin elektrik gerilim yoğunlukları gümüş ya da bakır gibi metallere kıyasla 1000 kat daha fazladır (Seunghun, H., Myung, S. 2007.).

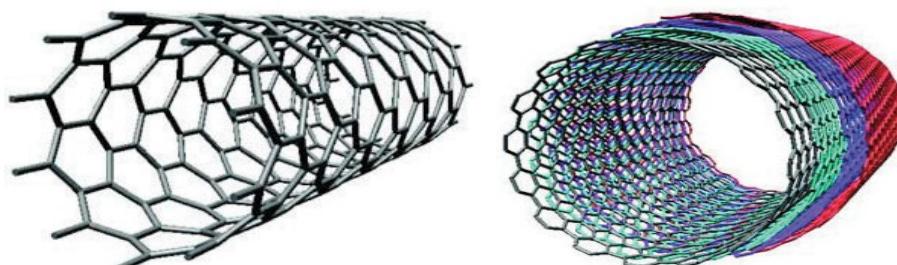
Günümüzde NASA, bakır kablolarla göre en az 10 kez daha iyi elektrik ilettiği için, Rice Üniversitesi KNT'lerden oluşan bir enerji iletim kablosu yaptırmaktadır. Bu iletim kablolarının üretimi için bir reaktöre nanotüp kaynağı yerleştirilir ve karbonmonoksit kullanımıyla birlikte KNT'lerin oluşması veya büyümesi sağlanır. Uzayan bu tüplerin sarılarak kuantum kablo haline getirilmesi planlanmaktadır. (NTVMSNBC, "KNT'ler Mars'a Götürecek," 2005).

### **1.1.Nanotüpelerin Gelecekte Düşünülen Kullanım Alanları**

Nanotüpelerin kullanım alanları; mikro-elektronik alanda, iletken kompozitler olarak, kontrollü ilaç iletiminde, yapay adaleler oluşturmada, pillerin güçlendirilmesinde, alan yayıcı düz kare monitörlerin yapımında, hidrojen depolamada, soy radyoaktif gaz depolamada, güneş enerjisi depolamada, atık geri dönüşümünde, elektromagnetik kalkan yapımında, diyaliz filtrelerinde, termal korumada, nanotüp takviyeli kompozitlerde, savaş malzeme ve cihazları yapımında, takviye elemanı olarak, polimerler için takviye elemanı olarak, havacılıkta, data saklama gibi bir çok alanda kullanılması düşünülmektedir (URL1).

### **2.NANOTÜPLERİN ELDE EDİLMESİ**

1996'da Rice Üniversitesindeki grubun daha verimli bir şekilde düzenli tek katmanlı nanotüp gruplarını üretemesiyle, karbon nanotüpeler üzerine büyük miktarda deneyler yapılmasının önünü açtı. İstenilen nanotüpeler 1200 °C bir fırında karbonun lazer buharlaştırılması sonucu elde edilir. Kobalt-nikel katalizörü, nanotüpelerin oluşumunda kullanılır. Çünkü oluşum sırasında nanotüpelerin sonlarının kapaklanması önler ve böylelikle %70-90 oranında karbon hedefleri tek katmanlı nanotüplere dönüştürülür. Grafen katmanı bir levhanın çevresine sarıldığı zaman tek duvarlı karbon nanotüp (SWNT) elde edilir. SWNT'ler yaklaşık olarak 0,7-10 nm çapındadırlar (Yetim A., 2012).



Şekil 1. a)Tek duvarlı karbon nanotüp      b) Birden fazla grafeden oluşan çok katmanlı CNT (Choudhary ve Gupta, 2011).

Yüksek çözünürlü mikroskobi teknikleriyle karbon nanotüplerin yapısı araştırılmaktadır. Bu deneyler sonucunda nanotüplerin, kristal grafitlerden oluşan hegzagonal örgüdeki karbon atomlarının oluşturduğu silindirik yapılar olduğu anlaşılmıştır. 3 tip nanotüp olabilir: "armchair", "zigzag" ve iki boyutlu grafit levhanın nasıl rulo yapıldığına bağlı olan "chiral". Değişik tip nanotüpler birim hücrelerine göre kolayca belirlenir, yani yapıyı belirleyen en küçük atom grubudur (URL 3).

Küçük çaplı karbon nanotüpler, geleneksel mikron boyutlu grafitik fiberlere kıyasla önemli mekanik özelliklere sahiptirler. Bu nanotüplerin en dikkat çekici özelliği, yüksek esneklik, yüksek dayanıklılık ve yüksek sertliği bir araya getirmesidir. Bu özellikler karbon nanotüplere yeni nesil yüksek performanslı kompozitler için yol açmaktadır. Karbon nanotüplerin mekanik özellikleri üzerindeki kuramsal çalışmalar, nanotüp üretiminin kolay anlaşılamaması ve nanometre boyutundaki malzemelerin kolay işlenememesi nedeniyle deneyel çalışmalarдан çok daha ileridedir (Özgür, 2008).

Çok katmanlı nanotüpleri büyütmek için katalizör gerekmekken, tek katmanlı nanotüpler ancak katalizör ile büyütülebilir. Büyüme ile ilgili mekanizmalar hala çok iyi anlaşılmamışlardır. Deneyler, çap dağılıminin eni ve tepe noktasının, katalizörün kompozisyonuna, oluşum sıcaklığına ve diğer oluşum koşullarına bağlı olduğunu göstermiştir. Daha dar çap dağılımları ve daha kontrollü oluşum koşulları sağlayabilmek için halen büyük çabalar harcanmaktadır. Uygulama açısından bakacak olursak, önemli olan düşük maliyetli yüksek kazançlı nanotüp üretmek ve ticari ölçekte üretilebilecek sürekli bir sistemdir.

### **3.KARBON NANOTÜPLERİN ADSORBANT OLARAK KULLANIMI**

CNT'ler hafif olmalarına karşın yüksek gerilme direncine sahip olmaları, dayanıklı ve kararlı yapıları, yüksek iletkenlik ve esneklik sergilemeleri karbon nanotüplerin sahip olduğu diğer önemli özellikleridir. Birçok farklı analitik uygulaması söz konusu olup özellikle son yıllarda katı faz adsorban materyali olarak kullanılmasıyla dikkat çekmektedir (Ghaedi M, vd, 2014). Karbon nanotüplerin sahip oldukları güçlü van der Waals,  $\pi$ - $\pi$  etkileşimleri ve sahip oldukları geniş yüzey alanları nedeniyle inorganik ve organik türleri adsorplamada gösterdikleri başarı göz ardı edilemez. Bu yönyle karbon nanotüplerin zenginleştirme amaçlı katı faz ekstraksiyonunda adsorbant materyali olarak kullanılması cazip hale gelmiştir. Karbon nanotüplerin sahip oldukları geniş yüzey alanları, stabilitesi, mekanik

sağlamlığı ve sergiledikleri  $\pi$ - $\pi$  etkileşimleri ve kuvvetli fiziksel adsorpsiyon yeteneğine sahip olmaları, bu materyallerin katı faz ekstraksiyonu için uygun ve dikkat çekici adsorbanlar olduğu düşüncesini destekleyen en büyük gerekçedir (Ravelo-Pérez vd, 2010). Bu adsorpsiyon karbon nanotüpün iç boşluklarında oyuklarında, dış yüzeyinde veya karbon nanotüpün katmanları arasındaki çatlaklarda meydana gelir. Ayrıca karbon nanotüp yüzeyleri çeşitli kovalent ve kovalent olmayan yöntemlerle modifiye edilebilir. Böylece farklı moleküllerin yapıya bağlanması olası hale gelir. Bu özellikleriyle karbon nanotüpler metalik türler, organik ve organometalik bileşikler gibi farklı türlerin katı faz ekstraksiyonu ile analizini mümkün kılar (Lemos VA, 2008). Karbon nanotüplerin bu özellikleri geleceğin adsorban materyali olarak kullanılabilmesi için umut vaat etmektedir. Karbon nanotüpler, herhangi bir işlem görmemiş ham haliyle, çeşitli asit/oksitleyici ajanların kullanılmasıyla oksidize halde ve fiziksel ya da kimyasal yöntemlerle modifiye edilmiş şekilde katı faz ekstraksiyonunda kullanılmaktadır. Boyutlarından beklenmeyecek kadar büyük etki yaratan özelliklerinden dolayı karbon nanotüplerin katı faz ekstraksiyonda kullanılması geçen yıllarda beraber önemli ölçüde artmıştır (Latorre CH., 2012).

#### **4. ARSENİĞİN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Doğada çok az miktarda bulunan arsenik genellikle oksijen, klor ve kükürtle bileşik halde bulunur. Bitki ve hayvanlarda ise karbon ve hidrojenle bileşik yapar. Coğu arsenik bileşığının özel bir tadı ve kokusu yoktur. Çevrede bulunan arsenik buharlaşmaz, çoğu arsenik bileşiği suda çözünür, arsenik bulaşmış maddelerin yanmasıyla havaya karışabilir, havadan yere inerek birikebilir, parçalanmaz, ancak bir türden diğerine dönüşebilir. Solunum ve sindirim yollarıyla vücuda alınabilir.

İnorganik arsenik insanlar için çok zehirli olup organik arsenik daha az zararlıdır. Besinlerde ve sudaki yüksek miktarda (60 ppm) arsenik öldürücü olabilir. Arsenik sinir sistemi, mide-barsak ve cilt dokularına zarar verir. Yüksek miktarlarda solunması akciğer ve solunum yollarında yaralara neden olabilir (URL 2).

Arsenik bilinen bir kanserojendir. İnorganik arseniğin solunması akciğer kanserine, besin yoluyla alınması ise cilt, mesane, böbrek, karaciğer ve akciğer kanserine neden olabilir. Yüksek düzeyde maruziyet durumunda idrarda saptanabilir, ancak maruziyetten kısa bir süre sonra tahlil yapılması gereklidir. Ancak maruziyetten sonraki 6-12 ay boyunca saç ve tırnakta saptanabilir. Ancak bu testler düşük düzeyde maruziyetlerde anlamlı değildir ve olası bir sağlık etkisi konusunda fikir vermez. EPA'nın içme suyu için verdiği en üst sınır 0,05 ppm'dir, ancak bu düzey ileride düşürülebilir ( Karim, 2000; Choong et al., 2007). İnorganik arsenik bileşikleri, sağlık üzerinde çok olumsuz etkiye sahiptir. Bu bileşiklerin oral yolla 60 mg/kg üzeri alımı ölüme neden olur. Ortalama olarak insan vücutundan 10-20 mg'ın üzerindeki oranlarda bulunan arsenik problem yaratır. Tavsiye edilen güvenlik limiti yetişkinlerde 15  $\mu$ g/kg (vücut kütlesi/hafta)'dır (Emiroğlu, 2010).

Arsenik yönünden zengin olan yörenlerden sağlanan yeraltı suları ya da böyle alanlardan geçen akarsular arsenikle kirlenebilirler. Bu durumda suların kanser riski taşıdığı ve böyle suları

kullananlarda kansere yakalanma sıklığının yüksek olduğu belirtilmiştir. Suda başlıca inorganik ve organik bileşiklerin bir bileşeni olarak bulunan arseniğin, içme suyu ile alınımı cilt kanseri riski taşımaktadır. Ayrıca gaz fazında bulunan inorganik arsenik türlerinin solunum yoluyla alınmasının akciğer kanseri riski taşıdığı bilinmektedir. Başta Bangladeş ve Hindistan, olmak üzere birçok ülkede, yer altı ve içme sularında arsenik kirliliği ve buna bağlı olarak akut kanser vakaları rapor edilmiştir (Dhar 1997).

## 5. TÜRKİYEDE ARSENİK PROBLEMİ

Küresel ısınma sonucu yaşanan iklim değişikliği Türkiye'de de kuraklıklara neden olmaktadır. Kuraklık nedeniyle içme suyu kaynağı olarak yeraltı suları kullanılmaya başlamıştır. Arsenik bilindiği üzere yaygın olarak yer altı yapılarından, doğal olarak veya madencilik gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Son yıllarda, 2008 yılından başlayarak, özellikle ülkemizin batı bölgelerinde içme suyunda izin verilen sınır değerlerinden daha yüksek arsenik değerlerine ulaşılmıştır (Gizli ve Demircioğlu, 2009).

**Nevşehir** ili İnallı ve Suvermez Belediyeleri içme suyu havzalarında içme suyunda arsenik derişimleri belirlenmiştir. Hasandağı ve Erciyes Dağı volkanizmasından etkilendiği bazaltlardan oluşan havza kenarındaki akiferde yeraltı suyunda arsenik derişimlerinin İnallı'da 4-6  $\mu\text{g/L}$  arasında ve Suvermez'de 8.7  $\mu\text{g/L}$  olduğu bulunmuştur. Buna karşın fiziksel ve kimyasal alterasyona uğramış eski alüvyon olarak tanımlanan akifer özelliği taşıyan birim içerisinde alınan yer altı suyunda ise arsenik oranlarının Suvermez'de 11.8  $\mu\text{g/L}$ , İnallı'da 31.0- 36.4  $\mu\text{g/L}$  arasında olduğu tespit edilmiştir (Üzeltürk, 2009). **Nevşehir (Kozaklı)** alanında termal ve mineral sularda hidrojeokimyasal ve izotopik çalışmalar yürütülmüştür. Sular kuyu suyu, termal ve soğuk kaynak sularından 2006 yılında toplanmıştır. Su numunelerinde arsenik derişimleri 29.3-94.0  $\mu\text{g/L}$  aralığında ve traverten numunelerinde 6.4-187.8 ppm aralığında bulunmuştur. Toplanan suların pH değerleri 6.7-7.6 ve su sıcaklığı 29.3-94.0°C aralığında değişmektedir (Pasvanoğlu and Chandrasekharam, 2011).

**Aksaray** ili su kaynaklarında arsenik seviyeleri belirlenmiştir. Numuneler, içme ve kullanma suyu (tarım) amaçlı kuyu, kaynak ve nehir sularından toplanmıştır. Numuneler 2007-2008 arasında bir yıllık süreçte iki ayda bir alınmıştır. Ortalama arsenik derişimlerini, içme amaçlı kuyu sularında 0.2-52.4  $\mu\text{g/L}$ , sulama amaçlı kuyu sularında 1.3-72.7  $\mu\text{g/L}$ , sulama sularında 1.2-13.3  $\mu\text{g/L}$ , içme amaçlı kaynak sularında 1.3-17.7  $\mu\text{g/L}$ , yüzey sularında (Karasu ve Melendiz nehirleri) 20.9 ve 54.6  $\mu\text{g/L}$  ve dağıtım şebekesi suyunda 13.6  $\mu\text{g/L}$  olarak tespit edilmiştir (Kuyu derinliği 30-160 m arasında değişiklik göstermektedir) (Altaş et. al., 2011).

### 5.1. Arsenik Uzaklaştırma Yöntemleri

Çevre sularından arsenik uzaklaştırma farklı tekniklerle ve absorbanlarla sağlanmıştır. Yeraltı ve yerüstü sularından arsenik uzaklaştırma yöntemi sudaki arsenik derişimine,

kullanım yeri ve amacına, maliyetine ve toksik atık oluşturmmasına göre seçilmektedir. Arsenik uzaklaştırımda kullanılan konvansiyonel yöntemler şunlardır;

Yükseltgenme/çöktürme, temel koagülasyon/birlikte çöktürme, adsorpsiyon ve iyon değiştiriciler, membran filtrasyonudur (Mohan and Pittman, 2007; Choong et al., 2007).

## **6.KARBON NANOTÜP UYGULAMALARI İLE ARSENİK GİDERİMİ**

Membran yapıları ve özellikleri, nanopartiküler polimer matriks içerisinde gömülderek filtrasyon ve tutma özelliği nanometeryal yüzeyi veya uygulama yüzeyinin artırılmasından dolayı daha da etkili hale getirildiği uygulamalar vardır. Özellikle, karbon nanotüplerde (CNT) olduğu gibi, bu partikülerin içерdiği hidrofobik yapılardan dolayı etkindir. Genelde karbon nanotüpler asitle muamele edilerek nanotüplerin içerdeği hidroksil ve karboksil grupları ortaya çıkarılmaktadır.

## **SONUÇ**

Arsenik bildığımız gibi çok toksik bir maddedir ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. İncelemelerimizde arseniğin sudaki ulusal ve uluslararası standart miktarının 10 mg/L'den fazla olmaması gerekmektedir. Arsenik ve arsenik bileşenlerinin ülkemizde bu miktarı aştiği bölgeler mevcuttur. Bu durum ciddi sağlık problemlerine neden olacak boyuttadır ve uygun görülen değerlere indirilmesi için arıtım yapılması gereklidir. Su arıtımı yaparken nanotüplü malzemerin kullanılması verimi artırır, kolaylık sağlar. Karbon nanotüplerin, gözenek çapı farklı uzunlukta yapılabılır olması, kontrolünün kolay olması, iç yüzeyinin düz olması gibi özelliklerden dolayı membran sistemlere göre mekanik olarak daha dayanıklıdır. Özellikle suyun taşınması sırasında hidrofobik duvarlarından ve yüzeyinin pürüzsüzüğünden dolayı yüksek debide su taşınmasına imkan sağlar. Yüzeyine arseniği tutacak şekilde metal bağlanarak arseniğin gideriminde kullanılabilir.

## **KAYNAKLAR**

Akdoğan, A., Küçükyıldırım, B.O. 2006. "Nanomaterials- ler ve Uygulamaları," MakinaTek., sayı 99, s.114-117 [bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/karbon-nanotupler](http://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/karbon-nanotupler)

Altaş, L., Işık, M., Kavurmacı, M., 2011, Determination of arsenic levels in the water resources of Aksaray Province, Turkey, Journal of Environmental Management, 92, 2182-2192.

Bruggen, B.V.D., (2012). The separation power of nanotubes in membranes: a review, ISRN Nanotechnology, volume 2012, 17.

Choudhary, V., Gupta, A., (2011). Polymer/Carbon nanotube Composites, Book Chapter 4, Intech, 65-90.

Çöl, M., Çöl, C. 2004. Arsenic concentrations in the surface, well, and drinking waters of the Hisarcık, Turkey Area. 10, 461-465.

- Dhar, R.K.1997. Groundwater arsenic calamity in Bangladesh. Current. Sci,Vol. 73; pp. 48-58
- Emiroğlu, G. İ. 2010. Sularda arsenik tayini ve derişiminin azaltılması. Bitirme Projesi. A.Ü. Kimya Bölümü, Ankara
- Erdol, S., Ceylan, S. 1997. Bursa yöresinde içme ve kullanma sularında arsenikle kirlenmenin araştırılması. Uludağ Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi. 16, 119–127.
- Gemicici, Ü., Tarcan, G., Helvacı, C., Somay, A.M. 2008. High arsenic and boron concentrations in groundwaters related to mining activity in the Bigadiç Borate Deposits (Western Turkey). App. Geochemistry. 23, 2462-2476.
- Ghaedi M, Mokhtari P, Montazerzohori M, Asghari A, Soylak M. Multiwalled carbon nanotube impregnated with bis(5-bromosalicylidene)-1,3-propandiamine for enrichment of Pb<sup>2+</sup> ion. J Ind Eng Chem 2014; 20: 638–43.
- Gizli N., Demircioğlu M., 2009, Suda Arsenik: Kimyası ve Uzaklaştırılması, TMMOB İzmir İl Koordinasyonu, TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, 259- 267, İzmir.
- Gogotsi, Y. 2006. Nanotubes and Nanofibers, ISBN 0849393876, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Hamada, N., Sawada, S.I., Oshiyama, A. 1992. "New One Dimensional Conductors, Graphite Microtubules," Physics Review Letters, vol. 68, p.1579–1581
- Karim, M.D.M., 2000, Arsenic in groundwater and health problems in Bangladesh, Water Research, 34, 304-310.
- Latorre CH, Méndez JA, García JB, Martín SG, Crecente RMP. Carbon nanotubes as solid-phase extraction sorbents prior to atomic spectrometric determination of metal species: A review. Anal Chim Acta 2012; 749: 16-35
- Lemos VA, Teixeira LSG, Bezerra MA, Costa ACS, Castro JT, Cardoso LAM, Jesus DS, Santos ES, Baliza PX, and Santos LN. New Materials for Solid-Phase Extraction of Trace Elements. Appl Spectrosc Rev 2008; 43: 303–34
- Mohan D, Pittman CU Jr (2007) Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents—a critical review. J Hazard Mater 142:1–53
- NTVMSNBC, "KNT'ler Mars'a Götürecek," 2005. <http://arsiv.ntvmsnbc.com/news/321325.asp>, son erişim tarihi: 13 Mart 2011
- Oruç, N. 2004. "Emet-Kütahya içme sularında arsenik düzeyi, önemi ve bor yatakları ile ilişkisi" II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir.
- Özgür,I., Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, " Nanotüp Ve Nanotel Yapılarının Xrd ile Karakterizasyonu", Ankara,2008
- Pasvanoğlu, S., Chandrasekharam, D., 2011, Hydrogeochemical and isotopic study of thermal and mineralized waters from the Nevşehir (Kozaklı) area, Central Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research. 202, 241–250.
- Ravelo-Pérez LM, Herrera-Herrera AV, Hernández- Borges J, Rodríguez-Delgado MÁ. Carbon nanotubes: Solid- phase extraction. J Chromatogr A 2010; 1217: 2618–41.
- Smedley PL, Kinniburgh DG (2002) A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. Appl Geochem 17:517–568

Seunghun, H., Myung, S. 2007. "Nanotube Electronics: A Flexible Approach to Mobility," Nature Nanotechnology, vol. 2, p.207 – 208

URL 1 [www.delinetciler.org/bilgi-merkezi/149306-karbon-nanotup-nedir-nerelerde-kullanilir](http://www.delinetciler.org/bilgi-merkezi/149306-karbon-nanotup-nedir-nerelerde-kullanilir)

URL 2 <http://www.ttb.org.tr/eweb/bergama/5.html>

URL 3 <http://nanoteknolojinedir.com/upload/files/201303190540Nanoteknoloji-ve-uygulamalari.pdf>

Üzeltürk B., 2009, Nevşehir İli Belediyeleri, İçme Suyunda Arsenik Sorunu, 1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, 30 Ekim-1 Kasım 2009, Ürgüp Bld., Kültür Merkezi, Ürgüp/NEVŞEHİR,  
[http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/6150927fbaa6e3f\\_ek.pdf](http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/6150927fbaa6e3f_ek.pdf).

Yetim, A.,Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, "Karbon Nanotüpler",Adana,2012.

Yu, M.F., Files, B.S., Arepalli, S., Ruoff, R.S. 2000. "Tensile Loading of Ropes of Single Wall Carbon Nanotubes and their Mechanical Properties," Physical Review Letters, vol. 84, no.24, p.5552-5555.

## **ENDÜSTRİYEL ARITMA ÇAMURLARINDAN KOMPOST ÜRETİMİ**

Cihat AKÇAKAYA, Bilgehan NAS  
*cihadakcakaya@gmail.com*

**ÖZET:** Kompost organik esaslı atıkların oksijenli veya oksijensiz ortamda ayrıştırılması suretiyle üretilen toprak iyileştirici maddedir. Günümüzde arıtma çamurlarından kompost üretimi giderek artmaktadır. Bu artışla beraber daha kaliteli komposta ve üretimi daha kolaylaştırıcı kompost proseslerine ihtiyaç duyulmaktadır. Daha kaliteli kompostu mevcut kompost prosesleriyle üretebilmek için atık çamur karakterizasyonunu karmaşıklaştıran ve kompost için kirlilik parametrelerini artırın kompozisyonları ayıayı ele almak en başlıca çözüm olarak görülmektedir. Elbette fekal, organik-inorganik, yağ-gres, hatta şehir mazgallarından her türlü kirlilik yükünü bünyesinde taşıyan üzerine birde ortak sistemlerde sanayi bölgelerinden yine farklı ve yoğun kirlilik yüklerini ilave olarak alan bir kentsel atıksu arıtma tesisinde atık çamurdan kompost üretimi hem kompost kalitesini düşürmeye hem de kompost üretimi için proses karmaşıklığını ve maliyetini artırmaktadır. Bu nedenle katı atık geri kazanımında kaynakta ayırma işlemi ne kadar üretim karmaşasını azaltıyor ve verimi artırıyorsa kompost üretiminde de arıtma çamurlarının kaynakta ayrılması yani endüstrilerin ayrı ayrı arıtma çamurlarından kompost üretimi aynı anlamı ifade ediyor. Endüstriyel arıtma çamurlarından kompost üretiminin özel kilan bu sebeple evsel arıtma tesisleri ve karma artıma sistemlerindeki kompost üretiminin zorlaştıracı olumsuzlukları engellemektedir. Böylece hem daha kaliteli kompost üretimi yapılmaktadır hem de endüstrilerin kirlilik parametrelerine ve kirlilik yüklerine göre daha kolay kompostlaşdırma sistemleri kullanılmaktadır.

*Anahtar Kelimeler: Kompost, Biyobozunur Atık, Kompost TESİSİ*

### **Compost Production from Industrial Wastewater Treatment Plant Sludge**

**ABSTRACT:** Compost soil improving agent is produced by separating the oxygen or oxygen-free environment of organic-based waste. Today, treatment of sludge compost production is increasing. This increase brings with it a need for better quality compost and compost production process much easier. Better quality of the composition increases the pollution parameters for compost that complicate the characterization of sludge to produce compost with existing composting process and is seen as the main solution to handle separately. Of course, fecal organic-inorganic, oil-grease, even the city battlements of the one in the industrial zone in the common system upon which embodies all kinds of pollution still different and heavy pollution loads in addition to the field of urban wastewater treatment plants in both lowers the compost production and compost quality from sewage sludge. It increases the complexity and cost for the compost production process. Therefore, solid waste separation at source for recycling reduces the manufacturing complexity and efficiency increases if the separation in compost production at the source of the sludge that compost production separately from the sludge of the industry the same meaning is expressed. Industrial makes special compost production from domestic wastewater treatment plant sludge and therefore prevents the disadvantages that complicate the production of compost mixed treatment system. Thus, both the production of quality compost can be made easier and more according to their pollution and pollution parameters of industrial composting systems are used.

*Keywords: Compost, Biodegradable waste, Composting plant*

## **TIBBİ SIVI ATIKLARIN ÖZELLİKLERİ VE ARITIM YÖNTEMLERİ**

Bilge Tokyay, Bilgehan NAS

*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*

**ÖZET:** Hastanelerde tedavi görmekte olan hastalarla temas eden atıklar ile tedavi sırasında kullanılan malzemeler mevcut enfeksiyonun tüm katı atıklara bulaşmasını sağlamaktadır. Enfekte özellikler genellikle hastaların su kullanımını, idrar, dışkı ve kan numunelerinin analizleri sonucunda atıksuya bulaşmaktadır. Hastane atıksularının bir diğer önemli özelliği ise gerek laboratuvarlarda kullanılan kimyasallar ve gerekse hastane içerisinde sıkça yapılmakta olan temizlik ve sterilizasyon işlemleri sonucunda kanalizasyona verilen dezenfektanların çokluğudur. Günümüze kadar hastane atıkları üzerinde yapılan çalışmalar çoğunlukla katı atık konusunda yoğunlaşmıştır. Özellikle enfekte atıkların toplanması, özelliklerinin belirlenmesi ve bertarafı gibi konular hakkında oldukça ayrıntılı çalışmalar mevcuttur. Ancak hastanelerden meydana gelen atıksular hakkında buna benzer detaylı çalışmalar oldukça sınırlı sayıda kalmıştır. Bu makalede tıbbi sıvı atıklar hakkında yapılanlar ve çözüm önerileri ele alınmıştır.

*Anahtar kelimeler: hastane, tıbbi sıvı atıkları, atıksu arıtımı, sıvı atıklar, membranlar*

### **Characterisation of Hospital Wastewater and Treatment Methods**

**Abstract:** Patients who getting a treatment in hospitals contact with wastes and used materials during to treatment provides current infection transmission to all solid waste. Infected features usually infect with wastewater from patient's water usage, analyzing of urine, stool and blood samples. Yet another important feature of hospital waste water as well as used chemicals in laboratory and disinfectants in consequence of cleaning and sterilization in the hospital directly given to sewage. Studies about hospital wastes is mostly focused to solid wastes until today. So many researches are existing about hospital wastes especially gathering and disposal of infect wastes. However, studies of hospital wastewater are limited availability. In this study aimed to investigate solution proposals and processes about medical liquid waste.

*Keywords: hospital, liquid waste, wastewater treatment, liquid wastes*

## **ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İÇİN PUANLAMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Cansu BAYHAN, Bilgehan NAS

*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, cansubayhann@gmail.com*

**ÖZET:** Bu çalışma; atıksu arıtma tesisleri için geliştirilen bir puanlama sistemidir. Puanlama sisteminde her bir prosesin yer alan ünitelere, prosesinkompleksliği, kapasite, işletme kolaylığı ve tecrübeli personel ihtiyacı gereklir. Tesisin debisi de dikkate alınarak hesaplanan debi puanı ve proseslerden elde edilen puan ile tesisin toplam skoru belirlendi. Belirlenen puan cetvelinde puan aralığına göre tesisin sınıfı belirlendi. Türkiye de daha önce yapılmayan bu çalışma ile tesislerin mevcut durumunu ortaya koyma hedeflendi. Tesis için gerekli işletmeci de tesisin mevcut durumuna göre belirlenerek işletme sorunlarını önlemek bir diğer hedefdir. Ayrıca puanlama sistemi sayesinde tesis daha kolay anlaşılır hale getirildi. Yurtdışında bazı ülkelerde puanlama sisteme göre atıksu arıtma tesislerine sertifika verilmektedir. Böylelikle tesisler daha kolay denetlenmekte ve tecrübeli personel sağlanmaktadır. Çalışmada; Konya ve Aksaray'da bulunan iki atıksu arıtma tesi incelendi ve geliştirilen puanlama sistemi bu tesislerde uygulandı.

*Anahtar Kelimeler: atıksu, atıksu arıtma tesi, puanlama sistemi, proses*

### **Improving the Scoring System for Wastewater Treatment Plants**

**SUMMARY:** In this study ; wastewater treatment plants is the scoring system was created for. Located in each process unit in the system of scoring yield, capacity, ease of business and requiring need experienced personnel according to their points. According to the calculated flow rate is adjusted score of the facility and process with a score derived from complex has determined the score. The classic takes place based on a range of points in points ruler class. Thus, treatment plant operator chief operator required for and detected. Attention was paid to certain rules for scoring system. It's within the rules when it was put out in its current form of score. Turkey earlier this when working with the current status of the targeted. The current situation of the facility operators required to de facilities according to the determined and the goal is to prevent a third-party business issues.

*Keywords: wastewater, wastewater treatment plant, scoring system, process*

### **GİRİŞ**

Atık su arıtma tesislerini puanlandırmak için geliştirilen sistem aşağıdaki adımlara göre gerçekleştirildi.

1) Debi Puanı: Bu bölümde puan aralığı minimum 1 puan maksimum 50 puandır. 50 puan ve üzeri tesislerde maksimum puan kabul edildi. Debi puanı tesisin proje debisine göre hesaplandı. Proje debisi  $m^3/gün$  birimi ile ifade edildi.  $1000\ m^3/gün$  atıksu debisi 1 puana eşdeğerdir. Her puan en yakın değere yuvarlandı. Örnek verilecek olursa;

- Debi  $500\ m^3/gün$  ise  $1000\ m^3/gün$  yaklaşık 1 puan olduğu için 0,5 puan elde edilir. (Puan sistemi minimum 1 puandan başladığı için 1 puan alınır.)
- Debi  $20.000\ m^3/gün$  ise  $1000\ m^3/gün$  yaklaşık 1 puan olduğu için 20 puan elde edilir.

2) Ön Arıtım: Proses maksimum 8 puandan oluşmaktadır. Üniteler; kaba/ince ızgaralar, öğretücü, manuel kum tutucu, havalandırmalı kum tutucu, terfi istasyonu ve dengeleme havuzudur. Skor cetvelinde her birine verimine, kapasitesine ve işletme kolaylığına göre puan verilmiştir. Örneğin; kaba/ince ızgara ve havalandırmalı kum tutucu bulunan tesis bu

bölümden 5 puan alır. Kaba/ince ızgara, manuel kum tutucu, terfi istasyonu bulunduran tesis 7 puan alır.

3) Birincil Arıtım: Maksimum 5 puan içerir. Üniteler; ön çökeltim ve imhoff/fosseptik tanklarıdır.

4) İkincil Arıtım: Maksimum 25 puan içerir. Üniteler doğal arıtma (yapay sulak alanlar), lagün (havalandırmaz lagün, havalandırmalı lagün), damlatmalı filtre, döner biyolojik disk, aktif çamur (tüm modifikasyonları ile), kimyasal koagülasyon (hızlı, yavaş karşılaşma ve durultma).

5) İleri Arıtım (Üçüncü Arıtım) : Maksimum 25 puan içerir. Üniteler; cilalama havuzları, mikrofiltreler, yavaş kum滤resi, basınçlı kum filtersi, aktif karbon kolonları veya yatakları ters osmos, elektrodiyaliz, iyon değiştirme, aktif çamur prosesiyle nitrifikasiyon, diğer proseslerle nitrifikasiyon, aktif çamur prosesiyle nitrifikasiyon ve denitrifikasiyon, diğer proseslerle nitrifikasiyon ve denitrifikasiyon, fosfor giderimi, nötralizasyon için kimyasal ilavesidir.

6) Dezenfeksiyon: Maksimum 7 puan içerir. Üniteler; Klorlama, UV dezenfeksiyon, ozonlamadır.

7) Çamur Şartlandırma / Bertarafı: Maksimum 30 puan içerir. Üniteler; çamur yoğunlaştırma (graviteli yoğunlaştırma, DAF ile yoğunlaştırma, mekanik yoğunlaştırma), aerobik çürüttü, anaerobik çürüttü, çamur kurutma yatakları (vakum destekli kurutma yatakları hariç), belt filtre pres, plakalı filtre pres, vakum filtreleri, santrifüj, dekantör diğer çamur susuzlaştırma üniteleri, arazi uygulamaları, kompostlama, termal kurutma ve ko-jenarasyon tesisi ve yakmadır.

8) Koku Giderimi: Maksimum 5 puan içerir. Tüm koku üniteleri aynı puandır.

Tablo 1. Atıksu arıtma tesisi puanlama ve sınıf belirlenmesi

AAT TOPLAM PUANI	<30	31-55	56-75	>76
Atıksu arıtma tesisi sınıfı	1	2	3	4

## SONUÇLAR

Çalışmada 2 farklı tesis puanlama işlemine tabi tutuldu ve sınıflandırıldı. Çalışma sonunda elde edilen veriler ile tesislerin şuan ki durumu net bir şekilde ortaya konuldu. Tesislerde farklı puan aralığı ve sınıflar gözlendi.

Konya kenti AAT 100 puan ile 4. sınıf bir tesis sınıfında yer alırken, bir beldeye ait Yenikent AAT, doğal arıtma tesisi olduğundan toplam 15 puan alarak 1. sınıf da yer almıştır.

## KAYNAKLAR

Hernández-Sancho, F., M. Molinos-Senante, and R. Sala-Garrido. "Energy efficiency in Spanish wastewater treatment plants: A non-radial DEA approach." Science of the Total Environment 409.14 (2011): 2693-2699.  
 Spellman, Frank R. Handbook of water and wastewater treatment plant operations. CRC Press, 2013.

[www.dec.ny.gov/docs/water.../wwtpfacscore.pdf](http://www.dec.ny.gov/docs/water.../wwtpfacscore.pdf)

[www.dec.ny.gov/docs/water\\_pdf/wwtpscoreshts.pdf](http://www.dec.ny.gov/docs/water_pdf/wwtpscoreshts.pdf)

**İL/İLÇE: KONYA**

**TESİS SINIFI: 4**

**AAT ADI: KONYA ATIKSU ARITMA TESİSİ**

**TESİS SKORU: 137 (100)**

<b>PROJE DEBİSİ- 1000 m<sup>3</sup> /gün yaklaşık 1 Puan (MİNİMUM 1 PUAN - MAXİMUM 50 PUAN)</b>			
<b>DEBİ PUANI=170.000 m3/gün * 170 = 170 Puan (Max. Debi Puanı 50 Puan olduğundan = 50 PUAN)</b>			
<b>ÜNİTE VEYA YAPI</b>	<b>PUAN</b>	<b>ÜNİTE VEYA YAPI</b>	<b>PUAN</b>
<b>1-ÖN ARITIM (MAX 8 puan)</b>		Fosfor giderimi (TP deşarj standartları için), 4K	<b>8</b>
Kaba/İnce izgara ve/veya öğütücü, 1A	2	Nötralizasyon için kimyasal ilavesi, 4L	<b>3</b>
Manuel kum tutucu, 1B	2	<i>İleri arıtım ara toplamı</i>	<b>21</b>
Mekanik veya havalandırmalı kum tutucu, 1C	3	<b>5- DEZENFEKSİYON (MAX 7 PUAN)</b>	
Terfi İstasyonu, 1E	3	Klorlama	
Dengeleme havuzu, 1F	3	• Gaz klorlama,5A	<b>5</b>
<i>Ön Arıtım Ara Toplamı</i>	<b>8</b>	• Diğer klorlama,5B	<b>2</b>
<b>2-BİRİNCİL ARITIM (MAX 5 PUAN)</b>		Ultraviyole Dezenfeksiyon (UV), 5C	<b>5</b>
Ön çökteltim, 2A	5	Ozonlama, 5D	<b>5</b>
Imhoff/Fosseptik tankları, 2B	4	<b>Dezenfeksiyon Ara Toplamı</b>	<b>5</b>
<i>Birincil Arıtım Ara Toplamı</i>	<b>5</b>	<b>6- ÇAMUR ŞARTLANDIRMA / BERTARAFI (MAX 30 PUAN)</b>	
<b>3-İKİNCİL ARITIM (MAX 25 PUAN)</b>		Çamur Yoğunlaştırma	
Doğal Arıtma		• Graviteli Yoğunlaştırma,6A	<b>5</b>
• Yapay Sulakalanlar,3A	<b>7</b>	• DAF ile Yoğunlaştırma,6B	<b>8</b>
Lagün		• Mekanik Yoğunlaştırma,6C	<b>8</b>
• Havalandırmaz Lagün,3B	<b>3</b>	Aerobik çürütücü, 6D	<b>8</b>
• Havalandırmalı Lagün,3C	<b>7</b>	Anaerobik çürütücü	
Damlatmalı filtre, 3D	<b>11</b>	Tek kademeli anaerobik çürütücü (ısıl işlem olmadan), 6E	<b>5</b>
Döner biyolojik disk,3E	<b>11</b>	Tek kademeli anaerobik çürütücü (ısıl işlemle), 6F	<b>5</b>
Aktif çamur (bütün modifikasyonlarla birlikte), 3F	<b>20</b>	İki kademeli anaerobik çürütücü, 6G	<b>8</b>
Kimyasal koagülasyon (hızlı, yavaş karıştırma ve durultma),3G	<b>15</b>	Çamur kurutma yatakları (vakum destekli kurutma yatakları hariç), 6H	<b>3</b>
<i>İkincil arıtım ara toplamı</i>	<b>20</b>	Belt filtre pres,6I	<b>8</b>
<b>4-İLERİ ATIKSU ARITIMI / ÜÇÜNCÜL ARITIM (MAX 25 PUAN)</b>		Plakali filtre pres, 6J	<b>8</b>
Cılalama Havuzları, 4A	<b>2</b>	Vakum filtreleri, 6K	<b>8</b>
Mikrofiltreler, 4B	<b>3</b>	Santrifüj, Dekantör, 6L	<b>8</b>
Yavaş kum滤resi, 4C	<b>3</b>	Diğer çamur susuzlaştırma üniteleri,6M	<b>5</b>
Basınçlı kum滤resi, 4D	<b>5</b>	Arazi uygulamaları,6N	<b>5</b>
Aktif karbon kolonları veya yatakları, 4E	<b>5</b>	Kompostlama ,6O	<b>8</b>
Ters osmos, elektrodiyaliz, iyon değiştirme, 4F	<b>5</b>	Termal Kurutma ve Ko-Jenarasyon Tesisi ,6P	<b>10</b>

Deşarj için gereken nitrifikasyon (TN deşarj standartları için)		Yakma,6R	10
• Aktif çamur prosesiyle nitrifikasyon, 4G	8	Çamur şartlandırma / bertarafı ara toplamı	<b>28</b>
• Diğer proseslerle nitrifikasyon, 4H	5	<b>7- KOKU GİDERİMİ (MAX 5 PUAN)</b>	
Deşarj için gereken denitrifikasyon (Nitrat veya TN deşarj standartları için)		Koku giderim üniteleri	5
• Aktif çamur prosesiyle nitrifikasyon ve denitrifikasyon, 4I	13	Koku giderimi ara toplam	<b>0</b>
• Diğer proseslerle nitrifikasyon ve denitrifikason, 4J	10	<b>TOPLAM SKOR</b>	<b>137</b>

## ATIKSU ARITIMINDA KAVİTASYON DESTEKLİ FLOTASYON TEKNİĞİ

Ecenur YEŞİL, Bilgehan NAS

*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, ecenuryesil@hotmail.com*

**ÖZET:** Son zamanlarda geliştirilen bazı flotasyon hücrelerinde ; yüksek enerji dağılımı, yüksek feed hızı ve diğer flotasyon verimlerine göre daha yüksek ilerleme basıncı ince partikül flotasyonunu geliştirmek için kullanılmıştır.Bu duruma yardım eden bir faktör ise, yüksek flotasyon kinetiğidir. Bu yöntem ; kendisini hidrofobik partiküllerdeki hidrodinamik kavitasıyla yeni flotasyon evrelerinde doğru ,yerli yerinde bir kabarcık formasyonu ile ispat etmiş bir yöntemdir.

Bu olay partikül yoğunlarının olmasına sebep olabilir. Bu yükselme, gaz çekirdekleri ve dolayısıyla daha geniş partiküller arasında bir köprü kurmasıyla olur. Geniş partiküllerin birikme oranı daha yüksektir. Hem deneysel ölçümler, hem de nümerik analizler ne zaman su buhar basıncı olursa olsun kabarcık formasyonunu gösterir. Kavitasyon sürfaktanların varlığı ve çözünmemiş gaz kavitasyon tarafından üretilen kabarcıkların korunmasında kullanılır.Bu da daha küçük kabarcıkların üretilmesine neden olur.Silika(kum) ve çinko sülfit çökeltilerinin flotasyonunda flotasyon araçlarının hidrodinamik kavitasyonla birleşmesi önemli ölçüde flotasyon kinetiğini artırmıştır.

### GİRİŞ

Flotasyonun çevre mühendisliğindeki uygulamalarının genel amacı;

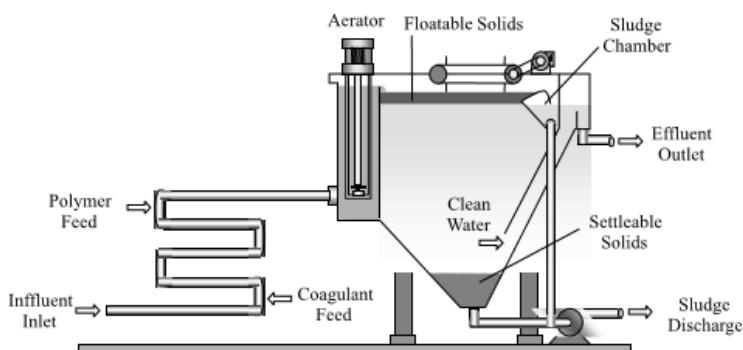
- Bir atıksu arıtma tekniği olarak flotasyonun potansiyelini ( gücünü ) ve bazı amaçlarını göstermek
- Alışılmışın dışında olan yeni geliştirilmiş seperasyon konseptlerini ve flotasyon araçlarını tanıtmak,sunmak
- Metalurji ve maden gibi sahada çalışan mühendisliklerden öğrendiğimiz flotasyonun faaliyetleri bilgilerini de kullanacağız.İnanıyoruz ki maden flotasyonu ve atıksu arıtımında edindiğimiz flotasyon yeni ve gelişmiş bir prosedüre liderlik etmektir.

**Kavitasyon Hava Flotasyonu (CAF):** Kavitasyon havalandırma flotasyonu ile ilgili çok fazla bilgi olmamakla birlikte gıda endüstrisinde ,özellikle süt endüstrisinde, boyar madde,askıda katı madde gideriminde,yağ,gres gideriminde kullanılır.BÖİ ve KOİ gideriminde de kullanılır. Konvensiyonel dağınık hava flotasyonunda, flotasyonun etkisi önemli ölçüde partikülleri 10-20 mm'den daha ince bir hale getirmektir, düşük kümelenme sebebiyle sonuçlar partikül-kabarcık kolizyonu için olumsuz hidrodinamik şartlar oluşturur. Ek olarak ince partiküller bir partikül ve bir kabarcığın arasındaki sıvı filmi parçalamak için yeterli kinetik enerjiye sahip değildir. Bu düşük verim olmasına neden olur. İnce partikül artırımının anahtarı partikül-kabarcık kolizyonu (çarpışması) için yenilikçi yaklaşımlara şans vermek, geliştirmektir.

En azından iki mekanizma flotasyonda partikül-kabarcık tutunmasında dikkate alınır. Bunlar; gaz çökelmesi (çözünmemiş hava flotasyonunda ve vakum flotasyonunda olduğu gibi) ve sıkıştırma/sürme (konvensiyonel mekanik flotasyon hücrelerinde ve kolon flotasyonunda olduğu gibi). Sadece ikincisi 50 yıldır detaylıca araştırılmıştır. Bunun sebebi teorik arıtımındaki ve deneysel onaylamaların kolaylıkla yapılmıyor olmasıdır. Konvensiyonel flotasyon kolonları partikül-kabarcık tutunması için ideal bir ortam sunmaktadır. Mekaniksel flotasyon

hücrelerinde kaymalı kaplinlerin bazı gaz nükleasyon aşamalarıyla birlikte tutunmaya katkıda bulunduğu bilinmektedir. Jameson hücreleri gibi hücrelerde ve statik mikserler kullananlarda şöyle rapor edilir; yüksek flotasyon oranının belki de kavitasyon veya gaz nükleasyonu, güçlü, çiftlenmiş gaz-kabarcık sıkıştırılması nedeniyle olduğu düşünülür.

Kabarcıkların partiküller üzerindeki direkt dizilimini gaz nükleasyonu ve kavitasyon tarafından ani bir şekilde kolizyon aşamasını devre dışı bırakarak gerçekleştirir. Jamson hücrelerinin, hava basıncı hücrelerinin bağlantı hücrelerinin mikro hücrelerinin bazı temel özellikleri yüksek enerji israfı, yüksek besleme akım hızı (6-12 m/s) ve buna ilişkin yüksek beslenme basıncıdır (2-3 atm). Bu şartlar altında baloncukların (kabarcıkların) oluşumu hidrodinamik kavitasyon tarafından yapılır. Bu flotasyon cihazlarındaki hızlı partiküllerin toplanma mekanizmasını anlayabilmek için istenilen partiküllerin flotasyonundaki hidrodinamik kavitasyon üzerinde araştırmalar yapılmaktadır ve yeni tasarlanan flotasyon reaktörü test edilmiştir. Flotasyon hidrodinamik kavitasyon ile desteklendiğinde kayda değer gelişmeler görülmüştür.



## KAYNAKLAR

J. Rubio, M.L. Souza, R.W. Smith "Overview of flotation as a wastewater treatment technique" Metallurgical and Materials Engineering, Mackay School of Mines, University of Nevada-Reno, USA

Z.A. Zhou 1, Zhenghe Xu 2, J.A. Finch \*, H. Hu, S.R "Role of hydrodynamic cavitation in fine particle flotation" Rao Department of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University, Montreal, Que. H3A 2A7, Canada

Z.A. Zhou a,\*, Zhenghe Xu b , J.A. Finch c , J.H. Masliyah b , R.S. Chow a "On the role of cavitation in particle collection in flotation – A critical review".

Cavitation And Bubble Dynamics by Christopher Earls Brennen, Oxford University Press 1995

[http://www.meeq.com.cn/en/Products\\_1.html](http://www.meeq.com.cn/en/Products_1.html) kavitasyon hava sistemi

<http://www.eurodetox.net/cavitation-air-floataion-machine.htm> kavitasyon hava yüzdürme makinesi

<http://www.patelco.in/product2.htm> cavitation air flotation (CAF) system for effluent treatment

<http://hydraulicspneumatics.com/maintenance/cavitation-or-aeration-you-can-hear-difference> Cavitation or Aeration? You Can Hear the Difference!

## **ATIK SU ARITMA TESİSLERİNDE İŞLETME SORUNLARI VE ÇÖZÜMLERİ**

Ayşe Hümeyra KAPLAN, Bilgehan NAS

*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

**ÖZET:** Bir atık su arıtma tesisi çok sayıda temel işlem ve prosesinden oluşmaktadır. Arıtım ünitelerinde çeşitli işletim ve mekanik ekipman problemleri meydana gelmekte ve buna bağlı olarak uygun çözüm yöntemleri tatbik edilmektedir. Bu çalışma da atık su arıtma tesisisinde her bir prosesde olası problemler geniş bir yelpazede incelenmiş ve çözüm önerileri geliştirilmiştir. Çalışma kısa, öz bir format ile ve kolay anlaşılabilir şekilde tablolar halinde uygulanarak aranılan problem çözümüne kolayca ulaşılmayı sağlamaktadır.

*Anahtar Kelimeler: atıksu, atıksu arıtma, işletme sorunları*

### **Solving Operation Problems at Wastewater Treatment Plants**

**Abstract:** There are a lot of plants for wastewater treatment. There are a wide variety of common operational and mechanical problems that can occur periodically to prevent the proper processing of wastes by a treatment plant. Each section of this study covers a unit process, the different problems that could occur, and how to correct them. The study is presented in a brief, straightforward format and in easy-to-follow tables to improve the guide's accessibility as a problem solving reference.

*Keywords: Wastewater, wastewater treatment, operational problems.*

## **KONYA ATIKSU ARITMA TESİSİ ARITMA ÇAMURLARINDAN GÜBRE ÜRETİMİ**

Aysel Poçan, Müberra Nur Kılıçarslan, Bilgehan NAS

*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 42079*

*ayselpocan@gmail.com, muberranurkilincarslan@gmail.com*

**ÖZET:** Atıksu arıtma tesislerinin en büyük sorunu arıtma çamurlarının bertarafıdır. Ülkemizde mevcut olan yaklaşık 1000 adet atıksu arıtma tesisinden kaynaklanan tonlarca çamurun nihai bertarafına ilişkin sürdürülebilir çözümler çok kısıtlı olarak gerçekleştirilebilmektedir. Arıtma çamurlarının nihai bertarafında en çevreci ve sürdürülebilir yöntemlerden biri de çamurların kompostaştırılmasıdır. Basit bir tanımlama ile kompost; doğadan alınanın doğaya kazandırılmasıdır. Üretilen kompost gübre olarak park-bahçe gibi yeşillendirme bölgelerinde kullanılabilir. Arıtma çamurlarının kompostaştırılması, çamurların biyolojik olarak stabilize edilerek kirletici risklerinin kontrol altına alınmasını ve sahip oldukları mikro besi maddeleri (nütrientler) ve organik içerik nedeniyle son ürün olarak değerlendirmelerini sağlar. Bu çalışma kapsamında, Konya kentinin atıksularının arıtıldığı kentsel atıksu arıtma tesisi çamurları/çim ve atıksu arıtma tesisi çamurları/ağaç kırıntılarından 2 farklı kompost üretilmiştir. 2 aylık kompostlama süresi sonucunda üretilen kompostların iki ayrı noktasından ikişer defa belli aralıklarla numune alınarak deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Üretilen komposttaki; ağır metal yapıları, tarımsal kullanım kalitesi ve gübre olarak kullanımındaki sınırlamalar göz önünde bulundurularak sonuçlar küçükbaş hayvan gübresi karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, arıtma çamuru ile çim ve ağaç kırıntılarından üretilen kompostların gübre değeri taşıdığı park-bahçe alanlarında kullanılabileceği belirlenmiştir. Konya atıksu arıtma tesisinden %25 katı madde içeriğinde günde yaklaşık 150 ton arıtma çamuru çıktıığı göz önüne alındığında, kompostlama ile üretilecek gübrenin nihai faydalı kullanımının ekonomik katma değeri de çok yüksektir.

*Anahtar Kelimeler: arıtma çamuru, çim, gübre, ağaç kırıntısı, kompost, biyokurutma*

### **1. GİRİŞ**

Atıksu arıtma tesislerinden (AAT) kaynaklanan çamur, genellikle sıvı veya yarı katı formda olup ağırlıkça %0.25-12 oranında katı madde (KM) ihtiva eder. Avrupa Birliği genelinde birinci, ikinci ve üçüncü kademe arıtmadan kaynaklanan stabilize edilmemiş kentsel AAT çamurunun kuru ağırlığı ortalama olarak 35-90 g/kİŞİ.gün mertebesindedir.

Güncel terminolojide çamur ve biyokatılar arasında ayırma gidilmektedir. Çamur, atıksu arıtma sürecinde arıtma tesislerinden uzaklaştırılan katılar olarak tanımlanmaktadır. Atıksu arıtımı sonrası ayrıca arıtılan veya ilave işlemler uygulanan katılar ise biyokatı olarak adlandırılmaktadır. Biyokatılar, biyolojik ve kimyasal çamur stabilizasyonu sonrası geride kalan; ağırlıklı olarak organik, yarı katı ürünler olup çeşitli faydalı kullanımlar için uygun özelliklere sahiptirler.

Atık su arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurları taşımış oldukları bitki besin maddeleri itibariyle gübre kaynağı olarak ya da toprak zenginleştiricisi olarak kullanım imkanına sahiptir. Ancak iyi çürüttülmüş olsalar bile, arıtma çamurlarının doğrudan kullanımı uygun değildir. Zira kentsel atıksuyun enfeksiyöz özelliği gereği, çamurları da patojen bakteriler, virüsler, ve parazitler içerirler. Bu bağlamda susuzlaştırılmış arıtma çamurlarını katı atıklarla birlikte kompostlamak mümkün değildir. Özellikle arıtma tesisi olan kentlerde oluşan arıtma çamurlarının bertarafında bu yönteme başvurulmalıdır.

Kompostlama, organik atıkların (kentsel katı atıkların organik kısmı, arıtma çamurları, bahçe atıkları vb.) biyokimyasal süreçlerle parçalanarak son ürüne (kompost) dönüştürülmesidir.

Aritma çamurlarının kompostlaştırılması işleminin amaçları;

- Hastalık yapıcı organizmaların öldürülmesi (patojenlerin azaltılması),
- Koku yapıcı bileşenlerin parçalanarak çamurun stabilize edilmesi,
- Çamurun kurutulması,
- Stabil, kullanışlı bir ürün elde edilmesidir.

Kompostlaştırma prosesi kontrolündeki ana faktörler şunlardır;

- Aritma çamuru ve katkı malzemesinin biyolojik olarak ayırtılabilirliği, Nem içeriği, Oksijen seviyesi, Sıcaklık, C/N oranı, pH 'dır.

Mikrobiyal parçalanma için gerekli minimum nem içeriği %40 civarındadır. Aritma çamuru için gerekli optimum nem içeriği hammaddenin dane boyutuna ve kullanılan kompostlaştırma teknolojisine bağlıdır.

Proses sonunda, son ürün kompostun nem içeriğinin %45'ten fala olmamalıdır. Ağaç kırpıntısı, talaş, yonga, kompost gibi kuru katkı malzemelerinin ilave edilmesi kompost karışımının nem içeriğinin azaltmasına katkı sağlar.

Kompostlaştırma prosesi süresince havalı koşulların sağlanması için yeterli miktarda oksijenin ortama sağlanması gereklidir. Yiğinlardaki oksijen içeriğinin %5 ila %18 arasında olması tavsiye edilmektedir. Havalandırmanın oksijen sağlamaının yanı sıra, kompostu kurutma ve yüksek sıcaklıkların kontrol etme gibi fonksiyonları vardır. Oksijen içeriği doğal havalandırmayla, kompost yiğinini karıştırmakla veya hava üfleyicilerle (blower) sağlanabilir. Aktif kompostlaştırma fazında organik maddelerin kolay ayırtılabilen kısmı parçalanır ve patojenler yok edilir. Olgunlaşma fazında ise ayırtmasını tamamlamamış ve ayırmaya dirençli maddeler parçalanırlar. Kompostlaştırma sırasında, hammaddenin mikrobiyal parçalanması sonucu ısı enerjisi açığa çıkar. Birçok kompostlaştırma çalışması aktif kompostlaştırma için optimum sıcaklığın 55°C olduğunu göstermiştir. Kompostlanmanın başlangıcında C/N oranı 20:1 ile 30:1 arasında olmalıdır. Çok yüksek oran ayırtmayı yavaşlatır, düşük oran ise amonyak formunda azot açığa çıkışmasına sebep olur. Azot hariç diğer elementler evsel atıklarda yeteri kadar bulunur. Gerekli C/N oranı proses başlangıcında uygun atıkların ilave edilmesiyle sağlanır. Başlangıç karışımının pH'ı 6 ile 9 arasında olmalıdır. Aritma tesisi çamurları yüksek oranda su içerdiklerinden tek başlarına kompostlaştırılmaları sorun olmaktadır. Kompostlaştırılacak materyalin ortamdaki toplam gözenek hacmi ve hava hacmi kompostlama işleminin hızına etki eder. Bu bakımdan arıtma çamurunun fiziki yapısını ve özelliklerini iyileştirici, gözenekliliğini artırıcı bir yapı malzemesinin ilavesi gereklidir. Bunun için bertarafı sorun olan saman, odun kabuğu, rende talaşı ve hizar talaşı gibi homojen atık gruplarından biri veya heterojen yapıdaki evsel çöp ile esnaf çöpü kullanılabilir.

### **Kompostlananın Yararları**

Kompostlama, organik maddenin, ayırtma sonucu, toprak benzeri bir maddeye (kompost) dönüşmesi prosesidir. Bu madde temel toprak zenginleştirici olarak kullanılır, toprağın yapısını, havalandırma ve su tutma kapasitesini düzeltir. İyi ayırtmış, olgun kompost sürekli olarak humus maddesi, karbon, azot, fosfor, potasyum ve çok sayıda iz element kaynağıdır.

Olgun kompost ile mikroorganizmaların sürekli ve uyumlu bir şekilde topraktaki mikro ekosistemde faaliyet göstermeleri sonucunda sanki bitkilere sürekli bir besin maddesi akısı sağlanır. Böylece toprak verimliliğine süreklilik getirerek çok önemli katkısını gerçekleştirir. Kompost ile ticari gübre birbirinin alternatif değil tamamlayıcısıdır. Biri tek başına tüm yeterli besin maddelerini içermeyeceği, bulunduramayacağı gibi, diğer de tek başına tüm organik maddeyi içermemez ve toprağın o ihtiyacını karşılayamaz. Kompost ve suni gübre bir bütününe iki parçasıdır. Kompostlama ile sağlık açısından sakıncası bulunmayan çok iyi nitelikli, toprak düzeltici bir madde elde edebiliriz. Çünkü kompost toprağı canlandırmakta, yapısını iyileştirmekte, kalıcı (stabil) yapmakta, toprağın su, hava ve sıcaklık bilançosunu dengelemek ve besin maddesi tutma yeteneğini artırmaktadır.

**Kompost Ürünü İle Gübre Arasında Farklar:** Kompost, gübre değildir. Gübre toprağa bitkilerin gelişmesi için gerekli besin maddesi kazandırırken kompost, toprağın (zeminin) yapısal düzenini sağlar. Ancak kompost içerisinde belli oranlarda Azot, Fosfor, Potasyum (N, P, K) ilavesi ile üstün kalitede gübre eldesi mümkün olabilmektedir. Elde edilen bu gübrenin tarım alanlarına yararı tüm yapay gübrelerden daha fazladır. Ayrıca ham maddesinin doğal nitelik taşımı nedeni ile tarımsal alanlarda üretilen ürünlerde yapay tat sorunu ortadan kalkar.

**Kompostun Kullanım Alanları:** Süs bitkileri alanında; Peyzaj mimarlığı uygulama alanlarında, fidancılıkta, tekrar kültüre alma, yesillendirme, biyofiltre tesislerinde.

## **2. MATERİYAL VE METOD**

Çamur kompostlaşdırma biyolojik kurutma süreci (biyotermal proses), mikroorganizmaların organik maddeleri parçalaması esnasında açığa çıkan reaksiyon ısısı ile gerçekleşir. Söz konusu bu aerobik süreçte, 50 ila 72°C'lik bir sıcaklık artışının yanı sıra, çamurun nem içeriğindeki azalma eşlik eder. Projede arıtma çamuruna eşlik eden materyal çim ve ağaç kırpıntılarındandır. Konya Atıksu Arıtma tesisi arıtma çamuru C/N oranı 7,5'tür. Kaliteli bir kompostta ise C/N oranında 25-45 aralığı yeterli olmaktadır. Park ve bahçelerin bakımı esnasında oluşan çim ve kırpıntı uygun karbon-azot oranını sağlamada ve kompostlaşdırma yarar sağlamaktadır. Ayrıca atık durumundaki çim ve kırpıntı geri kazanılmaktadır. Kompostlaşdırma yöntemlerinden mevcut ekipmanlardan dolayı aktarmalı yığın tercih edilmiştir. Bu yöntem en eski ve basit teknolojidir. Doğal havalandırma sağlamak, sıcaklık ve nem dağılımını dengelemek amacıyla karıştırıcılar kullanılır. Karıştırma sıklığı aktif kompostlaşdırma adımdan olgunlaşmaya doğru azalır. Aktif kompost sisteminde karıştırma sıklığı haftada 2-3 keredir. Aktarmalı yığınlarda genişlik 2-4 m, yükseklik 1.2 ile 2.5m arasında değişir. Yığının uzunluğu atık miktarına ve mevcut alana bağlıdır. Toplam proses süresi 8-12 haftadır.

Bu süreç kapsamında çim ve ağaç kırpıntıları ile ayrı ayrı karıştırılan arıtma çamuru araziye serilir. Bir traktöre bağlanan karıştırma ekipmanı ile yığınlar karıştırılarak aerobik şartlar sağlanır. Ayrışma işleminin koku sorunu oluşturmadan devam etmesi için sürekli olarak aerobik şartların sağlanması için karıştırma işlemi belli aralıklarla devam etmelidir.

15-25 gün aralığında 55°C sıcaklıkta sabit kalmasıyla olgun kompost oluşur. Olgun kompost, tamamen kompostlanmış ve dezenfeksiyona uğramış ürünüdür. Oluşan mevcut kompostlardan

numuneler alınarak karbon, azot, fosfor, patojen organizma, ağır metal analizleri yapılmış ve kompost içeriğinin kalitesi ilgili mevzuatlara göre değerlendirilmiştir.

### **3. ARAŞTIRMA BULGULARI**

Proje süreci uzun bir zamanı kapsamaktadır. Geçen 2 aylık zamanın ardından kopmost yığınları olgunlaşma evresine yeni ulaşmıştır. Dolayısı ile yapılan analizler olgun kompost değerlerine yakındır. Ancak en doğru sonuçlar kompostun tamamen olgunlaşması ile yapılan analizlerden alınabilir. TKM (toplam katı madde), TUKM (toplam uçucu katı madde), TKN (toplam kjeldahl azotu) gibi analizler tarafımızdan yapılmış olup; kompost için oldukça büyük öneme sahip ağır metal analizleri KOSKİ Genel Müdürlüğü tarafından izlenmektedir.

Kompostların verimi ve toprakta uygulanabilirliğinin gübre ile karşılaştırılması için koyun gübresi ile de analizler yapılmıştır. Yapılan bu analizlerin karşılaştırmalı tablosu aşağıda verilmiştir.

Tablo 2. Kompost ve gübreden alınan numuneler ile yapılan bazı analizler

	TKM (g/kg)	TUKM (g/kg)	TKN (mg/L)	NEM ORANI (%)
KIRPINTI	188	245	3345	86.39
ÇİM	394	204	4088	80.50
GÜBRE	454	210	4204	46.56



Şekil 3. KOSKİ AAT de kompost üretim aşaması

### **4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Aritma çamuru tarlaya verildikten ancak 2-3 sene sonra gübre niteliği taşırken; kompostlaştırma ile bu süreç hızlanarak hemen fayda sağlamaktadır. Henüz çalışmanın sonuna gelinmediği için analiz sonuçları kesin bir bilgi vermemektedir. Ancak şu aşamada çim ile yapılan kompostun ağaç kırpıntısı ile yapılan komposta kıyasla çok daha verimli olduğu görülmüştür. Çim ve ağaç kırpıntısı ile yapılan kompost numunelerinde nem oranının gübreye kıyasla çok daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun nedenikompostların olgunlaşma seviyesindeki sabit sıcaklık değerine ulaşmamış olmasıdır. Gerekli görülmesi halinde evsel organik atıkların da kompostadahil edilmesi düşünülmüş ancak C/N oranının yeterli olması sebebiyle bu çalışmaya gerek kalmamıştır. Üretilen kompostun gübre olarak park-bahçe gibi yeşillendirme bölgelerinde kullanılması planlanmaktadır. Üretilen kompostun paketlenerek satışa sunulması da ileriye dönük planlar içerisinde yer almaktadır.

## **TEŞEKKÜR**

KOSKİ Genel Müdürlüğü'ne ve Emekli Öğretim Üyesi Prof.Dr. İbrahim ALYANAK'a teşekkür ederiz.

## **KAYNAKLAR**

<http://web.deu.edu.tr/erdin/tr/index.htm>

Öztürk İ., Alp K., Arıkan O., Altınbaş M., Güven H., (2015).Kati Atık Geri Dönüşüm ve Aritma Teknolojileri, 108-189

Öztürk İ., Çallı B., Arıkan O., Altınbaş M., (2015). Atıksu Aritma Çamurlarının İşlenmesi ve Bertarafi, 152-163

Yalçın G., Yavuz R., Yılmaz M., Taşpinar K., (2011).Evaluation of Sewage Sludge on Agricultural 156-164

## **ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA EKİPMANLARININ KARŞILAŞTIRILMASI VE ALTERNATİF SİSTEMLER**

Muammer Zahit ÇOKYÜRÜR, Bilgehan NAS

*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, mzahitcokyurur@hotmail.com*

**ÖZET:** Atıksu arıtımında en önemli basamaklardan birisi de oluşan çamurun bertarafıdır. Oluşan çamur direkt olarak bertarafa gönderilemeyecek kadar su içermektedir. Çamurdaki bu suyun geri kazanılması ve öncesinde çamurun stabilizasyonu büyük maliyet gerekmektedir. Bu çalışma çamurun susuzlaştırılması için gereken ekipmanların kıyaslanması ve iki alternatif sistemin incelenmesini içermektedir. Ele alınan bu iki sistem yer çekimiyle çamurdaki suyun alınması esasına dayanmaktadır. Jeomembran filtreler ve konteynır tipi çamur susuzlaştırma ekipmanları alternatif sistem olarak incelenmiştir. Bu ekipmanların verimleri çamurun ekipman içinde bulunduğu süreye bağlıdır ve ortalama 24 saat içinde mekanik ekipmanlarla yapılan susuzlaştırma işlemindeki verimi elde etmektedir. Büyük arıtma tesislerinde genellikle pres filtreler ve santrifüj dekantörler kullanılmaktadır. Bu ekipmanlar elektrik enerjisiyle çalışmaktadır. İlk yatırım ve işletme – bakım maliyetleri yüksektir ancak verimli çalışırlar ve kısa sürede istenen sonuçları verirler. Jeomembran filtreler ve konteynırlarda ise istenen sonuç zaman içinde elde edilmesine karşın daha ucuz maliyetle arıtım yapmaktadır.

*Anahtar kelimeler: Çamur susuzlaştırma, jeomembran filtre, atıksu arıtımı, graviteli çamur susuzlaştırma,*

### **GİRİŞ**

Araştırmada pres filtreler, dekantörler, jeomembran sistemler ve konteynır tipi çamur susuzlaştırma ekipmanları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma maliyet, verim ve istenen sonuca ulaşılması gereken süre üzerinden yapılmıştır. Her bir sistem ayrı ayrı incelenmiş, farkları ortaya konmuştur. Susuzlaştırma makineleri arasındaki farklar kabaca şöyledir:

- Filtre (veya plaka) presler: üretilen çamur kekinde %40 katı madde seviyesine ulaşabilirler. Kesikli sistemlerde çalıştırılırlar ve manuel olarak müdahale edildiğinde daha etkili olabilirler.
- Belt presler: Sürekli sistemlerde kullanılırlar. Pres bandındaki kumaş filtre üzerinde çamurun sıkıştırılmasıyla su alınır. Belt filtre, %35 katı maddeye kadar çamur keki üretebilir.
- Santrifüjler: Sürekli çalışan sistemlere uygundur. %40 katı maddeye kadar ulaşabilirler. Kesme kuvvetinden dolayı katkıları parçalayabilirler.

Bu mekanik ekipmanların yanı sıra daha basit yapılı, mekanik olmayan ve yerçekimiyle susuzlaştırma yapan sistemler de mevuttur. Filtreli roll-on / roll-off (damperli / dampersiz) konteynırlar (çamur susuzlaştırıcı kutu) ve jeomembran filtre kumaşları ile de susuzlaştırma yapılabilir.

Avantajları:

- Yüksek hacim tutma kapasitesi
- Verimli susuzlaştırma ve hacim azaltma
- Uygun maliyetli
- Özel ekipman gerektirmez
- Arıtım yapılacak yere özgü üretilebilir
- Daha az ekipman maliyeti
- Daha az bakım
- Düşük işçilik maliyeti



Şekil 1. Torba biçimindeki jeomembran filtre

## Konteynır Susuzlaştırıcı

Çamur karışımı üstü açık büyük kap şeklindeki konteynırı pompalanır. Konteynırın yan duvarları ve altı suyun sızmasına elverecek filtrelerden oluşur. Konteynır, bölümlere ayrılarak yüzey alanı artırılarak, (gelen çamur daha çok kumluysa) vakumlanarak, ısıtılarak ya da titreşim etkisiyle, suyun daha hızlı süzülmesine ve katı madde miktarının artırılmasına elverişlidir. Süzülen su konteynırın alt kısmındaki dren borularından toplanır. Ayrılan katı kısım ise bir çekiciyle bertaraf için uzaklaştırılır.

Susuzlaştırma işlemi için gerekli süre en az 24 saatdir. 6 – 8 saat doldurma, 16+ saat süzülme. Doldurma süresi çamurun pompa debisine ve konteynırın büyülüğüne göre değişir.

### Avantajları

- Az alan gereksinimi
- Pasif susuzlaştırma
- 2 NTU ya kadar düşen çıkış bulanıklığı
- Uygun maliyet
- Daha az bakım
- Taşıma kolaylığı



Şekil 2. Konteynır tipi çamur susuzlaştırıcı

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Ekipman	Avantaj	Dezavantaj
Santrifüj dekantör	-En iyi susuzlaştırma performansı -Az polimer tüketimi	-En karmaşık sistem -Enerji tüketimi en yüksek sistem
Belt filtre	-En iyi katı tutma performası -En az polimer harcayan sistem	-Düşük susuzlaştırma performası -Büyük alan gerektirir
Konteynır	-Taşıma kolaylığı -Uygun maliyet	-Büyük tesislerde birden çok ekipman gerekebilir -Sıcaklık değişimlerine karşı hassas
Jeomembran filtre	-Daha az bakım -Özel ekipman gerektirmez	-Verim bekleme süresine bağlıdır -Otomasyon sistemine uygun değil

### Maliyet karşılaştırması

Ekipman	Fiyat (\$ cinsinden) (sadece ekipman)	% katı giderimi
Santrifüj dekantör	225.000	17 – 22
Belt filtre	150.000	12 – 22
Konteynır	46.000	12 – 16
Jeomembran filtre*	43,84	~10 ( yaklaşık 3 günde )

## SONUÇLAR ve TARTIŞMA

İncelenen dört sistemin de avantajları ve dezavantajları farklı tesislere hitap etmektedir. Giderim verimleri de işletme koşullarına göre, graviteli çamur susuzlaştırıcılar için bekletme sürelerine ve kullanılan poli çeşidine göre değişmektedir. Büyük tesisler için torba filtrelerle susuzlaştırma yapmak pratik değildir. Filtrelerin, kaplayacağı alan ve sayısı işletmeyi hayli zorlaştıracaktır. Bu filtreler orta büyülükteki ve daha küçük arıtma tesisleri ile endüstriyel

tesisler için daha uygundur. Torba filtrelerin teknolojisi de günden güne gelişmektedir. Torba içine yerleştirilen elektrikli bir mekanizma ile süreç hızlandırılabilmektedir<sup>2</sup>. Konteynırların ilk yatırım fiyatı santrifüj dekantöre göre daha yüksek olsa da dekantörün işletilmesi sırasında harcadığı elektrik nedeniyle dekantör daha pahalıya gelmektedir. Konteynırlar verimi artırıcı ekipmanlarla donatılabilmektedir. Örneğin konteynırı filtre yüzeyleriyle bölmek ve bu yüzeyleri ısıtıcı ile ısıtmak verimi artırırken ulaşımak istenen katı madde oranına ulaşma süresini de azaltacaktır.

## KAYNAKLAR

<sup>1</sup> M. Ebeling, James, Ph. D. Performance Evaluation of Geotextile Tubes6th Intern'l Conf. on Recirculating Aquaculture Roanoke, VA July 20-23, 2006

<sup>2</sup> Anonymus, Electrokinetic, EKG Dewatering, Performance and Capacity <http://www.electrokinetic.co.uk/performance.htm> [ Ziyaret tarihi: 12.05.2016]

Caughman, Russ, the vice president of Flo Trend Systems, Processing Wastewater Sludge Using Dewatering Containers <http://www.waterworld.com/articles/print/volume-22/issue-5/feature/processing-wastewater-sludge-using-dewatering-containers.html> [ Ziyaret tarihi: 12.05.2016]

Conwell, Michael K. Buluş sahibi, Method of dewatering solids laden liquids utilizing a reusable filter element Patent yayınlanma numarası: US 20090314715 A1, <http://www.google.com/patents/US20090314715> [ Ziyaret tarihi: 12.05.2016]

Guenter Dipl-Ing Kupczik, Buluş Sahipleri, Container of bulk materials as a dewatering container Patent Yayınlanması Numarası: DE 3720994 C1 [https://www.google.com.tr/patents/DE3720994C1?cl=en&dq=dewatering+containers&hl=tr&sa=X&sqi=2&pjf=1&ved=0ahUKEwiDxaXAi9LMAhVDPxoKHYE\\_C9wQ6AEIHDA](https://www.google.com.tr/patents/DE3720994C1?cl=en&dq=dewatering+containers&hl=tr&sa=X&sqi=2&pjf=1&ved=0ahUKEwiDxaXAi9LMAhVDPxoKHYE_C9wQ6AEIHDA) [ Ziyaret tarihi: 12.05.2016]

WaterWorks Engineers, , Prepared By Scott Buecker, P.E. Water Treatment Plant Residuals, City of Shasta Lake Dewatering Feasibility Study 5/30/2012

Federal Environment Agency (Germany), Technical Guide on the Treatment and Recycling Techniques for Sludge from municipal Wastewater Treatment with references to Best Available Techniques (BAT) Study performed by: INTECUS GmbH November 2013

Jack Fowler, Ph.D., Pe, Geotec Associates, Dewatering Sewage Sludge With Geotextile Tubes 2003

K. B. Cantrell, J. P. Chastain, K. P. Moore Geotextile Filtration Performance For Lagoon Sludges And Liquid Animal Manures Dewatering

Anonymus, Snf Floerger handbook [www.flocculant.com](http://www.flocculant.com) [ Ziyaret tarihi: 12.05.2016]

Pederson Judith, Adams E. Eric, Dredged Material Management Options and Environmental Considerations Proceedings Of A Conference December 3-6, 2000

## YÜKSEK SICAKLIKLarda ATIksu ARITIMI VE ENERJİ KAZANIMI

Erdem Genç, Bilgehan NAS  
*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*

**ÖZET:** Isıtma ve soğutma sistemlerinden biri olan evapratörlerin, Buharlaştırıcı Evapratör Sisteminden bahsedilmektedir. Bilindiği üzere Evaporatörler akışkanda yoğunlaştırma, buharlaştırma gibi işlemleri gerçekleştirmektedir. Bunu yaparken sisteme belli bir elektrik enerjisi verilir, verilen enerji sıcaklığa dönüştürülerek sistemin içinde akışkanı yoğunlaştırıp ardından buharlaştırır. Sistem bu çevirim içinde çalışır, verilen enerji sadece buharlaşdırma kullanılır. Fakat sistem modifikasyonlara oldukça uyumlu çalışmaktadır. Örnek olarak sistem genelde atmosfere açık olarak çalışmaktadır, yoğunlaştırma tankı sisteme eklenerek atmosfere verilen su buhari yoğunlaştırma tankında biriktirilerek başka amaçlarda kullanılabilir. Sistemde kullanılan sıvı Atıksu ise arıtım sağlanarak saf su haline dönüşmüştür. Bir başka modifikasyon örneği kanalizasyon sistemine entegre olarak kullanılan evapratörlerdir. Kanalizasyon sisteminin üst kısmına kurulan bu sistem Atıksu girişi ile aktif hale geçer. Sistemde bulunan Atıksu, kaynatma kazanına alınarak ısı eşanjörü ile ısıtılır. Eşanjörün etrafında Atıksu dan kaynaklı olarak askıda katı madde birikimi oluşur. Oluşan bu çamur sistemdeki siyirciciler ile belirli zaman aralıklarında siyirilerek dibe çökmesi sağlanır. Tankın alt kısmında bulunan helezonlar sayesinde dipte kalan çamur sistemin dışına alınır. Isınan su, sistemin çıkışından alınarak yakında bulunan yerleşim yerindeki konutlara verilir. Konutlarda isınma normalde kazanlarda su ısıtılp kalorifer sistemine verilmesiyle yapılır, sistem direk ısıtma sistemine bağlandığından oluşan sıcak su binan ısıtmasında kullanılır. Döngüyü tamamlayan sıcak su bir süre sonra soğuduğundan binadan alınarak tekrar kanalizasyon kanalına verilir. Evapratörler Atıksu arıtımı yanı sıra madde geri kazanımı ile de tercih edilmektedir. Yukarıda anlatılan bütün sistemlerde amaç Atıksu arıtılırken bir yandan da arıtımda harcanan enerjinin çevrimi ile oluşan artık enerjinin sistem içinde veya başka bir sistemde kullanılarak ekonomiklik sağlamaktır.

**Anahtar Kelimeler:** evapratör, buharlaştırma, enerji, geri dönüşüm

### Wastewater Treatment and Energy Recovery at High Temperatures

**Abstract:** Which is one of evaporator of heating and cooling systems, the evaporator from the evaporator system is mentioned. Evaporators in fluid condensation, and carries out processes such as evaporation. In doing this, the electrical energy of a certain system is given, and then converted to heat energy vaporizes the fluid in the system given the focus. Given the way the system works, only the energy used to vaporize. However, modifications to the system are quite compatible. As an example, the system operates generally as open to the atmosphere, condensation by adding condensation of the water vapor in the atmosphere to the tank system in the tank can be accumulated and used for other purposes. The liquid used in the system will be turned into pure water by providing wastewater treatment. Another modification example is used as the evaporator is integrated into the sewer system. This system, which is installed on the upper part of the wastewater sewer system will be activated by the input. In the system of waste water into the cauldron of boiling is taken and is heated with a heat exchanger. Exchanger occurs as the accumulation of suspended solids of wastewater sourced from around. Of mud are removed at specific time intervals in the system with the scraper, thereby sink to the bottom is provided. With the screw at the bottom of the tank sludge at the bottom is taken out of the system. Heated water is taken from the output of the system at any location is provided for the residences in the vicinity. Housing for heating and heating the water in the boiler is normally done by giving a central heating system, hot water system is directly connected to the heating system of the building that is used for heating. That completes the loop by hot water after a while, the building sewer from the cold and again taken from the channel is given. Evaporators with recovery wastewater treatment as well as substance are preferred. In all the systems described above, the aim of wastewater treatment is treated or formed by conversion of the energy in the system when no longer using energy to provide the economy by another system.

**Keywords:** evaporator, evaporation, energy, Recycling

## KAYNAKLAR

<http://www.huber.de/solutions/heating-and-cooling-with-wastewater/sewers-sources-of-energy.html>  
<http://www.hrs-heatexchangers.com/tr/kaynaklari/vaka-calismalari/atik-su-buharlasma-tesisi.aspx>  
<http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?articleid=1694278&resultClick=1>  
<http://www.langle.com/trk/tesis-yapisi/buharlastirici.php>

**YERALTI SULARININ TARIMSAL SULAMA İÇİN KİMYASAL KALİTE  
PARAMETRELERİ AÇISINDAN SINIFLANDIRILMASI VE CBS ORTAMINDA  
HARİTALANMASI:  
KONYA-ÇUMRA-KARAPINAR ALT HAVZASI ÖRNEĞİ**

Celal ÇIĞIR, Seval Selma CETİN, Bilgehan NAS

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü  
[celalc@dsi.gov.tr](mailto:celalc@dsi.gov.tr), [sesetun@hotmail.com](mailto:sesetun@hotmail.com)

**Özet:** Konya Kapalı Havzası sınırları içinde yer alan Konya-Çumra-Karapınar Alt Havzası'nda tarımsal amaçlı su temini yoğun olarak yeraltı sularına bağlıdır. DSİ 4. Bölge Müdürlüğü tarafından inceleme alanındaki 141 adet faal kuyudan son 10 yılda alınan numunelerin kimyasal analiz sonuçlarının değerlendirildiği bu çalışmada, parametrelerin ortalamaları üzerinden literatürde kabul görmüş kalite kriterlerine göre sulama suyu için uygunluk değerlendirmesi ve sınıflaması yapılmıştır. Bulguların alansal dağılım analizi ve görselleştirilmesi ArcGIS 10 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Değerlendirmelere göre; kuyuların %66'sı yüksek tuzlu karakterdedir. Sadece 1 kuyuda 21.42 Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) ve %73.3 Na değeri ile yüksek sodyumluluk tespit edilmiştir. 1 adet kuyu 3.52 meq/l Sodyum Karbonat Kalıntısı (RSC) değeri ile güvenli sınırı aşmaktadır. Kuyuların %6'sı Magnezyum Oranı (MR) açısından uygun olmayan tiptedir. Permeabilite İndeksi (PI) açısından kuyuların tamamı iyi ve mükemmel sınıfına girmektedir. 2 kuyunun Kelley İndeksi (KI) değeri uygunsuz sınıftadır. Örneklerin %54'ü Potansiyel Tuzluluk (PS) açısından uygun; tamamı ise sert/çok sert su tipindedir. Bor açısından dayanıklı bitkiler için uygunluk sınırını aşan değerler Dirlendik, Satır ve İsmil yörelerinde tespit edilmiştir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafiği Sistemi'ne göre çok iyi sulama suyunu temsil eden 'T2-A1' ve 'T3-A1' tipi suların oranı %87'dir. Alt Havza geneline bakıldığından birçok parametre açısından en güvensiz suların Satır, Sürüc ve İsmil çevresinde bulunduğu görülmüştür. Batı-Güneybatı alanlarındaki kuyular ise daha kaliteli tipte sulara sahiptir.

*Anahtar kelimeler:* Konya-Çumra-Karapınar Alt Havzası, Yeraltı Suyu Kimyasal Kalitesi, Sulama Suyu Sınıflandırması

**UNDERGROUND WATERS CLASSIFICATION IN TERMS OF CHEMICAL QUALITY  
PARAMETERS AND USING GIS MAPPING FOR AGRICULTURAL IRRIGATION:  
KONYA-ÇUMRA-KARAPINAR SUB BASIN CASE**

**Abstract:** Agricultural water supply for Konya-Çumra-Karapınar Sub Basin which in the border Konya Closed Basin mostly dependent on ground water. There has been studying that is taken samples by The 4<sup>th</sup> Regional Directorate of State Hydraulic Works (DSİ) from 141 active wells in the studying area for evaluation of chemical analysis, conformity, assessment and classification of irrigation water according to parameters accepted in the literature on the average quality criteria has been made. Results were made with spatial analysis and visualization of ArcGIS 10 software. 66% of the wells is highly salty character according to the assessment. There has been identified value of 21.42 sodium adsorption ratio (SAR) and 73.3% of sodium higher Na into only one well. One well exceeds the safe limit value of 3,12 meq/l sodium carbonate residue (RSC). 6% of the wells are not suitable in terms of magnesium ratio (MR). However, all wells are suitable in terms of permeability index (PI). Kelley index (KI) values of two wells do not fit for the standards. 54% percentage of samples are proper in terms of potential salinity (PS) and all are rough and very roughly. Exceeded values for boron tolerant plants are detected in Dirlendik, Satır and İsmil region. Representing the very best of irrigation water 'T2-A1' and 'T3-A1' whose rate of water type is 87% according to US Salinity Laboratory Graphics System. When we look at the sub-basin in general, the most unsafe waters are found out in Satır, Suruc and İsmil in terms of many parameters. Finally, the wells in the west-southwest area have more types of water quality.

*Keywords:* Çumra-Konya Karapınar Sub-basin, Groundwater Chemical Quality, Irrigation Water Classification

## 1. GİRİŞ

Yeraltı suyu kentsel ve kırsal yaşam alanlarında insanı tüketim ve sulama suyu temini açısından başlıca ve en uygun su kaynağıdır. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi, çevresel hedeflerinin yerine getirilmesine ilişkin gereksinimleri giderir nitelikte düzenlemeler önermekte; yeraltı suyu kütelerinde niceł ve kimyasal durumun her ikisinin de en azından “iyi” olduğu durumu ifade eden ve “iyi yeraltı suyu durumu”nun sağlanması hedeflemektedir.(Yıldırım, 2015) Türkiye'de su sektörüne yeraltı suları açısından bakıldığından amaçlarına göre izleme yapan birçok kuruluş bulunmakta olup 2012 yılında yürürlüğe giren Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelikle birlikte entegre bir yönetim anlayışı benimsenmiştir (Soyturk, 2014).

### *Sulama Suyu Kalitesi*

Sulama suyu kalite yönünden değerlendirilirken fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler göz önüne alınır. Kimyasal özellikler özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, biyolojik özellikler ise atık suların sulamada kullanıldığı bölgelerde önemlidir. Suyun sağlandığı konumun yeraltı ve yerüstü kaynağı olması sulama suyunun niteliğini önemli ölçüde etkilediği gibi iklim ve jeolojik yapıların özellikleri de kimyasal içeriği etkiler.(Kara, 2005)

Su kalitesinin bitki gelişimine dolaylı ve doğrudan iki şekilde etkisi vardır. Kötü kalite nedeniyle toprağın fiziksel ve kimyasal olarak zarar görmesi ve daha sonra bitkilerin toprağın bu niteliğinden etkilenmesi dolaylı etkiyi ifade eder. Bitki öz suyunda yüksek ozmotik koşulların yaratılması, sulama suyunun fitotoksik bileşikler içermesi nedeniyle bitki gelişimine zarar vermesi, bitkilere zararlı etkisi olmayan fakat biyoakümülsasyonla insan veya hayvanlara zararlı olabilecek elementlerin sulama sularından bitkilere geçebilmesi ise dolaysız etki olarak tanımlanmaktadır.(Özer, 2015)

### *Sınıflandırma Ölçütleri ve Sistemleri*

Suyun kalitesinin değerlendirilmesi, kullanımını halinde ne tür sorunlarla karşılaşılabilceğinin belirlenmesi için kalite kriterleri geliştirilmiştir. Sulama suyu kalite kriteri; eldeki suyun bilinen kalitesi ile amaçlanan hedeflere ulaşabilmek için kararların ve hükümlerin alınabilmesine olanak verecek bilimsel gereksinimlerdir.(Yurtseven, 1992)

**Eriyebilir Tuzların Toplam Konsantrasyonu (Elektriksel İletkenlik, EC):** Sulama sularında yüksek tuz konsantrasyonu ozmotik basıncı artırarak bitkinin kökleri vasıtasyyla su almasını engeller. Su varlığında bile bitkinin susuz kalmasına neden olan bu duruma ‘fizyolojik kuraklık’ denmektedir (Anonim, 2003). Sulama suyundaki tuzlar genellikle  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  katyonları ile  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{SO}_4^{2-}$  anyonlarının meydana getirdiği tuzlardan oluşur. Bunları tek tek ayırmak zor olduğu için özel durumlar dışında tuzlar topluca ele alınır.(Kara, 2005)

**Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR):** Toprakta fiziksel açıdan su-hava dengesinin sağlanması ve kümeli bir yapının olması arzu edilir.  $\text{Ca}^{2+}$  iyonunun etkin oranda adsorbe edilmesi toprağın infiltrasyon hızı, geçirgenliği ve gözenekliliği gibi fiziksel yapı özelliklerinin bitki gelişimi açısından uygun hale gelmesini sağlar.

**Sodyum Yüzdesi (Na%):** Sodyum yüzdesi suların tarımsal sulama için uygunluğunun belirlenmesi amacıyla yaygın biçimde kullanılmakla birlikte (Wilcox, 1955), günümüzde pek çok araştırmacı sodyum zararını ortaya koymada Na%’dan daha çok SAR değerini kullanmayı önermektedir.(Yurtseven, 1992)

**Sodyum Karbonat Kalıntısı (RSC):** Sulama suları yüksek konsantrasyonda bikarbonat içeriyorsa kalsiyum ve magnezyum karbonat olarak çökelmeye başlar. Bu durumda toprak

eriyiğinde kalsiyum ile magnezyum azalır ve dolayısıyla sodyum iyonları dominant hale gelerek sodyum zararına neden olur.

**Ağır Metal ve Özel İyon Toksisitesi:** Bitki zararlanmaları ya da gelişme depresyonları eğer toplam tuzluluk zararı olarak nitelendirilemiyorsa iyonların toksik etkisi olarak incelenmelidir.

**Magnezyum Oranı (MR):** Katyonlar içindeki magnezyum oranının yüksek olması durumunda toprak tuzlanmakta, bitki büyümesi ve verimi olumsuz etkilenecektir.(Joshi vd. 2009).

**Permeabilite İndeksi (PI):** Suyun sodyum ( $\text{Na}^+$ ), kalsiyum ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnezyum ( $\text{Mg}^{2+}$ ) ve bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) içeriğinden etkilenen toprağın permeabilitesi uzun süreli sulama suyu kullanımı sonucu değişebilmektedir.(Raju 2007)

**Kelley İndeksi (KI):** Kelley İndeksi, kalsiyum ve magnezyum iyonlarına karşı ölçülen sodyum derecesi olarak ifade edilmektedir.(Kelley, 1940)

**Toplam Sertlik (TH):** Sert sular kalsiyum ve magnezyum karbonatlarının yüksek değerlerinden kaynaklanmakta ve mg/l cinsinden  $\text{CaCO}_3$  eşdeğeri, toplam  $\text{Mg}^{2+}$  ve  $\text{Ca}^{2+}$  konsantrasyonu olarak ifade edilmektedir.(Todd,1980).

**Potansiyel Tuzluluk (PS):** Potansiyel tuzluluk hesaplamasında kullanılan klor ve sülfat oldukça eriyebilir olup, sülfat klora göre daha az toksik olduğundan hesaplamada yarısı değerlendirilmektedir. (Yurtseven, 1992)

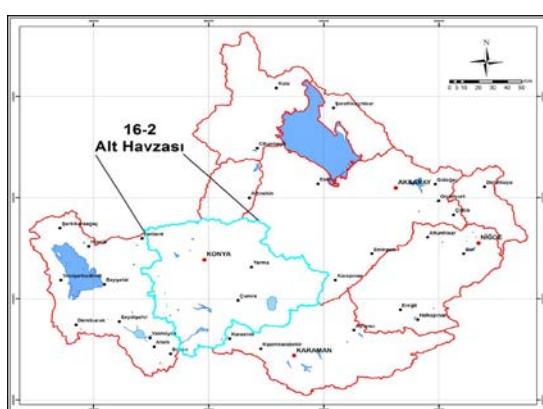
Tablo 1.1. Sulama suyu kalite kriterlerine ait eşitlikler ve sınıf özelliklerini, (Berhe ve ark. 2015) (Anonim, 1989)

Parametre	Hesaplama Yöntemi	Değer aralığı	Sınıf	Kaynak
EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Cihaz ölçümü	<250	1. Sınıf - Düşük Tuzlu Su	(Anonim, 1989)
		250-750	2. Sınıf - Orta Tuzlu Su	
		750-2250	3. Sınıf - Yüksek Tuzlu Su	
		>2250	4. Sınıf - Çok Yüksek Tuzlu Su	
SAR	$SAR = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$	<10	1. Sınıf - Düşük sodyumlu Su	(Anonim, 1989)
		10-18	2. Sınıf - Ortalama sodyumlu Su	
		18-26	3. Sınıf - Yüksek sodyumlu Su	
		>26	4. Sınıf - Çok yüksek sodyumlu Su	
Na%	$\%Na = \frac{\text{Na}^+ + \text{K}^+}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+} \times 100$	<20	Mükemmel	(Todd, 1980)
		20-40	İyi	
		40-60	Izin Verilebilir	
		60-80	Süpheli	
		>80	Uygun değil	
RSC (meq/l)	$RSC = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$	<1,25	1. sınıf (Sulamaya uygun)	(Anonim, 1989)
		1,25-2,50	2. sınıf (Orta derecede uygun)	
		>2,50	3. sınıf (Sulamaya uygun değil)	
MR	$MR = \frac{\text{Mg}^{2+} \times 100}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}$	<50	Uygun	Paliwal (1972)
		>50	Uygun değil	
PI	$PI = \frac{\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+} \times 100$	> 75	I. Sınıf, Mükemmel	Doneen (1966)
		25-75	II. Sınıf, İyi	
		< 25	III. Sınıf, Uygun değil	
KI	$KI = \frac{\text{Na}^+}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}$	<1	Uygun	Kelley (1940)
		>1	Uygun değil	
TH (mg/l)	$TH = (2.497 \times \text{Ca}^{2+} + 4.11 \times \text{Mg}^{2+})$	<60	Yumuşak	Durfor ve Becker (1964)
		60-120	Orta Sert	
		120-180	Sert	
		>180	Cök Sert	
PS (meq/l)	$PS = (\text{Cl}^- + 0.5\text{SO}_4^{2-})$	<3	Uygun	(Doonen, 1966)
		>3	Uygun değil	

Sınıflandırma amacıyla geliştirilen sistemler kronolojik sıraya göre: Schofield (1933) Sistemi, Schofield (1935) Sistemi, Wilcox ve Magistad Sistemi, Wilcox (1948) Grafik Sistemi, Thorne ve Thorne (1951) Grafik Sistemi, ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi, Doneen (1954) Etkin (Efektif) Tuzluluk Sistemi, Doneen (1959) Potansiyel Tuzluluk Sistemi, Doneen (1966) Geçirgenlik Göstergesi Sistemi, Anonymous (1975) Sistemi, Christiansen ve ark. (1977) Sınıflandırma Sistemi, Rijtema (1981) Sistemi, Soifer (1987) Sistemi olarak sıralanabilir. Sistemler içinde en çok kullanılanı ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi dir. Bu sistemi

esas alan ve yerel şartlara göre yorumlayan Türk Standartları Enstitüsü'nün Sulama Suyu Standardı (TS 7739)'nda tuzluluğu ifade eden elektriksel iletkenlik (T) ve sodyum adsorpsiyon değeri (A) parametrelerinin kombinasyonları üzerinden 16 farklı sulama suyu sınıflandırması yapılmaktadır.(Anonim, 1989)

**Çalışma Alanı:** Konya-Çumra-Karapınar Alt Havzası'ndaki yerleşim birimlerinin başında Konya Merkez, Çumra, Akören ilçeleri ile çok sayıda köy ve mezra bulunmaktadır. Alt Havza'nın batısı yüksek dağlarla, kuzeyi ve kuzeydoğusu nispeten daha alçak yüksekliklerle, güneyi ve doğusu ise tamamen çok alçak yer şekilleriyle sınırlıdır. Alt Havza kişileri soğuk yazları ise sıcak ve kurak geçen tipik karasal iklim karakterindedir. 1929-2013 yılları arası yağış analizine göre 1998-2008 yılları arası kurak, 2008 yılı sonrası yağışlı periyod gözlenmiştir.



Şekil 1.1. Konya-Çumra-Karapınar Alt Havzası yer bulduru haritası (Anonim, 2015/2)

**Hidroloji:** Konya ili sınırları içerisinde daha çok mevsimlik ve sel rejimli akarsular yer alır. Bu akarsuların boyları topografik yapı ve havzanın 'kapalı havza' olması nedeniyle kısa olup, akarsular ova tabanlarındaki bataklıklarda kaybolur. Kapalı Havza'da Beyşehir-Kaşaklı Alt Havzası hariç diğer tüm alt havzalarındaki akiferlerden yıllık beslenim miktarının çok üstünde yeraltı suyu çekimi gerçekleştiğinden kaynak sularının tamamında azalma görülürken birçoğu da kurumuştur. Beyşehir ve Suğla gölleri alt havzanın sulamaları için önemli bir kaynaktır.

### **Yeraltı Su Kütlelerinin Karakterizasyonu**

Konya Kapalı Havzası'nın Konya İl sınırlarında bulunan başlıca YAS küteleri Konya-Çumra-Karapınar Havzası, Sarayönü-Kadınhanı-Ilgın-Yunak Havzası, Beyşehir-Seydişehir Havzası, Akşehir Havzası, Cihanbeyli-Yeniceoba Havzası, Altınekin Havzası olarak tanımlanmıştır. Bu havzalardaki toplam rezerv  $1,508 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ , Konya-Çumra-Karapınar Alt Havzası'nın YAS potansiyeli  $441 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  olarak hesaplanmıştır. (Anonim, 2014)

Havzada yüzey suyu yeterli miktarda bulunmadığından sanayi ve sulama suyu ihtiyacı büyük ölçüde derin sondaj kuyuları ile yeraltı suyundan karşılanmaktadır. Konya Ovası'nda yaklaşık 60 bin civarında kuyu bulunmaktadır. En fazla sondaj kuyusu (24341 adet) Konya-Çumra-Karapınar Alt Havzası'nda açılmıştır. Bu kuyuların suladığı toplam alan yaklaşık 76,000 hektardır.(Anonim,2015/2)

Tablo 1.1. Yeraltı suyu durumu (Anonim, 2014)

KONYA	
Hesaplanan Rezerv (m <sup>3</sup> /yıl)	1,508,000,000
Tahsis edilen Su Miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	1,911,364,216
İzin verilen Emniyetli Rezerv Miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	1,508,000,000
Kullanılan İçme Suyu Miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	310,038,409
Kullanılan Sulama Suyu Miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	2,408,475,500
Kullanılan Toplam Yeraltı suyu Miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	2,718,513,909
Yeraltı suyu kaynakları ile sulanan toplam alan (ha)	481,695
DSİ tarafından açılan Kuyu sayısı ve su miktarı ve sulama alanı (ha)	3339 – 150,808
Ruhsatlı Kuyu Sayısı	16,066
Ruhsatsız Kuyu Sayısı	41,071
Sulama Birliği Sayısı ve Sulama alanı (ha)	3-21,875
Sulama Kooperatifisi Sayısı ve Sulama alanı (ha)	211 – 142,400
Tahsis Edilen İçme Suyu Miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	310,038,409
Tahsis Edilen Sulama Suyu Miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	1,601,325,806

DSİ tarafından kuyu ve kaynak örneklerinde yapılan izotop analizlerine göre havzanın yeraltı suyu bin yıllarla ifade edilen yaşılı sulardan oluşmaktadır. Su taşıyan formasyonlar Paleozoyik yaşılı kristalize kireçtaşları ve mermerler, mesozoik (Üst Kretase) yaşılı kireçtaşları, neojen yaşılı kireçtaşları ve Pliyokuvarterner yaşılı çökellerdir. En büyük yeraltı suyu taşıma potansiyeline sahip birim Neojen yaşılı kireçtaşlarıdır. En önemli akiferi bunlar oluşturur. Konya-Çumra Ovaları'nda üzerindeki kalın Neojen örtüden dolayı Mesozoik yaşılı kireçtaşlarına sondajlarda erişmek mümkün değildir.(Anonim, 2015)

Yeraltı suyunun genel akım yönü güneybatıdan kuzeydoğuya doğrudur. Beslenim doğrudan yağışların akifer kayaçlarına süzülmesinden, yüzey sularından, sun'i beslenmelerden (Apa ve May Barajları), sulamadan dönen sulardan ve içe akışla yan havzalardan kaynaklanmaktadır. Boşalmış ise büyük ölçekte sondaj kuyularından çekimle olmaktadır. Yeraltı suyu seviyesinin en düşük olduğu aylar kasım, aralık ve ocak aylarıdır. Yeraltı suyu seviyesi nisan, Mayıs ve Haziran aylarında maksimum duruma gelir. Seviye değişimleri 0.6-160 m. arasındadır. Konya Kapalı Havzası'nda genel olarak 2008 yılından beri yaşanan yağışlı periyod nedeniyle yüzey sularından da sulama yapılan alanlarda 2010-2011 yılından itibaren yer yer YAS seviye düşümlerinin durduğu, hatta bazı kuyularda yükselmeler meydana geldiği; ancak sadece sondaj kuyularından çekimle sulamanın yapıldığı alt havzalarda YAS seviyelerinde düşümlerin hızla arttığı tespit edilmiştir.(Anonim, 2015/2)

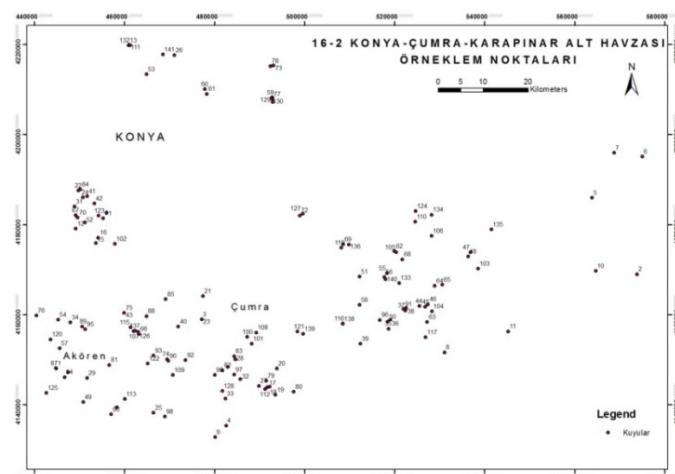
Yeraltı sularının iyi kimyasal durumunu tehdit eden başlıca unsurlar bitkisel ve hayvansal üretim ekseninde tarımsal faaliyetler ve sanayi kaynaklı dolaylı deşarjlardır. İl genelinde 227,579 hektarda toplam 816,628 ton kimyasal gübreye ilaveten yoğun olarak organik gübre de kullanılmaktadır. 2012 yılında 2403,3 ton pestisit kullanılmıştır.(Anonim, 2014)

## 2. MATERİYAL VE METOD

Konya-Çumra-Karapınar Alt Havzası'ndaki YAS kütlelerinde kimyasal kalite parametrelerinin belirlenmesi ve bu parametreler üzerinden sulama suyu sınıflandırması yapılabilmesi için Devlet Su İşleri 4. Bölge Müdürlüğü tarafından 141 adet derin sondaj kuyusundan 2006-2015 yılları arasında sulama sezonu öncesi ve sonrası olmak üzere 2 periyotta alınan numunelerin analiz raporlarından yararlanılmıştır. Bu kapsamda, mevsim başı ve sonunda en az birer numune incelemesi yapılmış kuyulara ait veriler listelenerek EC, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ve Bor değerlerinin her bir mevsim için aritmetik ortalaması alınmış ve mevsimsel ortalamlardan da her bir kuyu için uzun yıllar ortalaması elde edilmiştir. (Tablo 3.1) Sulama suyu kalitesinin niceliksel olarak saptanmasında kullanılan

temel ölçütler, ilgili başlıklarda açıklanan yayınlanmış standart eşitlikler ve aralık değerler üzerinden hesaplanmıştır. Sınıflandırma için dünyada yaygın kullanıma sahip ABD Tuzluluk Lab. Grafik Sistemi tercih edilmiş ve Wilcox (1948) Grafik Sistemi'ne göre kıyaslama yapılmıştır.

DSİ 4. Bölge İzleme ve Kalite Kontrol Şube Müdürlüğü Kimya Laboratuvarında akredite olarak analizlenen numunelerde anyon ve katyon tayinleri iyon kromatografi cihazında yapılmıştır. EC ölçümu, kondüktometre veya multiparametre ölçer ile, bor analizi spektrofotometre ile,  $\text{HCO}_3^-$  ve  $\text{CO}_3^{2-}$  analizleri ise otomatik asit titrasyon ekipmanı ile yapılmıştır.



Şekil 2.1 Konya-Cumra-Karapınar Alt Havzası örnek kuyuların lokasyonu

YAS kütlelerinin kalite kriteri ve sınıflandırmalarına ilişkin alansal dağılım haritalarının elde edilmesinde ArcGIS 10 coğrafi veri tabanı yazılımından yararlanılmıştır. Alansal dağılımda, kriging yöntemi tercih edilmiştir. Kriging yöntemi, bilinen yakın noktalardan alınan verileri kullanarak, diğer noktalardaki verilerin optimum değerlerini kestiren bir enterpolasyon yöntemidir. Sadece uzaklığa değil noktaların uzaysal düzenebine de bağlıdır. Kriging gibi jeoistatistiksel yöntemler tahmin yüzeyi üretmenin yanı sıra modelden elde edilen tahminlerin güvenirliği veya doğruluğuna ilişkin bazı değerler verebilmektedirler. (Akbaş, A. İ., 2015)

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Tablo 3.1. Bazı örnek kuyuların sulama suyu sınıflandırmasında kullanılan ölçütlerle ait hesaplama sonuçları

Sıra No	Kuyu No	Örnek Yeri	EC (µS/cm)	SAR	Na%	RSC (meq/l)	MR	PI	KI	TH (mg/l)	PS (meq/l)	Bor (mg/l)	ABD Tuzluluk L. Sistemine Gäre Sınıfı	Wilcox (1948) Grafik Sistemine Gäre Sınıfı
1	2873 8	Akören	1499,5 0	2,5 4	37,0 9	-3,31	40,4 2	79,5 3	0,5 6	519,20	6,29	0,75	T3-A1	İyi-Kullanılabilir
17	1350 2	Cumra-Arikören	2795,7 5	4,7 4	46,4 6	-9,22	52,2 5	68,0 3	0,8 5	779,69	17,9 4	0,59	T4-A2	Şüpheli-Uygun Değil
45	3535 3	Karapınar-Hasanoba	943,83	0,6 4	14,1 7	-1,55	39,5 2	84,3 4	0,1 5	429,70	2,22	0,24	T3-A1	İyi-Kullanılabilir
61	4360 9	Karatay-Çengilli	3186,7 5	2,9 6	32,0 8	-	42,7 2	54,6 0	0,4 4	1121,2 3	20,7 4	2,15	T4-A1	Şüpheli-Uygun Değil
70	5667 1	Meram-Hatip	518,20	0,2 5	8,60	-1,20	46,2 8	77,2 6	0,0 8	245,13	1,52	0,08	T2-A1	Çok İyi-İyi
11	5531 6	Çumra-Sürgüp	4990,0 0	6,6 2	47,5 9	-	46,3 2	62,9 8	0,9 0	1359,7 7	33,4 0	1,60	T4-A3	Uygun Değil
14	1348 1	Selçuklu-Sarıcalar	1222,0 0	1,3 2	23,7 5	-4,00	42,7 1	68,0 0	0,3 0	479,98	5,35	0,80	T3-A1	İyi-Kullanılabilir

Son 10 yılda 141 kuyudan alınan numunelerin analiz sonuçlarının ortalamasına göre hesaplanan uygunluk ölçütleri tablo 3.12.de temsil edildiği üzere listelenmiştir.

#### 4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

##### *Sulama Suyu Uygunluk Değerlendirmeleri*

**Elektriksel İletkenlik (EC):** Çalışma alanında minimum EC değeri  $327 \mu\text{S}/\text{m}$  ile  $60287 \text{nol}$  Meram/Kayabaşı kuyusunda, maksimum  $4990 \mu\text{S}/\text{m}$  ile  $55310 \text{nol}$  Çumra/Sürgüp kuyusunda tespit edilmiştir. İncelenen 141 noktanın hiçbir TS 7739 Sulama Suyu Standardı'na göre düşük tuzlu sınıfına girmemektedir. Örneklerin %34'ü orta tuzlu, %53'ü yüksek tuzlu, %13'ü çok yüksek tuzlu olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanında EC dağılımını gösteren Şekil 4.1'e göre Çumra/Sürgüp, Karatay/İsmil ve Karatay/Çengelti yüksek tuzluluk tehlikesi altındadır. Havzanın Meram ve Akören yöresine karşılık gelen batı-güneybatısının ise tuzluluk açısından daha iyi nitelikte olduğu görülmektedir.

**Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR):** İnceleme alanındaki 140 kuyuda SAR değeri  $0.15$  ile  $6.62$  arasında değişmekte olup bu değer TS 7739'a göre 1. sınıf (düşük sodyumlu) olarak değerlendirilmektedir. 56229 numaralı Karatay/Şatır kuyusunda bu değer  $21.42$  olup yüksek sodyumlu sayılmaktadır. 'Sodyum Zararı- Tuzluluk Zararı' ilişkisini ortaya koyan ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafiği'ne göre örneklerin %93'ü düşük, %4'ü orta, %2'si yüksek, %1'i çok yüksek sodyum zararı özelliği göstermektedir. Bu sınıflama sistemine göre çok iyi sulama suyunu temsil eden T2-A1 ve T3-A1 tipi suların oranı %87'dir. Uzun yıllar ortalamasını ifade eden SAR alansal dağılım haritasına (Şekil 4.2) göre Karatay/Şatır, İsmil ile Çumra/Sürgüp ve Dumlupınar yörelerinin yüksek tuzlu ve sodyumlu karakterde olduğu görülmektedir.

**Sodyum Yüzdesi (Na%):** Veri setinde Na% değerleri %4.95 ile %73.3 arasında değişmektedir. Karatay/Şatır kuyusu %73.3 Na değeri ile şüpheli tiptedir. Örneklerin %95'i mükemmel-iyi, %4'ü izin verilebilir niteliktedir. Yine batı-güneybatı alanlarının Na% dağılımı açısından üstün olduğu Şekil 4.3.'ten anlaşılmaktadır. Na% ve EC değerlerini göz önüne alan Wilcox (1948) sınıflamasına göre İsmil, Sürgüp ve Dumlupınar'teki bazı kuyuların sulamaya uygun olmadığı görülmektedir.

**Sodyum Karbonat Kalıntısı (RSC):** RSC açısından sadece 1 kuyunun  $3.52 \text{ meq/l}$  değeri ile (30519-Çumra/Uzunkuyu) güvenli sınırı aştığı görülmektedir. Diğer kuyular  $1.25 \text{ meq/l}$  altında olup uygun niteliktedir. Şekil 4.4'te RSC alansal dağılımı verilmiştir.

**Magnezyum Oranı (MR):** İncelenen alandaki örnek kuyuların %93'ü MR açısından uygun durumdadır. Kuyuların %6'sında magnezyum oranının %50-54 aralığında olduğu ve bu açıdan nötr seviyeye yakın oldukları söylenebilir. Sadece 60075-Çumra/Sürgüp kuyusunun %70.76 değeri ile MR açısından kalitesiz olduğu görülmektedir. (Şekil 4.5.)

**Permeabilite İndeksi (PI):** PI değerleri açısından kuyuların %36'sının iyi, %64'ünün mükemmel sınıfına girdiği görülmektedir. Bu kriterde göre en iyi değer Çumra/Uzunkuyu'da tespit edilmiştir. (Şekil 4.6)

**Kelley İndeksi (KI):** İncelenen alanda 56229-Karatay/Şatır ve 56237-Karatay/İsmil kuyularının KI değerleri 1'in üzerinde olup bu 2 kuyu uygun olmayan sınıfa girmektedir. Şekil 4.7'de SAR değerine paralel bir dağılım elde edilmiştir.

**Potansiyel Tuzluluk (PS):** Örneklerin %54'ünde PS değeri 3'ün altında olup uygun sular sınıfına girmektedir. En yüksek değer  $75.4 \text{ meq/l}$  ile Karatay/Şatır kuyusunda tespit edilmiştir. Dağılım haritası (Şekil 4.8) incelendiğinde alt havzanın güneybatısında daha uygun değerler görülmektedir.

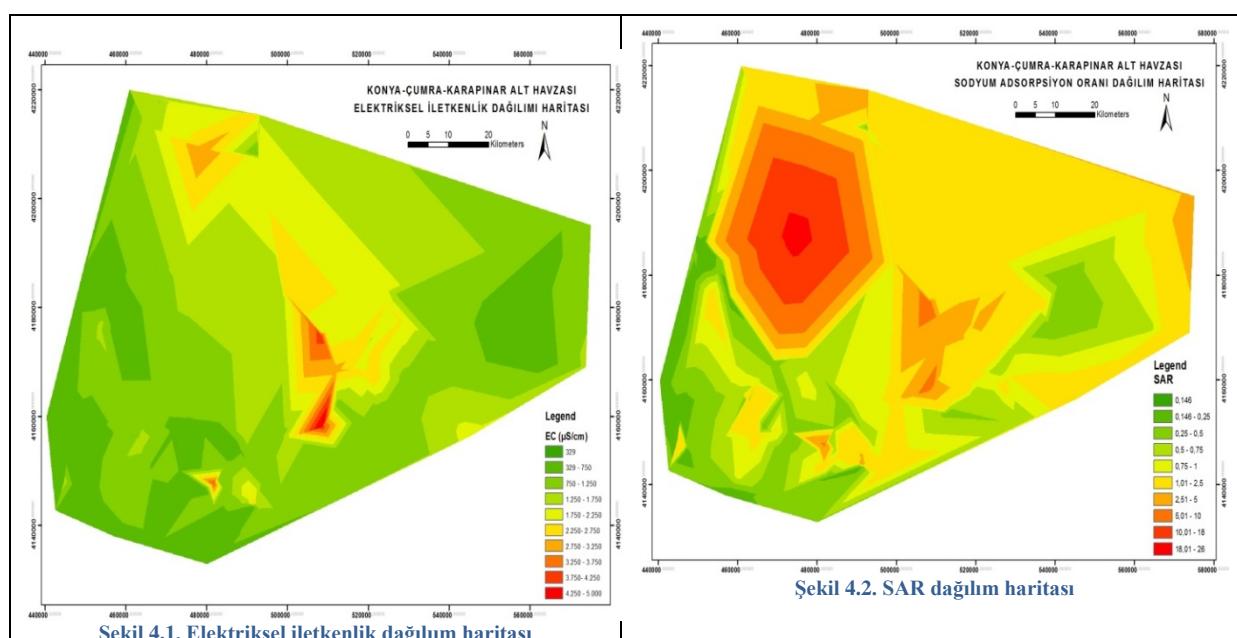
**Toplam Sertlik (TH):** Örneklerin TH değerleri 159.5 mg/l ile 1574.88 mg/l arasında değişmekte olup, bütün kuyular sert/çok sert su tipindedir. Şatır ve Sürguç yöresi en yüksek TH değerlerine sahiptir. Alanın batı-güney batısı ile doğusunda kısmen düşük değerler gözlenmektedir. (Şekil 4.10)

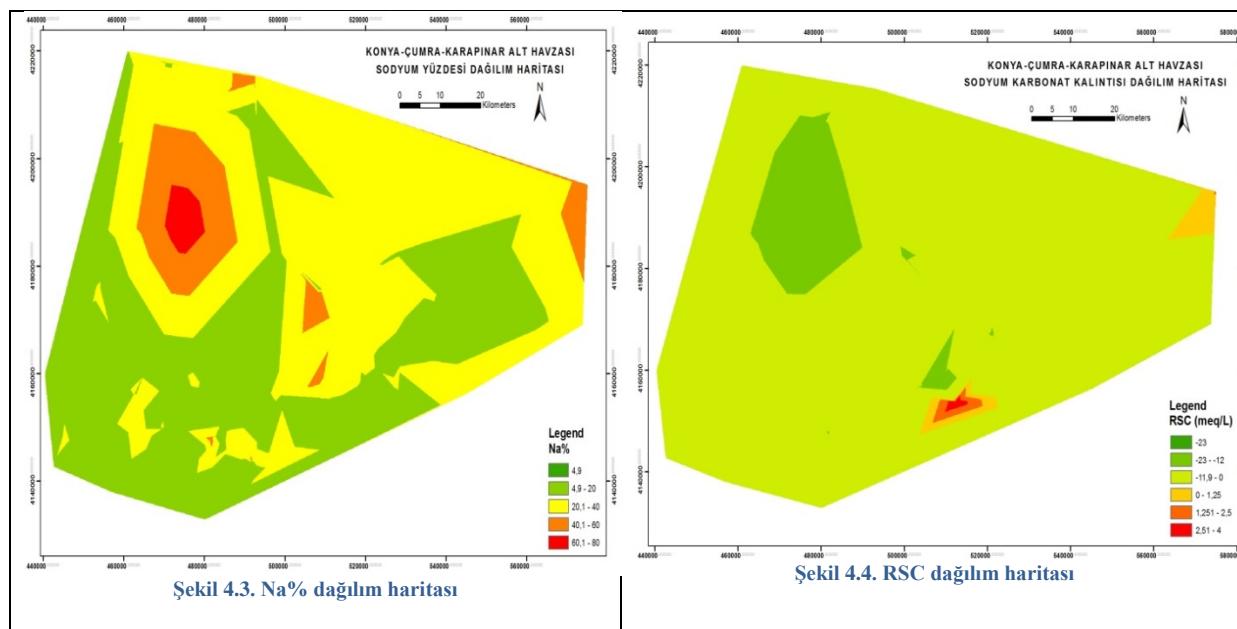
**Bor Konsantrasyonu:** İnceleme alanında bor konsantrasyonları 0.02 ile 4.8 mg/l gibi geniş bir aralıktaki dağılım göstermektedir. Dayanıklı bitkiler için dahi uygunluk sınırını aşan değerler Cumra/Dinlendik ve Karatay/Şatır, Karatay/İsmil yörelerinde tespit edilmiştir. Hasas bitkiler açısından kuyuların %70'i uygun, %16'sı şüpheli veya uygun değil olarak belirlenmiştir. Yarı dayanıklı bitkiler açısından örneklerin %90'u uygun, %6'sı şüpheli veya uygun değildir. Dayanıklı bitkiler açısından ise %94'ü uygun, %2'si uygun değil olarak sınıflandırılmıştır. (Şekil 5.9)

Konya-Cumra-Karapınar Alt Havzası YAS kütlelerinin kimyasal niteliğini; yörenin karasal iklim karakteri, çorak (tuzlu-alkali) toprak yapısı, jeolojik birimler ve kayaç yapılarının etkilediği görülmektedir. Cumra Ovasındaki düşük yağış miktarı, YAS su çekiminin yoğun olduğu bu alanda yüksek tuzluluğa neden olmaktadır. Örneklerin hiç birinin düşük tuzluluk sınıfına girmemesi, %66'sının yüksek-çok yüksek tuzluluk içeriğine sahip olması bu yargıyı doğrulamaktadır.

Karatay Şatır ve İsmil ile Cumra Dinlendik ve Sürguç yörelerindeki kuyuların birçok kalite parametresi açısından olumsuz tipte yer almazıda, bu alandaki benzer jeolojik birimlerin etkili olduğu düşünülmektedir. Alt havzadaki bütün suların toplam sertlik açısından yüksek olması, baskın jeolojik yapının alüvyon ve kireçtaşının olmasından kaynaklanmaktadır. Sulama suyu ölçütlerinin genel dağılımı birlikte değerlendirildiğinde alanın batı-güneybatısında kalite değerlerinin diğer bölgelere göre daha iyi olduğu, Cumra-Karatay hattının ise daha kötü olduğu anlaşılmaktadır. Coğrafi yapının da bu dağılım ile örtüşlüğü görülmektedir.

16-2 Alt Havzası'nda su taşıyan akifer özellikli Neojen yaşılı kireçtaşı, Mesozoyik yaşılı kireçtaşı ve Paleozoyik yaşılı mermer akiferleri yer almaktadır. Bu üç farklı zamanda oluşmuş kireçtaşı-mermer akiferlerinin birbirleri ile ilişkisi ve YAS kütlelerin hidrojeokimyasal yapılarını litolojik olarak etkileme biçimleri ayrıca dikkate alınmalıdır. İncelenen alandaki yoğun tarımsal faaliyetten kaynaklı sızmaların YAS kütlelerinin kimyasal içeriğine etkisi bu çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir.





## KAYNAKLAR

- Anonim, 1989, TS 7739 Sulama Suyu Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2003, Sulama ve Drenaj Mühendisliği, Tarım ve Köy İşleri Bak., Toprak ve Su Kaynaklarını Araştırma Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2015, Konya Kapalı Havzası Master Planı, 'Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Hidrojeoloji Raporu', DSİ 4. Bölge Müdürlüğü, Konya.
- Anonim, 2015/2, Konya Kapalı Havzası Master Planı, '16-2 Konya-Cumra-Karapınar Alt Havzası Hidrojeolojisi ve Yeraltı Suyu Raporu', DSİ 4. Bölge Müdürlüğü, Konya.
- Akbaş, A. İ., 2015, Türkiye Alansal Yağış Hesaplaması, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ayers, R.S. Westcot, D.W., 1985, Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 29. FAO, UN, 174s. Roma.
- Berhe, B.A., Çelik, M., Dokuz, U.E., 2015, Kütahya Ovası'ndaki Yüzey ve Yeraltı Sularının Sulama Suyu Kalitesi Açısından İncelenmesi, MTA Dergisi (2015) 150: 147-163. Ankara.
- Doğan, A., 2010, Avrupa Birliği ve Türkiye'de Yeraltı suyu Kalitesi Yönetimi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Doneen, L.D. 1966, Water quality requirement for agriculture. Proc. National Sym. Quality Standards for Natural Waters. University of Michigan, Ann Report, 213- 218.
- Durfor C.N., Becker, E., 1964, Public water supplies of the 100 largest cities in the United States, 1962: U.S. Geological Survey, Water-Supply Paper 1812.
- Ergene, A., 1982, Toprak Bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:267, Ders Kitapları Serisi No:42, Erzurum.
- Gökdereli, G., 2015, Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Yeraltı Suyu Kütlelerinin Belirlenmesinde Tanımlanan Metodoloji ve Türkiye İçin Öneriler, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Hakyemez, H.Y., Elibol, E., Umut, M., Bakırhan, B., Kara, İ., Dağıstan, H., Metin, T., Erdoğan, N., 1992, Konya-Cumra-Akören Dolayının Jeolojisi: MTA Rapor No: 9449, 63 s., Ankara.
- Joshi, D.M., Kumar, A., Agrawal, N. 2009. Assessment of the irrigation water quality of river Ganga in Haridwar District India. Journal of Chemistry 2(2), 285-292.
- Kara, M., 2005. Sulama ve Sulama Tesisleri, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Konya.
- Kelley, W.P. 1940. Permissible composition and concentration of irrigation waters, Proc. ASCE 66.
- Kızılıkaya, T., 1988. Sulama ve Derenaj, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- Özer, M. N., 2015, Sulama Sularının Sınıflandırılması, III. Ulusal Sulama Sistemleri Sempozyumu Bildirisi, Ankara.
- Paliwal, K.V., 1972, Irrigation with saline water. New Delhi, IARI, 198p.
- Raju N.J., 2007. Hydrogeochemical parameters for assessment of groundwater quality in the upper Gunjanaeru River basin, Cuddapah District, Andhra Pradesh, South India, Environmental Geology, 52, 1067-1074.
- Soytürk, O., 2014, Su Çerçeve Direktifine Göre yeraltı sularının İzlenmesi ve Türkiye İçin Bir Değerlendirme, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Todd, D.K., 1980, Groundwater Hydrology. 2nd ed., John Wiley and Sons, New York, 535p.
- Wilcox, L.V., 1955, Classification and use of Irrigation Waters. U.S. Dept. of Agric., Circular No. 696, 19 p, Washington D.C.

**Yıldırım, Ö.**, 2015, "Yeraltı suyu Kimyasal Durum ve Eğiliminin Değerlendirilmesi", T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara.

**Yurtseven, E. ve B. Sönmez.** 1992., Sulama Sularının Değerlendirilmesi, Tarım ve Köy İsl.Bk., Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Md. Yay. 181/T-63, Ankara

## **ATIKSULARDAKİ MİKROKİRLETİCİLERDEN VOC'LERİN EKSTRAKSİYONU**

Cemre YILMAZ, Bilgehan NAS  
*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*

**ÖZET:** 1980'lerin başından beri otoriteler öncelikle uçucu organik bileşikler (VOC) ve bazı öncelikli kirleticiler üzerine yoğunlaşmışlardır. Son yıllarda artan çevre bilinci kimyasal maddelerin; üretiminden tüketimine kadar bütün evrelerinde çevre ile uyumlu olmasını ve sürdürülebilir bir kalkınma için temiz teknolojileri zorunlu kılmaktadır. Bu sebeple ekosisteme pek çok zararı olan VOC bileşiklerinin tespiti önem kazanmıştır. Uluslararası Çevre Koruma Ajansı (EPA), 8260 metodunda kontrol edilmesi gereken VOC parametrelerini listeleyerek; limit değerleri ve analiz yöntemlerini belirlemiştir. Bu kapsamda; sıvı-sıvı ekstraksiyon, headspace yada Purge&Trap kullanılan teknikler arasındadır. Bu makalede Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi (GC/MS) tekniği ile atık su üzerinde gerçekleştirilen VOC analizi uygulama örneklerine yer verilmektedir.

*Anahtar Kelimeler: atıksu, voc, ekstraksiyon, uçucu organik bileşikler*

### ***Extraction of Volatile Organic Compounds from Wastewater***

**Abstract:** Since the early 1980s, authorities have primarily been focused on some priority pollutants and volatile organic compounds. In recent years, increasing environmental awareness in all stages of chemicals from production to consumption necessitates to be compatible with the environment and sustainable development for clean technologies. For this reason, a lot of damage to the ecosystem which has gained importance for the determination of VOC compounds. International Environmental Protection Agency (EPA) method of 8260 by listing VOC parameters that need to be controlled in limit values and analysis methods is committed to. In this context, liquid-liquid extraction headspace or Purge&Trap are among the techniques used. This article describes Gas Chromatography/ Mass Spectrometry technique performed in a sample waste VOC analyses application examples are presented.

*Key words: wastewater, voc, extraction , volatile organic compounds*

## AKILLI ÇÖP KONTEYNERİ SİSTEMLERİ

Serkan Güر

Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray

Serkangur42@gmail.com

**ÖZET:** Katı atık toplama sistemleri günümüz toplumsal yapısı ve şehirleşmede çok önemlidir. Oldukça yüksek maliyetler ödenerek ortaya konmuş olsalar da şehirlerde çalışan sistemlerin yeterli verimlilikte ve kalitede hizmet vermediği açıktır. Bu çalışmada; şehirlerde yüksek verimlilik ve düşük maliyetlerle (%50-80 daha az maliyetlerle) çalışabilecek yeni bir akıllı katı atık toplama sisteminin tasarım yaklaşımı, fizibilite etüdü açıklanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Katı atık, toplama sistemi, sistem tasarım, çöp konteyneri, verimlilik

## SMART GARBAGE CONTAINER SYSTEMS

**Abstract:** Solid waste collection systems are very important in today's social structure and urbanisation. Despite quite high costs are paid for them, it is clear that the waste collection systems presented in the cities does not offer a service with the sufficient efficiency and quality. This study explains the design approach, feasibility acquired by means of the application conducted with regard to new smart solid waste collection system which can applicable with high efficiency and low cost (50% to 80%).

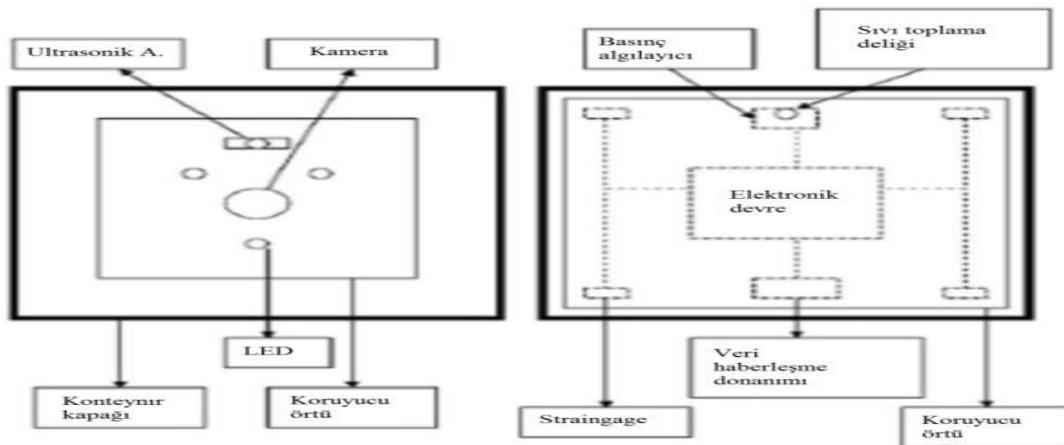
**Keywords:** Solid waste, collection system, system design, trash containers, efficiency

### 1.Giriş

Yaşamın doğal ve kaçınılmaz sonucu olarak ortaya çıkan atıklar ve atıkların yönetimi, toplumların yillardır gözden uzak olsun anlayışıyla davranışları konuların başında gelmektedir. Nüfus artışı, teknolojik gelişme, sanayileşme, kentleşme, hızla artan ve farklılaşan tüketim ile ortaya çıkan katı atıklar, çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileriyle günümüzde önemli çevre sorunlarından biri olmaktadır. Bu sorunlar da katı atıkların insan ve çevre sağlığı açısından değerlendirilmesi yaklaşımını gerekli kılmıştır. Günümüzde katı atıklar, hem yeniden değerlendirilmesi gereken bir kaynak, hem de yönetilmesi gereken bir konu olmuştur. Katı atıklardan kaynaklanan sorunların çözülmesi için getirilen yaklaşımlardan biri olan katı atık yönetimi; az atıklı bir üretimin desteklenmesi, katı atıkların hammadde ya da başka amaçlara yönelik olarak geri kazanımı, katı atıkların toprak, hava, su ortamına ve canlılara zarar vermeyecek şekilde bertaraf esaslarının uygulanması amacıyla geliştirilen sistem olarak tanımlanır. Bu problemlerin en önde gelenlerinden olan katı atık toplama sistemlerinin kurulup çalıştırılması şehirlerde önemli organizasyonların yapılmasını gerektirmektedir. Ancak günümüz şehirleri incelemişinde, katı atık toplamanın genellikle ya kötü şekilde yapıldığı veya sistem çalışma veriminin çok düşük olduğu sonucuna ulaşmak sürpriz olmaz. Şehirlerde yaşayan bireylerin şikayetleri ve aynı zamanda da şehri yöneten otoritenin katı atık toplama maliyetleri konusundaki memnuniyetsizlikleri gözlemden bu alanda iyileştirme amacı ile bu çalışmada tanıtılacak olan yeni bir çöp toplama yaklaşımı ortaya konulmuştur. Akıllı Çöp Konteyneri Sistemleri olarak isimlendirilen bu platformun çalışması ve uygulamanın sonuçları yayının takip eden bölümlerinde sunulacaktır.

Katı atık toplama sistemleri konusunda bilimsel literatürde çok fazla çalışma mevcut değildir. Az sayıda bulunan çalışmalar bu bölümde özetlenecektir.

Vicentini ve diğ. [1] tarafından yapılan yayında, içerisinde atık seviye algılama algılayıcılarının yer aldığı çöp konteynırlarının kullanıldığı bir çöp toplama sisteminin yapısı kurgulanmıştır. Çin'in Şangay kentinde test edilen sistemde kullanılmış olan konteynirlardaki algılayıcıların yerleşimleri Şekil 1'de görülmektedir.



Bonomo ve diğ. [2] ise Buenos Aires örneğinde, matematiksel programlama tekniği ile çöp toplama olayını optimize etmişlerdir. Klasik en kısa yol algoritmasının kullanıldığı çalışma ile şehrin küçük bir bölgesinde sağlanabilecek yıllık tasarruf 200000 dolar olarak hesaplanmıştır.

Çöp toplamada en kısa yolu hesabında çeşitli yaklaşımların kullanıldığı görülmektedir. Ismail ve Loh [3] da çalışmalarında optimizasyon işlemini karınca kolonisi yaklaşımı ile yapmışlardır. 12-48 nokta arasındaki transferler için yapılmış olan teorik çalışmanın çöp toplama problemlerine uygulanabilirliği yanında tartışılmıştır. Benzer bir teori Karadimas ve diğ. [4] tarafından da çöp toplama rotasının optimizasyonu için önerilmiştir.

Johansson [5], İsveç'te 3300 algılayıcı ve kablosuz haberleşme ekipmanları ile donatılmış konteynırlı bir sistemde katı atık toplama olayının optimizasyonu çalışmasını sunmuştur. Toplama işleminde optimal rotanın kararının verilmesi için konteynirlardan gelen gerçek zamanlı datalar kullanılmaktadır. Çalışma sonucunda katı atık toplama maliyetinin %10-20 arasında düşüğü tespit edilmiştir.

Faccio ve diğ. [6] ise çalışmalarında gerçek zamanlı verileri kullanan çok amaçlı modellerini çöp toplama işlemine uygulamışlardır. Çalışma yaklaşık 100000 nüfuslu bir İtalya kentine uygulanmış olup projede kullanılan yaklaşım Şekil 2'de görülmektedir.

Optimum rotanın tespitinde genetik algoritmanın kullanıldığı bir çalışma Viotti ve diğ. [7] tarafından sunulmuştur. Önerilen algoritmanın bir yazılıma uygulandığında verimliliğin yükseltilebileceği savunulmaktadır. Nuortio ve diğ. [8] çalışmalarında, Batı Finlandiya uygulamasında çöp toplama olayının optimizasyonu için geliştirdikleri sistemi tanıtmaktadırlar. Çalışılan bölgede farklı çöp tipleri için farklı boyutta yaklaşık 30000 adet çöp kutusu vardır. Yayında sistemin konsept modeli tanıtılmıştır.



**Şekil 2.** Katı atık toplama için gerçek zamanda izlenebilir rota planlama modeli

Arebey ve diğ. [9] çalışmalarında RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama-Radio-Frequency Identification), GPS (Küresel Konumlama Sistemi-Global Positioning System) ve kameralı sistemler içeren çöp toplama sisteminin tasarım modelini sunmaktadır. Sistemde ayrıca konteynir doluluk durumunun anlaşılması için sayısal görüntü işleme teknigi (Digital Image Processing) kullanılmıştır.

İstanbul için yapılan bir projeksiyona göre 2010 yılı rakamları ile yıllık 80 Milyon Dolar, Türkiye genelinde de 400 Milyon Dolarlık bir tasarrufun çöp toplama sistemlerindeki revizyon ve verimlilik artışı ile sağlanabileceği hesaplanmıştır [10].

## 2. TASARLANAN AKILLI ÇÖP KONTEYNERİ SİSTEMLERİ

Literatür araştırması sonrasında detaylı saha incelemeleri ve konu paydaşları ile yapılan görüşmelerin ardından mevcut sistemlerden daha verimli çalışabilecek yeni bir katı atık toplama sisteminin ortaya konabileceği kanaatine varılmıştır. Bu sistem için, tasarım sürecinin başlangıcında aşağıdaki kriterler ortaya konmuştur:

- Tek merkezden (web portalından) konteynir doluluk oranları takip edilebilecektir,
- Sistemden günlük, haftalık iş planlama raporları alınabilecektir,
- Özel kurgulanmış olan algoritma kullanılarak, GSM/GPRS yardımıyla optimum yol güzergahı belirlenecek, böylece yakıt ve zamanдан tasarruf sağlanacaktır,
- İhtiyaca uygun istatistikti raporlama imkanları olacaktır; örneğin bölgelere göre aylık çöp miktarı vb.,
- Klasik 8 adet 400 litrelilik konteynir yerine 1 adet yeraltı çöp konteyniri kullanılacaktır,
- Klasik 4 adet çöp toplama aracı yerine 1 adet akıllı çöp toplama aracı yeterli olacaktır,
- Sistemdeki toplama araçlarının sayısı azalınca yakıt, tamir, bakım ve zaman tasarrufu da sağlanacaktır,
- Klasik sistemdeki araç arkasında çalışan iki operatör bu sistemde olmayacağı, iş güvenliği ve iş güvenliği kurallarına tam olarak uygun bir sistem ortaya konacaktır,
- Şehirlere şehir mobilyası görünümüne uygun modern bir sistem kazandırılacaktır,
- Sistemin ekonomik ömrü iki yıldan on yıla çıkarılacaktır,
- Temizlik işlerine daha ekonomik bir yapı, ergonomi ve hız kazandırılacaktır,
- Trafik akışının engellenmemesi sağlanacaktır,
- Kentlerde gürültü ve görüntü kirliliği ortadan kalkacaktır.

## 2.1. Bir Yerleşim Alanının Katı Atık Toplama Açısından Analizi

Analiz amacı ile Konya iline bağlı bir ilçesi seçilmiştir. Bu bölgede günlük yaklaşık 90-100 ton arası atık toplanmaktadır. Toplama alanındaki yolların yetersiz olması, konteynirların kapasitelerinin yetersiz olması ve bireylerin çöp çıkışma zamanlarına uymamalarından dolayı çöp kamyonları birçok cadde ve sokağa plansız şekilde defalarca girmek zorunda kalmaktadır. Bu plansızlıklar; gürültü, koku ve emisyon gibi çevresel problemlere neden olmaktadır.

Seçilen yerleşim bölgesi için yapılan örnek fizibilite etüdü tablo-1 de gösterilmiştir. Klasik çöp toplama sistemi kullanıldığında bu ilçede personel harcaması için yıllık 8704008 TL ödenirken akıllı çöp konteyneri sisteminde hem personel azalması hem de araç azalması nedeniyle yıllık harcama 118800 TL ödenecektir. Akaryakıt ve amortisman giderleri düşünüldüğünde ise yıllık 750804 TL harcanmaktadır. Akıllı çöp konteyneri sistemine geçildiğinde 92604 TL'ye düşürülmektedir.

**Tablo 1.** Küçük bir ilçe için yapılan fizibilite etüdü örneği

### a) Klasik toplama sistemi

İşçi türü	Kişi Sayısı	Aylık Brüt(tl)	Aylık Tutar(tl)	Yıllık Tutar(tl)
Şöför	11	3300	36300	435600
Toplayıcı	22	1647	36224	434808

### b) Akıllı çöp konteyneri sistemi ile toplama

İşçi Türü	Kişi Sayısı	Aylık Brüt(tl)	Aylık Tutar(tl)	Yıllık Tutar(tl)
Şöför	3	3300	9900	118800

## 3. AKILLI ÇÖP KONTEYNERİ SİSTEMİ ÇALIŞMA PRENSİBİ

- . Sistem üç ana gruptan oluşmaktadır:
- 1.Konteynırlar (Yeraltı konteyniri, yerüstü konteyniri)
- 2.Araç (Robotik çöp toplama aracı)
- 3.Portal (Kullanıcı ara yüzüne ulaşmak için oluşturulan başlangıç noktası)

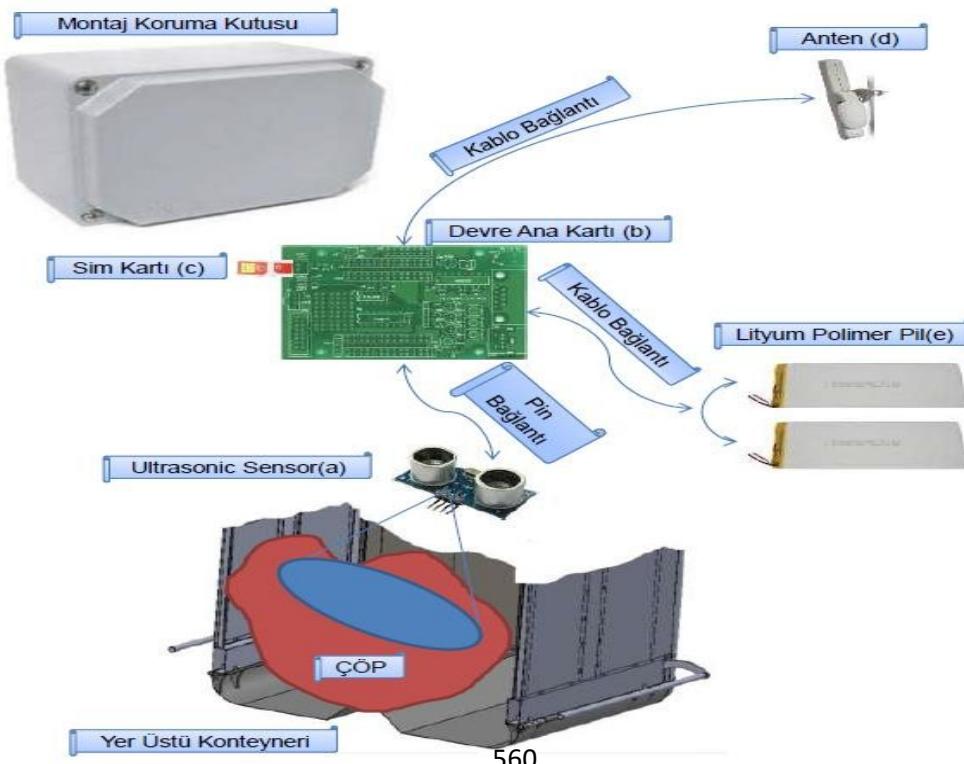
### 3.1. Konteynırlar

Yeraltı konteyniri ve yerüstü konteyniri olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Yeraltı konteyniri  $3,5m^3$  ve  $5m^3$  kapasitelerde üretilmektedir.  $3,5m^3$  ve  $5m^3$  hacimli konteynırlar sırasıyla 750 kg 980 kg'dır. Yerüstü konteynırları  $3,4 m^3$  kapasitede üretilmektedir. Yerüstü konteynörünün yaklaşık ağırlığı 450 kg'dır.(Şekil-3)



Şekil 3: Sistemdeki konteynir tipleri

Konteynir içerisinde yerleştirilen haberleşme sistemi (Şekil 5); ultrasonik algılayıcı, SIM kart (M2M), iki adet lityum polimer pil (5000 mAh), devre ana kartı, anten ve sistem montaj koruma kutusundan (IP67) meydana gelmektedir. Haberleşme sisteminin işleyiş biçiminde, konteynırda biriken çöplerin miktarı ultrasonik algılayıcı(a) ile ölçülür. Ölçülen değer özel tasarılanmış devre ana kartına (b) aktarılır, devre ana kartında montajlı bulunan SIM kart (c) aracılığı ile “http” adresine değer yazdırılır. Donanımda ayrıca haberleşme sistemine montajlı bulunan SIM kartın uydu ile bağlantısını güçlendirmek için bir adet anten (d), sistemin güç ihtiyacını karşılamak için iki adet 5000 mAh’lık lityum polimer pil (e) ve haberleşme sistemini dış ortamdan korumak için IP67 koruma sınıfında montaj kutusu (f) bulunmaktadır

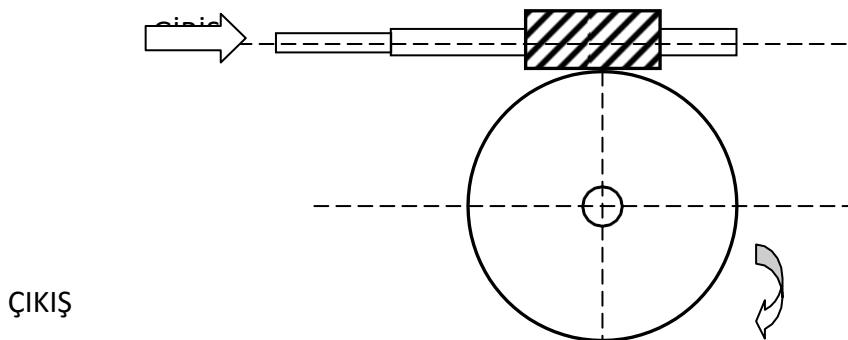


Şekil 5. Akıllı çöp konteyneri sistemi detayı

Konteynirdaki çöp miktarının aktarılmasından sonra konteynırı dijital kimlik verme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu süreçte çözüm olarak RFID sisteminden faydalananmış, konteynır üzerine yerleştirilen RFID Tag sayesinde konteynırı belirli bir dijital kimlik verilmiştir (yak000001, yük000001 gibi). Verilen bu dijital kimlik ile hangi konteynırın dolduğu, hangi konteynırın boşaltıldığı, hangi konteynirdan kaç kg çöp çıktıgı bilgisini elde etmenin yanı sıra bölgelere göre çöp oranlarının belirlenmesi ve bu bilgi ile bölgedeki konteynır sayısının yeterliliği gibi konularda karar verme amaçlı bir akıllı sistem yapısı kurulmuştur.

### Sonsuz Vidalı Redüktör

1. Dişliler sürtünme asasına göre çalışırlar.
2. Kovan Şaftlidir, Mile direkt akuple edilebilir, yada kaplin , şasi vs. gerektirmeden de kullanılabilir.
3. Az yer kapları bakımı kolaydır, ekonomiktir.
4. Zarif, kaliteli, yüksek, verimlidir,
5. Giriş ve çıkış birbirine diktir. (90  $\square$ )
6. Daha fazla yük taşırlar, çok sessiz ve düzgün çalışırlar,
7. Darbe ve şoka mukavimdir.
8. Montaj ve demontajı kolaydır,
9. Oto blokajlıdır, (kendi kendini frenleme)



**Şekil 6.** Sonsuz vidalı redüktör

Bu rödüktörler motoru kullanarak çöp konteynerindeki çöpü de sıkıştırmış bulunmaktadır. Bu sistemin çalışma prensibi ise; konteynerin içinde mil, plaka ve motor yardımıyla yukarıdan aşağıya doğru presleme işini gerçekleştirmektir.

### Araç (Robotik Çöp Toplama Aracı)

Araç yaklaşık 300 adet standart malzemeden ve 550 adet farklı bileşenden oluşmaktadır. Robotik çöp toplama aracının ağırlığı yaklaşık olarak 17 ton'dur. Sistem başlangıç hareketini araçtan alır. Araca ara şanzıman ile bağlanan iki adet hidrolik dişli pompa şanzımandan aldığı kinetik enerjiyi hidrostatik enerjiye çevirerek hidrolik eyleyicilerle sistemin çalışmasını sağlar. Sistemin hareket kontrolü için bir otomasyon sistemi tasarlanmıştır. Hidrolik valflerin (oransal, selanoid) otomasyon sistem yazılımı ile

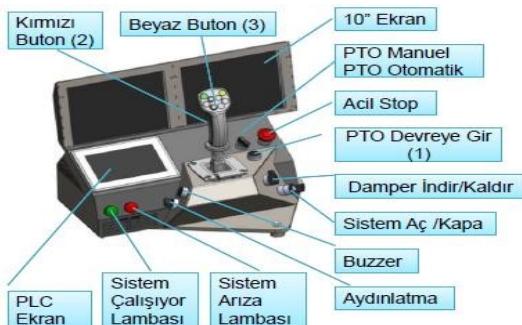
bütünleşik çalışması sonucu istenilen hareketler %0,1 hassasiyetle gerçekleştirilebilmektedir.

Sistemin çalışma detayı da şu şekildedir: Sürücü çöp konteynirini almak için manevra yaptığından, kokpite monte edilmiş 10" ekrandan yatay bomdaki kameralar aracılığı ile konteynir hizalanır, aracı vitesten çıkarmak için debriyaja basılır ve vites boşça alındıktan sonra el fireni çekilir. Debriyaja tekrar basılarak 1 numaralı butona basılır (Şekil 7), PTO devreye girer ve pompalardan sisteme yağ aktarılır. Joystick üzerinde 2 no'lu butona basılır ve joystick tutuş pozisyonuna göre ileriye doğru sürürlür, sistem otomatik pilotta harekete başlar, aynı zamanda aracın sağ ve sol yanlarındaki denge ayaklarıyla kasa üst çöp boşaltma kapağı açılır. Yatay bomlar ileriye doğru hareket eder, tutucu kafa kavrama ağızı, yatay bomlardaki lazer mesafe algılayıcılarından gelen bilginin enkoder ve açı algılayıcıları tarafından okunması ile konteynir kavrama bölgесine en yakın mesafeye kadar yol alır. Konteynir kavrama noktasının rahatlıkla yakalanması için joystickteki 2 no'lu düğmeye basılarak tutucu kafanın sağa-sola, 2 no'lu ve 3 no'lu butona basılarak ileri-geri hareketi ile kavrama işlemi daha da kolaylaştırılmış olur. Kavrama işlemi ile birlikte kafaya monte edilmiş RFID anten konteynir üzerinde bulunan RFID tag'a RFID writer ile yazılmış numaraları dikey ve yatay radyo frekansları ile okur, bu numaralar konteynirin dijital kimliğini ifade eder. Okunan değerler daha sonra portala gönderilmek üzere PLC'ye kaydedilir. Kavrama işlemi tamamlandıktan sonra joystickteki 2 no'lu butona basılır ve sistem hareketine devam eder.

Konteynir askıya alındığında dikey boma giden hidrolik hat üzerine yerleştirilmiş transmitter ile konteynirin ağırlık bilgisi elde edilir ve daha önce RFID tag'tan okunmuş konteynir kimlik bilgisi ile eşleştirilir. Böylece hangi konteynirdan kaç kilo çöp alındığı bilgisi belirlenmiş olur. Belirlenen bilgiler, PLC sistemine entegre edilmiş modem router (3G internet) aracılığıyla http adresine API olarak gönderilir. Konteynir kasa üst çöp boşaltma bölgесine geldiğinde tutucu kafadaki pim basma mekanizması devreye girerek konteynir alt kapakların açılmasını sağlar ve böylece konteynir içindeki çöpler kasaya dökülmüş olur. Ardından kasada bulunan hidrolik sıkıştırma mekanizması ile de çöpler sıkıştırılır.

Çöp boşaltma işlemi bittikten sonra sistem otomatik pilotta konteyniri aldığı ilk pozisyonu bırakıp park pozisyonuna geçer. Sistem park pozisyonuna geldikten sonra debriyaja basılır ve PTO devre dışı bırakılır, araç hareket etmeye hazır hale gelir. Robotik çöp toplama aracının kat ettiği yol bilgisi, konum bilgisi, hız bilgisi, boşta çalışma süresi gibi bilgiler bir yazılım ile sağlanmaktadır. Sağlanan bu bilgiler paket yazılımın içerisinde yerleştirilmiş SIM kart (M2M) ile ana bilgisayara mesaj gönderilerek yazdırılır.

Robotik çöp toplama aracı kokpitinde (Şekil 7) bir adet PC tablet bulunmaktadır. Sürücü bu tablet ile internete bağlanarak izleyeceği rotayı ve verilen görevleri kolaylıkla görebilir. Ayrıca portala (kullanıcı ara yüzü) bağlanarak gerçek zamanlı konteynir, yol v.b. bilgileri alabilir.



**Şekil 7.** Çöp toplama aracı kokpitı

### Portal (Kullanıcı Ara Yüzü)

Sistemi oluşturan üçüncü grup ise kullanıcı ara yüzüdür . Bu ara yüz ile sistem ve kullanıcı arasında anlık bilgi paylaşımı, geçmişe dönük raporlar, görev tanımlamaları, çeşitli kıyaslamalar, verimlilik değerlendirme, araç rotalama gibi belli başlı konularda bilgi aktarımı sağlanmaktadır. Portala bilgiler uydu aracılığıyla ulaşmaktadır. Konteynırlarda ve araçta bulunan SIM kartlar (M2M), algılayıcılarından aldığı bilgileri internet ortamına mesaj ile aktarır. Aktarılan bilgiler özel bir yazılım sayesinde istenilen değerlerle kıyaslanarak veya yalın halleriyle kullanıcıya sunulur.

Yazılımin çalışma mantığı şu şekildedir:

- Sisteme portal yöneticisi tarafından ilgili belediyenin sistemsel ihtiyaç tanımlamaları (firma bilgileri, firma ekran lisansları, çalışanları, kullanıcı yetkileri, kullanıcıları) yapılır.
- Sistem sahibi firma tarafından atık toplamada kullanılacak ürünler ve konum bilgileri (araçlar, kalkış varış noktaları, konteynırlar) tanımlanır.
  - a) Araç tanımı yapılmadan önce, araç takip modülü araca yerleştirilir.
  - b) Araç kalkış ve varış noktaları belirlenir.
  - c) Konteynır sisteme tanımlanmadan önce koordinatları belirlenmiş ve üzerine doluluk algılayıcı ile RFID etiketi takılmış olmalıdır.
- Araçların ve konteynırların içerisinde yerleştirilen özel tasarlanmış donanım ve yazılımlar aracılığıyla toplanan bilgiler, düzenli aralıklarda web servis üzerinden sunuculara ilettilir.
  - a) Araca ait modül düzenli aralıklarla aracın konum, hız, km sayaç vb. bilgilerini sisteme gönderir.
  - b) Konteynira ait modül düzenli aralıklarla doluluk oranını sisteme gönderir.
  - c) Araç konteynır tartım modülü konteyniri boşalttığı anda toplanan çöp ağırlığını sisteme gönderir.

Kullanıcı, yapılan tanımlamalardan sonra araçları ve konteynırları istenilen zaman aralıklarında güncel bilgiler ile izleyebilir ve iş emirleri oluşturabilir.

- a) Kullanıcı (yönetici), toplanacak konteynırları ilgili ekran üzerinden planlar ve bu planı sistem sürücüye SMS ile bildirir.
- b) Sürücü ilgili iş emrine fiili olarak başlarken portaldan iş emrini başlatır.
- c) İş emri başladığı anda araca ait bilgiler izleme ekranından tanımlı süre aralıklarında izlenebilir.
- d) Sürücü iş emrini fiili olarak tamamladığında portaldan iş emrini bitirir.
- e) Kullanıcı (yönetici), tamamlanan iş emirlerini raporlayıp analizlerini yapabilir.
- f)

#### **4. SONUÇ**

Gelişmiş dünya standartlarında katı atık toplama sistemleri hem geri dönüşüm hem de hijyen (sağlık) açısından çok önem kazanmıştır. Bu tür sistemlerin en az harcama ile en sağlıklı şekilde ortaya konmaları yerel yönetimlerin sorumluluğundadır. Ancak uygulamalar incelediğinde gelişmiş ülke şehirlerinde dahi çöp toplama işleniminin sağıksız koşullarda ve düşük verimlilikle yapıldığı, bu alanda akıllı sistem çözümlerine ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir.

Bu yayında açıklanan yaklaşımlar ve ortaya konan akıllı çöp toplama sistemi, verimli şekilde en az harcama-en az çevreye zarar yaklaşımıyla daha sağlıklı, hijyenik, şehir mobilyasına uygun çözümleriyle, gelişmiş dünyanın sorunlarına çözüm oluşturabilecek teknolojik bir sistemdir. Günümüzün teknolojik imkânları, haberleşme teknolojileri, bu alanda yıllara dayanan tecrübe ve katı atık toplama bilgileriyle birleştirilerek sistem ortaya konmuştur.

#### **5. KAYNAKLAR**

- [1] VICENTINI, F., GIUSTI, A., ROVETTA, A., FAN, X., HEB, Q., ZHU, M. and LIU, B., “Sensorized waste collection container for content estimation and collection optimization”, *Waste Management*, 29, 1467–1472, 2009.
- [2] BONOMO, F., DURÁN, G., LARUMBE, F. and MARENCO, J., “A method for optimizing waste collection using mathematical programming: a Buenos Aires case study”, <http://wmr.sagepub.com/content/30/3/311>.
- [3] ISMAIL, Z. and LOH, S.L., “Ant Colony Optimization for Solving Solid Waste Collection Scheduling Problems”, *Journal of Mathematics and Statistics*, 5 (3), 199-205, 2009.
- [4] KARADIMAS, N.V., PAPATZELOU, K. and LOUMOS, V.G., “Optimal solid waste collection routes identified by the ant colony system algorithm”, *Waste Manage Res.*, 25, 139–147, 2007.
- [5] JOHANSSON, O.M., “The effect of dynamic scheduling and routing in a solid waste management system”, *Waste Management*, 26, 875–885, 2006.
- [6] FACCIO, M., PERSONA, A. and ZANIN, G., “Waste collection multi objective model with real time traceability data, *Waste Management*”, 31, 2391–2405, 2011.
- [7] VIOTTI, P., POLETTINI, A., POMI, R. and INNOCENTI, C., “Genetic algorithms as a promising tool for optimisation of the MSW collection routes”, *Waste Manage. Res.*, 21, 292–298, 2003.
- [8] NUORTIO, T., KYTOJOKI, J., NISKA, H. and BRAYSY, O., “Improved route planning and scheduling of waste collection and transport”, *Expert Systems with Applications*, 30, 223–232, 2006.
- [9] AREBEY, M., HANNAN, M.A., BASRI, H., BEGUM, R.A. and ABDULLAH, H., “RFID and Integrated Technologies for Solid Waste Bin Monitoring System”, *Proceedings of the World Congress on Engineering 2010*, Vol I, WCE 2010, June 30 - July 2, London, U.K, 2010.
- [10] <http://www.ebelediye.info/?pid=22721>; Ziyaret Tarihi: 28.01.2014).

## **AMBALAJ ATIKLARI GERİ KAZANIM AKSARAY ÖRNEĞİ**

Mehmet Akif Koçak

Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray

Kocak-Akif@Hotmail.Com

**ÖZET:** Küreselleşme, hızlı ve düzensiz artan dünya nüfusu ile birlikte insanların ihtiyaçlarının artması ile doğru orantılı olarak, işletmeleri daha fazla hammadde tüketmeye zorlamıştır. Artan hammadde tüketimi ile birlikte, doğal denge bozulmakta ve çevreye verilen zarar artmaktadır. İşte bu noktada geri dönüşümün önemi ortaya çıkmaktadır. Ambalaj atıklarının çevreye zarar verecek şekilde alıcı ortama bırakılmasını önlemek için ambalaj atıklarının tekrar kullanımı, geri dönüşümü ve geri kazanımı yoluna gidilmelidir. Bu sistemin işleyışı kaynakta ambalaj atıklarının evsel atıklardan ayrı olarak biriktirilerek toplama sistemine verilmesi ile başlamaktadır. Bu çalışmada, ambalaj atıklarının tekrar kullanımını, geri dönüşümü ve geri kazanımı ele alınmış, Aksaray'da yapılan geri dönüşüm çalışmaları sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ambalaj, Ambalaj atığı, Geri kazanım, Yeniden kullanım, Geri dönüşüm

## **RECYCLING OF PACKING WASTES AND AKSARAY SAMPLE**

**ABSTRACT:** Globalisation, together with the fast and frantically population increase compelled companies to use up more resources. With the increasing consumption of resources, balance of nature has been destroyed and harm to the nature has been increased. And just at this point, importance of recycling appears. The management of packaging materials (i.e. recovery and recycling of packaging waste) aims to minimize the impact of packaging waste on the environment; hence packaging wastes should be accumulated separately from domestic waste at source. In this investigation, that was made in Aksaray reusing, recycling and regaining of the packing waste has been handled.

**Keywords:** Packaging, Packaging waste, Recovery, Reuse, Recycling

### **GİRİŞ**

Gelişen toplumlarda insanların tüketim alışkanlıklarını ile tüketim maddelerinden katı atık miktar ve bileşimleri arasında doğrusal bir ilişki vardır. Özellikle köyden kente göçün hızlanması ile büyük şehirlerin nüfusu gittikçe artmış toplumumuzdaki üretken nüfus yerini tüketici nüfusa bırakmıştır. Artan nüfusa paralel hızlı gelişen sanayinin, üretilen katı atık miktarlarında payı büyütür. Depolama sahaları, artan çöp miktarı ile birlikte ömründen önce dolmakta ve dünya genelinde depolama sahaları için alan istihdam etmekte sıkıntılardır yaşanmaktadır. Üretilen katı atık miktarındaki bu artışın sebebi insanların gelişen teknoloji ile birlikte tüketim alışkanlıklarının da değişmesidir. Tüketim alışkanlıklarının değişimine bağlı olarak her ürünün tüketiciye sağlıklı uzun ömürlü olarak ulaşması için ambalajlanması söz konusudur. Bunun sonucunda ürün tüketiciye ulaştığında ambalajın görevi bitmektedir. Tüketim sonucu oluşan ambalaj atıkları değerlendirildikleri takdirde hammadde ihtiyacını karşılayarak, ekonomik getiri sağlamaktadır. Katı atık miktarının azaltılmasındaki en önemli

katı atık yönetim basamağını geri dönüşüm oluşturmaktadır. Sağlıklı ve sürdürülebilir bir katı atık yönetim sistemi, ambalaj atıklarını diğer atıklar ile karışmadan kaynağında ayrı toplanması ve organize bir yapı içerisinde geri kazanım sürecinin gerçekleştirilmesi ile oluşmaktadır.

Atık, herhangi bir faaliyet sonucu çevreye bırakılan zararlı madde olarak tanımlanabilir. İçeriği akıcı olabilecek kadar sıvı içermeyen atıklar katı atıklardır.

Katı atıkların yönetimi, atıkların oluşumundan son bertarafına kadar devam eden aşamalarda (atıkların oluşumu, biriktirilmesi, toplanması, taşınması, işlenmesi, depolanması) çeşitli disiplinlerin (halk sağlığı, ekonomi, mühendislik, çevre koruma gibi) prensiplerini kullanarak uygun çözümler üreten bir süreçtir. Sürdürülebilir bir atık yönetiminin hedefi, kaynakların kullanımında döngüsel süreçte geçerek nihai tüketim sonucunda oluşan atıkların faydalı amaçlar doğrultusunda tekrar kullanılmasıdır. Bu nedenle sürdürülebilir atık yönetimi kavramı, toplumsal yaşamda değişik sektörlerce üretilen atıkların yönetiminde, depolama alanlarında ve yakma tesislerinde kaybolan atıkların/kaynakların en aza indirilmesi ve engellenmesi, geri kazanım oranlarında en yükseğe ulaşılması, geri kazanımı ve tekrar kullanımı mümkün olmayan materyallerin ise tekrar kullanımını ve geri kazanımı mümkün olanlarla değiştirilmesini amaçlamaktadır. Katı atıklar bertaraf yöntemi olarak vahşi ve düzenli depolama olmak üzere ikiye ayrılır.

Katı atıklar; evsel, endüstriyel, tehlikeli, özel, tıbbi, tarım ve bahçe, inşaat ve moloz atıkları gibi sınıflandırılabilir. Ambalaj atıklarının en çok görüldüğü sınıf evsel katı atıklar sınıfıdır.

Ambalajın yönetmelik dahil birçok tanımı bulunmaktadır. Ambalaj, bir ürünün fabrikadan tüketiciye kadar ulaştırılması aşamalarında dağıtım zinciri olarak ifade edilen taşıma, depolama ve yükleme-boşaltma işlemlerinde, içerdeği ürünü koruyan ve üzerinde yer alan bilgilerle iletişim sağlayan optimum maliyetli kaplar ve/veya sargılar olarak tanımlanmaktadır. Ambalaj atığı: Üretim artıkları hariç, ürünlerin veya herhangi bir malzemenin tüketiciye ya da nihai kullanıcıya ulaştırılması aşamasında ürünün sunumu için kullanılan ve ürünün kullanılmasından sonra oluşan kullanım ömrü dolmuş tekrar kullanılabilir ambalajlar da dahil çevreye atılan veya bırakılan satış, ikincil ve nakliye ambalaj atığıdır. Ambalajlar çeşit olarak ikiye ayrılabilir. İlk ticari açıdan, ikinci malzeme bakımından. Ticari açıdan ambalajlar; satış, dış ve nakliye ambalajlarıdır. Ticari açıdan ambalajlara örnek verirsek satış için kutu kola, su şişesi; dış ambalajlara koliler, kasalar; nakliye ambalajı olarak ahşap paletler örnek verilebilir. Malzeme cinsinden ambalajlara bakacak olursak bunlar ; kağıt, karton, plastik, metal, cam, ahşap, kompozit olarak sınıflandırılabilir.

### **Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği**

24 Ağustos 2011 tarih ve 28035 sayılı Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği 24.08.2011 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

8.Bölüm ve 37 maddeden oluşmaktadır. Yönetmeliğin amacı, ambalaj atıklarının çevreye vereceği zararın önlenmesi, ambalaj atıklarının oluşumunun önlenmesi, önlenemeyen ambalaj atıklarının tekrar kullanımı, geri dönüşümü ve geri kazanım yolu ile bertaraf edilecek

miktارının azaltılması, belirli özelliklere sahip ambalajların üretimi ve ambalaj atıklarının belirli bir sistem içinde kaynağında ayrı toplanması, taşınması, ayrıştırılması konularında teknik ve idari standartların oluşturulması için gerekli prensip, politika ve programlar ile hukuki, idari ve teknik esasların belirlenmesidir.

### **Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Geri Kazanımı**

Dünya'da ve ülkemizde nüfusun artmasına paralel olarak katı atık miktarı gün geçtikçe artmakta ve atıkların geri kazanılması büyük önem kazanmaktadır. Ülkeler katı atıkların hiçbir işlem uygulanmadan toplanıp doğrudan depolama alanlarında bertaraf edilmesini bırakarak, hammadde kaynaklarına olan gereksinimi ve depolama alanlarına olan gereksinimi azaltan ve yeni bir kaynak yaratacak olan katı atıkların geri kazanılması yöntemini benimsemişlerdir. Ambalaj atıklarının geri kazanılmasıyla; depolama alanlarının kapasiteleri artırılmış olur, doğal kaynaklar korunur, enerji tasarrufu sağlanır, atık miktarı azalır.

## **MATERIAL METOT**

### **Aksaray İli Hakkında Genel Bilgi**

Aksaray ili Orta Anadolu'nun ortasında  $33-35^{\circ}$  doğu meridyenleri  $38-39^{\circ}$  kuzey paralelli arasında yer almaktadır. İlin kuzeyinde Kirşehir, Ankara, doğusunda Nevşehir, Güney doğusunda Niğde, batısında Konya, kuzey batısında Tuz Gölü yer almaktadır. İlin yüzölçümü 7.721 km.dir. Bölgede Hasandağı, Melendiz Dağları ve Ekecik Dağı gibi volkanik dağlar ile lavların meydana getirdiği platolar vardır. Batıda ise Konya Ovası'nın büyük bir kesimi Aksaray sınırları içerisinde kalmaktadır

### **İklim, Bitki Örtüsü, İdari Yapı**

Aksaray İli orta iklim kuşağında olup, soğuk, karasal iklim tipine sahiptir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuktur. Yağışlar genellikle İlkbahar ve kış aylarında görülmektedir. Yazlık ve gece-gündüz sıcaklık farkları çok fazladır.

Aksaray'ın deniz seviyesinden yüksekliği 980 m.dir. Yüzölçümü 3.935 km<sup>2</sup> olup, merkez ilçenin toplam nüfusu 266.962, köy nüfusu 84.623'dir. Aksaray İli'nde Merkez İlçe dahil 7 İlçe bulunmaktadır. Bağlı İlçeler; Merkez, Ağaçören, Eskil, Gülağaç, Güzelyurt, Ortaköy, Sarıyahşi'dir

### **Aksaray'da Ambalaj Atıklarının Kaynağında Ayri toplanması**

Aksaray Belediyesi geri dönüşüm projesinin yönetimini il sınırları içerisindeki lisanslı toplama ayırmaya tesislerine devretmiştir. Geri dönüşüm projesinin amacı; kullanılmış ambalajları (Kağıt/Karton, plastik, metal, cam vb.) kaynağında evsel atıklardan ayrı toplayarak, geri kazanımı sağlamak ve gerekli hammadde ihtiyacımızı karşılamaktır. Katı atık kompozisyonunun büyük bir kısmını oluşturan geri dönüşümü mümkün atıklar kaynağında evsel atıklardan ayrı toplanarak, katı atık bertaraf maliyetlerini düşürmektedir. Belediye ile lisanslı toplama ayırmaya tesisleri arasında yapılan protokolde ambalaj atıkları yönetimi nerede,

nasıl, ne zaman başlayacağı, atıkların ne tür toplama araçları ile toplanacağı, nerede ayırtılacağı, geri kazanılan ürünlerin nerede değerlendirileceği, tüketicilerin nasıl eğitileceği ve sokak toplayıcılarının sisteme nasıl rehabilite edileceği gibi aşamaları kapsamaktadır. Çalışmaların ilk etabı kamu kurumlarında başlatılacak, daha sonra proje genişletilerek mahallelerde geri dönüşümü mümkün olan atıklar kaynağından toplanabilecek.

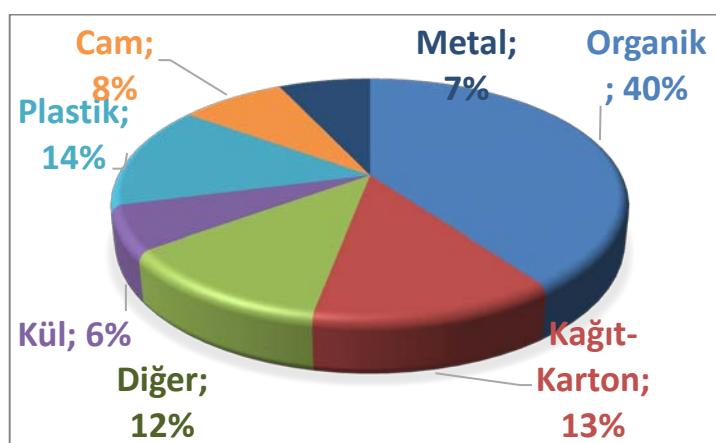
### **Ambalaj Atıkları Yönetimi Uygulama Planı Hazırlanması**

Belediye ambalaj atıklarını kaynağında nasıl ve ne zaman toplatılacağını belirleyen bir plan hazırlayarak, Çevre ve Şehircilik Bakanlığına onaylanmak üzere sunmaktadır. Bu planda; nüfus, oluşan atık miktarı, atık kompozisyonu, kaynakta ayrı toplama konusunda verilecek eğitim programları, kullanılacak toplama araçları, poşet ve konteyner sayıları, kapasiteleri, ayrı toplama noktaları, ayrı toplama gün ve saatleri, ambalaj atıklarının toplanacağı cadde, sokak ve mahalle sayıları ve benzeri bilgiler yer almaktadır. Ambalaj atıkları yönetim planına ilişkin esaslar Bakanlıkça belirlenir ve sunulan ambalaj atığı yönetim planı uygun bulunması halinde Bakanlık tarafından onaylanmaktadır.

### **ARAŞTIRMA BULGULARI**

Aksaray ilinde kişi başına ortalama katı atık üretim hızı 1.03 kg/kişi-gün dür. Lisanslı ambalaj atığı toplayıcı ve ayırıcı olarak belediye ile anlaşmalı Tarhan Geri Dönüşüm bulunmaktadır.

Aksaray'da 1 adet Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi bulunmaktadır. Tesis Mahalli İdareler Hizmet Birliği tarafından işletilmektedir. Aksaray'da toplanan katı atık miktarı yaz aylarında 220 ton/gün, kış aylarında 200 ton/gündür. Ayrıca katı atık tesisi içerisinde oluşan deponi gazından elektrik üretimi yapılmaktadır. 1 adet Tıbbi Atık Sterilizasyon tesisi bulunmaktadır.



**Şekil 1 Aksaray Atık Kompozisyonu**

**Table 1 Aksaray Atık Miktarları(2012)**

	Evsel Katı	Ambalaj	Tıbbi	Pil-Akü-
	Atık (2012)	Katı Atık (2012)	Katı Atık(2012)	Lastik ve Tehlikeli Atık(2012)
<b>Yıllık Miktar (Ton/Yıl)</b>	<b>69.350</b>	<b>17.673</b>	<b>254</b>	<b>694</b>

**Table 2 Aksaray Ambalaj Atık Miktarları (2015)**

AYLAR	TOPLANAN AMBALAJ ATIK MİKTARI
OCAK	<b>50.200 kg/ton</b>
ŞUBAT	<b>70.150 kg/ ton</b>
MART	<b>85.100 kg/ton</b>
NİSAN	<b>90.150 kg/ton</b>
MAYIS	<b>100.140 kg/ton</b>
HAZİRAN	<b>200. 140 kg /ton</b>
TEMMUZ	<b>390.290 kg /ton</b>
AĞUSTOS	<b>410.200 kg/ton</b>
EYLÜL	<b>470.030 kg/ ton</b>
EKİM	<b>482.660 kg/ton</b>
KASIM	<b>491.960 kg/ton</b>

### **SONUÇ ve TARTIŞMA**

Doğal kaynakların geri dönüşümsüz olarak tüketilmesi, bertaraf maliyetleri, depo sahası gereksinimlerinden dolayı geri kazanım bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Geri kazanım çalışmalarının istenen düzeyde olması ve bir fayda sağlayabilmesi için kaynakta ayrılm oldukça önemli bir konudur. Bu konuda gerekli hassasiyetin gösterilmesi atık üreticilerine düşmekle birlikte mamul üreticilerinin ve katı atıkları toplamakla yükümlü olan belediyelerin de atık üreticilerine gerekli yardım yapmak ve onların biçimlenmesine katkı sağlamaları gerekmektedir. Sağlıklı ve verimli bir geri kazanım çalışması tüm tarafların koordineli olarak çalışması ile gerçekleştirilecek bir yönetim sistemi ile mümkündür.

Aksaray ilinde ambalaj atıkları sadece kamu alanlarında ve belirli mahalle ve fabrikalardan toplanmaktadır. Bu kapsamda halkın bilinçlendirilme hususunda özel şirketler, kamu kuruluşları, medya organları hep birlikte hareket edebilir ise daha başarılı sonuçlar elde edilebilir. Bu amaçla tanıtıcı filmler, basılı yaynlarda çıkarılacak haberler ve köşe yazıları, küçük el ilanları, eğitimler, seminerler ve en önemlisi de dernekler ile işbirliği gibi çalışmalar içerisine girilmelidir. Çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan sürdürülebilir bir kalkınma sağlanması ancak tüm ilde geri dönüşümün yaygınlaştırılması ile mümkün olacaktır. Okul

eğitimleri bu projenin başarılı olmasında oldukça önemli bir etkendir, özellikle ilköğretim çağındaki öğrencilerin erken yaşıta bilinçlenmesi gelecek yıllar için verimli bir çalışmıştır. Atık yönetim planımızı vatandaşın merkeze oturtarak kurgulamalıyız. Vatandaşa, onun geri dönüşümde olmazsa olmaz bir yerde olduğunu sadece laf ile, övgü ile değil dokunur cinsten maddi bir değer ile ifade etmemiz gerekmektedir. Maddi değerden maksat depozito uygulamaları ki eskiden kullanılmış bir sistemdir. Depozito uygulamalarının örnekleri Avrupa ve Amerika'da bulunmaktadır. Bu hem yönetim modelinin vatandaşın sahiplenmesi, hem de vatandaşın geri dönüşümü benimsemesi sonuçlarını elde etmemize vesile olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Aksaray Çevre Durum Raporu (2012,2013,2014).  
Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Kontrol Yönetmeliği.  
Ambalaj Atıklarının Yeniden Değerlendirilebilirliği ve Küçükçekmece Örneği (Gül Sümeysra AKÇAY HAN 2008).  
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimler Enstitüsü.  
Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi.  
Sakarya İli Entegre Atık Yönetimi ve Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü(Yüksek Lisans Tezi Çev.Müh Şevhan SAYAR).  
Tarhan Geri Dönüşüm/Aksaray.

## ARITMA ÇAMURU BERTARAF YÖNTEMLERİ

Furkan TUĞCU<sup>1</sup>, Yakup KURMAC<sup>2</sup>

(1) Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, furkan.tugcu24@gmail.com

(2) Öğr.Gör, Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, ykurmac@gmail.com

**ÖZET:** Çağımızdaki hızlı nüfus artışı sanayileşme göz önüne alınırsa içme suyu miktarının ve atık su miktarının arttığı anlaşılmaktır. Bu artışlar akabinde arıtma tesislerinin kaçınılmaz sorunu atık çamuru ortaya çıkmaktadır. Çıkan atık çamurunun bir çok bertaraf yöntemi olduğu gibi yapılan araştırma ve çalışmalar ile tekrar kazanımının da mümkün olduğu görülmüştür. İnsanoğlunun çeşitli faaliyetleri sonucu oluşan evsel ve endüstriyel atık suyun fiziksel, kimyasal veya biyolojik yöntemlerle arıtılması sonucu kullanılan prosese ve işletme şartlarına bağlı olarak ağırlıkça yaklaşık %0.25-12 katı madde (k.m.) içeren katı atık açığa çıkmakta ve arıtma çamuru olarak ifade edilmektedir. Bu çamur içerdiği patojen ve toksik bileşenler yüzünden ciddi çevre problemlerine yol açmaktadır ayrıca önemli depolama ve uzaklaştırma problemleri oluşturmaktadır. Bu problemlerin ortadan kaldırılması amacıyla bir çok bertaraf yöntemi kullanılmaktadır. Kullanılan yöntemler çamur içeriğine göre değişiklikler göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Atıksu, Arıtma tesisi, Arıtma çamuru

## TREATMENT SLUDGE DISPOSAL METHODS

**Abstract:** Given the rapid population growth in today to be understood as industrialization increased the amount of waste water and drinking water. These increases were inevitable question then arises of the treatment plant sludge. A lot of waste disposal as well as research and recapture method to study the sludge was found to be possible. Mankind's domestic and industrial waste water resulting from the various activities of the physical, chemical or biological methods afforded used in process and operating conditions depending wt% 0.25-12 solid (K. M.) which is expressed as the exit open solid waste and sewage sludge. This sludge contains pathogens and is also important because of the toxic components are created in the storage and disposal problems can lead to serious environmental problems. This disposal method is used a lot of problems with the aim of elimination. Illustrates the methods used vary according to the sludge content.

**Keywords:** Waste Water, Treatment Plant , Sludge

## GİRİŞ

Arıtma tesislerinde toplam yatırım maliyetinin yaklaşık %50'sini açığa çıkan çamurun bertaraf edilmesi/uzaklaştırılması ile ilgili birimler oluşturmaktadır (Winkler, 1993). Günümüzde arıtma çamurunun çevreye zarar vermeden nihai bertarafi ve değerlendirilmesi konusunda özellikle A.B.D., İngiltere, Fransa, Almanya, Hollanda, Danimarka ve Japonya gibi ülkelerde önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de gelişen sanayi ve artan nüfus yoğunluğundan dolayı konuya ilgili çeşitli çalışmalar/raştırmalar özellikle son yıllarda büyük önem kazanmaya başlamıştır.

Atıksu arıtma tesislerinin üretikleri çamurun kurulacak yeni arıtma tesislerinin de devreye girmesi ve hızla artan nüfus nedeniyle büyük miktarlara ulaşacağı, dolayısıyla arıtma çamuru sorununun öncümüzdeki yıllarda daha da önemli boyutlara ulaşacağı açıktr. Örneğin; ülkemizde sadece endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden yılda yaklaşık 3 milyon ton çamur açığa

cıkmaktadır (DİE, 1994 ).

Arıtma çamurları kaynağına ve özelliklerine göre çeşitli çamur türleri sınıflandırılmaktadır. Buna göre atıksu arıtma çamurları 6 ana grupta toplamak mümkündür (Degremont, 1991).

Hidrofilik orsanik çamur: En önemli sınıflardan birisini oluşturmaktadır. Bu çamurun susuzlandırılmasında karşılaşılan zorluklar büyük miktardaki hidrofilik kolloidlerin varlığından kaynaklanmaktadır.

Hidrofilik inorganik çamur: Bu çamur ham sudaki metal iyonların (Al, Fe, Zn, Cr) veya organik flokülantların (demir ve alüminyum tuzları) kullanımı sonucu fiziksel-kimyasal arıtma prosesleri sürecinde oluşan metal hidroksitler içerir.

Yağlı çamur: Mineral veya hayvansal yaqlardan oluşur.

Hidrofobik inorganik çamur: Bu çamur düşük miktarda bünye suyu içeren önemli miktarlarda partikül maddelerle (kum, silt, curuf, kristalize tuzlar, v.s.) karakterize edilir.

Hidroilik-hidrofobik inorganik çamur: Bu çamur genelde hidrofobik maddelerden oluşur ancak çamur susuzlandırıldığında baskın bir şekilde negatif etki yaptığından önemli miktarlarda hidrofilik maddeler içerir.

Fibroz çamur: Bu çamurun susuzlandırılması; fiberleri yoğun olarak kazanırken, hidroksitler veya biyolojik çamurdan dolayı hidrofilik olması dışında susuzlandırılması genellikle kolaydır.

Arıtma Çamurunun Yapısı:

Arıtma çamurunun yapışım belirleyen faktörler şunlardır (Degremont, 1991):

1) Kuru Katı İçeriği (k.m.): Litre başına gram veya ağırlıkça (%) miktari olarak açıklanır ve 105 °C'de sabit ağırlığa ulaşıcaya kadar kurutularak tespit edilir.

2) Uçucu Katı İçeriği (UK): Kuru katı içeriğinin ağırlıkça yüzdesi olarak açıklanır ve 550-600 °C'deki bir firında gazlaştırma ile tespit edilir.

3) Element İçeriklerinin Ağırlığı (Özellikle organik çamur durumunda):

-C ve H (çamurun net kalorifik değerini belirlemek için)

-N ve P (çamurun tarımsal değerini belirlemek için)

4) Suyun Kompozisyonu: çözünmüştür maddeler, KOI, BOI, önemli etkenlerdir.

Suyun Yapısı: Arıtma çamurundaki suyu dört grupta toplamak mümkündür. Bunlar;

Serbest su: Çamur partiküllerine bağlı olmayıp, graviteli çökelme ile kolayca ayrılır.

a) Flok (yumak) suyu: Floklar içindeki hapsedilmiş su olup, yumakla birlikte hareket ederler. Mekanik su alma işlemleri ile giderilebilirler.

b) Kapiler su: Partiküller üzerinde, bağlı (yapışık) halde bulunur ve bu partiküllerin sıkıştırılarak deformasyonları sonucu uzaklaştırılabilir.

c) Kimyasal bağlı su: Partiküller içinde kimyasal olarak bağlanmış sudur.

### Çamurun Özellikleri

#### Fiziksel Özellikleri

##### Özgül Ağırlığı

Birim hacimdeki çamur ağırlığının aym hacimdeki suyun ağırlığına oram şeklinde tanımlanan özgül ağırlık birçok çamur örneği için yaklaşık  $1.0 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Bir başka ifadeyle çamurun özgül ağırlığı hemen hemen suyunkine yakındır.

##### Katı Madde İçeriği

Çamurun katı ve sulu kısımları arasındaki ilişki katı madde konsantrasyonu olarak birim hacme düşen ağırlık olarak tanımlanır ve  $\text{mg/L}$  veya  $\%\text{k.m.}$  (katı-kuru- madde) olarak belirtilir. Çamurdaki toplam katı maddeler, askıda ve çözünmüş katı maddelerin toplamına eşittir. Bu üç tür katı maddenin (toplam, askıda ve çözünmüş) her biri uçucu ve sabit kısımlara sahiptir.

##### Tane İrililik Dağılımı

Arıtma çamuru içindeki taneler sadece boyut olarak değil aynı zamanda şekil ve yoğunluk olarak da değişkendir. Bu nedenle tane iriliği ile çamuru karakterize etmek zordur. Ancak özellikle susuzlandırma işlemlerinde tane boyut analizi yapılmalıdır.

##### Kimyasal Özellikler

Evsel ve endüstriyel nitelikli arıtma çamurlarının özellikleri çıkış kaynaklarına bağlı bulunduğuundan kimyasal bileşimleri konusunda bir genelleme yapmak zordur. Arıtma çamurunun kimyasal bileşiminin bilinmesi nihai bertaraf yönteminin seçilmesi ve çamurdan yararlanma imkanlarının (gübre olarak) değerlendirilmesi açısından önemlidir. Ayrıca yine yakma ve arazide bertaraf yöntemleri de düşünüldüğünde ağır metaller ve hidrokarbonların miktarının belirlenmesi önem kazanmaktadır.

### Isıl Değeri

Aritma çamurunun isıl değeri, kalorimetre testleri ile tanımlanır ve çamurun türüne, toplam organik karbon ve uçucu katı madde içeriğine bağlıdır. Fiziksel-kimyasal arıtma çamurları inert madde içeriğinden dolayı düşük isıl değere sahiptirler. Genellikle ham çamurun isıl değeri yaklaşık 4180 kcal/kg k.m. iken çürütülmüş çamurda bu değer 2500 kcal/kg k.m. olabilmektedir (Werther ve Ogada, 1999).

### Gübre Değeri

Evsel atıksu çamurunun gübre olarak değeri içeriği nutrient (N, P ve K) miktarlarına bağlıdır. Bu maddelerin arıtma çamurundaki miktarı genellikle iyi bir kimyasal gübrede aranan değerlerden daha düşüktür.

### Besin Değeri

Aritma çamuru bazen besin kaynağı olarak da kullanılabilir. Kentsel- evsel- atıksu arıtma tesislerinden gelen çamurlar oldukça yüksek oranlarda protein içerirler. Örneğin aktif çamurun, protein miktarı %35 civarında olduğundan, hayvan yemi olarak kullanılması mümkündür (Velioğlu, 1980).

### Biyolojik Özellikler

Atıksu aritiminde meydana gelen çamurlarda iki önemli husus toxonomi (organizmaların sınıflandırılması) ve patojen (hastalık yapan) organizmaların varlığıdır. Bunların türünün ve miktarının tespiti zor olduğundan kimyasal özellik gibi biyolojik ve biyokimyasal özelliklerin çamur için bir genellemesini yapmak zordur.

Ham ön çökeltim çamuru çok sayıda ve farklı türde organizma içerir. Patojen organizmaların konsantrasyonu oldukça yüksektir. Aktif çamurda çok çeşitli organizmalar vardır ve hepsinin bilinmesi mümkün değildir. Çürütme işlemi ile patolojik mikro-organizmalar büyük oranda yok edilirler.

Verilen fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bakılarak mevcut çamur için en uygun bertaraf yöntemi uygulanır.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

### Aritma Çamuru Bertaraf Yöntemleri

Atıksuların aritilmasında zor ve pahalı işlemlerden birisi, oluşan çamurlara uygulanan işlemler ve bertaraf yöntemleridir. Günümüzde çok farklı çamur bertaraf /uzaklaştırma işlemleri mevcuttur.

Bunlar;

- i.      Düzenli depolama (tek başına veya evsel katı atıklarla birlikte depolama)
- ii.     Araziye gömme
- iii.    Araziye boşaltma
- iv.    Okyanusa boşaltma
- v.    Anaerobik parçalama (çürütme): daha stabil madde elde etmek için çamurdaki organik veya uçucu maddelerin biyolojik oksidasyonu.
- vi.    Termal işlemler (yakma)
- vii.   Toprak İslahı (zirai üretimde kullanım)
- viii.   Fidanlıklarda, orman alanlarında, rekreasyon alanlarında (parklar, golf sahaları vb), peyzaj düzenlemeye ve ev bahçelerinde
- ix.    Diğer
- x.    Bozulmuş alanlarda (maden alanları, inşaat sahaları vb), otoyollarda, havaalanı pistlerinde

Düzenli Depolama: Düzenli depolama diğer uzaklaştırma yöntemlerine göre daha ucuzdur. Ancak arazi maliyeti ve susuzlaştırma işlemi önemli rol oynamaktadır.

Araziye Gömme: Bu yöntemde çıkan atık çamurunun laboratuvar çalışmaları sonucu içeriğine bakılır. Eğer içeriği toprağa yeraltı sularına zarar vermeyecek kriterlerde ise uygulanabilir ancak bu yöntem pek tercih edilmiyor. Kontrolü ve uygulanması zor olan bir yöntem.

Araziye Boşaltma: Araziye gömme yöntemine göre kontrolü daha zor olan bir yöntemdir. Çıkan çamur uygun boş arazilere boşaltılır.

Okyanusa Boşaltma: Dolgu malzemesi olarak kullanılma esasına dayanan bu yöntemde çamur okyanusa kıydan deşarj edilir. Bu yöntemin dezavantajları deşarj noktasındaki canlılara ve ekolojik dengeye zarar verebilir bu yüzden bu deşarj için izinler çok zor alınmaktadır.

Anaerobik Parçalanma: Türkiye de yaygınlaşmaya başlayan anaerobik artım ile hem çamur susuzlaştırma işlemi hemde stabilizasyon işlemleri yapılmış olmaktadır. Bu giderim yönteminde hem çamur giderimi sağlanmış olur hemde metan üretimi ile enerji sağlanmış olur. Metan gazı ısınmada kullanılacağı gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.

Yakma : Yakma işleminde esas amaç, yanabilir nitelikteki atıkların kontrollü bir yanma işlemi sonucu önemli oranda hacim ve kütle azaltılması ve aşağı çıkan ısı enerjisinin özellikle yerel ihtiyaçları karşılamak için kullanılmasıdır. Yakma çoğunlukla çamur uzaklaştırma imkanlarının sınırlı olduğu büyük tesislerde uygulanır. Çamur direk yakılabilceği gibi yardımcı yakıt olarak kullanılabilir (Termik Santrallerde arıtma çamurunun kömürle birlikte birlikte yakılması )

**Toprak ıslahı :** Evsel atıksuların arıtılmasından ve belli başlı endüstriyel akıntılardan açığa çıkan çamur tarım arazilerinin iyileştirilmesi için kullanılabilir. . Çamurun araziye uygulaması (yayılması) işlemi yapılacaksa atıksu arıtma tesisi girişinde bu ağır metallerin analizi yapılmalıdır. Arıtma çamurunun tarım alanlarına kontrolsüz bir şekilde verilmesi, tarımsal arazilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının artırmaktadır. Bu da tarım ürünlerini doğrudan etkilemeye, aynı zamanda bitki ve hayvanlar vasıtıyla da insanlar üzerine geçmesine sebep olmaktadır.

Bozulmuş alanlarda (maden alanları, inşaat sahaları vb), otoyollarda, havaalanı pistlerinde kullanımı: Arıtma çamurları bozulmuş alanlarda otoyollarda havaalanlarında dolgu malzemesi olarak kullanılabilir.

Belçikada 2.5 milyon ton/yıl çimento kapasiteli fabrikalarda yaklaşık 10 yıldır alternatif yakıt ve ham ürün olarak atığın kontrollü kullanımı söz konusudur. 1997 yılında 300.000 ton atık , yakıt ve hammedde olarak kullanılmıştır. Termik ikame ise yaklaşık %30-35 tır.

Komissarov ve arkadaşlarının 1994 yılında yaptıkları laboratuvar çalışmalarından deri prosesinden çıkan ağırlıkça %40 2a kadar endüstriyel arıtma çamuru kullanılarak nisbeten iyi kalitede tuğlalar elde edilmiş, tuğanın basınç dayanımı çamurun kildeki oraniyla azalmış ancak fırın sıcaklığı ile artış göstermiştir.

Yapılan araştırma ve incelemeler sonucunda çamur bertaraf yöntemlerinden en ekonomik ve en kolay yöntem olarak yakma işlemi tercih edilmiştir. Bu yöntem ile hem çamur bertarafı sağlanmış hem enerji kaynakları korunarak sürdürülen kalkınma desteklenmiş hemde ekolojik denge ve çevre korunmuş olur. Maliyet çalışmaları ve örnek teşkil edecek önceki araştırma ve çalışmalar bu yöntemi seçmemeye neden olmuştur.

## **KAYNAKLAR**

- ABBAS, T., COSTEN, P., GLASER, K., and OU J., 1992. Combine Combustion of Biomass, Municipal Sewage Sludge and Coal a Pulverized Fuel Plant. In Proceedings Combined Combustion of Biomass/Sewage Sludge and Coals, Final Report EC- Research Project, APAS-contract COAL-92-0002.
- ACERC Lab., 1999. Utah, USA.
- AİTKEN, M.N., 1995. Spreading the Benefits. Water and Environment, 14 (36).
- AKÇA, L., CUTİL, E., TÜF, N., 1996. Antma Çamurlarının Tanımsal Alanda Değerlendirilmesi. Tanım-Çevre İlişkisi Sempozyumu, Mersin Üniversitesi Yayımlı, İçel.
- ALFA LAV AL, 1997. Atıksu Antma Notları.
- ANONYMOUS, 1991. Thermal Treatment of Sewage Sludge-Current State. In: ATV Arbeitsbericht. Korrespondenz Abwasser 6: 814-821.
- f 1995. Combustion of Sewage- Sludge- Emissions. In: ATV Arbeitsbericht Korrespondenz Abwasser, 11/95:2071-2078.
1997. Diffusion Emission Significantly Reduced. Ummelt Magazin, September, p.68-69.
- ARITIM DÜNYASI, 1999, İZAYDAŞ Evsel ve Endüstriyel Atıksu Antma Tesisine Genel Bir Bakış, İnceleme, s11 15
- BUEKERNS, A., SCHOTTERS, J., 1984. Thermal Methods in Waste Disposal. Study Performed for the EEC Under

- Contract ECİ 1011/B7210/83/B, Free University of Brussels, Brussels.
- BURSA ÇEVRE MERKEZİ (BÇM), 2000. Aritma Çamuru Nasıl Bertaraf Edilir? Aktüel Aylık Bülteni, BTSO, Nisan 2000. S. 1-3. Bursa.
- CAG, 1997. Waste to Energy A.Ş. Notlan.
- CAPUTO A.C., PELAGAGGE P.M., 2001. Waste to Energy Plant for Paper Industry Sludges Disposal: Technical-Economic Study. Journal of Hazardous Materials B81:265-283.
- KOMISSAROV, S.A., KORCHU G AN OVA, T.M., BELYAKOV, A.V., 1994. Contruction Materials Using Tanning Industry Wastes. Glass and Ceramics, 51 (1-2):32-34.
- LANG, T., OBRIST, A., 1987. Combustion of Sewage Sludge in a Cement Kiln. Recycling von Klarschlamm. Berlin, p.285-291.
- LEE, K.J., CHUN, S.A., 1993. Two-Stage Swirl Flow FBI of Sewage Sludge. In Rubow LN, editör. Proceedings 12ht International Conference on FBC, San Dego, CA, 1181-1188.
- LURGI GMBH, 1988, CFB Combustion for Steam and Electric Power Generation, Express Information, Lurgi GmbH Gervinusstrabe, 17/19, Frankfurt- Germany.
- MUHLHAUS, 1991. Combustion of Sewage Sludge in a Fluidised Bed, In: VDI Seminar, Klaschlammentsorgung II, Düsseldorf. Germany.
- MC GHEE, T.J., 1991. Water Supply and Sewerage, Mc Graw-Hill, NY.
- MANZEL, J., 1989. Sevar Drying Process in a Thin Bed, In Klarschlammensorgung, Düsseldorf: VDI-Bildungswerk, 74-81.
- OGADA, T.P.M., 1995. Combustion and Emission Characteristics of Sewage Sludge in a Bubbling Fluidised Bed Combustor. Ph.D. Dissertation, Technical University of Hamburg, Germany.
- ORHON, D., 1991. Ön Aritmanın Projelendirilmesi. Endüstriyel Atıksulann Önantilması-Teknoloji İletimi SemineriNo.l, ISO-SKATMK, s.131-173.
- ORHON, D., 1997. Endüstriyel Atıksu Antma Tesisleri İçin Proje Değerlendirilmesi, TMMOB Çevre Müh. Odası İst.Şb., Atıksulann Antilması Seminer Notları, İstanbul.
- SANAYİ ve TİCARET BAKANLIĞI (STB), 2001. Yatırım Programı, Ankara.

## **TOPRAK KİRLİLİĞİNDE CBS UYGULAMALARI**

Emine ÖZTÜRK

*Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*

**ÖZET:** Doğal süreçler veya insan aktivitelerinin neden olduğu erozyon büyük toprak kayıplarına neden olmasından dolayı coğrafik süreçlerden biridir. Erozyon dünyada ve Türkiye'de önemli bir problemdir. Türkiye'de birçok arazi su ve rüzgâr erozyonundan etkilenmektedir. Özellikle tarım alanlarında ya şanan erozyon etkisini azaltmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Son yıllarda birçok ülke erozyona duyarlı alanlarda; erozyon tahminleri, modellemeleri, izlenmesi ve haritalanmasında kullanılmış bir araç olan Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS) yönetim planlamalarında kullanmaktadır. Erozyon koşullarının değerlendirilmesi ve potansiyel etkilerinin tahmin edilmesinde kapsamlı teknik ve modellerin oluşturulmasına çalışılmaktadır. Bu çalışmada Kahramanmaraş ovasında CBS kullanılarak erozyon risk alanları belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuçlar CBS ortamında kullanılan erozyon modeli ve kriterleri doğrultusunda elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Toprak erozyonu, CBS, modelleme, erozyon risk haritaları, Kahramanmaraş.*

## **WATER POLLUTION AND IN CONTROL OF GIS IMPLEMENTATION**

**Abstract:** Among the landscape transformation caused by natural processes or human activities, erosion is extremely important geographic phenomena because of the valuable soil losses associated with the natural events. Erosion is a serious problem in Turkey and throughout the world. In Turkey, some of the valuable land areas are affected by water and wind erosion. Much can be done to reduce the impact of erosion especially on agricultural lands. In recent years, many countries have included Geographic Information Systems (GIS) in their management systems because GIS can be used as an effective tool for assessing erosion, modeling, monitoring, and mapping the extent of erosion prone areas. In order to assess erosion conditions and predict potential impacts of comprehensive techniques and models need to be created. In this research erosion problems investigated using GIS in Kahramanmaraş Plain area. The results indicate that GIS can be used to assist in erosion studies and watershed management by analyzing several coverages.

**Key words:** *Soil erosion, GIS, modeling, erosion risk maps, Kahramanmaraş.*

### **1. GİRİŞ**

*Coğrafi Bilgi Sistemi;* Veri ve bilgilerin sistemli şekilde toplanması, depolanması, işlenmesi, anlamlandırılması için oluşturulmuş sistemlere bilgi sistemi denir. Verinin bilgi ve anlamlandırılmış ve genellenmiş bilgiye dönüşümü genellikle problem çözme ve karar süreçlerini destekleme ihtiyaçlarından doğar. Bu süreçte çoğunlukla nerede ne var

sorunlarının cevaplarının verilmesi gereklidir. Nerede? Sorusunun cevabı dünya üzerindeki konum ya da bir mekânlı ilgilidir ve haritalarla ifade edilir. Ne? Sorusunun cevabı ise ilgilenen olgunun özniteliğini ifade eder.[1] CBS'nin temel ilkeleri, CBS veri tabanlı bilgi sistemidir. CBS verileri ve haritaları güncel bilgileri CBS, değişik kaynaklardan entegrasyonuna izin vermelidir. CBS, ilgili tüm verilerin bütünsellliğini ifade etmelidir. CBS'nin değişik fonksiyonları farklı birçok kullanıcı tarafından kullanılabilir. CBS teknolojisi içerisindeki yazılım ve donanımlar, bilgisayar teknolojisindeki değişimleri takip edebilecek ve işlevsellliğini geliştirecek şekilde seçilmelidir. CBS içerisinde kullanılan konumsal verilere ait koordinatlar uyumlu ve sürekli bir koordinat sistemi düzenlenmelidir. Uzun süreli yatırımlara ve kararlı bir yönetime ihtiyaç duyulur. Değişik kaynaklardan gelen verilerin ortak bir veritabanında toplanması için ortak bir üretim prosedürü geliştirilmelidir.[2]

CBS'nin yararları,: daha etkin planlama ve uygulamaların geliştirilmesi, kararların hızlı ve yerinde alınabilmesi ,kısa ve uzun vadede güncel ve zamana bağlı değişimi gözlenebilen veri yönetiminin oluşturulması, maliyetlerin azalması, daha iyi hizmetlerin kararların ve çözümlerin ilgili paydaşların ile kolay paylaşımı, görsel analitik yöntemlerle anlatılması zor olguların daha kolay şekilde anlatılabilmesidir.

Veri Toplama Yöntemleri; Veri toplama işlemi coğrafi bilgi sistemlerinin gerçekleştirilebilmesinde en fazla zaman alan ve en çok maliyet gerektiren önemli aşamalarından biridir. CBS" de verilerin toplanmasında izlenen yöntemler genelde aşağıdaki sekilde olmaktadır. Bunlar; Yersel ölçme yöntemleri, Fotogrametrik yöntem, Uzaktan algılama tekniği, Küresel yer belirleme sistemi, (GPS) teknigi, Mevcut haritaların elle sayısallaştırılması, Tarama sistemleri ile otomatik sayısallaştırma, Hazır veri tabanlarının transferi Veri Tabanı Nedir; Bilgisayar terminolojisinde ise, sistematik erişim imkânı olan, yönetilebilir, güncellenebilir, taşınabilir, birbirleri arasında tanımlı ilişkiler bulunan veriler kümlesi anlamına gelir. Bir başka tanımı da, bir bilgisayarda sistematik şekilde saklanmış, programlarca işlenebilecek veri yığınıdır. Örneğin: banka veritabanı, kütüphane veritabanı.[3]

Çoğrafi bilgi sistemi uygulama alanları, CBS birçok meslek grubu tarafından etkin bir konumsal analiz aracı olarak, günümüzde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Özellikle, kentsel ve bölgesel planlama, tarım, orman, peyzaj planlama, jeoloji, savunma, güvenlik,

turizm, arkeoloji, yerel yönetimler, nüfus, eğitim, çevre, tıp ve benzeri birçok uygulamalı meslek dallarında CBS önemli bir ortak kavram olarak kullanılmaktadır.[4]

Veri Modelleri; Vektörel Veri Modeli: vektörel veri modelinde, nokta, çizgi ve poligonlar (x,y) koordinat değerleriyle kodlanarak depolanırlar. gerçek durumu yansıtır, grafik gösterim ölçüye bağlı doğruluğa sahiptir, veri yapıları karmaşıktır, farklı topolojik yapı yüzünden simülasyonu zordur. Raster (hücresel) Veri Modeli: hücresel (raster) veri modeli daha çok süreklilik özelliğine sahip coğrafik varlıkların ifadesinde kullanılmaktadır. Veri yapıları çok basittir, pikseller aynı boyutta olduğundan simülasyonu kolaydır, verinin hacmi genişir,piksel büyükçe veri kaybı olur. Raster Veriler Modeli, zincir kodlama, satır boyunca kodlama matris kodlama, blok kodlama altyapı kodlama [5]

**Toprak kirliliği;** Toprak, ana materyal adını verdiğimiz kayaçların, organik atıkların uzun bir süreç içinde birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik olay ve etkenlerle parçalanıp ayrışması sonucu ortaya çıkan ve dinamikleri devam eden doğal bir varlıktır. Toprak; insan, bitki ve birçok hayvanın üzerinde durduğu, insanların yaşamalarını devam ettirebilecekleri tek yerdir. Katı, sıvı ve radyoaktif artık ve kirleticiler tarafından toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bozulmasıdır. Toprakta meydana gelecek tüm olumsuz değişimler insan yaşamını da kötü etkiler. İnsanların geçmişten gelen ve geçmişte zararları fark edilmemiş olan alışkanlıkları, bugün toprak kirlenmesi ve bununla birlikte ortaya çıkan yer altı ve yüzey sularının kirlenmesi sonuçlarını getirmektedir[6]. Toprak Kirletici Çeşitleri: organikler (lnapl: petrol hk; btek (uok),pah (yuok) dnapl: klorlu hk (çözüçüler); oce, tce,(uok),pcb(yuok) pestisitler) metaller (as, cd, cr, pb, hg, zn) anyonlar&katyonlar (no<sub>3</sub>,so<sub>4</sub>,c<sub>1</sub>) patojenler (fekal coliform, virüsler) radyonükleidler: cs, sr, rd [7].

Toprak Kirliliğinin Kaynakları, Noktasal kaynak (Depolama, nakil, arıtım Proses tesislerindeki döküntü ve sızıntılar, yasal olmayan atık bertaraf sahaları )Noktasal olmayan kaynaklar (Tarımsal faaliyetler, madencilik, petrol arama ve işletme faaliyetleri atmosferik sakınımların birikim)[8]

## **2. ÖRNEK ÇALIŞMA**

### **2.1 Çalışmanın Alanı**

Çalışma alanı Akdeniz Bölgesi'nin Adana Bölümü'nde yer alan Kahramanmaraş Ovasını kapsamaktadır Çalışma alanında minimum 420 m, maksimum 1640 m arasında değişengebeli ve tepelik olmak üzere farklı topografik yapılar gözlenmektedir Sır baraj göleti, Aksu Çayı, ve Erkenez Deresi ovanın önemli hidrolojik kaynaklarıdır. Ova içerisinde tarım arazileri, dağınık halde bulunan birçok küçük yerleşim birimi ve Adana, Kayseri ve Gaziantep ulaşım hatlarının yakın bölgelerine kurulmuş çeşitli sanayi tesisleri yer almaktadır. Akdeniz özellikleri gözlenen çalışma alanında yıllık ortalama sıcaklık 16,5 oC ve yıllık ortalama yağış miktarı 709,8 mm civarındadır [9] .

### **2. 2. Materyal ve Metot**

Meydana gelen ve potansiyel toprak kayıplarının hesaplanması ve izlenmesi amacıyla geliştirilmiş yağış ve yüzey akışına bağlı olarak toprak kaybının değerlendirildiği önemli denklemlerden biri Evrensel Toprak Kaybı Denklemi'dir (USLE). Çe araştırmalar sonucu elde edilen amprik bir denklem olan USLE toprak erozyon haritalamalarında kullanılan yaygın bir yöntemdir.  $A = R L S K C P$  ( $A$  = yıllık ortalama toprak kaybı (ton/hk/yıl),  $R$  = yağış erozyon faktörü,  $L$  = eğim uzunluğu faktörü,  $S$  = eğim faktörü,  $K$  = toprak erodibilite faktörü,  $C$  = bitki amenajman faktörü,  $P$  = toprak koruma tedbirleri.) Bazı sınırlamalarına karşın USLE birim alanda meydana gelen ortalama yıllık toprak kaybını hesaplamakta kullanılan en iyi tekniklerden biridir. Bu çalışmada 1/25000 ölçekli sayısal topografik harita, toprak haritası, yağış verisi ve arazi kullanım haritaları altlık olarak kullanılmıştır. Altlık haritalar aracılığıyla da CBS ortamında her bir faktör 10 m piksel çözünürlüğüne sahip tematik katmanlar şeklinde oluşturulmuştur. Kahramanmaraş ve çevresini kapsayan detaylı erozyon parametre değerlerini içeren literatüre rastlanmadığı için benzer koşullara sahip alanlarda Türkiye için yapılan erozyon çalışmalarında kullanılan parametrelerden yararlanılmaya çalışılmıştır. Bu şekilde her faktör için CBS dosyaları üretilmiş ve ArcGIS 9.1 Mekansal Modeline yerleştirilmiştir.[9]

### **2. 3. Bulgular Ve Tartışma**

Bu çalışmada, CBS ve USLE modeli birleştirilerek Kahramanmaraş Ovası için erozyon risk alanları belirlenmeye çalışılmıştır. Model sonucunda elde edilen erozyon risk haritası

Şekil 5'de görülmektedir. Tablo 3 ise düşükten yükseğe sınıflandırılan risk alanlarını ve yüzde olarak ne kadar alan kapladıklarını belirtmektedir. Sonuç olarak çalışma alanında 0 ile 21 aralığında toprak kaybı oranları hesaplanmıştır. Sonuç oran aralığı kullanılan faktör değerleri ile doğru orantılı olarak elde edilmiştir. Orta ve yüksek erozyon değerleri çalışma alanının yaklaşık %0,57'sini (323 ha) oluşturmaktadır. Erozyon risk oranı, küçük yerleşim birimleri (köyler, ba evleri... vb.) yakınlarında bulunan tarım alanlarında ve Karacaoğlan Mahallesi güneyinde Kayseri yolu civarında yer alan tarım alanlarında diğer bölgelere göre uygulanan arazi kullanım çalışmalarından dolayı daha fazladır. Ayrıca yüksek erozyon potansiyeli görülen alanların LS faktör katmanında yer alan yüksek değerlerle çakıştığı da gözlenmiştir. Çalışma alanında uygulanan USLE hesaplamasında eğim ve e uzunluğu erozyon oranı üzerinde belirleyici faktörlerden biri olarak görülmektedir. Tek başına kesin bir belirleyiciliği olmasa da topografik faktörün erozyon oranı üzerinde daha fazla etkili olduğu hesaplanmıştır. Arazinin büyük bölümünde (yaklaşık %99) çok düşük risk oranları gözlenmektedir. Düşük erozyon değerlerinin genellikle eğimin az olduğu (0-5 alanlarda olduğu tespit edilmiştir) hesaplamalarda en fazla erozyon riski taşıyan bölgeler ayrı olarak ele alınmaya çalışılmıştır. Orta- yüksek erozyon riski gösteren alanlar (323 ha) içerisinde yaklaşık 210 hektarlık alan tarım alanları olarak hesaplanmıştır. Şekil 5'de yıldız ile belirtilen yanı sıra uygun tarım yöntemleri kullanılarak risk oranının azaltılmasına çalışılması gerekmektedir. Mera ve bahçe arazi kullanım sınıflarında riskli alanlar (%0,06) fazla olmamakla birlikte doğal bitki örtüsünün korunması ve gerekli görülen alanlarda arazi kullanım değişikliğine gidilerek erozyon risk olarak hesaplanmıştır. Bu sonuca göre toprak özellikleri ve eğim faktörüne bağlı olarak risk gösteren tarım alanlarında ayrıntılı çalışmaların yapılması değişikliğine gidilerek erozyon risk oranlarının azaltılması düşünülmelidir. Ayrıca ilerde yapılacak herhangi bir arazi kullanım değişikliği çalışmasında risk alanlarının göz önünde bulundurulması planlama çalışmalarında oldukça yararlı olacaktır. Yapılan arazi çalışmalarında riskli bölgelerin bir kısmında ağaçlandırma çalışmalarının yapıldı gözlenmiştir.

Kullandığımız tahmin modeli diğer çevresel parametrelere oranla daha çok topografiya ve arazi örtü yönetimine duyarlı olarak görülmektedir. Bu nedenle çalışma alanında toprak kaybı etkilerini azaltmak amacıyla dik eğimli alanlarda doğal bitki örtüsünün arazi çalışmalarının sonuçları modelde analizlerinde kullanılabilir ve modelde kullanılan parametrelerin doğruluğu artırılabilir. Ayrıca CBS ortamında geliştirilen modellerde kullanılan altlık verinin ölçü ve doğruluğu sonuç amacıyla dik eğimli alanlarda doğal

bitki örtüsünün korunmasına öncelik verilmesi gerekmektedir. Ayrıca risk taşıyan alanlarda daha detaylı incelemeler yapılarak arazi kullanım tiplerinin uygunluğunun tespit edilmesine öncelik verilmesi risk oranlarının azaltılmasında etkili olabilmektedir. Erozyon faktör değerlerine ve kullanılan parametrelere bağlı olarak elde edilen sonuçlar gerçek toprak kaybı oranlarıyla farklılık gösterebilir. Ancak bu çalışma CBS ortamında çoklu veri katmanlarının mekansal ve nicel analizlerinin mümkün olduğunu göstermiştir. Kesin bir doğruluk elde edilemese bile oransal olarak elde edilen sonuçlar yapılacak sonraki detaylı çalışmalara bir altyapı temel teşkil edebilmektedir. Yapılan bu çalışmada da sadece tahmini toprak kaybı oranları değerlendirmeye alınmış olup kullanılan parametre değerlerine bağlı olarak gerçek sediment taşınımı ve erozyon oranları hesaplanmamıştır. Fakat daha önce USLE kullanılarak yapılan erozyon çalışmalarında elde edilen sonuçlar incelendiğinde ise gözlenen erozyon miktarı ile tahmin edilen erozyon miktarı arasında istatistiksel olarak büyük farklar olmadığı tespit edilmiştir. [9]

## **2. 4. SONUÇ ve ÖNERİLER**

Bu çalışmada kullanılan USLE modeli erozyon risk alanlarının tespitinde kullanışlı bir yöntemdir. CBS ve USLE kombinasyonu erozyon alanlarının mekânsal olarak tanımlanması, haritalanması ve yorumlanması çalışmalarında kolaylık sağlamaktadır. CBS tekniklerinin farklı erozyon modelleri ile birlikte yapılması erozyon haritalanması açısından etkin bir yöntemdir. Öncesinde ve sonrasında yapılacak arazi çalışmaları da sonuçlar geliştirilebilir. Elde edilen arazi çalışmalarının sonuçları modelde analizlerinde kullanılabilir ve modelde kullanılan parametrelerin doğruluğu artırılabilir. Ayrıca CBS ortamında geliştirilen modellerde kullanılan altyapı verinin ölçü ve doğruluğu sonuç hesaplamaları üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Özellikle erozyon konusunda çalışılan bölge için hazırlanan verinin gerçeği yansıtması için toprak özellikleri ve arazi kullanımı/örtüsü hakkında daha büyük ölçekli alanlar tespit edilerek analizlerin yapılacak laboratuar sonuçlarıyla birlikte yürütülmesi önemlidir. Detaylı çalışmaların yapılacak alanların tespit edilmesinde ise çalışmamızda yaptığımız gibi küçük ölçekli veriler üzerinde risk alanları belirlenmesi yönlendirici olabilmektedir. Bu çalışmada üretilen erozyon risk haritaları farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmak üzere yönlendirme yapılabilir. İlk olarak, üretilen haritalar do hizlanmış erozyona duyarlı alanların tespit edilmesinde yardımcı olabilir. Harita üzerinde erozyon yoğunlaşmaları problemin doğasını anlamak amacıyla topografik koşullar, ekolojik

durum ve kültürel verilerle karşılaştırılabilir. İkinci olarak sadece erozyon risk alanlarının tanımlanması değil ayrıca sediment depolanma alanlarının belirlenmesini de sağlamaktadır. Sonuçta üretilen haritalar karar alım süreçlerinde arazi koşulları hakkında çeşitli veri üretilmesine yardımcı olabilmektedir.[9]

## **Kaynaklar**

- 1) MYK Web Portal, Mesleki Yeterlilik Kurumu, Coğrafi Bilgi Sistemleri Operatörü, Seviye 4
- 2) Açık Ders, Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş, Ünite 1
- 3) BÜKRDAE Jeodezi Anabilim Dalı, Coğrafi Bilgi Sistemi
- 4) H.ÇUKUR,İzmir,2002, Coğrafi Bilgi Sistemleri,Temel Esasları Ve Net CAD Kullanımı
- 5) Ö.ZEYDAN,2013,CBS Veri Yapıları
- 6) Yeşil Aşkı, Toprak Kirliliği
- 7) Vikipedi, Özgür Ansiklopedi, Toprak Kirliliği
- 8) Megep, Ankara, 2012,Toprak Kirliliği Kaynakları
- 9) M.KARABULUT, M. KÜÇÜKÖNDER, 2008, Kahramanmaraş Ovası Ve Çevresinde CBS Kullanılarak Erozyon Alanlarının Tespiti

## AKÜ GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİ ATIKSUYUNDAN AĞIR METAL GİDERİMİ

Faruk KAPLAN<sup>1</sup>, Ozan GÜLTEPE<sup>1</sup>, Sevtap ULUÇAY<sup>1</sup>, Özgül ÇİMEN MESUTOĞLU<sup>1</sup>, Oğuzhan GÖK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray, Türkiye

*farukkaplan33@gmail.com, ozan-gultepe@gmail.com*

**ÖZET:** Tehlikeli maddelerin geri dönüşümü içerisinde akü/akümülatör'den kurşun elde edilmesi önemli sektörlerden birisidir. Bu tesislerin oluşturduğu atıksular çevre ve insan sağlığı açısından oldukça tehlikeli kirleticilerdir. Bu çalışmada, Aksaray ili Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan, kurşun geri dönüşümü yapan tesisin atıksularının adsorpsiyon yöntemi ile pirina kullanılarak giderimi araştırılmıştır. En yüksek ağır metal giderimi %83 Pb(II), % 48 Cu(II), %86 Zn(II) ve %50 Ni(II) olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda maksimum adsorplanma kapasitesi sırasıyla Zn(II):1.65, Pb(II): 0.18, Ni(II): 0.02 ve Cu(II) için 0.08 mg/g olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** adsorpsiyon, ağır metaller, akü, pirina.

## BATTERY RECYCLING PLANT HEAVY METAL TO ELIMINATE WASTE WATER

**Abstract:** Lead obtaining from accumulator/battery is one of the important sectors in the recycling of hazardous materials. The wastewater from these facilities is very dangerous for the environment and human health. In this study, heavy metals removals were investigated using olive pomace by adsorption process from wastewater which is effluent of sedimentation tank in the battery recycling plant at Aksaray Industrial Zone. The maximum removal of Pb(II), Cu(II) Zn(II) and Ni(II) were obtained 83%, 48%, 86% and 50%, respectively, in adsorption column system. The results show that the maximum adsorption capacities were determined 1.65, 0.18, 0.02 and 0.08 mg/g for Zn(II), Pb(II), Ni(II), and Cu(II), respectively.

**Keywords:** adsorption, battery, heavy metals, olive pomace.

### 1. GİRİŞ

Günümüzde hızlı nüfus artışı, sanayi devrimi ve hızla gelişen endüstrileşme süreci neticesinde çevre kirliliği artışı ve bununla birlikte çevrenin fiziksel unsurlarından olan suyun kirliliğinin gündeme gelmesini de beraberinde getirmiştir. Su kirliliği, çevre kirliliğinin büyük kısmını oluşturmaktadır.

Canlıların yaşamları için hayatı bir öneme sahip olan su, en küçük canlı organizmadan en büyükcanlı varlığa kadar, bütün biyolojik hayatı ve bütün insan faaliyetlerini ayakta tutan önemli bir etmendir. Bu nedenle sularda bulunan kirleticilerin giderimi oldukça önemlidir.

Atık suların arıtılması; suların sanayide, tarımda ve evlerde kullanılması sonucu atık su haline gelerek kaybettikleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazanabilme yöntemidir. Atık su arıtımı genel olarak, kimyasal, fizikokimyasal, elektrokimyasal, mikrobiyolojik ve enzimatik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Sanayi ve endüstriyel kaynaklı atık suların ağır metal giderilmesinde

kullanılan bu yöntemlerin kapsamında yer alan ve en etkin olanları, ; kimyasal çöktürme, iyon değiştirmeye, adsorpsiyon, birlikte çöktürme vb. yöntemlerdir.

Sanayi ve endüstriden kaynaklı atıkslardan ağır metal giderimi için genel olarak adsorpsiyon işlemi maliyeti düşük ve verimi yüksek olduğu için araştırmacılar tarafından tercih edilen bir yöntem olmuştur(Koçer, 2013).

## **2. MATERİYAL ve METOT**

### **2.1. Pirina**

Pirina, zeytinyağı üretiminde zeytinden yağ çıkartılması sırasında elde edilen çekirdek ve etli-kabuklu kısımdan oluşan, % 3-6 oranında zeytinyağı ve % 40-65 oranında nem içeren katı atıktır. Günümüzde pirinanın kullanım alanı oldukça genişdir. Yakıt, gübre, hayvanlar için yem olarak değerlendirilebilen pirinanın en yaygın kullanım alanı enerji içeriğinin yüksek olması nedeniyle yakıt amaçlı kullanımıdır. Zeytin ağaçlarının tipine, toprağın yapısına, yağ üretim teknolojisine ve topraktaki besleyicilere bağlı olarak pirinanın içeriği değişse bile yakıt amaçlı olarak kullanılmasından büyük avantajlar sağlanır. (Alkhamis ve diğ., 1999).

Pirina, zeytinyağı üretiminde zeytinyağı çıkartılması sırasında elde edilen çekirdek ve etli-kabuklu kısımdan oluşur. Pirina % 10-35 nem, % 6-15 yağ, % 7-13 protein, % 32-42 karbonhidrat, % 27-42 selüloz ve % 3-8 külten oluşmaktadır. Kurutma işleminden sonra içermiş olduğu nem % 5-8 değerindedir. İki farklı tür pirina vardır. Bunlar aktifleştirilmiş pirina ve ham pirinadır. (Doymaz ve diğ., 2004).

### **2.2. Aktifleştirme işlemi**

Adsorpsiyon kolon sisteminde adsorban olarak kullanılan pirina (zeytin posası), Marmara Bölgesi’nde zeytinyağı üretimi yapan bir fabrikadan temin edilmiştir. Ham pirina, birkaç kez deyionize su ile yıkandıktan sonra etüvde 24 saat 105°C’de kurutulmuştur. Ham pirinanın aktif yüzeylerinin artırılması için aktifleştirme işlemine tabii tutulmuştur. Bu işlem oksijensiz ortamda 300°C’deki etüvde 1.5 saat azot gazı verilerek yapılmıştır (Çimen, 2013). Pirina, zeytinyağı üretiminde zeytinden yağ çıkartılması sırasında elde edilen çekirdek ve etli-kabuklu kısımdan oluşan; % 10-35 nem, % 6-15 yağ, % 7-13 protein, % 32-42 karbonhidrat, % 27-42 selüloz ve % 3-8 kül içeren katı atıktır. (Doymaz vd., 2004). Ham ve aktifleştirilmiş pirinanın görüntüsü Foto 1’de verilmiştir.



Foto 1. Adsorpsiyon sisteminde kullanılan (a) aktifleştirilmiş ve (b)ham pirina görüntüsü

**Tablo 1.** Pirinanın elementel özellikleri (Koçer, 2013).

Element	Miktar (%)
Karbon (C)	53.230
Oksijen (O <sub>2</sub> )	37.389
Hidrojen (H)	7.1320
Azot (N)	2.2490

### 2.3. Metot

Laboratuvar ortamında kurulan adsorpsiyon kolon sistemi görüntüsü Foto 2'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan adsorpsiyon kolonu 3 cm iç çapında ve 40 cm yüksekliğindedir. Yapılan ön çalışmalar sonucunda, kolon içerisine 30 g aktifleştirilmiş pirina konulmuştur. Sistemdeki peristaltik pompa ile debi ayarı 15 mL/dk'ya ayarlanmış olup, 240 dk sürekli olarak ağır metal içerikli su verilerek belirli zaman aralıklarında anlık numuneler alınmıştır. Alınan numunelerde ağır metal analizleri, ICP-OES (Perkin Elmer Optical Emission Spectrometer Optima 2100 DV) cihazı ile gerçekleştirilmiştir.



### Foto 2. Adsorpsiyon kolon sistemi

Adsorplama kapasitesi Eşitlik 1'de, yüzde (%) giderim verimi de Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} * V \quad (1)$$

$$\% \text{ Giderim verimi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} * 100 \quad (2)$$

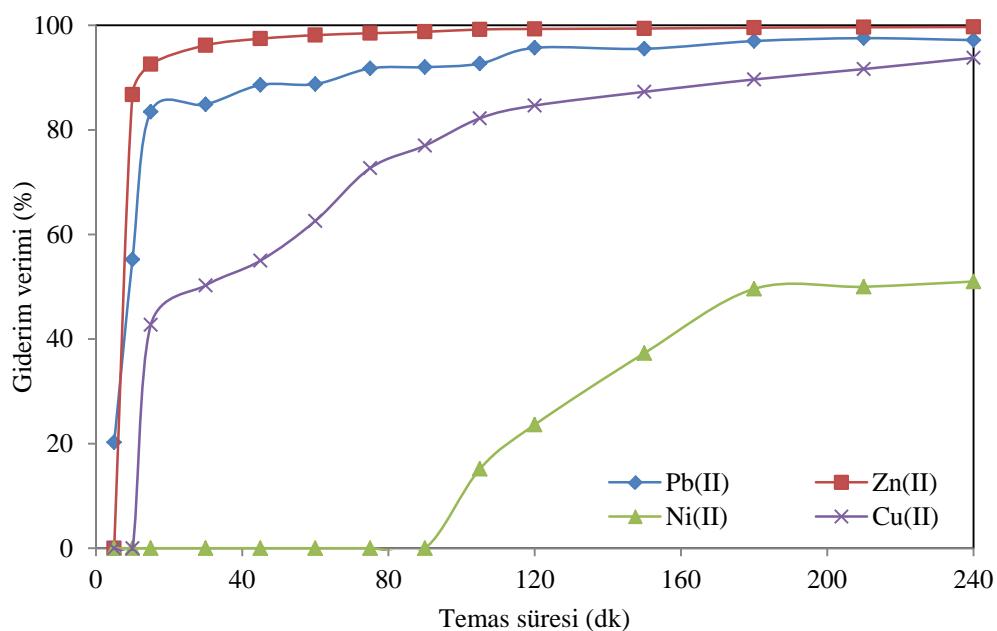
$C_0$ : Başlangıç ağır metal konsantrasyonu (mg/L),  $C_e$ : Çıkış ağır metal konsantrasyonu (mg/L),

$q_e$ : Adsorpsiyon kapasitesi (mg/g),  $V$ : Çözelti hacmi (L) ve  $m$ : Adsorban miktarı (g) dır.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 3.1. Kolon çalışmasında ağır metal giderimi:

Foto 2'de belirtilen olan kolon sistemi stok çözeltileri hazırlanmış çözeltilerdeki ağır metal konsantrasyonları Pb(II): 5.3 mg/L, Zn(II): 44.7 mg/L, Ni(II): 2.7 mg/L, Cu(II): 1.8 mg/L' dir. Bu sistemde hacim 75 mL ile başlanıp 3600 mL' ye kadar atık su geçirilmiştir. Geçirilen atıksu sonucunda elde etmiş olduğumuz Pb(II), Zn(II), Cu(II) ve Ni(II)'nin giderim verimleri aşağıdaki Şekil 1'de verilmiştir.

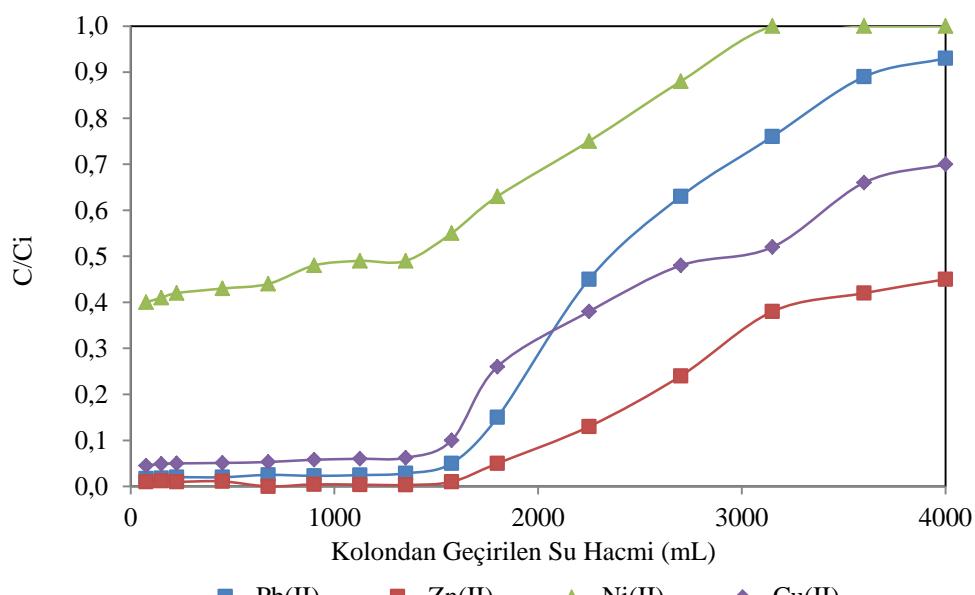


**Şekil 1.** Pb(II), Zn(II), Ni(II) ve Cu(II) için temas süresine bağlı giderim verimleri.

Şekil 1'de görüldüğü gibi en yüksek giderim verimi 10. dakikada %86 Zn(II) ile elde edilmiştir. Diğer verimler ise; Pb(II), Cu(II) ve Ni(II) için giderim verimleri sırasıyla; 15.

dakikada %83, 30. dakikada %50, 150. dakikada %50 olarak elde edilmiştir. Pb(II), Zn(II), Ni(II) ve Cu(II) için maksimum adsorplanma kapasiteleri ( $q_e$ ) ise sırasıyla; 0.18, 1.65, 0.02 ve 0.08 mg/g olarak hesaplanmıştır.

Yapılan bu çalışmaya göre hesaplanan kolon kırılma eğrileri Şekil 2'de verilmiştir. Kırılma eğrisine göre yaklaşık 1700 mL atıksu hacminden sonra her bir ağır metallerin arıtma verimlerinde azalmalar görülmüştür. Martin-Lara ve arkadaşları 2010'da yaptıkları çalışmada, zeytin çekirdeğinden Cr(VI) ve toplam Cr giderim çalışmada >%90 ağır metal giderimi elde etmişlerdir. Yine aynı çalışmada adsorplama kapasiteleri 1.61 ile 3.20 mg/g olarak tespit etmişlerdir. Toplam Cr için kolon atım süresi yaklaşık 250 dk, Cr(VI) için 500 dakika olarak rapor etmişlerdir (Martin-Lara ve dig., 2010).



**Şekil 2.** Kolon kırılma eğrileri

#### 4. SONUÇLAR ve TARTIŞMALAR:

Pirina ile yapılan kolon deneyinde %86 Zn(II), %83 Pb(II), % 50 Cu(II), %50 Ni(II) ağır metal giderimi bulunmuştur. En yüksek giderimler Zn(II), Pb(II), Cu(II) ve Ni(II) için sırasıyla 10, 15, 30 ve 150 dk elde edilmiştir. Bu çalışmada kolon kırılma noktası eğrisi çizilmiştir. Bu eğriden hareketle yaklaşık 1700 ml atıksu geçirildikten sonra kolonumuzun rejenerasyona ihtiyacı vardır. Bizim çalışmamızda Pb(II), Zn(II), Ni(II), Cu(II) için sırasıyla adsorplanma kapasitesi ( $q_e$ ) 0.18, 1.65, 0.02 ve 0.08 mg/g olarak tespit edilmiştir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Aksaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü 2015-026 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

Çimen, Ö., 2014, Pirina kullanılarak sulu çözeltilerden adsorpsiyon yöntemiyle ağır metallerin giderimi, *Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Aksaray. 14-38

Doymaz, I., Gorel, O., ve Akgün, N. A., 2004, Drying characteristics of the solid by product of olive oil extraction, *Biosystems Engineering*, 88, 213-219.

Koçer, O., 2013, Pirina Üzerine Malaşit Yeşilinin Sulu Çözeltiden Adsorpsiyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kilis. 12-18

Martin-Lara, M.A., Hernainz, F., Blazquez G., Tenorio, G., ve Calero, M., 2010, Sorption of Cr (VI) onto Olive Stone in a Packed Bed Column: Prediction of Kinetic Parameters and Breakthrough Curves, *Journal of Environmental Engineering*, 136 (12): 1389-1397.

## BOSTANCI MAHALLESİ GÜRÜLTÜ HARİTASI HAZIRLANMASI VE GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİNİN ÖNLENMESİ

Gökhan ÇAĞLAYAN

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü  
gokhan.caglayan@windowslive.com

**ÖZET:** Haritalar ile belirlenen gürültü düzeyleri, mevcut yerleşim yerlerinde ve kent, bölge ve yapı planlama aşamalarında ve yaşam kalitesinde yarattığı etkinin değerlendirilmesi açısından önem kazanmaktadır. Bu tez çalışmasında, İstanbul ili Kadıköy İlçesi Bostancı Mahallesinde, D-100 Karayolu, Minibüs Caddesi, Bağdat Caddesi, Sahil Yolu ve Bostancı İskelesini kapsayan alanın gürültüsüne ait veriler saptanarak ve bilgisayar destekli bir program kullanılarak gündüz, akşam ve gece saatleri için gürültü haritaları elde edilmiştir. Çalışmada öncelikle ses ve gürültü kirliliği konularında genel bir giriş yapılarak gürültünün insanlar üzerindeki etkisi ve önemi hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra ise çalışmada kullanılan Predictor Version 5.04 (Brüel&Kjaer) bilgisayar programının özelliklerini, kullanım şekli ve içeriği konusu ile Bostancı Mahallesi merkezinde oluşturulan grid alanı içerisindeki binalar ve caddeler için yapılan veri çalışmaları anlatılmış ve bölgenin gürültü haritaları oluşturulmuştur. Haritalar ile belirlenen gürültü düzeyleri, yürürlükte bulunan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde belirtilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmede ana caddelerdeki gürültü seviye değerlerinin çoğunlukla yasal açıdan kabul edilebilir düzeylerin üzerinde yer aldığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bostancı, Gürültü kirliliği, Gürültü haritası

## BOSTANCI DISTRICT NOISE MAP AND PREVENTION OF NOISE POLLUTION

**Abstract:** The noise levels were determined by the maps, the present settlements and cities, regions and structures created in the planning stages and quality of life are important for evaluating impact. In this thesis, the province of Istanbul Kadıköy in Bostancı neighborhood, detecting data of densely noise of traffic on the main street traffic and computer day using a guided program in the evening and were obtained from the noise maps for night hours. Working primarily voice and influence on people making noise in noise pollution issues and a general introduction is given about the importance. Later used in the study Predictor Version 5.04 (Brüel & Kjaer) features of the computer program, use the form and content of the subject with Bob Quarter building in the grid area within formed in the center and data structures for street work is described and of the noise maps have been created. The noise levels were determined by the maps, the Assessment and Management of Environmental Noise Regulations in force which are compared with the specified value. In the evaluation of noise levels in the main street value it was determined mostly takes place on the legally acceptable levels.

**Keywords :** Bostancı, Environmental Noise Pollution, Environmental Noise Mapping

### 1. Giriş

Kentsel alanda oluşan ve yaşayanlar üzerinde en olumsuz etki yaratan gürültünün kaynağı yoğun trafiğin gözlediği yollarıdır. Trafik çizgi kaynak olarak kabul edilmektedir. Özellikle, Tır, yüksek taşıma kapasiteli kamyon, damperli kamyon ve otobüslerin geçtiği yollar çevresindeki yerleşim alanları yüksek düzeyde gürültünün etkisi altındadır. Taşıt araçlarının motorları ve lastiklerin yol ile teması sonucu ortaya çıkan ve sürtünmeden kaynaklanan ses düzeyi ve sürekliliği bir süre sonra ciddi olumsuzluklar yaratmaktadır.

Ayrıca insanların topluca bulunduğu pazaryeri, stadyum, okul gibi yerler ile sanayi kuruluşları, atölyeler, demiryolları, havaalanları, iş makinelerinin çalıştığı şantiyeler önemli gürültü kaynaklarıdır.

Bahsedilen tüm bu etkiler nedeniyle olabilecek gürültünün insan ve çevre sağlığını tehdit eder duruma gelmesini önlemek amacıyla uygulamaya konulması gereken birçok önlem vardır. Bu önlemlerin başında ise gürültünün kaynağında azaltılması gelmektedir. Bu da daha yeni teknoloji ile daha sessiz araçların kullanımının yaygınlaştırılması ve mevcut araçların gürültü engelleyici ekipmanlara sahip olması ile mümkündür. Bunun dışında alıcıda alınacak önlemlerle yani bina cephelerinde ve pencelerde yalıtım sağlanarak da gürültü etkileri azaltılabileceği gibi en önemli ve kullanıma uygun başka bir önlem de bariyerler teçhiz etmektir. Bariyerler; geçirme, yansıtma ve kırılım yoluyla ses azaltımını sağlamaktadır. Transmisyon yani geçirme yoluyla bariyerin içinden giden orijinal ses dalgasının oranı azalmaktadır. Bariyer olarak birkaç sıra ağaç kullanılacağı gibi farklı materyaller de kullanılabilir. Bariyer uygulamasında gürültüyü azaltan asıl etken sesin alıcıya doğrudan ulaşmayarak dolaylı yoldan ulaşmasıdır. Bu nedenle bariyer malzemesi için istege ve amaca bağlı olarak farklı materyaller kullanılabilir. Bariyerin transmisyon dışındaki diğer bir etkisi olan kırılımdadır.

Bu projede, 37 istasyonda yönetmelik çerçevesinde belirtilen saat aralıklarında, Extech EN-300 cihazı ile yapılan ölçümler, Bostancı Mahallesi'nin Bostancı Oto Sanayii, D-100 Karayolu, Kadıköy-Pendik Minibüs Hattı, Bağdat Caddesi, Fenerbahçe-Kartal Sahil Yolu ve Bostancı İskelesi tarafından maruz kalınan gürültü kirliliğinin haritalandırılması ve önlenmesi amaçlanmıştır.

### **1.1. Ses ve Ses Dalgalarının Özellikleri**

Ses, dalgalar halinde yayılan bir enerji şeklidir. Sesin tanımını, "kulak tarafından algılanabilen hava, su, ya da benzeri bir ortamdaki basınç değişimi olarak verebiliriz. Sesin doğuşu ve yayılması, ortamdaki parçacıkların titreşimi ve bu titreşimlerin komşu parçacıklara itilmesiyle olur. Ortamdaki parçacıkların titreşmesiyle oluşan dalgalar, havada basınç değişiklikleri oluşturur. Bu basınç değişiklikleri kulak tarafından elektrik sinyallerine çevrilir ve beyin tarafından "ses" olarak algılanır.

### **1.2. Desibel**

İlk kez elektrik mühendisliğinde kullanılan desibel, bir oranı veya göreli bir değeri gösterir. Alexander Graham Bell'in anısına bel adı verilen birim, iki büyülügün oranının logaritması olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla 1 bel, oranları 10 olan 2 büyülüğu göstermektedir. Bu oranın çok yüksek olmasından dolayı desibel adı verilen ve "oranların logaritmasının 10 katı" olarak tanımlanan birim daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sayılardan biri bilinen 1 sayı olarak anıldığından; desibel, söz konusu bir büyülügün referans büyülüğine oranının logaritmasının 10 katıdır. Desibel, genelde güç yada güç eş değeri büyülükleri ölçmekte kullanılır. Desibel (dB) ile ölçügümüz büyülüklere düzey adı verilir.

### **1.2.1. dB(A), dB(B), dB(C)**

Ortamlarda oluşan ses seviyelerini objektif olarak değerlendirebilmek için ölçüm aletlerine (mikrofon) filtreler takılmış ve bu filtreler ile çeşitli frekans değerlerindeki ses seviyeleri farklı olarak kaydedilmiştir. Bu ölçümlerde kullanılan 3 tip filtre vardır; A, B ve C. Bu filtrelerde göre ses seviyesi dB(A), dB(B) ve dB(C) cinsinden ifade edilebilir.

**dB(A)** : En çok kullanılan yöntemdir. 1 kHz frekans da 40dB lik eşes eğrisinin tersine karşılık gelir. 1 khz frekansta belirlenmiş olduğu için çok yüksek ve çok düşük frekanslardaki seslere duyarlı değildir ve bu frekanslardaki sesler için kullanılmaz. Ancak insan kulaginiin duyarlı olduğu ses frekansları düşünüldüğünde en uygun ölçüm yönteminin A tipi filtreler ile yapılan ölçümler olduğu görülür. Bu açıdan hemen hemen bütün cihazların teknik özelliklerinde ..dB/...dB(A) ibaresi görülmektedir. Burada önemli olan ve esas alınması gereken değer dB(A) için verilen değerdir.

**dB(B)** : dB(A) ve dB(C) arasında kalır ve kullanımı çok yaygın değildir.

**dB(C)** : Bu ölçünün oluşturduğu eğri dB(A) eğrisine göre daha doğrusaldır ve bu yüzden çok yüksek ses frekanslarında kullanılır. Orta ve düşük ses frekanslarında sağlıklı ölçüm yapılamaz.

### **1.3. Gürültü Kirliliği**

Gürültü günümüzde en çok karşılaşılan çevre kirliliklerinden biridir. İnsanların büyük bir çoğunluğu herhangi bir şekilde gürültüye maruz kalmaktadırlar. Ancak gürültünün yol açtığı ruhsal ve sağlık sorunlar ülkemizde henüz yeterince göz önünde bulundurulmamaktadır. Gürültü diğer çevre kirliliği faktörlerine benzemez. Havada yayılmasına rağmen diğer birçok hava kirletici gibi görünmez, kokmaz. Gürültünün herhangi bir kalıntısı da yoktur. Toprağı veya suyu da kirletmez. Kötü kokan bir çöp yığını gibi birikmez. Gürültü kirliliğini diğer çevre kirliliği faktörleri ile karşılaştırmak doğru olmaz. Onun etkileri küçük adımlarla ve sinsiçe oluşur. Ancak kalıcıdır ve kurtulması zordur. Gürültünün insanlar üzerine olan iletişim bozuklukları, konsantrasyon ve öğrenme zorlukları ve sınırlılık ve stresse yol açan uyuma zorluğu gibi ruhsal-duygusal kategoriye giren etkilerinin yanı sıra doğrudan sağlığa olan etkileri de bilinmektedir.

### **1.3.1. Frekans Dağılımına Göre Gürültünün Sınıflandırılması**

Yapılan sınıflandırmada 2 tip gürültüden söz edebiliriz.

a) Geniş bant gürültü: Gürültüyü oluşturan arı seslerin frekansları geniş bir aralığı kapsar. Yani gürültünün frekans spektrumu yayılmış, hiçbir frekans bandında toplanmamıştır. Her frekanstaki katının aynı olduğu geniş bant gürültü ise beyaz gürültü adı verilir.

b) Dar bant gürültü: Geniş bant gürültünün tersine, bu tür gürültünün frekans dağılımı, belli bir frekans bandında toplanmış bir grafik gösterir. Diğer bir deyişle gürültü oluşturan arı seslerden frekansı belli bir aralıkta olanlar baskındır.

### **1.3.2. Ses Düzeyinin Zamanla Değişimine Göre Gürültünün Sınıflandırılması**

Yapılan sınıflandırmada yine 2 ayrı grupta incelemek olasıdır.

a) Kararlı gürültü: Gürültünün düzeyinde zamanla önemli bir değişme gözlenmez. Sabit bir hızda ve gücde çalışan herhangi bir motorun yaratacağı gürültü kararlı gürültüye iyi bir örnektir.

b) Kararsız gürültü: Gürültü düzeyinde zamanla önemli değişikliklerin gözlendiği gürültü türüdür. Zamanla değişme, dalgalanma yada durup yeniden başlama şeklinde gözlenebilir. Bu tür gürültülere, sırasıyla dalgalı gürültü ve kesikli gürültü adı verilir. Kararsız gürültünün diğer bir şekli de darbe gürültüsüdür. Darbe gürültüsünün, kesikli gürültüden farkı, her gürültü anının darbe gürültüsünde çok daha kısa olmasıdır. (Genellikle 1 sn'nin altında) Kararsız gürültüler kendi içinde gruplara ayrılır.

- Dalgalı gürültü: Gözlem süresince seviyesinde sürekli ve önemli ölçüde değişiklikler olan gürültülere denir.

- Kesikli gürültü: Gözlem süresince seviyesi aniden ortam gürültü seviyesine düşen ve ortam gürültü seviyesi üzerindeki değeri bir saniye veya daha fazla sürede sabit olarak devam eden gürültüdür. Trafik gürültüsü ve durup yeniden çalışan vantilatörler, bu gürültü türüne en güzel örnektir.

- Vurma gürültüsü (Anlık Gürültü): Her biri bir saniyeden daha az süren bir veya birden fazla vuruşun çıkardığı gürültüdür. Bu gürültüye en iyi örnek; çekiç ve perçin makinesi gürültüsüdür.

### **1.3.3. Gürültünün İnsanlar Üzerine Etkisi**

Gürültünün insan sağlığı üzerine etkileri konusunda yapılan araştırmalar, trafik gürültüsüne maruz bir bölgede oturan insanların, gürültülü olmayan yörelerde oturan insanlara oranla yüzde 50 oranında daha fazla yüksek tansiyondan şikayetçi olduklarını göstermektedir. Gürültünün insan sağlığına etkileri sadece yüksek tansiyonla sınırlı değildir. Gürültüye maruz kalan insanlarda uykuya bozuklukları, baş ağrısı ve kalp rahatsızlıklarını artmaktadır. Yüksek tansiyon yanında dolaşım bozuklukları nedeniyle doktorlara başvuran insanların sayısı da fazlalaşmıştır. Tansiyon düşürücü, ağrı kesici ve koroner hastalıklarına karşı alınan ilaçların tüketiminde de artış olmuştur.

Gürültünün insanlar hatta diğer canlılar üzerine yapmış olduğu olumsuz etkilerini, gürültünün özeliklerine bağlayabiliriz. Bunlar:

- Gürültünün frekansı
- Gün boyunca gürültüye maruz kalma süresi
- Bu gürültüye maruz kalmanın gün boyunca zamana göre dağılımı

### **1.4. Gürültüyü Azaltmak İçin Alınabilecek Tedbirler**

- Hava alanlarının, endüstri ve sanayi bölgelerinin yerleşim bölgelerinden uzak yerlerde kurulması,

- Motorlu taşıtların gereksiz korna çalmalarının önlenmesi,
- Kamuoyuna açık olan yerler ile yerleşim alanlarında elektronik olarak sesi yükseltilen müzik aletlerinin çevreyi rahatsız edecek seviyede olmasının önlenmesi,
- İşyerlerinde çalışanların maruz kalacağı gürültü seviyesinin en aza (Gürültü Kontrol Yönetmeliğinde belirtilen sınırlara) indirilmesi,
- Yerleşim yerlerinde ve binaların içinde gürültü rahatsızlığını önlemek için yeni inşa edilen yapılarda ses yalıtımı sağlanması,
- Radyo, televizyon ve müzik aletlerinin evlerde rahatsızlık verecek seviyede seslerinin yükseltilmemesi gerekmektedir

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Çalışma Alanı**

İstanbul ilinin Kadıköy ilçesine bağlı Bostancı Mahallesi, kendi oto sanayisinden kaynaklanan gürültü kirliliği, yüksek yoğunluklu araç trafiğinin bulunduğu D-100 karayolu, yüksek yoğunluklu Kadıköy-Pendik Minibüs Yolu, Kadıköy Belediyesi sınırları içerisinde; Kızıltoprak'tan başlayarak; Maltepe Belediyesi sınırlarındaki Cevizli'ye kadar uzanan Bağdat Caddesi, Yüksek yoğunluklu Fenerbahçe-Kartal Sahil Yolu, Bostancı İskelesi, Bostancı İDO İskelesini kapsamaktadır. Projede belirlenen noktalar çerçevesinde Bostancı Mahalli Gürültü haritasının çıkartılması ve önlemlerin alınması amaçlanmıştır.

### **2.2. Kullanılan Metod**

Her bir görev için en az 5 dk. olmak üzere 3 defa ölçüm yapılması gereklidir. Görevin süresi 5 dk.'dan kısa ise ölçüm, görev süresince sürdürülür. Ancak, ölçülecek gürültünün karakteristiği kararlı ve/veya sürekli belirlenmişse ya da o görevin toplam gürültü maruziyetine katkısı ihmali edilebilir derecede ise her bir ölçümün süresi kısaltılabilir.

Ölçüm noktaları yer dışındaki yansıtıcı yüzeylerden 3,5 m uzakta konumlandırılmalıdır. Eğer bu konum için yeterli alan yoksa yüzeye 1m de konumlandırma yapılmalıdır. Mikrofonun zeminden yüksekliği 1,2-1,5 m (kulak hızasında) olmalıdır. Ölçüm noktaları öyle belirlenmelidir ki yakın bina veya topografik yapı akustik bir etki oluşturmamalı, bazı etkiler açık alandaki yayılımda ses basınç seviyesini artırabilemektedir. Engellemeye v.b. etkilerin oluşmasını önleyecek şekilde bir konumlandırma yapılmalıdır. Mikrofonun konumlandırılacağı alanın önünde veya civarında bir engel teşkil edebilecek duvar, çit v.s. gibi yapıların olması durumunda mikrofon, o engel üzerinden itibaren maksimum 2,5 m yükseklikte olacak şekilde konumlandırılabilir.

### **2.3. Kullanılan Program**

Bu çalışmada Predictor Version 5.04, (Brüel&Kjaer) programı kullanılmıştır. Bu program çevresel gürültüyü hesaplamak için kullanılan bir yazılım olup farklı gürültü

hesaplama yöntemlerini içermektedir. Sanayi veya trafik gibi farklı kaynaklardan oluşan gürültüyü hesaplamaya ve analiz etmeye izin vermektedir. Öbür yüzü olarak hesaplama gücü durumu itibariyle, küçük ölçekli etki değerlendirmelerinden geniş yığın haritalarına kadar bütün uygulamalar için de kullanılabilmektedir. Predictor anlayışı, bir gürültü hesaplama projesini, yapılandırma, organize etme ve belgelemeyi bir araya getirir. İyi yapılanmış ve belgelenmiş bir proje, zaman tasarrufu sağlayacaktır, her zaman yeniden üretilebilirdir, diğer kullanıcıların kavramasını ve bundan dolayı yüksek kaliteye getirebilir. Tüm senaryolar ve faaliyet planları, bir proje dahilin de elde edilmektedir. Bu programın kullanım alanları ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

**Kullanım Alanı:**

- Çevresel gürültü haritalama, yönetme ve etki değerlendirme
- (2003/613 EC) Revize edilmiş İnterim Hesaplama Metodları Rehber ile uyumlu olan Çevresel Gürültü Direktifleri (Kararname) (2002/49/EC) gibi AB direktiflerinin yerine getirilmesi
  - Coğrafik bir alanın gürültü çevresini izlemek ve kontrol etmek için, bir gürültü yönetim sistemi oluşturulması.

**Özellikleri:**

- GIS ve CAD dosyalarını alarak, hızlı ve etkili 3D (3 boyutlu) hesaplama modeli oluşturma
  - Entegre hesaplama yönetimi, hesaplama zamanını optimize eder ve giriş ve sonuçlar arasındaki uyumu artırır.
  - Bütün coğrafik ve akustik veri için çok modelli veritabanı
  - Entegre ses güç veritabanı standart kaynakların, sizin kendi veritabanınızın oluşturulması
- Ölçümlere dayalı, ses güç seviyesinin saptanması için, akustik saptama modülü ve gelişmiş biçimleri,

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Yönetmelik dahilinde Extech EN-300 Marka ölçüm cihazıyla yapılan ölçümler neticesinde eşdeğer gürültü ölçümleri yapılarak karayolu çevresel gürültü sınır değerleri içerisinde olması kontrol edilmektedir.

İstasyon No	İstasyon Noktası	SABAH ( 07.00-19.00) (dB/Leq)	AKŞAM (19.00-23.00) (dB/Leq)	Gece (23.00-07.00) (dB/Leq)
1	Akbank Dörtyol Şubesi	68,2059852	102,6739441	59,93765367
2	Emin Ali Paşa Camii önü	67,99004262	103,2952853	55,7688591
3	Şölen Et Lokantası	63,92372311	83,09750965	48,63195973
4	Şenesenevler Lisesi	51,38958028	68,94465358	44,40137091
5	Prof. Dr. Kemal Akgüder Caddesi	66,419221	70,46364941	53,77389571
6	Bostancı Metro	60,04932727	66,39752324	52,51314533
7	Bostancı Köprüsü Işıklar	72,81039359	107,5489443	62,22479809
8	Mimoza Sokak	50,39994181	73,06778178	47,40171081
9	Eminali Paşa Caddesi Shell Benzinlik	63,26948322	97,29590618	54,28100542
10	Bostancı Paragon	67,59436312	88,86445616	52,56699757
11	Central Hospital	63,76595233	52,12365494	53,65745764

Araştırma çerçevesinde 37 istasyonda yapılan ölçümlerin, 11 istasyondaki eşdeğer gürültü değerleri verilmiştir.

**Tablo2.** Kara Yolu Çevresel Gürültü Sınır Değerleri

ALANLAR	L <sub>gündüz</sub> (dBA)	L <sub>akşam</sub> (dBA)	L <sub>gece</sub> (dBA)
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	68	63	58

#### 4. Sonuçlar ve Tartışma

Yapılan ölçümler ve değerlendirmeler sonucu 37 istasyondan 21 bölgede ölçüm sonuçlarının sınır değerler üzerinde kaldığı belirlenmiştir. Alınacak önlemler;

- Ana yolların yerleşim yerlerinin içerisinde geçtiği bölgelerde hız sınırı uygulanması
- Yerleşim yerlerinde ve binaların içinde gürültü rahatsızlığını önlemek için yeni inşa edilen yapılarda ses yalıtımı sağlanması
- Alet ve makinelerin yapımında gürültü oranını düşürmek,
- Şehir trafiğini düzenlemek
- Motorlu taşıtlarda TSE kalitesinde susturucu kullanmak,
- Şehir içinde gürültü çikaran fabrika ve atölyelerin kurulmasına izin vermemek, var olan fabrikaları şehir dışına taşımak,
- Şehir içinde özellikle yol kenarlarında ağaçlandırma yapmak,

#### KAYNAKLAR

- Abo-Qudais, S., Abu-Qdais, H., "Perceptions and Attitudes of Individuals Exposed to Traffic Noise in Working Places", Building and Environment, 40, 778-787, (2005).
- Anonim(a), "Gürültünün Tarihçesi", <http://www.tedavi.saglik.gov.tr/> (Ziyaret Tarihi: 12.01.2006).
- Anonim(b), "Sağlığımızı Tehdit Eden Sinsi Tehlike:Gürültü" Bursa Çevre Merkezi", <http://www.bcm.org.tr/pdf/gürültü%20.pdf> .(2006)
- Avşar, Y., Arslankaya, E., Gönüllü, M.T., "Barboros Bulvarı Gürültü Düzeyi Tespit Çalışması", Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 1-3, (1999).
- Ayberk, S., "Çevre Kirliliği ve Kontrol Yöntemleri", Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 26, İzmit, 207-217, (2000).
- Ayberk. S., "Hava Kirliliği ve Meteorolojik Olaylar", Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 83, İzmit, 25, (2003).
- Ayberk, S., "Kentsel ve Bölgesel Gelişimin Çevre Üzerine Etkileri", Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 8, İzmit, 67, (2005).
- Bozkurt, Z., Aslan, S., Tekeli, A.N., Durmuşoğlu, E., "Veziroğlu Yerleşkesi (KOU) Sınıflarında Trafik Kaynaklı Gürültü Düzeyinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi", Kentsel Yapılışma ve Ulaşım Sorunları Sempozyumu, Kocaeli, 140-149, (2006).
- Brüel & Kjaer. "Predictor Types 7810 A/B/C/D/E Version 5.04" ve "Lima Environmental Noise Calculation and Mapping Software Version 5.0", [www.bksv.com/pdf/Bp1602.pdf](http://www.bksv.com/pdf/Bp1602.pdf) ve [www.bksv.com/pdf/Bp1962.pdf](http://www.bksv.com/pdf/Bp1962.pdf), Denmark.

- Clark, C., Martin, R., Kepmen, E.V., "Exposure-effect Relations Between Aircraft and Road Traffic Noise Exposure at School and Reading Comprehension: The RANC Project", *American Journal of Epidemiology*, 163, 27-37, (2006).
- Demirkale, S.Y., "Akustikle Dalgili Genel Bilgiler", *İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi*, İstanbul, 6, (2006).
- Dülgeroğlu, A., "Trafik ve Çevre Etkisi", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri A.B.D.*, 3-6, (2006).
- Güreman, L., Çelik, C.T., "Niğde Şehir Merkezinde Trafik Gürültüsü Kirliliğinin Belirlenmesi", *Kentsel Yapılaşma ve Ulaşım Sorunları Sempozyumu*, Kocaeli, 160165, (2006).
- Hyder, A.A., Ghaffar, A.A., Sugerman, D.E., Masood, T.I., Ali, L., "Health and Road Transport in Pakistan", *Public Health*, 120, 132-141, (2006).
- Kumbur, H., Özsoy, H. D., Özer, Z., "Mersin İlinde Hassas Bölgelerde Gürültü Düzeylerinin 1998-2002 Yılları Arasındaki Değişiminin Araştırılması", *Ekoloji Çevre Dergisi*, Cilt No:13, 49, 25, (2003).
- Martin, M.A., Tarreroa, A., Gonzalez, J., Machimbarrena, M., "Exposure–effect Relationships Between Road Traffic Noise Annoyance and Noise Cost Valuations in Valladolid, Spain", *Applied Acoustics*, 25, 1-10, (2006).
- Özgüven, H.N. "Endüstriyel Gürültü Kontrolü", *TMMOB Makine Mühendisleri Odası*, 1-6, 27-28, (1985).
- Pamanikabud, P., Tansatcha, M., "Geographical Information System for Traffic Noise Analysis and Forecasting With the Appearance of Barriers", *Environmental Modeling and Software*, 18, 959-973, (2003).
- Proplan, "Temel Ses Bilgisi", Pro-Plan Ltd.Şti., İstanbul, (2006).
- Stansfeld, S.A., Berglund, B., Clark, C., Lopez-Barrio, I., Fischer, P., Öhrström, E., Haines, M.M., Head, J., Hygge, S., van Kamp, I., Berry, B.F., "Aircraft and Road Traffic Noise and Children's Cognition and Health: A Cross-national Study" *Lancet*, 365, 1942–1949, (2005).
- Stoilova, K., Stoilov, T., "Traffic Noise and Traffic Light Control", *Transportation Research*, 3, 399-417, (1998).
- Taşpinar, F., Durmuşoğlu, E., Karademir, A., "Kocaeli Daçın Örnek Bir Ulaşım Kaynaklı Gürültü Kirliliği

## AKSARAY ÜNİVERSİTESİ KAMPÜSÜNDE GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ DEĞERLENDİRİLMESİ

Onur BOZ<sup>1</sup> Öğr. Gör. Yakup KURMAÇ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü  
onurboz24@gmail.com, ykurmac@gmail.com

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı çevresel gürültü kirliliği ve bu kirliliğin önlenmesi ve ya azaltılması için ne gibi çalışmaların yapılabileceğini, gürültü kaynaklarını ve bu kaynakların etkilerinin araştırılmasıdır. Bu çalışma 2016 ilkbahar döneminde Aksaray Üniversitesinde gerçekleştirılmıştır. Bu çalışmanın amacı Aksaray Üniversitesinin gürültü kirlilik düzeyini belirlemektir. Aksaray Üniversitesinde belirlenen istasyonlarda belirli aralıklar ölçümler yapılmıştır. Gürültüye neden olan kaynakları tespit edip gerekli önlemlerin alınması için yapılmış biri çalışmamıştır

**Anahtar Kelimeler:** Aksaray Üniversitesi Kampüsü, Gürültü Kirliliği

### EVALUATION OF NOISE POLLUTION AT AKSARAY UNIVERSITY CAMPUS

**Abstract:** The aim of the study and prevention of environmental pollution, noise pollution and the like, or what can be done to reduce the work is to investigate the noise sources and the impact of these resources. This study was conducted during the spring of 2016, Aksaray University. The aim of this study was to determine the level of noise pollution. Aksaray University Noise measurements are made at regular intervals equivalent has been calculated on the station specified in Aksaray University detect noise sources that cause a work made for taking the necessary precautions

**Keywords:** Aksaray University campus, noise pollution

### GİRİŞ

Gürültü çağımızın en önemli sorunlarından biri olmuştur. Eski çağlarda da gürültü bir "belâ" olarak insanların karşısında, önlenmesi gereken bir sorun olarak vardı. Roma şehrinin ozanları, gürültüyü satirik eserlerinde dile getirmiştir. XVI.yüzyılda Büyük Britanya Kraliçesi Elisabeth, çevreye gürültü yayılmasın ve kimse rahatsız olmasın diye, gece saat 2200' den sonra, erkeklerin karlarını dövmelerini yasaklamıştır. Tüberküloz mikrobunu bulan Robert KOCH 1910 yılında "Günün birinde insanlar, aynen kolera ve vebada olduğu gibi gürültüyle mücadele etmek zorunda kalacaklardır" demiştir.

Son yıllarda aşırı gürültü yalnız hoşa gitmeyen ve rahatsızlık yaratan bir faktör olmanın ötesinde değişik özellikler kazanmaktadır. Günümüzde motorlu taşıtların olağanüstü yaygınlık kazanması, ulaşımın gelişmesi, üretim etkinliklerinde kullanılan araçların makineleşmesi, yaşama alanlarının gerektiğinde gürültüden korunmaması, toplum sağlığı açısından birçok sorunların doğmasına yol açmaktadır. 1940'lı yılların sonlarına kadar, sesin aşırılığı bir gürültü olarak görülmemiş, insan sağlığına etkileri önemsenmemiştir. İşlek yolların yakınılarında, hava alanlarının çevrelerinde yaşayanların bir gün gelip de geceleri rahatça uyuyamayacakları düşünülmemişti. 2000 yılına doğru, bilimin ve teknığın gelişmesinin,

uygarlığın bir paraziti olarak giderek büyüyen, çözümü zorlaşan sorunlardan biri, gürültü şeklinde belirginleşmektedir. Özellikle büyük şehirlerde yaşayanlar için gürültü büyük bir eziyet kaynağı olmuştur.

Toplumun sosyal ve endüstriyel anlamda gelişimine paralel olarak artış göstermekte olan, insanların işitme sağlığını ve algılamasını olumsuz yönde etkileyen fizyolojik ve psikolojik dengeler üzerinde olumsuz etki bırakan, iş performansı azaltan, çevrenin sakinliğini yok ederek niteliğini değiştiren, rahatsız edici, istenmeyen, hoş gitmeyen öznel bir yapı olan gürültü kirliliği; günümüzün önemli çevre sorunlarından birisi olmasına karşın, ülkemizde az bilinmektedir.

Ülkemizde gürültü kirliliği ile mücadele etmek için, 11.08.1983 tarih ve 18132 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 2872 sayılı Çevre Kanunun 14. maddesine istinaden, 11 Aralık 1986 tarih ve 19308 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiş olan ‘Gürültü Kontrol Yönetmeliği’ çıkarılmıştır. 01.07.2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazetede ‘Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’nin yayımlanarak yürürlüğe girmesinden sonra ise ‘Gürültü Kontrol Yönetmeliği’ yürürlükten kaldırılmıştır. Ayrıca 12 Ekim 2004 tarihli Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 5237 sayılı Türk Ceza Kanunun 183.maddesi ile, “İlgili kanunlarla belirlenen yükümlülükler aykırı olarak, başka bir kimsenin sağlığının zarar görmesine elverişli bir şekilde gürültüye neden olan kişi, iki aydan iki yıla kadar hapis veya adli para cezası ile cezalandırılır” hükmü getirilmiştir. Bir kirlilik faktörü olan gürültü, insanlar üzerinde olumsuz etkiler oluşturması nedeniyle; Aksaray Üniversitesi Kampüsü incelemeye alınıp değerlendirilmiştir. Bu çalışmada Aksaray Üniversitesi Kampüsü gürültüsü grafik ile değerlendirilmiştir.

## MATERIAL METOD

### GÜRÜLTÜ OLÇÜMÜ YAPILACAK OLAN MEVKİ

Bu çalışmada; Gürültü kaynağı olarak Aksaray Üniversitesi Kampüsü belirlenmiştir.

### Aksaray Üniversitesi (ASÜ)

Bakanlar Kurulu tarafından, 2006 yılı içinde kurulması kabul edilen bir devlet üniversitesidir. 17 Mart 2006 tarihli 26111 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan 5467 sayılı kanunla Niğde Üniversitesi'ne bağlı iken adı ve bağlantısı değiştirilerek, fakülte ve yüksekokullar kendi bünyesinde oluşturulan Aksaray Üniversitesi Rektörlüğe bağlanmıştır. Rektör Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN'dir. Aksaray Üniversitesi'nde 9 Fakülte, 4 Yüksekokul, 7 Meslek Yüksekokulunda ön lisans ve lisans düzeyinde eğitim yapılmaktadır. Lisansüstü eğitim üniversiteye bağlı Fen ve Sosyal Bilimler enstitüleri bünyesinde sürdürilmektedir. Üniversitemizde Fakülteler ve Yüksekokul bazında 9975, Meslek Yüksek Okullarında 4650 ve Enstitülerde 1871 olmak üzere toplamda 16496 öğrencisi vardır. Akademik Kadrolar

bakımından ise 21 Profesör, 72 Doçent, 232 Yardımcı Doçent, 134 Öğretim Görevlisi, 27 Okutman, 198 Araştırma Görevlisi olmak üzere toplamda 684 öğretim elemanı görev yapmaktadır.



### KULLANILAN ÖLÇÜM CİHAZI

Gürültü seviyesi ölçümleri için, kalibrasyonu yapılmış olan Testo 815 marka gürültü seviyesi ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazın max. pik. ses basınç seviyesi 130 dBA olup, 32-130 dBA aralığındaki gürültü seviyelerini ölçebilmektedir. Gürültü ölçümlerinde kullanılan cihazın genel görünümü şekilde verilmiştir.



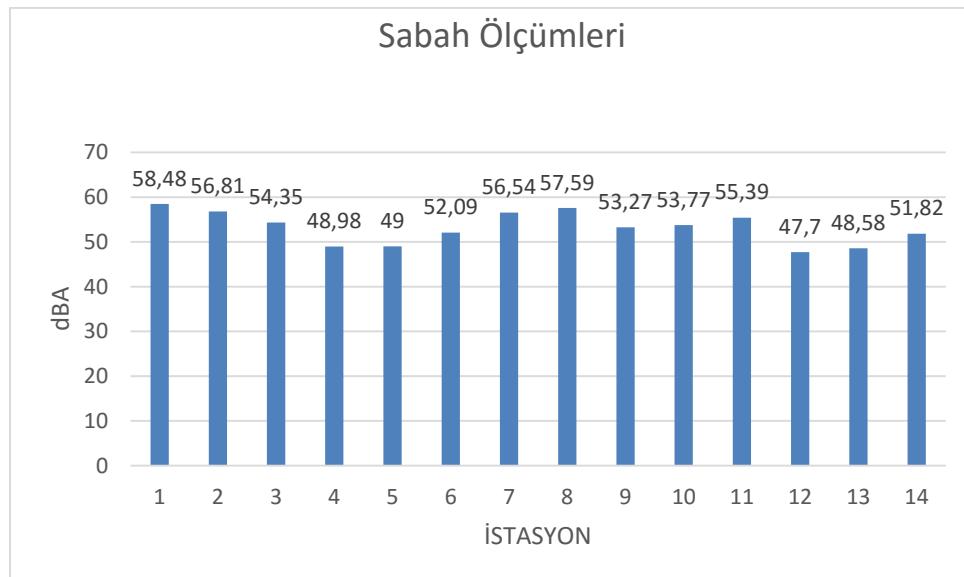
Testo 815 Cihazı

Testo 815 Cihazı ile Aksaray Üniversitesi Kampüsünde belirlemiş olduğumuz 14 istasyonda ölçüm yapılmıştır. Her istasyon sabah, öğle ve akşam olmak üzere üç kere ölçüm yapılmıştır. Her istasyonda dakikada 1 ölçüm ve toplamda 15 dakika da 15 ölçüm yapılarak ölçüm değeri elde edilmiştir. Elde edilen 15 değer ile İstasyona ait Eşdeğer gürültü seviyeleri hesaplanmıştır. Böylece Aksaray Üniversitesi Kampüsüne ait Gürültü Değerleri hesaplanmıştır.

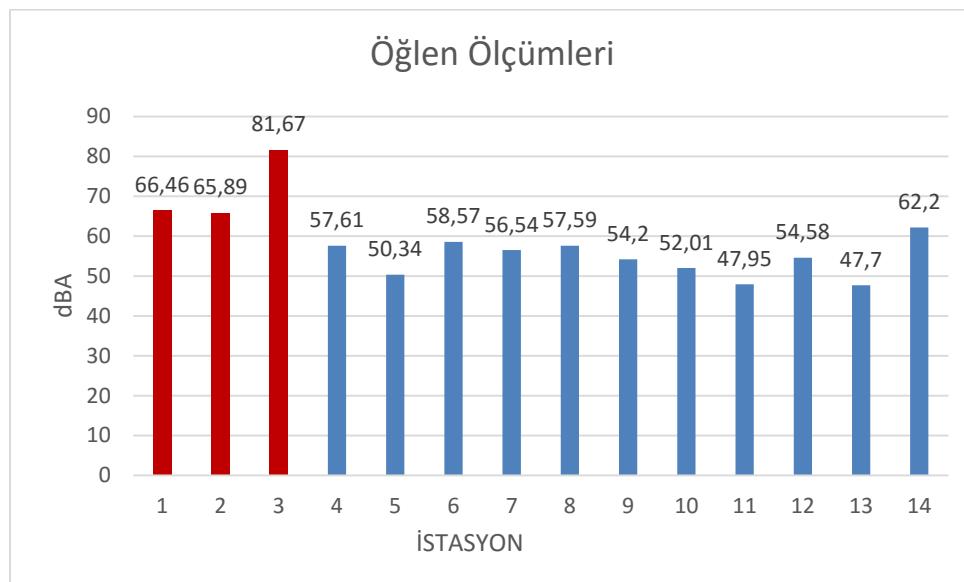
### ARAŞTIRMA BULGULARI

İST. NO	İSTASYONLAR	ÖLÇÜLEN SABAH dB(A)	ÖLÇÜLEN ÖĞLEN dB(A)	ÖLÇÜLEN AKŞAM dB(A)	SINIR DEĞERLERİ (gündüz) dB(A)	SINIR DEĞERLERİ (akşam) dB(A)
1	Mühendislik Fakültesi A Girişи	<b>58,48</b>	<b>66,46</b>	<b>48,39</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
2	Mühendislik Fakültesi Kantin	<b>56,81</b>	<b>65,89</b>	<b>50,78</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
3	Mühendislik Fakültesi öğretmen girişi	<b>54,35</b>	<b>81,67</b>	<b>55</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
4	İİBF A Girişи	<b>48,98</b>	<b>57,61</b>	<b>59,79</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
5	İİBF Kantin Yolu	<b>49</b>	<b>50,34</b>	<b>53,88</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
6	BESYO	<b>52,09</b>	<b>58,57</b>	<b>55</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
7	Sosyal Tesis	<b>56,54</b>	<b>56,54</b>	<b>56,79</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
8	Asü Çarşı	<b>57,59</b>	<b>57,59</b>	<b>53,23</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
9	Fen Edebiyat Fakültesi öğretmen girişi	<b>53,27</b>	<b>54,2</b>	<b>55</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
10	Fen Edebiyat Fakültesi öğrenci girişi	<b>53,77</b>	<b>52,01</b>	<b>55,09</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
11	Eğitim Fakültesi	<b>55,39</b>	<b>47,95</b>	<b>47,73</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
12	Merkezi Derslik	<b>47,7</b>	<b>54,58</b>	<b>51,2</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
13	Merkezi laboratuvar	<b>48,58</b>	<b>47,7</b>	<b>52,13</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
14	Kütüphane	<b>51,82</b>	<b>62,2</b>	<b>50,1</b>	<b>65</b>	<b>55</b>

## BULGULAR VE TARTIŞMA

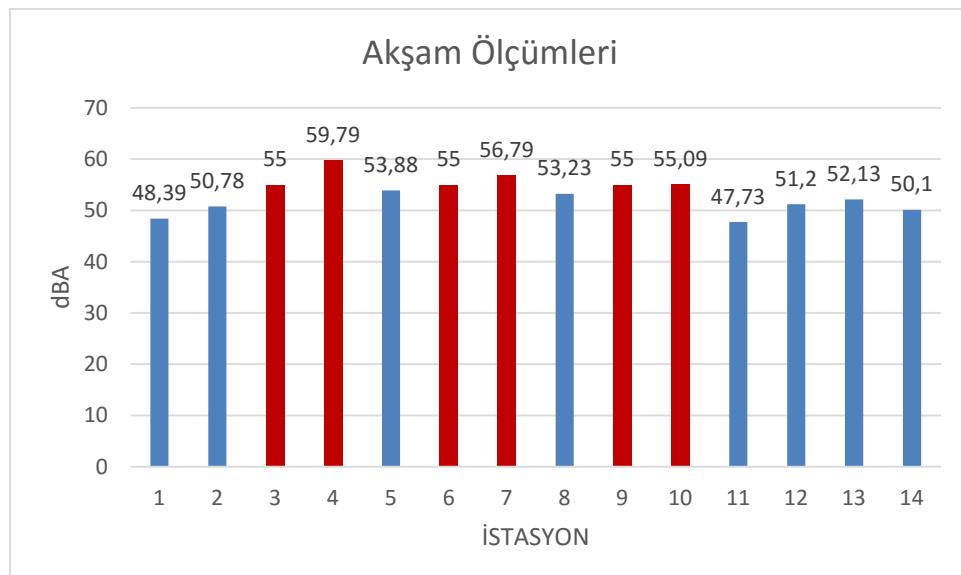


Sabah yapılan ölçümlerde sınır değer olan 65 dB(A) geçen istasyon bulunmamaktadır.



Öğlen yapılan ölçümler 3 istasyon sınır değer olan 65 dB(A) yi geçmiştir.

Sınır değerinin aşıldığı bu istasyonlarda ölçüm sırasında hava rüzgarlıdır ve yakınında inşaat çalışması vardır.



Akşam yapılan ölçümlerde 6 istasyon sınır değer olan 55 dB(A) geçmiştir.

3. istasyon olan mühendislik fakültesi öğretmen girişinde inşaattan gelen gürültüler bulunmaktadır.

4. İstasyon olan İibf de şehirlerarası otoyoldan gelen gürültüler ve kampüs için de ki araçlardan gelen sesler vardır.

6. İstasyon olan Besyoda da aynı şekilde şehirlerarası otoyoldan gelen gürültüler ve kampüs için de ki araçlardan gelen sesler vardır.

7. istasyon olan sosyal tesiste de yemek saatlerinde giriş çıkışlarda insanlardan kaynaklanan sesler ve kampüs için de ki araçlarının sesleri vardır.

8. istasyon olan fen edebiyat fakültesi öğretmen girişinde kampüs için de ki araçlardan gelen sesler vardır.

9.istasyon olan fen edebiyat fakültesi öğrenci girişinde hemen fakülte öğrencilerinin hemen de eğitim fakültesinin yolu üzerinde bunmasından dolayı oraya giden öğrencilerden gelen sesler bulunmaktadır.

## Öneri

Bu bölgelerdeki gürültü seviyesinin azaltılması için yapılması gereken çalışmalar ise;

1. Kampüs içerisinde hız sınırına uymayan araçlara ceza kesilmesi.
2. Hatalarını tekrarlayan araçların kampüs içerisinde alınmaması.
3. Kampüs içerisinde iğne yapraklı ağaçlar dikilmesi.
4. İnşaat alanlarına gürültü önleyici perdeler yapılabilir.

## KAYNAKLAR

- AKSARAY. 2016, Aksaray Üniversitesi, <http://www.aksaray.edu.tr/tr/genel-tanitim>
- Anonim, Türk Ceza Kanunu, 12.10.2004 Tarih ve 25611 Sayılı Resmi Gazete, 2004, Ankara
- Günay, E., 1995, 'Ses Kirlenmesi veya Desibel Cehennemi', Çevre ve İnsan Dergisi, Sayı No:20, Sayfa No:7-8, Ankara
- KALIPCI E., 2007, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Çevre Mühendisliği Anabilim dalı, Giresun İl Merkezinde Gürültü Kirliliği Ölçümü Ve Haritası Hazırlanması ,7 Sayfa : 1-2
- Korkmaz, M., Bursalı, G., 2003, 'Gürültü Kirliliği', Çevre Dergisi, Sayı No:5, Sayfa No:26, İzmir

## SULARDA DOĞAL MATERYAL İLE ARSENİK GİDERİMİ

Hilmi Tunahan GÜNEŞ<sup>1,a</sup>, Cemile TUĞRUL<sup>1</sup>, Oğuzhan GÖK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 68100, AKSARAY

<sup>a</sup>h.tunahansun@gmail.com

**ÖZET:** Taş ocağından alınan doğal materyal, doğada kolaylıkla bulunabilmesinden dolayı arsenik giderilmesinde kullanılan malzemelerden biridir. Bu çalışmada, taş ocağından alınan doğal materyal ile sulu çözeltilerden arsenik giderimi incelenmiştir. Farklı başlangıç As konsantrasyonlarında (10, 25, 50, 75 ve 100 µg/L), pH (2, 4, 6, 8 ve 10) ve doğal materyal miktarları (5, 10, 15, 30 ve 50 g) incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda maksimum adsorplama kapasitesi 3.82 µg/g olarak; pH 8'de, 15 g materyal miktarında ve 100 µg/L başlangıç As konsantrasyonunda gerçekleştirılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** arsenik, doğal materyal, koagülasyon-flokülasyon.

## ARSENIC REMOVAL FROM WATERS BY NATURAL METHODS

**Abstract:** Natural stone material from a quarry, can be found easily due to the nature of the material is used in removing arsenic. In this study, arsenic removal from aqueous solutions with natural material from a quarry is examined. Different starting As concentrations (10, 25, 50, 75 and 100 µg/L), pH (2, 4, 6, 8 and 10) and natural materials amounts (5, 10, 15, 30 and 50 g) were investigated. The results of experimental studies maximum adsorption capacity of 3.82 µg/g; pH 8, 15 g in the amount of material and 100 µg/L was conducted at the beginning of As concentration.

**Keywords:** arsenic, coagulation-flocculation, natural material

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda, güvenilir ve yeterli miktarda içme suyu sağlanması, küresel iklim değişiklikleri ile daha da önem kazanmaya başlamıştır. Bu durum tarımı, sanayiyi ve gündelik yaşamı, kısacası tüm toplumu hem olumlu hem de olumsuz yönlerle etkilemektedir. Suyun elde edilebilirliğinde yaşanan sorunlar, bir yandan ülkeleri suyun tasarruflu kullanımına yönlendirken, diğer yandan atık suyun arıtıldıkten sonra yeniden kullanım süreçlerini de gündeme getirmiştir. Tüm dünyadaki ve Türkiye'deki bu genel durumun yanında, suyun kimyasal kalite unsurlarından birisi olan arsenik miktarı ve kirliliği dünyanın ve ülkemizin gündemine oturan başlıca bir çevre sorunu olmuştur.

Arsenik renksiz kokusuz ve tat vermeyen bir maddedir. Doğada 200'ün üzerinde mineralin ana bileşeni olarak en çok bulunan 20.elementtir. Arsenik bileşikleri yeraltı sularında, göllerde, nehirlerde ve okyanuslarda eser miktarda bulunmaktadır. Pek çok kaynak arsenatın yüzey sularında buluna bileceğini, yeraltı sularında ise, arsenitin daha çok bulunacağını belirtmiştir. Çünkü yeraltı sularında mevcut anaerobik indirgen bakteriler arsenati, arsenite indirgeyebilir. Ancak, yapılan bazı çalışmalar yeraltı sularında da arseniğin tamamının arsenat olabileceğini göstermektedir. Doğal arsenik genellikle, deniz orijinli

sedimenter kayalarda, volkanik kayalarda, fosil yakıtların ve jeotermal kaynakların olduğu alanlarda bulunur. Bazı elementel arsenik yatakları biliniyorsa da, arseniği, arsenit ve arsenat gibi filizleri şeklinde bulunduran mineraller daha yaygındır. En yaygın mineral şekli arsenopirit ( $\text{FeAsS}$ ) olup tabiatta bulunan diğer bileşikleri realgar, orpiment  $\text{As}_2\text{S}_3$  ve arsenikli nikel sülfür,  $\text{NiAsS}$ 'dir. Arsenikli mineraller ;%60 arsenat ,%20 sülfürlü tuzlar, kalan %20'si arsenürlü, arsenitli, oksitli tuzlar şeklindedir. Yüzeysel sulardaki hakim arsenik türleri sunlardır: +5 değerlikte  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$ ,  $\text{HAsO}_4^{2-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ . Yer altı suları gibi uygun indirgeyici koşullar altında hakim arsenik türleri ise şunlardır: +3 değerlikte  $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{AsO}_3^-$ ,  $\text{HAsO}_3^{2-}$  (Topal, 2009).

### **1.1. Arseniğin Sağlık Etkileri**

Doğada doğal olarak da buluna bildiğinden dolayı arseniğe maruz kalmak insanlar açısından kaçınılmaz olmaktadır. Bu durum başlıca 3 şekilde gerçekleşebilir: havanın solunması, yiyecek ve su tüketimi ve dermal Adsorpsiyon. Arsenik vücuda alındıktan sonra cilt, solunum, kalp ve damar, bağılıklık, genital ve üriner sistemler, üreme, sindirim sistemi ve sinir sistemini de içeren çok farklı organları etkilemektedir (Abernathy, 2001). Arsenik adsorblanlığında öncelikle karaciğer, akciğer, böbrek ve kalpte depolanmaktadır. Daha küçük miktarlarda da kas ve sinir dokusunda birikmektedir. Arsenik alımından iki ve ya 4 hafta sonra, keratin sülfidril gruplar tarafından bağlanarak tırnak, saç ve ciltte birikmeye başlamaktadır. Arsenik toksik ve kanserojendir, ancak ne kadar alındığı (miktari), nasıl alındığı(solunarak, yenerek ve ya içilerek, temas sonucu) ve maruz kalınma sıklığı sağlık etkilerini belirler. Yeraltı suyunda arsenik kirliliğinin önemi ve yarattığı sağlık etkilerinin daha iyi anlaşılması için dünyada özellikle Bangladeş, Batı Bengal, Bihar, Hindistan, Çin, Şili, Yunanistan, İngiltere ve Nepal'de pek çok araştırma yapılmıştır. İçme suyu ile arseniğe maruz kalmanın etkileri arasında çeşitli deri lezyonları, nörolojik etkiler, hipertansiyon, kalp-damar hastalıkları, solunum rahatsızlıklarını, şeker hastalığı, ödem, kangren, ülser, cilt ve başka kanser türleri, düşük, ölü doğum, prematüre doğumlar, halsizlik, zayıflama, uyuşukluk, kansızlık, bağılıklık sistemine zararlar sayılabilir.

Dünyada birçok ülkede doğal olarak oluşan yeraltı suyu arsenik kirliliği nedeniyle 100 milyonun üzerindeki kişi arsenik zehirlenmesi riski ile karşı karşıya kalmıştır. İçme sularında yüksek miktarda arsenik olduğu rapor edilen yerler arasında Bengal Deltası (Batı Bengal, Hindistan ve Bangladeş), Amerika, Çin ve Yeni Zelanda yer almaktadır. Özellikle Hindistan ve Bangladeş'de içme sularından kaynaklanan arseniğin nüfusun çok önemli bir kısmını etkilediği bilinen örneklerdendir (Bilici Başkan ve Pala, 2009).

Dünyada pek çok ülkede içme sularının arsenikle kirlenmesi ve bunun neden olduğu sağlık etkilerinin önüne geçilebilmesi amacıyla Amerika Çevre Koruma Ajansı tarafından içme sularında arsenik için kabul edilen maksimum kirletici seviyesi 0.05 mg/L'den 0.01 mg/L'ye düşürülmüştür (Lee vd., 2003). Dünya Sağlık Örgütü tarafından da bu değer 1993 yılında 0.01 mg/L'ye indirilmiştir. Bu gelişmelerin ardından ülkemizde de bu değer 2005

yılında yayımlanan ve 2008 yılında yürürlüğe giren İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ile 0.01 mg/L'ye düşürülmüştür. Standartlardaki bu düşüş sonucu dünyada ve ülkemizde bazı bölgelerde mevcut arıtma tesislerine yeni arıtma proseslerinin eklenmesi veya değişiklikler yapılması ihtiyacı doğmuştur. Son yıllarda Türkiye'de özellikle batı bölgelerde maksimum kirletici seviyesinden daha yüksek miktarda arsenik içeren içme suyu kaynakları ölçülmüştür. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı tarafından hazırlanan "İnsani Gelişme Raporu 2006 Külliğin Eşliğinde: Güç, Yoksulluk ve Küresel Su Krizi" adlı raporda da Türkiye arsenik kirlenmesi olasılığı bulunan ülkeler arasında gösterilmiştir.(1)Türkiye'de bölgesel olarak ölçülen yer altı ve yüzeysel sularda arsenik konsantrasyonları; Kütahya Emet'te 448 µg/L, Bigadiç Balıkesir yer altı suyunda 900 µg/L, Eşme Uşak yer altı suyunda 50 µg/L 'dir (Bilici Başkan ve Pala, 2009). Aksaray ili yeraltı ve yüzeysel sularda arsenik konsantrasyonu 10-50 µg/L arasında tespit edilmiştir (İşık vd.; 2008; Çakiroğlu, 2009). Bu çalışmada, yeraltı ve yerüstü sularında bulunan arseniğin, taş ocağı tesisinden temin edilen doğal materyal oksit ve iz elementleri çıkartılarak As'nın giderilmesi amaçlanmıştır.

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Materyal**

Çalışmada koagülant olarak kullanılan doğal materyal, Konya – Ankara yolu üzerinde yer alan taş ocağı tesisinden temin edilmiştir. Doğal malzemenin görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1.** Doğal materyal görüntüsü

0.1 M HCl 1 L, 0.1 M NaOH, %99.9 saflıktaki Nitrik Asit kimyasalları kullanılmıştır. Sentetik stok arsenik çözeltisi ise 100 mg/L'lik stok Arsenik (As) çözeltisi hazırlamak için  $\text{HAsNa}_2\text{O}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 'ten 0.416 g alınarak deiyonize su ile 1 L'ye tamamlanmıştır ( $\text{HAsNa}_2\text{O}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ :312.01 g/mol; AsO<sub>4</sub>:74.92 g/mol). ICP OES ölçümlerinde ise kullanılan kimyasallardan *İndüktan Çözeltisi* (*indirgeme çözeltisi*); 5 g Askorbik asit + 5 g Potasyum iyodür 100 mL olacak şekilde deiyonize su ile çözülkerek hazırlanmıştır olup, *Redüktan solüsyon*: % 0.05 NaOH (Sodyum hidroksit) + % 0.2'lik NaBH<sub>4</sub> (Sodyum bora hidrat)

karıştırılıp 1 L'ye tamamlandı. (NaOH 0.5 g ve 2 g NaBH<sub>4</sub> hassas terazide tartılıp deiyonize su ile çözülmüştür).

## 2.2. Metot

*pH analizleri;* LABQUEST 2 Marka Vernier - LQ2-LE model cihaz ile anlık ölçümler şeklinde yapılmıştır. Çözeltilerin ortam pH'ları sodyum hidroksit (NaOH) ve hidroklorik asit (HCl) kullanılarak sağlanmıştır. *Arsenik Analizleri;* Eş Zamanlı İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) Parkin Elmer Optima 2100 DV ile SM 3120 B Hidrür metodu kullanılarak yapılmıştır. *Doğal Materyal Analizi;* Ana element oksit ve iz element analizleri Aksaray Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği'nde, Axios max dalgaboyu dağılımlı X-Ray Fluoresans Spektrometresi (WD-XRF) yöntemiyle yapılmıştır. Örneklerdeki uçucu bileşenler ve su buharı içeriği kül fırınında 950 °C'de 24 saat bekletilerek giderilmiştir.

### 2.2.1. Deneysel sistem

Çalışmada As arıtımı için doğal materyal ile koagülasyon-flokülasyon-çöktürme prosesi uygulanmıştır. Deneysel sistemin görüntüsü Şekil 2'te verilmiştir.



Şekil 2. Deneysel sistem görüntüsü ve işlem sıralaması

Çalışmada arsenik giderim verimine pH 'ın (pH 2, 4, 6, 8 ve 10), As giriş konsantrasyonlarının (10, 25, 50, 75 ve 100 µg/L) ve doğal materyal miktarının (5, 10, 15, 30 ve 50 g) etkisi incelenmiştir. Her bir parametrenin etkisi incelenirken; 120 rpm 'de 1 dk. Hızlı karıştırma, 10 rpm 'de 20 dk. Yavaş karıştırma ve 60-90 dk. arasında bekletme süresinde çökeltme yapılmıştır. Numuneler ICP-OES cihazına verilmeden önce 4000 rpm 'de 3 dk. santrifürlenmiş ve ardından 0,45 µm filtre kâğıdından geçirilmiştir.

Deneysel sistemdeki doğal materyalin adsorplama kapasitesi Eşitlik 1'de, yüzde (%) giderim verimleri Eşitlik 2'deki gibi hesaplanmıştır.

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} * V \quad (1)$$

$$\% \text{ Giderim verimi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} * 100 \quad (2)$$

$C_0$ : Başlangıç As konsantrasyonu (mg/L),  $C_e$ : Çıkış As konsantrasyonu (mg/L),  $q_e$ : Adsorplama kapasitesi (mg/g), V: Çözelti hacmi (L) ve m: Doğal materyal miktarı (g) ‘dir.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 3.1. Doğal maddenin kimyasal özelliklerini

Çalışmada kullanılan doğal maddenin Ana element oksit ve iz element analizleri aşağıda yer alan Tablo 1.’de verilmiştir.

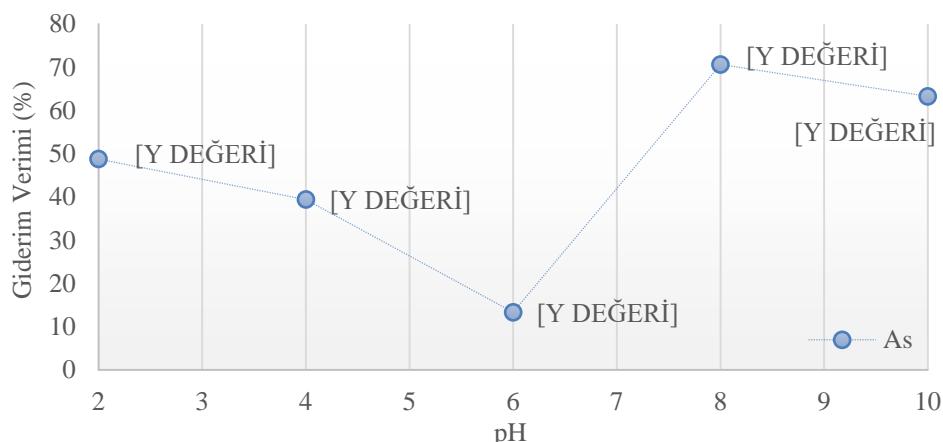
**Tablo 1.** Doğal maddenin oksit ve iz element analizi

Element	%	Element	%	Element	ppm
Na <sub>2</sub> O	0.198	K <sub>2</sub> O	0.060	S	679.25
MgO	0.212	MnO	0.027	Cl	112.76
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.091	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.461	Cr	8.52
SiO <sub>2</sub>	2.232	TiO <sub>2</sub>	0.060	Ni	1.77
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.030	CaO	57.107	Zn	7.12
LOI			38.7	As	0.44
TOPLAM			100.18		

Doğal maddenin içeriği olarak CaO %57.107 olup içerisinde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yüzdeleri sırasıyla %1.091 ve % 0.461 olduğu gözlemlenmiştir. Doğal malzeme içerisinde S, Cl ve As konsantrasyonu ppm cinsinden sırasıyla; 679.25, 112.76 ve 0.44’dür. Deionize suda 24 saat bekletilerek doğal madde içerisinde bulunan As suya 0.5 ppb’lik bir girişim yaptığı görülmüştür.

#### 3.2. pH Değişiminin Arsenik Konsantrasyonunun Giderim Verimine Etkisi

Doğal maddenin arsenik gideriminin de etkisini araştırmak için öncelikle pH derecesinin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, pH Aralığı 2-4-6-8 ve 10’da giderim verimleri araştırılmıştır. Bu çalışma sırasında doğal materyal miktarı 50 g ve giriş arsenik As konsantrasyonu 100 µg/L olarak çalışılmıştır. pH’ın arsenik giderme verimine etkisi aşağıda yer alan Şekil 3’de verilmiştir.

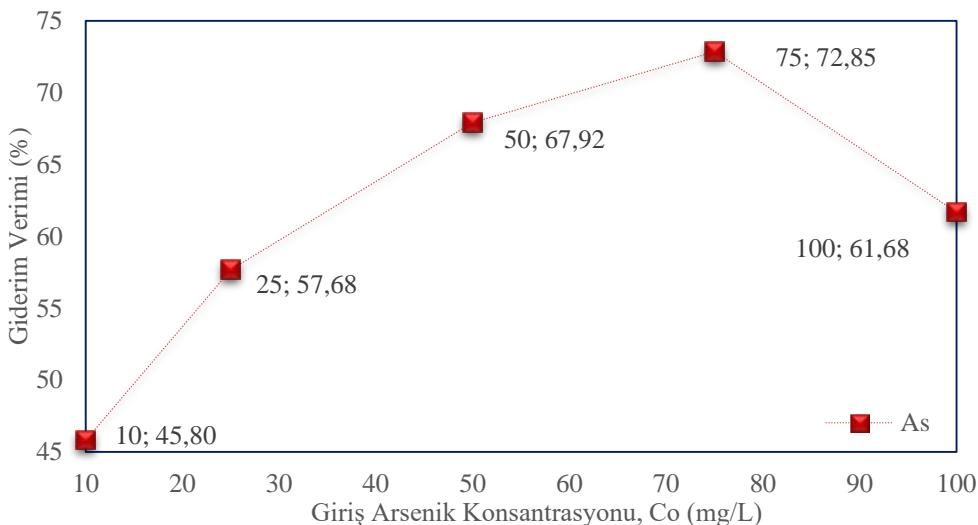


**Şekil 3.** Çözelti pH değişiminin arsenik giderim verimine etkisi

Şekil 3'de pH değeri 2 den 6 ya çıkarıldığında As giderim verimi % 48,76 dan % 13,3 e azalma göstermiştir. pH 6 dan pH 10'e çıkarıldığında giderim verimi 13,3'den pH 8'e % 70,64 As giderimi elde edilmiştir. Daha sonra pH artışı ile tekrar As giderim verimi % 63,26'ya düşmüştür. Bu sonuçlara göre en yüksek giderim verimi pH 8-10 arasında gerçekleşmiştir. Boksit üretim çamurunun ile As giderim çalışmasında 0.5 g/L çamur ile pH 5-6 aralığında % 99.6 giderim verimi elde edilmiştir. (Namlı, 2014). pH 6'dan itibaren As gideriminin artışı doğal malzeme içerisinde bulunan Fe ve Al'nın Koagülasyonu sonucu arttığı söylenebilir. (Öztel ve Akbal, 2012). Kireç soda ile yumusatma yönteminde  $\text{As}^{5+}$  ve  $\text{As}^{3+}$  arıtımı için optimum pH sırasıyla yaklaşık 10.5 ve 11 olarak ifade edilmektedir (Alpaslan vd., 2010). Sunulan çalışmada en yüksek giderim verimi pH 8 civarında gerçekleşmiştir.

### 3.3. Arsenik Konsantrasyonunun Giderim Verimine Etkisi

Çalışmanın bu aşamasında başlangıç As konsantrasyonu 10  $\mu\text{g/L}$  den 100  $\mu\text{g/L}$  ye arttırılarak deneysel çalışmaların sonucu aşağıda yer alan Şekil 4'de verilmiştir.

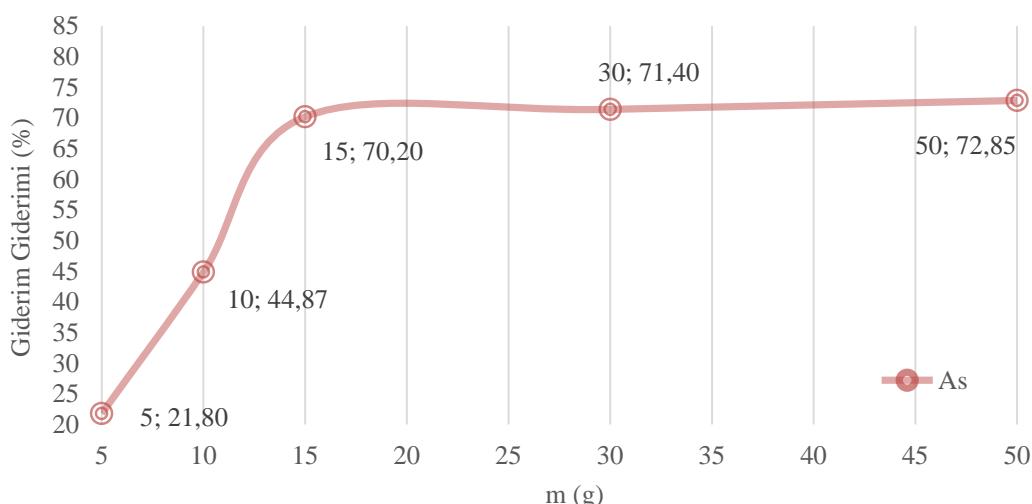


**Şekil 4.** Başlangıç As konsantrasyonunun giderim verimine etkisi

As 10  $\mu\text{g/L}$ 'de %45.8 giderim verimi As'nin 25  $\mu\text{g/L}$  ye çıkarıldığında verim %57.68'e yükselmektedir. Ayrıca, 50  $\mu\text{g/L}$  ve 75  $\mu\text{g/L}$  giriş konsantrasyonlarında sırasıyla; %67.92 ve % 72.85 giderim verimleri elde edilmiştir. 100  $\mu\text{g/L}$ 'ye çıktıığında ise verim %61.68'e düşmektedir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında optimum başlangıç As konsantrasyonu 75  $\mu\text{g/L}$  olarak belirlenmiştir. Literatürde, kırmızı çamur ile As giderimi yapılan bir çalışmada başlangıç konsantrasyonunun etkisi 10-200 ppm aralığında denemiştir. Konsantrasyon arttıkça giderim veriminin %99.8'den %65'e düşüğü gözlemlenmiştir (Namlı, 2014).

### 3.4. Doğal Materyal Miktarının Arsenik Giderim Verimi Etkisi

Çalışmanın bu aşamasında pH 8 ve As giriş konsantrasyonu  $75 \mu\text{g/L}$  sabit tutularak doğal materyal miktarı 5 g'dan 50 g'a artırılarak deneysel çalışmaların sonucu aşağıda yer alan Şekil 5'de verilmiştir.

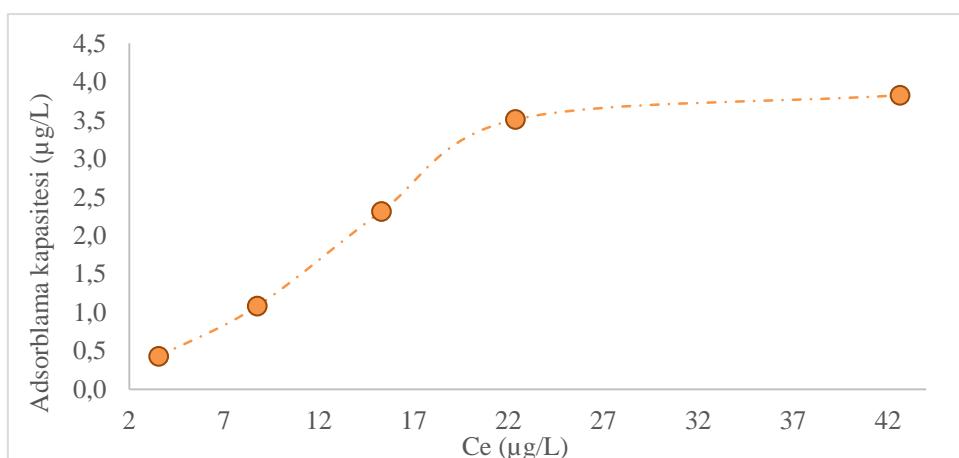


**Şekil 5.** Doğal materyal miktarının giderim verimine etkisi

Şekil 5'de doğal materyal 5 g'dan 10 g'a çıkarıldığında %21.8'den %44.87'e yükseldiği görülmektedir. Doğal materyal miktarı 15 g'a çıkarıldığında %70.20 verim elde edilirken, 30 g ve 50 g'da sırasıyla; %71.4 ve %72.85 giderim verimleri elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre 15 g malzeme kullanımı ile 50 g malzeme kullanımı arasında giderim veriminde %2.65'lik bir artış olduğu hesaplanmıştır. Bu artış küçük miktarda olup, As arıtımı için çok fazla doğal materyal kullanımı olacağından optimum giderim verimi olarak doğal materyal miktarı 15 g olarak belirlenmiştir. Limonit ile As giderimi yapılan bir çalışmada, 20 ppm başlangıç As konsantrasyonunda 1, 2, 5 ve 10 g/L limonit miktarlarında As giderim verimleri sırasıyla; %31.2, %34.4, %61.6 ve %98.1 olarak bulunmuştur (Yenial, 2012).

### 3.5. Doğal Maddenin Arsenik Adsorplama kapasitesi

Çalışmanın bu aşamasında başlangıç As konsantrasyonu  $10 \mu\text{g/L}$ 'den  $100 \mu\text{g/L}$ 'ye artırılarak deneysel çalışma sonucunda 15 g doğal materyalin As'yi adsorplama kapasitesi sonucu aşağıdaki Şekil 6'da verilmiştir.



**Şekil 6.** Farklı başlangıç As konsantrasyonlarındaki adsorplanma kapasiteleri

Şekil 6'da görüldüğü gibi farklı başlangıç As konsantrasyonlarında 15 g doğal materyal miktarında farklı adsorplama kapasiteleri elde edilmiştir. Artan başlangıç As konsantrasyonlarında 10, 25, 50, 75 ve 100  $\mu\text{g/L}$  için sırasıyla; 0.43, 1.08, 2.31, 3.51 ve 3.82  $\mu\text{g/g}$  olarak artan adsorplanma kapasiteleri elde edilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışma sonucunda, As gideriminde kullanılan optimum deneysel şartlar; pH 8, 15 g doğal materyal miktarı ve 75  $\mu\text{g/L}$  başlangıç As konsantrasyonu olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında yapılan çalışmada elde edilen giderim verimi %70.2 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, 10, 25, 50, 75 ve 100  $\mu\text{g/L}$  başlangıç As konsantrasyonlarında maksimum adsorplanma kapasiteleri sırasıyla; 0.43, 1.083, 2.31, 3.51 ve 3.82  $\mu\text{g/g}$  olarak bulunmuştur. Yapılan çalışma laboratuvar ölçügededir, ancak daha sonra gerekli ön çalışmalar yapılarak As kirliliği oluşturan bir tesiste arıtım için yatak malzemesi olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

#### KAYNAKLAR

- Abernathy, C., 2001, United Nations synthesis report on arsenic in drinking water, chapter 3: exposure and health effects. World Health Organization, Genova.
- Alpaslan, M. N., Dölgen, D., Boyacıoğlu, H. ve Sarptaş, H., 2010, İçme suyundan kimyasal yöntemlerle arsenik giderimi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 20(1), 15-25.
- Başkan, M. B., ve Pala, A., 2009, İçme sularında arsenik kirliliği: Ülkemiz açısından bir değerlendirme, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(15), 69-79.
- Çakiroğlu, M. E., 2009, Demir oksitler ile içme sularından arsenik giderimi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstитüsü*, İstanbul, 24-25.
- İşık M., Altaş L. ve Kavurmacı M., 2008, Aksaray Su Kaynaklarının Arsenik Açısından Değerlendirilmesi, *Su-Enerji-Sağlık (SES'08) Sempozyumu*, Aksaray, s 94 (özet),
- Lee, W. G., Sung , N. K., Cho, I. H. and Ryu, H. H., 2003, Abnormal silicon oxide growth on cobalt silicide in arsenic-doped N+ active areas, *Materials Letters*, 57, 3565–3569.
- Namlı, S., 2014, Kırmızı çamur ile sulardan arseniğin giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 55-85.
- Öztel, M. D. ve Akbal, M., 2013, İçme sularında arsenik giderimi için geleneksel ve alternatif teknolojileri. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sigma* 31, 386-408, 9-10.
- Topal, F., 2009, İçme sularında arsenik giderimi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 26-83.
- Yenial, Ü., 2012, Sulardan arseniğin giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 99-100.

## HAVA KİRLİLİĞİNİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ, DÜNYADA, ÜLKEMİZDE VE ELBİSTAN'DA HAVA KİRLİLİĞİ SORUNU

Tuğçe Yaman, Yakup Kurmaç  
*Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray*

**ÖZET:** Hava kirliliği düzeyleri düzenli olarak izlenmesine ve mücadele edilmesine rağmen, bütün dünyada, başta büyük metropoller olmak üzere halen kabul edilen sınırların üzerinde seyretmektedir. Kirlilik özellikle endüstriyel tesislerden, konutlarda ısınma amaçlı yakıt tüketiminden ve motorlu taşıt egzozlarından kaynaklanmaktadır. Ülkemizde doğal gaz kullanımıyla büyük kentlerde hava kirliliğinde nispeten bir gerileme olmasına rağmen, halen ciddi bir sorun olarak varlığını sürdürmektedir. Elbistan'da son yıllarda hızlı nüfus artışı, yanlış kentleşme ve nispeten artan sanayileşme nedeniyle özellikle kiş aylarında hava kirliliği ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Dünyada ve ülkemizde yapılan çalışmalar hava kirliliği ile respiratuar mortalite ve morbidite arasında yakın bir ilişki olduğunu bildirmektedir. Hava kirliliğinin solunum sistemine etkilerinin altında yatan mekanizmaları araştıran çalışmalar, kirleticilerin solunum semptomlarını artırdığı, solunum fonksiyonlarında bozulmaya yol açtığı ve hava yollarında inflamatuar değişikliklere neden olduğunu göstermektedir. In vitro çalışmalar, hava kirleticilerin etkilerini hücre düzeyinde direkt olarak hasara yol açarak, in direkt olarak intraselüler oksidatif yolakları aktive etmek suretiyle gerçekleştirdiklerini bildirmektedir. Dünyada ve ülkemizde hava kirliliğini sınırlandırmaya yönelik çalışmalar çeşitli boyutlarıyla devam etmektedir. Elbistan'da da sorunun çözümü için standart dışı kalitesiz yakıtların kullanımının önlenmesi, uygun yakma tekniklerinin kullanılması ve araçlarda emisyon kontrolünün daha etkin yapılması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Hava Kirliliği, Hava Yolları, Respiratuar Morbidite, Mortalite, İnfiamasyon, Mekanizmalar.*

## EFFECTS OF AIR POLLUTION ON HUMAN HEALTH, AIR POLLUTION PROBLEM IN THE WORLD, TURKEY AND ELBİSTAN

**Abstract:** Air pollution still exceeds safe limits worldwide, particularly in big metropolitans, despite regular monitoring facilities and measures taken. It is usually originated from industrial activities, fossil fuel use in domestic settings and vehicle exhaust emission. Although there is a decrease in air pollution in big cities of Turkey due to use of natural gas, it is still a serious health concern. In Elbistan, because of a rapid increase in its population recently, wrong urbanisation and a relative increase in industrialisation, air pollution leads to dangerous levels, particularly in the winter. Epidemiological studies from all over the world, and Turkey have reported a close relation between air pollution and respiratory morbidity and mortality. Studies investigating the mechanisms underlying respiratory effects of air pollution demonstrated that pollutants lead to increased respiratory symptoms, decreased respiratory function and induce inflammatory changes in airways. In vitro studies have shown that air pollutants exert their effects by causing cellular injury directly, and by activating intracellular oxidative pathways indirectly. The attempts to reduce air pollution levels have been implemented in Turkey and worldwide. In order to solve the problem in Elbistan, several measures such as prevention the use of out standardized fuel, use of reliable burning techniques, and a close car emission monitoring system need to be implemented.

**Keywords:** *Air Pollution, Air Ways, Respiratory Morbidity, Mortality, Inflammation, Mechanisms.*

## GİRİŞ

İnsanlar seçme şansı olmadan çevrelerindeki havayı solurlar. Solunan hava kirli olduğu zaman insan sağlığı üzerinde geri dönüşlü ya da dönüşsüz olabilecek birçok olumsuz etkiye neden olmaktadır. Bu olumsuz etkilerin ve kirliliğin kaynağı; son yüzyılda hızla artan dünya nüfusu, sanayileşme, şehirleşme ve bu artışa bağlı olarak artan enerji ihtiyacının büyük kısmının fosil yakıtlardan sağlanmasıyla oluşmaktadır. Fosil yakıtların kullanımındaki artış atmosfer kompozisyonunda da gittikçe artan değişikliğe neden olmuştur. Fosil yakıtların yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biri de sanayi kuruluşlarıdır. Gelişmekte olan ülkelerde sanayileşmenin yanlış yerlerde yapılandırılması ve endüstri kaynaklı emisyonların yeterli teknik önlemler alınmadan atmosfere bırakılmasıyla hava kalitesi gün geçikçe kötüleşmektedir.

### **Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri: Dünyada Hava Kirliliği**

**Hava Kirliliği;** soluduğumuz dış havada kükürt dioksit ( $\text{SO}_2$ ), partiküler madde (PM), nitrojen oksitleri ( $\text{NO}_x$ ) ve ozon ( $\text{O}_3$ ) gibi kirleticilerin çevre ve sağlık üzerinde olumsuz etkileri yapacak düzeylerde olması şeklinde tanımlanabilir. Bu kirlilik atmosferde doğal süreçleri bozmakta ve toplum sağlığını olumsuz yönde etkilemeye olup, dünyada son 30 yıldır hava kirliliği düzeyleri düzenli olarak izlenmesine ve mücadele edilmesine rağmen, özellikle büyük metropollerde kirlilik düzeyleri halen güvenli kabul edilen sınırların üzerinde seyretmektedir. 1980'li yıllara kadar dünyada 2.3 milyar kişinin hava kalite standartlarının üstünde kirlilik içeren şehirlerde yaşadığı saptanmıştır. Hava kirliliği, dünya genelinde özellikle endüstriyel tesislerden, konutlarda ısınma amaçlı yakıt tüketiminden ve motorlu taşıt egzozlarından kaynaklanmaktadır. Dünyada hava kirletici emisyonlarında 2030 yılına kadar beş katlık bir artış beklenmektedir. Özellikle gelişmekte olan bölgelerde hızlı kentleşme ve enerji tüketiminin artışı ile birlikte kirlilik de artmaktadır. PM'lerin bileşimine bakıldığından birden fazla kirleticiden ibaret olduğu, aerosol, duman, is, yanma ürünleri, toz, deniz tuzu ve polen gibi maddelerdenoluştugu görülmektedir. Aerosol halinde bulunan PM'lerin en yaygın olanını sülfürik asit, sülfat ve nitrat tuzları oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarla, hava kirliliğinin çocukların akut solunum yolu enfeksiyonu riskini artırdığı gözlenmektedir. Hava kirliliği araştırmalarının çıkış noktası, 1934'te Belçika'da Meuse Vadisinde, 1947'de ABD'de Donora'da ve 1952'de Londra'da bir aydan kısa sürede binlerce kişinin ölümyle sonuçlanan ve çok yüksek PM emisyonlarının atmosferik inversiyon olayları ve topografik yapıdan kaynaklanan hava kirliliği episodları olmuştur. Bu felaketler sonucu ilk defa Londra'da emisyon kontrolü yaklaşımı ortaya çıkmış ve kömür kullanımına kısıtlamalar getirildiği kaydedilmiştir. Hava kirliliği kontrolünün kanuni süreçlere girmesiyle dünyanın bir çok ülkesinde yerel ve Dünya Sağlık Örgütünün (DSÖ) belirlediği kirletici limit değerleri ve emisyon kriterleri kullanılmaktadır. Türkiye'de geçerli olan hava kalitesi kriterleri, DSÖ standartları kabul edilerek kükürt dioksit, PM ve diğer seçilmiş gaz kirleticilerin konsantrasyonlarının yaz ve kış dönemlerindeki kabul edilebilir değerlerinden oluşmakta olup

1986 yılında Resmi Gazete'de yayınlanmıştır. Ülkemizdeki hava kirliliği sorunu büyük kentlerde 1990'lı yılların ortalarında ısınma amaçlı olarak doğal gaz kullanımına geçilmesiyle

(Ankara ve İstanbul) yapı değiştirmekle birlikte, trafik kaynaklı hava kirliliği sorunu özellikle İstanbul'da hala süregelmektedir. Dünyada son yıllarda yapılan çalışmalarda, hava kirliliğinin gittikçe Güneydoğu Asya ülkelere kaydığı ve bu bölgelerde tehlikeli boyutlara ulaştığı, kardiyovasküler olaylara bağlı hastane başvurularında yükselme eğilimi olduğu bildirilmektedir.

### **Türkiye'de Hava Kirliliği**

Türkiye'de hava kirliliği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından, su kirliliğinden sonra ikinci sırada ele alınmakta olup sağlık üzerindeki etkileri çeşitli boyutları ile değişik merkezler tarafından araştırılmaya devam edilmektedir. Bununla birlikte, İstanbul'da yapılan bir çalışmada günlük PM oranları ile genel mortalite arasında anlamlı ilişki gözlenmiştir. Yine, 0-2 yaş grubundaki çocuklarda hava kirliliği düzeylerindeki artışla bronşit, sinüzit ve pnömoni gibi solunum yolu hastalıklarındaki artış olduğu saptanmıştır. Eskişehir'de SO<sub>2</sub> düzeyleri ile üst ve alt solunum yolu enfeksiyonları ve KOAH nedeniyle acil hastane başvurularında artış arasında ilişki bulunmuştur. İzmit'te de PM konsantrasyonu ve havadaki nem oranı ile ilişkili olarak astıma bağlı hastane başvurularında artış gözlenmiştir. Gaziantep'teki bir çalışmada da hava kirliliği astımlılarda yaşam kalitesinde düşme, gece semptomlarında artış ve bronkodilatör tedaviyi kullanmada artış ile anlamlı bir ilişki göstermiştir. Ankara'da son zamanlarda yapılan bir çalışmada da SO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonu ile astıma bağlı acil başvurular arasında ilişki saptanmıştır. Denizli'de yapılan çalışmada bir önceki haftanın SO<sub>2</sub> ve PM ortalaması ile KOAH'a bağlı acil hastane başvuruları arasında korelasyon gözlenmiştir. Yine günlük SO<sub>2</sub> ve PM miktarlarındaki artışlar ile KOAH'a bağlı acil başvurulardaki relatif risk oranının arttığı ifade edilmiştir. Benzer şekilde, kış aylarındaki son beş günün ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyonları ile astım atakları nedeniyle hastane başvuruları arasında bir korelasyon bulunduğu belirtilmiştir.

### **Hava Kirliliği ile Mücadele Dünyada Hava Kirliliğine Karşı Alınan Önlemler ve Sonuçları**

Hava kirliliğini sınırlandırmaya yönelik olarak Dünyada yapılan çalışmalar, başta hava kalitesi standartlarının geliştirilmesi, kanun ve yönetmeliklerin hazırlanarak uygulamaya geçirilmesi, kaynakta kontrol sağlanması (emisyon kontrolü), sağlık personelinin toplum sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri sınırlırmak üzere devreye girmesine yönelik önlemlerden oluşmaktadır. Kontrol sürecinde, kaynağın belirlenmesi, emisyonun karakterizasyonu, emisyon envanterleri, hava kirliliği değişiklikleri gibi çalışmalar yapılmaktadır. Kaynakta kontrol için yakıt türünün değiştirilmesi, emisyon kontrolü için de filtreler, ıslak yıkayıcılar, katalitik konvertörler ve yanma standartlarının iyileştirilmesi gibi önlemler üzerinde durulmaktadır. DSÖ de hava kalitesi standartlarını oluşturmak için yönetmelikler hazırlanmıştır. Bu amaçla kabul edilebilir maksimum standart değerler

oluşturulmuş, risk altındaki grupları korumak amacıyla kabul edilebilir kısa süreli sınır değerler, genel nüfusu korumak için de uyuşmasını önerdiği yıllık ortalamalar belirlemiştir. Konan bu değerlere işlerlik kazandırılması için çeşitli ülkelerde yasa ve yönetmelikler hazırlanmakta ve hava kirliliğinin DSÖ'nün belirlediği güvenli sınırların altında tutulmasına çalışılmaktadır.

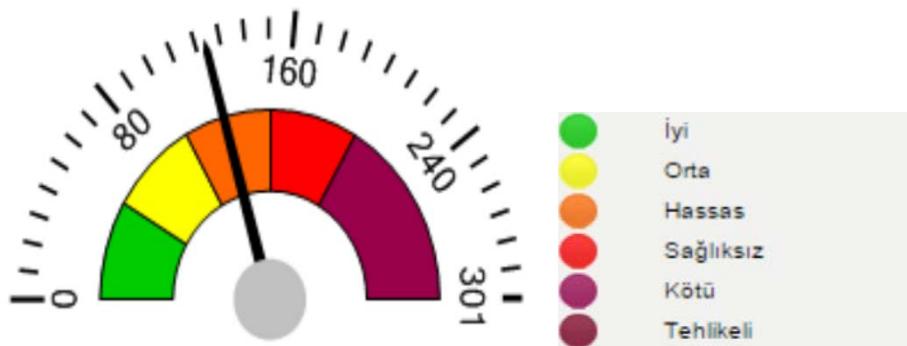
### **Türkiye'de Hava Kirliliği; Ahnan Önlemler ve Mevcut Durum**

Türkiye'de hava kirliliğinin 1950'li yıllarda nüfus artışı ve hızlı kentleşme ile birlikte gündeme geldiği, bunun sonucunda kömür ve petrole talebin arttığı ve başta İstanbul, Ankara, İzmir gibi büyük kentlerde olmak üzere şiddetli hava kirliliği episodları yaşadığı bildirilmektedir. Yanlış kentleşme, motorlu taşıt sayısında artış, yetersiz yanma teknikleri ve yeşil alanların azalmasının da buna katkıda bulunduğu bildirilmektedir. Hava kirliliği Sağlık ve Çevre Bakanlıkları tarafından 1985'den beri izlenmekte, bugün her kent ve ilçe merkezindeki izleme istasyonunda SO<sub>2</sub>, PM, NO<sub>x</sub> ve CO ölçümü gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla ülke genelinde O<sub>3</sub> ve NO<sub>2</sub> ölçümü yapılamamaktadır. Hava kirliliği ile mücadele çerçevesinde yapılan bugünkü düzenlemelerin 1983'te yürürlüğe giren Çevre Yasası ile başladığı, buna bağlı olarak 1986'da Türkiye Hava Kalitesini Koruma Yönetmeliğinin hazırlandığı, bu yönetmelikle hava kirleticilerinin emisyonunun kontrol altına alınması, insanın ve çevresinin hava kirliliğinin etkilerinden korunmasının amaçlandığı belirtilmektedir. Bu yönetmelik çerçevesinde, DSÖ ve Avrupa Birliği standartları da dikkate alınarak, kısa dönem, uzun dönem ve hedef sınır değerlerinden oluşan SO<sub>2</sub> ve PM sınır değerleri konmuştur. Yine bu yönetmelik çerçevesinde yerel bazda gerekli tedbirleri almak üzere uyarı kademeleri belirlenmiş, SO<sub>2</sub> ve PM düzeyleri bu kademeleri aşlığında yerel otoriteler gerekli önlemleri almaları konusunda sorumlu tutulmuşlardır. Türkiye'de hava kirliliğine neden olan kaynaklara bakıldığından; başta endüstri (termik santraller, çimento, demir-çelik endüstrisi vs) olmak üzere, konutlarda yakılan fosil yakıtlar (kömür, kalorifer yakıtı vs, kış sezonu hava kirliliğinin %80'den sorumlu) ve trafikten kaynaklanan egzoz emisyonunun sorumlu olduğu görülmektedir. Emisyonu düşürmek üzere, endüstri, konutlar ve trafikten kaynaklanan kirliliği sınırlırmaya yönelik çalışmalar yanında, temiz yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve bunların daha etkin kullanılması üzerinde durulmaktadır. Bu amaçla endüstride kaynaklanan emisyonu sınırlırmaya yönelik denetimler ve başta çimento ve demir-çelik sanayileri olmak üzere bu kuruluşlarla kirliliği sınırlırmaya yönelik gönüllü anlaşmalar imzalanmaya çalışılmaktadır. Konutlarda ise, düşük SO<sub>2</sub> ve PM'li yakıt kullanılması, ülke çapında kömür kalitesini artırıcı işlemlerin uygulanması, doğal gaz kullanımının yaygınlaştırılması, merkezi ısınmayı teşvik, kalorifercilerin eğitimi, binaların ısı izolasyonu gibi önlemler alınmaktadır. Bunun dışında kentlerde yoğun yerlesimi önleme, kent içi yeşil alanları artırma, kentlerin mimari açıdan hava akımını sağlayacak şekilde tasarımlı toplumun konu ile ilgili bilgi ve duyarlılığının artırılması üzerinde durulan diğer konuları arasındadır. Türkiye'de hava kirliliğine yönelik olarak alınan önlemlerin sonucuna ve yıllarla hava kirliliğinde gelinen durum ele alındığında, 1990'lı yıllarda özellikle Ankara, İstanbul, İzmir gibi büyük kentlerde çok ciddi bir sorun olan hava kirliliğinin bu illerde

giderek gerilediği, özellikle kış aylarında görülen SO<sub>2</sub> ve PM ortalamalarının düşme eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır . Bunda, başta evlerde ve endüstride doğal gaz kullanımının yaygınlaşması olmak üzere, yüksek standartlı kömür kullanımı, kömür zenginleştirme ve yakma sistemlerindeki ilerlemenin de bu ve benzeri kentlerdeki hava kirliliğindeki düşmede etkili olduğu belirtilmektedir .

### **Elbistan'da Hava Kirliliği Mevcut Durumu**

Elbistan'da son yıllarda kırsal kesimden ilçe merkezine aşırı göçün getirdiği hızlı nüfus artışı, plansız ve çarpık kentleşme ve nispeten artan sanayileşmenin ve Afşin-Elbistan A-B termik santrallerinin hava kirliliğini ciddi boyutlara getirdiği görülmektedir. Halen, ilçe merkezinde dört farklı noktada ölçüm yapılmakta, ancak yeni yerleşim bölgeleri açıldığı için mevcut ölçüm noktaları bütün ilçeyi temsil edememektedir. İlçede kullanılmak üzere temin edilen yeni ve donanımlı cihaz ile yapılacak ölçümler ile bu sorunun nispeten giderileceği belirtilmektedir.. Kentte hava kirliliğinin geldiği mevcut duruma bakıldığından;



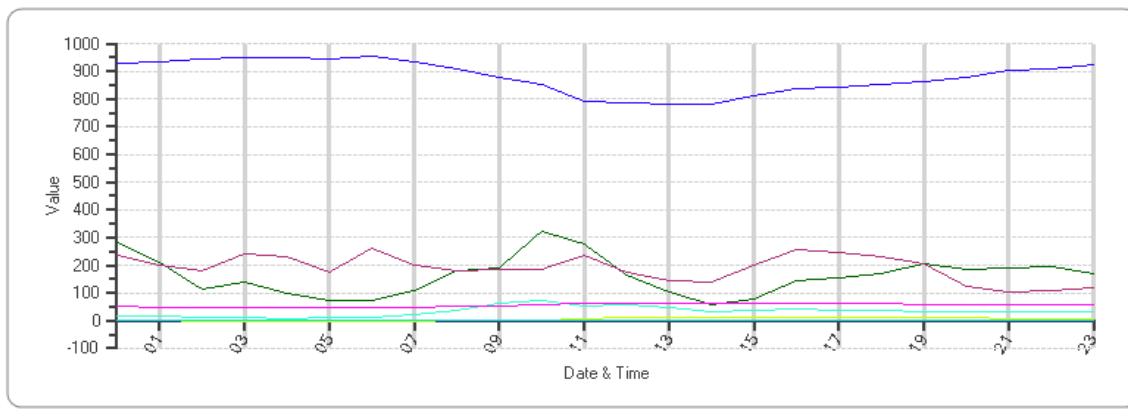
**Hava Kalitesi İndeksi : 124**

**Kirleticiler :**

NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, PM 10

**Etkin Kirletici : PM 10**

İstasyon: Kahramanmaraş - Elbistan Periyodik: 16.11.2015 00:00 - 16.11.2015 23:00 Rapor Türü: AVG



## Alınan Önlemler

- Şehrin yerleşim planlamasında, hava sirkülasyonunu sağlayacak boşluk alanlar oluşturulması sağlanmalı, rüzgârin şehir içinde akışını engelleyecek yapışma düzeneğine engel olunmalıdır.
- Sanayi tesisleri ile yerleşim alanları arasında belirli mesafe bırakacak imar düzenlemeleri yapılmalı, kent içindeki sanayi tesisi ve imalathanelerin kent yerleşimi dışına taşınması için altyapı çalışmaları yapılmalıdır.
- Taş Ocakları, Kırmızı Eleme Tesisleri, Brikethaneler, Mermer Atölyeleri vb. toz oluşumu riski yüksek tesislerin yerleşim alanları dışına taşınması sağlanmalıdır.
- Fırın, fırınlı lokanta vb. gibi yerleşim alanı içinde yer olması gereken işyerlerinin uygun yakıt, baca ve filtre sistemine sahip olup olmadıkları düzenli olarak denetlenmelidir. Toplam enerji tüketiminde fosil yakıt kullanımı miktarı azaltılmalı, temiz enerji (ruzgâr, jeotermal, güneş enerjisi) kaynaklarının kullanımını arttırmalı, bununla ilgili üniversite – sanayi firmaları işbirliği ile kullanılabilir ve ekonomik teknolojik ürünlerin geliştirilmesi sağlanmalı ve bu ürünlerin kullanılması teşvik edilmelidir.
- İlimizde ısınma amaçlı kullanılan enerji kaynağının 2/3’ünü kömür oluşturmaktadır.
- ısınma amaçlı kullanılan yakıt türleri içinde kömürün oranını düşürmek ve daha temiz bir yakıt türü olan doğalgazın kullanımını yaygınlaştmak için tedbirler ve teşvikler uygulanmalıdır.
- Altyapısı olmayan bölgelerde de doğalgaz kullanımını sağlayacak altyapı çalışmaları hızlandırılmalıdır.

Özellikle plansız yapılaşmış, ekonomik gelişmişliği düşük bölgeler için, doğalgazın altyapı sistemi kurulmadan da kullanılmasını sağlayan sivilastırılmış doğalgaz vb. yöntemler geliştirilmeli ve odun-kömür sobaları yerine doğalgaz sobalarının kullanılması sağlanmalıdır.

Her yıl ilimizde satışı yapılacak katı yakıt türlerinin standartlarının ilan edilerek, bu standartlara uymayan yakıt tür ve cinslerinin ile girişi yasaklanmalıdır.

Sanayi yatırımlarının kuruluş aşamalarında, çevre mevzuatlarında alınan izinler kapsamında yanma sistemleri için uygun teknolojiyi kullanmaları yönünde yönlendirilmeleri sağlanmalı, özellikle ÇED Yönetmeliğine tabi tesislerin yanma sistemleri, henüz planlama aşamasında gözden geçirilmeli ve gerekli durumlarda daha yeni ve uygun teknolojilerin kullanılması önerilmelidir.

Kalorifer kazanlarının tekniğine uygun yakılması ve kazan bakımı işlerinde çalışacaklar için “Yetkili Kalorifer Ateşçi Kursları” düzenli olarak ve belirli aralıklarla gerçekleştirilmelidir.

İşyerleri, kamu kurum ve kuruluşları ve konutlarda ateşçi/kaloriferci belgesi olmayan kaloriferci çalıştırılmamalı ve bu kurala uymayan binalar için cezai müeyyideler uygulanmalıdır.

Sanayi kuruluşları ve İşletmelerin emisyon kaynaklı “Çevre İzin” lerinin alınması sağlanmalıdır. “Çevre İzni” olmayan tesislerin çalışmasına izin verilmemelidir.

Emisyon içerikli “Çevre İzni” için başvuran tüm tesislerin, yönetmelik doğrultusunda emisyon kaynakları ölçülerek, atmosfere yayım standartlarını sağlayıp sağlamadıklarını kontrol edilmelidir.

Atmosfere yayım standartlarını sağlayamayan tesislerin teknolojilerini, proseslerini, yakma sistemlerini ve yakıtlarını kontrol edilmeli, tüm bu önlemlerle standardı sağlayamayan tesisler

için filtre önlemleri alındırmalıdır.

Yerleşim alanları içinde bulunan fırın, fırınlı lokantaların baca yükseklikleri ve filtreleri için standart belirlenmeli ve yapılan denetimlerde bu standartları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir.

Motorlu araçların emisyonlarının standartlara uygun halde trafige çıkışları sağlanmalıdır.

Motorlu araçların egzoz emisyon değerlerinin standartlara uygun olduğunu belgelemek için egzoz emisyon belgelerini almaları sağlanmalı, teşvik edilmeli ve denetlenmelidir.

Hava kalitesi ölçüm istasyonu sayısı artırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Bayram H, Devalia JL, Khair OA, et al. Comparison of ciliary activity and inflammatory mediator release from bronchial epithelial cells of nonatopic nonasthmatic subjects and atopic asthmatic patients and the effect of diesel exhaust particles in vitro. J Allergy Clin Immunol,
2. Bayram H, Rusznak C, Khair OA, et al. Effect of ozone and nitrogen dioxide on the permeability of bronchial epithelial cell cultures of non-asthmatic and asthmatic subjects. Clin Exp Allergy

3. Bayram H, Sapsford RJ, Abdelaziz MM, Khair OA. Effect of ozone and nitrogen dioxide on the release of pro-inflammatory mediators from bronchial epithelial cells of non-atopic non-asthmatic subjects and atopic asthmatic patients, in vitro. *J Allergy Clin Immunol*,
4. Bebek Ö. Hava kirliliğinin solunum semptomları nedeniyle hastane yatışlarına etkisi uzmanlık tezi. İstanbul
5. Berktaş B, Bircan A. Effects of atmospheric sulphur dioxide and particulate matter concentrations on emergency room admissions due to asthma in Ankara. *Tüberküloz ve Toraks Dergisi*
6. Bosson J, Stenfors N, Bucht A, et al. Ozone-induced bronchial epithelial cytokine expression differs between healthy and asthmatic subjects. *Clin Exp Allergy*,
7. Devalia JL, Rusznak C, Herdman MJ, et al. Effect of nitrogen dioxide and sulphur dioxide on airway response of mild asthmatic patients to allergen inhalation. *Lancet*,
8. Diaz-Sanchez D. The role of diesel exhaust particles and their associated polyaromatic hydrocarbons in the induction of allergic airway disease. *Allergy*
9. Elbir T, Muezzinoglu A, Bayram A. Evaluation of some air pollution indicators in Turkey. *Environ Int*,
10. Enerji sektöründen kaynaklanan hava kirliliği. *Ulusal Çevre Eylem Planı*. Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara
11. Harrod KS, Jaramillo RJ, Rosenberger CL, et al. Increased susceptibility to RSV infection by exposure to inhaled diesel engine emissions. *Am J Respir Cell Mol Biol*,
12. Kaygusuz K, Sarı A. Renewable energy potential and utilization in Turkey. *Energy Conversion and Management*
13. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. ([www.die.gov.tr](http://www.die.gov.tr))
14. T.C. Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıhha Enstitüsü ([www.rshm.gov.tr](http://www.rshm.gov.tr)).

# KARBON NANOTÜP KATKILI MALZEMELERLE ARSENİK GİDERİMİ

Serhat Koyunbaba<sup>1</sup>, Fatma Gürbüz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray, 68100  
serhatt\_466@hotmail.com

**ÖZET:** Doğal suların arsenikle kirlenmiş olması hem toksik hemde karsinojeniktir ve oldukça yaygındır. Arseniğin sulardan giderimi için bir çok teknolojik arıtım mevcuttur. Bunların arasında koagülasyon, filtrasyon, membran filtrasyonu vs. ancak adsorpsiyon tekniği basit olması, kolay işletim şartlarına sahip olması, kimyasal ilavesine gerek olmaması ve genel olarak düşük işletim maliyetinden dolayı bir çok avantaj sağlar, yine de adsorpsiyonun teknolojik olarak geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu anlamda nanoteknolojinin, insanların ihtiyacı olan temiz ve ekonomik suyun sağlanmasıında önemli rol oynayacağı açıklıktır.

Bu çalışmada karbon nanotüpelerin arsenik arıtımında kullanılabilir olma özelliği incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Arsenik Giderimi ,Adsorpsiyon, Nanoadsorbant , Karbon Nanotüp

## REMOVAL OF ARSENIC VIA CARBON NANOTUPS MATERIALS

**Abstract:** Contamination of natural waters with arsenic, which is both toxic and carcinogenic, is widespread. Among various technologies that have been employed for arsenic removal from water, such as coagulation, filtration, membrane separation, ion exchange, etc, adsorption offers many advantages including simple and stable operation, easy handling of waste, absence of added reagents, compact facilities, and generally lower operation cost nevertheless the adsorption still need to develop for technologically. In this respect, nanotechnology is considered to play a crucial role in providing clean and affordable water to meet human demands. In this study, removal of arsenate compound via carbon nanotups in different studies were detailed

**Keywords:** Arsenic removal, Adsorption, Nano adsorbent , Carbon nanotubes

## 1. GİRİŞ

Zehirli özelliklere sahip metallerin çevre (deniz, göl, nehir vb. ) ve içme sularında bulunması birçok yaşam türleri için tehlike oluşturmaktadır. Canlılar için zararlı olan bu metallerin zararsız ürünlerde dönüşmeleri de söz konu değildir. Bu nedenlerden dolayı zararlı olan bu metallerin sulardan uzaklaştırılmaları zorunludur. Bu zararlı metallerden arsenik ise içme sularında bilinen en toksik madde olarak bütün dünyada liste başıdır. İçme sularında bulunan arsenik, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından insanlar için kanserojen olarak kabul edilmiştir. Arseniğin sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı içme sularında izin verilen maksimum arsenik miktarı 1993 yılında 50 µg/L'den 10 µg/L'ye düşürülmüştür ve bu değer üzerinde arsenik bulunduran suların toksik olduğu ilan edilmiştir. Suda en çok bulunan inorganik arsenik türlerinden arsenit (As+3) arseniğin en toksik formudur. Anorganik arseniğin sudaki kararlı türleri artı yüklü iyonlar olarak değil, oksijenli eksü yüklü oksianyonlar şeklinde bulunur (Smedley and Kinniburgh, 2002; Mohan and Pittman Jr., 2007).

Ülkemizde 2005 yılının Şubat ayına kadar 50 µg/L değeri geçerliydi. Bu tarihten itibaren “İnsanı Tüketim Amaçlı Sular Hk. Yönetmelik” gereği izin verilen sınır değer 10

$\mu\text{g/L}$  ye indirilmiş ve 3 yıllık bir geçiş süresi öngörlülmüştür (TS 266, 2005). Buna göre Şubat 2008'den itibaren ülkemizde izin verilen sınır değer  $10 \mu\text{g/L}$  olarak uygulanmakta ve içme ve kullanma sularının standarı olarak aranmaktadır. Fakat birçok ülkede arıtma yöntemlerinin çok maliyetli olması nedeni ile belirlenen limitten daha yüksek değerlere izin verilmektedir (Başkan ve Pala, 2009; Öngür, 2008; Tunçok, 2008). Ülkemizde Kütahya'da Emet ve Hisarcık'ta içme suyu kaynağı olarak kullanılan kaynak ve yeraltı sularında maksimum kırletici seviyesinden daha yüksek seviyede arsenik bulunmuştur. Bu durumun bor oluşumundaki bazı minerallerin çözünmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Oruç, 2004). Ayrıca Hisarcık bölgesinde de kabul edilebilir limitlerin üzerinde arsenik ölçülmüştür (Çöl ve Çöl 2004; Çolak v.d., 2003). Bundan başka Bursa ve çevresinde, Balıkesir ve Uşak'ta da yüksek miktarda arsenik belirlenmiştir (Erdol ve Ceylan, 1997; Gemici v.d., 2008; Çamtepe, 2006).

Günümüzde teknoloji, insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılamak için sürekli gelişmektedir. Bu gelişmelerden biri de boyutların küçültülmesiyle başlayan ve malzemelerin özelliklerini iyileştirmeye yönelik olan “nanoteknoloji”dir. ‘Mikroteknolojiden daha küçük teknoloji’ olarak da adlandırılan nanoteknoloji, atomik ölçekte gerçekleştirilen işleme teknolojisidir. Nanoteknoloji ile ilgili çalışmalar malzemelerin geliştirilmesi için de büyük önem taşımaktadır. Atomik seviyede görüntüleme, ölçme ve işleyebilme sayesinde istenilen özellikler verilerek malzemelerin geliştirilmesi de sağlanabilir. Bu işlemler sayesinde boyutları 1 ile 100 nm arasında değişen, gelişmiş özellikli malzemeler ortaya çıkartılabilir (Bruggen, 2012). 1985 yılında, Richard Smalley'in bulduğu, karbon atomlarının 60'lı gruplar halinde birbirlerine bağlanmasıyla oluşan “buckyball”lar (küresel molekül) kütlesine birkaç kobalt veya nikel atomu eklenliğinde şekil değiştirerek, kimyasal olarak kararlı ve duvar kalınlığı bir nanometre boyutundaki “nanotüp” şecline dönüştür.

Nanotüpler ilk olarak 1991 yılında ortaya çıkmıştır. Grafen düzlemi dediğimiz örülu yapının bir silindir şecline sarılması ve uçlarının küresel bir silindir kapağı şeklinde kapatılmasıyla oluşturulur. Çok hafif olması, yüksek elastiklik modülüne sahip olması ve bilinen en dayanıklı fiber olması ihtimalleri, Karbon Nanotüplerin (KNT) en önemli özelliklerindendir. Deneysel bazı çalışmalar sonucu çok cidarlı KNT'lerin 1-1.8 TPa arasında elastik modülüne ve TEM esaslı çekme ve eğme testleriyle de 0.8- 150 GPa arasında çekme dayanımına sahip olduğu anlaşılmaktadır (Gogotsi, Y. 2006). Çok cidarlı KNT'lerin çekme dayanımlarının tek cidarlardan daha düşük olduğu bilinmektedir. Bunun temel sebebi, her bir nanotüp katmanın KNT'lerin sürtünmesize yakın kinetik özelliklere sahip olmasından dolayı birbiri üzerinden kayarak sıyrılma (pull-out) olarak bilinen özelliğin görülmESİdir. Yu ve arkadaşları tarafından yapılan bir başka çalışmada ise tek cidarlı KNT'lerin dış yüzeylerinde taşıdığı yükler vasıtasyyla oluşturulan gerilme-gerinim eğrilerinden 13-52 GPa arasında kırılma dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir (Yu, vd. 2000.). Aynı yöntemle çok cidarlı KNT'ler için gerçekleştirilen çalışmada ise 11-63 GPa arasında çekme dayanımı ile 0.27 – 0.95 TPa mertebesinde elastiklik modülü tayin edilmiştir. Özellikle, yoğunluğu da dikkate alındığında çelikten çok daha yüksek spesifik dayanıma sahip olan KNTler bilinen en dayanımlı malzemelerden biri olarak kabul edilmektedir. Grafenin simetrisi ve kendine has elektriksel yapısından ötürü, karbon nanotübün yapısı elektriksel özelliklerini önemli bir

şekilde etkilemektedir. Teoride metalik nanotüplerin elektrik gerilim yoğunlukları gümüş ya da bakır gibi metallere kıyasla 1000 kat daha fazladır (Seunghun, H., Myung, S. 2007.).

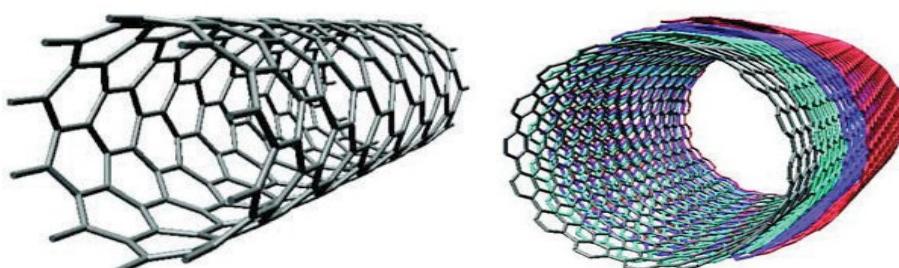
Günümüzde NASA, bakır kablolarla göre en az 10 kez daha iyi elektrik ilettiği için, Rice Üniversitesine KNT'lerden oluşan bir enerji iletim kablosu yaptırmaktadır. Bu iletim kablolarının üretimi için bir reaktöre nanotüp kaynağı yerleştirilir ve karbonmonoksit kullanımıyla birlikte KNT'lerin oluşması veya büyümesi sağlanır. Uzayan bu tüplerin sarılarak kuantum kablo haline getirilmesi planlanmaktadır. (NTVMSNBC, "KNT'ler Mars'a Göturecek," 2005).

### **1.1.Nanotüplerin Gelecekte Düşünülen Kullanım Alanları**

Nanotüplerin kullanım alanları; mikro-elektronik alanda, iletken kompozitler olarak, kontrollü ilaç iletiminde, yapay adaleler oluşturmada, pillerin güçlendirilmesinde, alan yayıcı düz kare monitörlerin yapımında, hidrojen depolamada, soy radyoaktif gaz depolamada, güneş enerjisi depolamada, atık geri dönüşümünde, elektromagnetik kalkan yapımında, diyaliz filtrelerinde, termal korumada, nanotüp takviyeli kompozitlerde, savaş malzeme ve cihazları yapımında, takviye elemanı olarak, polimerler için takviye elemanı olarak, havacılıkta, data saklama gibi bir çok alanda kullanılması düşünülmektedir (URL1).

## **2.NANOTÜPLERİN ELDE EDİLMESİ**

1996'da Rice Üniversitesindeki grubun daha verimli bir şekilde düzenli tek katmanlı nanotüp gruplarını üretmesiyle, karbon nanotüpler üzerine büyük miktarda deneyler yapılmasının önünü açtı. İstenilen nanotüpler  $1200^{\circ}\text{C}$  bir fırında karbonun lazer buharlaştırılması sonucu elde edilir. Kobalt-nikel katalizörü, nanotüplerin oluşumunda kullanılır. Çünkü oluşum sırasında nanotüplerin sonlarının kapaklanması önlər ve böylelikle %70-90 oranında karbon hedefleri tek katmanlı nanotüplere dönüştürülür Grafen katmanı bir levhanın çevresine sarıldığı zaman tek duvarlı karbon nanotüp (SWNT) elde edilir. SWNT'ler yaklaşık olarak 0,7-10 nm çapındadırlar (Yetim A., 2012).



Şekil 1. a)Tek duvarlı karbon nanotüp b) Birden fazla grafenden oluşan çok katmanlı CNT (Choudhary ve Gupta, 2011).

Yüksek çözünürlü mikroskobi teknikleriyle karbon nanotüplerin yapısı araştırılmaktadır. Bu deneyler sonucunda nanotüplerin, kristal grafitlerden oluşan hezagonal örgüdeki karbon atomlarının oluşturduğu silindirik yapıları olduğu anlaşılmıştır. Üç tip nanotüp olabilir: "armchair", "zigzag" ve iki boyutlu grafit levhanın nasıl rulo yapıldığına

bağlı olan “chiral”. Değişik tip nanotüpler birim hücrelerine göre kolayca belirlenir, yani yapıyı belirleyen en küçük atom grubudur (URL 3).

Küçük çaplı karbon nanotüpler, geleneksel mikron boyutlu grafitik fiberlere kıyasla önemli mekanik özelliklere sahiptirler. Bu nanotüplerin en dikkat çekici özelliği, yüksek esneklik, yüksek dayanıklılık ve yüksek sertliği bir araya getirmesidir. Bu özellikler karbon nanotüplere yeni nesil yüksek performanslı kompozitler için yol açmaktadır. Karbon nanotüplerin mekanik özellikleri üzerindeki kuramsal çalışmalar, nanotüp üretiminin kolay anlaşılması ve nanometre boyutundaki malzemelerin kolay işlenememesi nedeniyle deneyel çalışmalarдан çok daha ileridedir (Özgür, 2008).

Çok katmanlı nanotüpleri büyütmek için katalizör gerekmezken, tek katmanlı nanotüpler ancak katalizör ile büyütülebilir. Büyüme ile ilgili mekanizmalar hala çok iyi anlaşılmamışlardır. Deneyler, çap dağılıminin eni ve tepe noktasının, katalizörün kompozisyonuna, oluşum sıcaklığına ve diğer oluşum koşullarına bağlı olduğunu göstermiştir. Daha dar çap dağılımları ve daha kontrollü oluşum koşulları sağlayabilmek için halen büyük çabalar harcanmaktadır. Uygulama açısından bakacak olursak, önemli olan düşük maliyetli yüksek kazançlı nanotüp üretmek ve ticari ölçekte üretilebilecek sürekli bir sistemdir.

### **3.KARBON NANOTÜPLERİN ADSORBANT OLARAK KULLANIMI**

CNT'ler hafif olmalarına karşın yüksek gerilme direncine sahip olmaları, dayanıklı ve kararlı yapıları, yüksek iletkenlik ve esneklik sergilemeleri karbon nanotüplerin sahip olduğu diğer önemli özellikleridir. Birçok farklı analitik uygulaması söz konusu olup özellikle son yıllarda katı faz adsorban materyali olarak kullanılmasıyla dikkat çekmektedir (Ghaedi M, vd, 2014). Karbon nanotüplerin sahip oldukları güçlü van der Waals,  $\pi$ - $\pi$  etkileşimleri ve sahip oldukları geniş yüzey alanları nedeniyle inorganik ve organik türleri adsorplamada gösterdikleri başarı göz ardı edilemez. Bu yönyle karbon nanotüplerin zenginleştirme amaçlı katı faz ekstraksiyonunda adsorbant materyali olarak kullanılması cazip hale gelmiştir. Karbon nanotüplerin sahip oldukları geniş yüzey alanları, stabilitesi, mekanik sağlamlığı ve sergiledikleri  $\pi$ - $\pi$  etkileşimleri ve kuvvetli fizikal adsorpsiyon yeteneğine sahip olmaları, bu materyallerin katı faz ekstraksiyonu için uygun ve dikkat çekici adsorbanlar olduğu düşüncesini destekleyen en büyük gereklidir (Ravelo-Pérez vd, 2010). Bu adsorpsiyon karbon nanotüpün iç boşluklarında oyuklarında, dış yüzeyinde veya karbon nanotüpün katmanları arasındaki çatlaklarda meydana gelir. Ayrıca karbon nanotüp yüzeyleri çeşitli kovalent ve kovalent olmayan yöntemlerle modifiye edilebilir. Böylece farklı moleküllerin yapıya bağlanması olası hale gelir. Bu özelliklerle karbon nanotüpler metalik türler, organik ve organometalik bileşikler gibi farklı türlerin katı faz ekstraksiyonu ile analizini mümkün kılar (Lemos VA, 2008). Karbon nanotüplerin bu özelliklerini geleceğin adsorban materyali olarak kullanılabilmesi için umut vaat etmektedir. Karbon nanotüpler, herhangi bir işlem görmemiş ham haliyle, çeşitli asit/oksitleyici ajanların kullanılmasıyla oksidize halde ve fizikal ya da kimyasal yöntemlerle modifiye edilmiş şekilde katı faz ekstraksiyonunda kullanılmaktadır. Boyutlarından beklenmeyecek kadar büyük etki yaratan özelliklerinden dolayı karbon nanotüplerin katı faz ekstraksiyonda kullanılması geçen

yıllarla beraber önemli ölçüde artmıştır (Latorre CH., 2012).

#### **4.ARSENIĞİN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Doğada çok az miktarda bulunan arsenik genellikle oksijen, klor ve kükürtle bileşik halde bulunur. Bitki ve hayvanlarda ise karbon ve hidrojenle bileşik yapar. Çoğu arsenik bileşiğinin özel bir tadı ve kokusu yoktur. Çevrede bulunan arsenik buharlaşmaz, çoğu arsenik bileşiği suda çözünür, arsenik bulaşmış maddelerin yanmasıyla havaya karışabilir, havadan yere inerek birikebilir, parçalanmaz, ancak bir türden diğerine dönüşebilir. Solunum ve sindirim yollarıyla vücuda alınabilir.

İnorganik arsenik insanlar için çok zehirli olup organik arsenik daha az zararlıdır. Besinlerde ve sudaki yüksek miktarda (60 ppm) arsenik öldürücü olabilir. Arsenik sinir sistemi, mide-barsak ve cilt dokularına zarar verir. Yüksek miktarlarda solunması akciğer ve solunum yollarında yaralara neden olabilir (URL 2).

Arsenik bilinen bir kanserojendir. İnorganik arseniğin solunması akciğer kanserine, besin yoluyla alınması ise cilt, mesane, böbrek, karaciğer ve akciğer kanserine neden olabilir. Yüksek düzeyde maruziyet durumunda idrarda saptanabilir, ancak maruziyetten kısa bir süre sonra tahlil yapılması gereklidir. Ancak maruziyetten sonraki 6-12 ay boyunca saç ve tırnakta saptanabilir. Ancak bu testler düşük düzeyde maruziyetlerde anlamlı değildir ve olası bir sağlık etkisi konusunda fikir vermez. EPA'nın içme suyu için verdiği en üst sınır 0,05 ppm'dir, ancak bu düzey ileride düşürülebilir ( Karim, 2000; Choong et al., 2007). İnorganik arsenik bileşikleri, sağlık üzerinde çok olumsuz etkiye sahiptir. Bu bileşiklerin oral yolla 60 mg/kg üzeri alımı ölüme neden olur. Ortalama olarak insan vücudunda 10-20 mg'in üzerindeki oranlarda bulunan arsenik problem yaratır. Tavsiye edilen güvenlik limiti yetişkinlerde 15 µg/kg (vücut kütlesi/hafta)'dır (Emiroğlu, 2010).

Arsenik yönünden zengin olan yörelerden sağlanan yeraltı suları ya da böyle alanlardan geçen akarsular arsenikle kirlenebilirler. Bu durumdaki suların kanser riski taşıdığı ve böyle suları kullananlarda kansere yakalanma sıklığının yüksek olduğu belirtilmiştir. Suda başlıca inorganik ve organik bileşiklerin bir bileşeni olarak bulunan arseniğin, içme suyu ile alınımı cilt kanseri riski taşımaktadır. Ayrıca gaz fazında bulunan inorganik arsenik türlerinin solunum yoluyla alınmasının akciğer kanseri riski taşıdığını bilinmektedir. Başta Bangladeş ve Hindistan, olmak üzere birçok ülkede, yer altı ve içme sularında arsenik kirliliği ve buna bağlı olarak akut kanser vakaları rapor edilmiştir (Dhar 1997).

#### **5.TÜRKİYEDE ARSENİK PROBLEMİ**

Küresel ısınma sonucu yaşanan iklim değişikliği Türkiye'de de kuraklıklara neden olmaktadır. Kuraklık nedeniyle içme suyu kaynağı olarak yeraltı suları kullanılmaya başlamıştır. Arsenik bulunduğu üzere yaygın olarak yer altı yapılarından, doğal olarak veya madencilik gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Son yıllarda, 2008 yılından başlayarak, özellikle ülkemizin batı bölgelerinde içme suyunda izin verilen sınır değerlerinden daha yüksek arsenik değerlerine ulaşılmıştır (Gizli ve Demircioğlu, 2009).

**Nevşehir** ili İnallı ve Suvermez Belediyeleri içme suyu havzalarında içme suyunda arsenik derişimleri belirlenmiştir. Hasandağı ve Erciyes Dağı volkanizmasından etkilendiği bazaltlardan oluşan havza kenarındaki akiferde yeraltı suyunda arsenik derişimlerinin İnallı'da 4-6  $\mu\text{g/L}$  arasında ve Suvermez'de 8.7  $\mu\text{g/L}$  olduğu bulunmuştur. Buna karşın fiziksel ve kimyasal alterasyona uğramış eski alüvyon olarak tanımlanan akifer özelliği taşıyan birim içerisinde alınan yer altı suyunda ise arsenik oranlarının Suvermez' de 11.8  $\mu\text{g/L}$ , İnallı'da 31.0- 36.4  $\mu\text{g/L}$  arasında olduğu tespit edilmiştir (Üzeltürk, 2009). **Nevşehir (Kozaklı)** alanında termal ve mineral sularda hidrojeokimyasal ve izotopik çalışmalar yürütülmüştür. Sular kuyu suyu, termal ve soğuk kaynak sularından 2006 yılında toplanmıştır. Su numunelerinde arsenik derişimleri 29.3-94.0  $\mu\text{g/L}$  aralığında ve traverten numunelerinde 6.4-187.8 ppm aralığında bulunmuştur. Toplanan suların pH değerleri 6.7-7.6 ve su sıcaklığı 29.3-94.0°C aralığında değişmektedir (Pasvanoğlu and Chandrasekharam, 2011).

**Aksaray** ili su kaynaklarında arsenik seviyeleri belirlenmiştir. Numuneler, içme ve kullanma suyu (tarım) amaçlı kuyu, kaynak ve nehir sularından toplanmıştır. Numuneler 2007-2008 arasında bir yıllık süreçte iki ayda bir alınmıştır. Ortalama arsenik derişimlerini içme amaçlı kuyu sularında 0.2-52.4  $\mu\text{g/L}$ , sulama amaçlı kuyu sularında 1.3-72.7  $\mu\text{g/L}$ , sulama sularında 1.2-13.3  $\mu\text{g/L}$ , içme amaçlı kaynak sularında 1.3-17.7  $\mu\text{g/L}$ , yüzey sularında (Karasu ve Melendiz nehirleri) 20.9 ve 54.6  $\mu\text{g/L}$  ve dağıtım şebekesi suyunda 13.6  $\mu\text{g/L}$  olarak tespit edilmiştir (Kuyu derinliği 30-160 m arasında değişiklik göstermektedir) (Altaş et. al., 2011).

### 5.1.Arsenik Uzaklaştırma Yöntemleri

Çevre sularından arsenik uzaklaştırma farklı tekniklerle ve absorbanlarla sağlanmıştır. Yeraltı ve yerüstü sularından arsenik uzaklaştırma yöntemi sudaki arsenik derişimine, kullanım yeri ve amacına, maliyetine ve toksik atık oluşturmmasına göre seçilmektedir. Arsenik uzaklaştırmada kullanılan konvansiyonel yöntemler şunlardır;

Yükseltgenme/çöktürme, temel koagülasyon/birlikte çöktürme, adsorpsiyon ve iyon değiştiriciler, membran filtrasyonudur (Mohan and Pittman, 2007; Choong et al., 2007).

## 6.KARBON NANOTÜP UYGULAMALARI İLE ARSENİK GİDERİMİ

Membran yapıları ve özellikleri, nanopartiküler polimer matriks içerisinde gömülderek filtrasyon ve tutma özelliği nanometeryal yüzeyi veya uygulama yüzeyinin artırılmasından dolayı daha da etkili hale getirildiği uygulamalar vardır. Özellikle, karbon nanotüplerde (CNT) olduğu gibi, bu partikülerin içeriği hidrofobik yapılardan dolayı etkindir. Genelde karbon nanotüpler asitle muamele edilerek nanotüplerin içeriği hidroksil ve karboksil grupları ortaya çıkarmaktadır.

## **SONUÇ**

Arsenik bildiğimiz gibi çok toksik bir maddedir ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. İncelemelerimizde arseniğin sudaki ulusal ve uluslararası standart miktarının 10 mg/L'den fazla olmaması gerekmektedir. Arsenik ve arsenik bileşenlerinin ülkemizde bu miktarı aştiği bölgeler mevcuttur. Bu durum ciddi sağlık problemlerine neden olacak boyuttadır ve uygun görülen değerlere indirilmesi için arıtım yapılması gereklidir. Su arıtımı yaparken nanotüplü malzemenin kullanılması verimi arttırır, kolaylık sağlar. Karbon nanotüplerin, gözenek çapı farklı uzunlukta kullanılabilir olması, kontrolünün kolay olması, iç yüzeyinin düz olması gibi özelliklerden dolayı membran sistemlere göre mekanik olarak daha dayanıklıdır. Özellikle suyun taşınması sırasında hidrofobik duvarlarından ve yüzeyinin pürüzsüzüğünden dolayı yüksek debide su taşınmasına imkan sağlar. Yüzeyine arseniği tutacak şekilde metal bağlanarak arseniğin gideriminde kullanılabilir.

## **KAYNAKLAR**

- Akdoğan, A., Küçükyıldırım, B.O. 2006. "Nanomalzeme- ler ve Uygulamaları," MakinaTek., sayı 99, s.114-117 bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/karbon-nanotupler
- Altaş, L., Işık, M., Kavurmacı, M., 2011, Determination of arsenic levels in the water resources of Aksaray Province, Turkey, Journal of Environmental Management, 92, 2182-2192.
- Bruggen, B.V.D., (2012). The separation power of nanotubes in membranes: a review, ISRN Nanotechnology, volume 2012, 17.
- Choudhary, V., Gupta, A., (2011). Polymer/Carbon nanotube Composites, Book Chapter 4, Intech, 65-90.
- Çöl, M., Çöl, C. 2004. Arsenic concentrations in the surface, well, and drinking waters of the Hisarcık, Turkey Area. 10, 461-465.
- Dhar, R.K.1997. Groundwater arsenic calamity in Bangladesh. Current. Sci.,Vol. 73; pp. 48-58
- Emiroğlu, G. İ. 2010. Sularda arsenik tayini ve derişiminin azaltılması. Bitirme Projesi. A.Ü. Kimya Bölümü, Ankara
- Erdol, S., Ceylan, S. 1997. Bursa yöresinde içme ve kullanma sularında arsenikle kirlenmenin araştırılması. Uludağ Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi. 16, 119–127.
- Gemicici, Ü., Tarcan, G., Helvacı, C., Somay, A.M. 2008. High arsenic and boron concentrations in groundwaters related to mining activity in the Bigadiç Borate Deposits (Western Turkey). App. Geochemistry. 23, 2462-2476.
- Ghaedi M, Mokhtari P, Montazerozohori M, Asghari A, Soylak M. Multiwalled carbon nanotube impregnated with bis(5-bromosalicylidene)-1,3-propandiamine for enrichment of Pb<sup>2+</sup> ion. J Ind Eng Chem 2014; 20: 638–43.
- Gizli N., Demircioğlu M., 2009, Suda Arsenik: Kimyası ve Uzaklaştırılması, TMMOB İzmir İl Koordinasyonu, TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, 259- 267, İzmir.
- Gogotsi, Y. 2006. Nanotubes and Nanofibers, ISBN 0849393876, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Hamada, N., Sawada, S.I., Oshiyama, A. 1992. "New One Dimensional Conductors, Graphite Microtubules," Physics Review Letters, vol. 68, p.1579–1581
- Karim, M.D.M., 2000, Arsenic in groundwater and health problems in Bangladesh, Water Research, 34, 304-310.
- Latorre CH, Méndez JA, García JB, Martín SG, Crecente RMP. Carbon nanotubes as solid-phase extraction sorbents prior to atomic spectrometric determination of metal species: A review. Anal Chim Acta 2012; 749: 16-35
- Lemos VA, Teixeira LSG, Bezerra MA, Costa ACS, Castro JT, Cardoso LAM, Jesus DS, Santos ES, Baliza PX, and Santos LN. New Materials for Solid-Phase Extraction of Trace Elements. Appl Spectrosc Rev 2008; 43: 303–34
- Mohan D, Pittman CU Jr (2007) Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents—a critical review. J Hazard Mater 142:1–53

- NTVMSNBC, "KNT'ler Mars'a Götürecek," 2005. <http://arsiv.ntvmsnbc.com/news/321325.asp>, son erişim tarihi: 13 Mart 2011
- Oruç, N. 2004. "Emet-Kütahya içme sularında arsenik düzeyi, önemi ve bor yatakları ile ilişkisi" II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir.
- Özgür,I., Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, " Nanotüp Ve Nanotel Yapılarının Xrd ile Karakterizasyonu",Ankara,2008
- Pasvanoğlu, S., Chandrasekharam, D., 2011, Hydrogeochemical and isotopic study of thermal and mineralized waters from the Nevşehir (Kozaklı) area, Central Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research. 202, 241–250.
- Ravelo-Pérez LM, Herrera-Herrera AV, Hernández- Borges J, Rodríguez-Delgado MÁ. Carbon nanotubes: Solid-phase extraction. *J Chromatogr A* 2010; 1217: 2618–41.
- Smedley PL, Kinniburg DG (2002) A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Appl Geochem* 17:517–568
- Seunghun, H., Myung, S. 2007. "Nanotube Electronics: A Flexible Approach to Mobility," *Nature Nanotechnology*, vol. 2, p.207 – 208
- URL 1 [www.delinetciler.org/bilgi-merkezi/149306-karbon-nanotup-nedir-nereerde-kullanilir](http://www.delinetciler.org/bilgi-merkezi/149306-karbon-nanotup-nedir-nereerde-kullanilir)
- URL 2 <http://www.ttb.org.tr/eweb/bergama/5.html>
- URL 3 <http://nanoteknolojinedir.com/upload/files/201303190540Nanoteknoloji-ve-uygulamaları.pdf>
- Üzeltürk B., 2009, Nevşehir İli Belediyeleri, İçme Suyunda Arsenik Sorunu, 1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, 30 Ekim–1 Kasım 2009, Ürgüp Bld., Kültür Merkezi, Ürgüp/NEVŞEHİR,  
[http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/6150927fbaa6e3f\\_ek.pdf](http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/6150927fbaa6e3f_ek.pdf).
- Yetim, A.,Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, "Karbon Nanotüpler",Adana,2012.
- Yu, M.F., Files, B.S., Arepalli, S., Ruoff, R.S. 2000. "Tensile Loading of Ropes of Single Wall Carbon Nanotubes and their Mechanical Properties," *Physical Review Letters*, vol. 84, no.24, p.5552-5555.

## SULARDA BOR GİDERİMİ

Muhammet Hilmi BAŞIBÜYÜK<sup>1</sup>, Oğuzhan GÖK<sup>1,a</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, mhbbk6630@gmail.com

<sup>a</sup> oguzgok@gmail.com

**ÖZET:** Bir çok endüstride yaygın olarak kullanılan borun bilinen 500'e yakın kullanım alanı bulunmaktadır. Son yıllarda önemi gittikçe artan borun tüketimi ve dolayısıyla üretimi de hızla artmaktadır. Ülkemiz dünya bor rezervi ve bor üretimi bakımından, dünyada ilk sıralarda yer alır. Bor bitkiler ve canlıların büyümesi veya gelişmesi için gerekli olmakla birlikte, bitkiler ve diğer canlılar tarafından fazla miktarda alınması zararlı olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü içme sularındaki bor derişimini 0.3 mg/L, sulama sularında ise 0.5 mg/L ile sınırlamıştır. Pek çok endüstride kullanım alanı bulan bor bileşiklerinin endüstriyel gelişmelere bağlı olarak yüzeysel sularda bulunan konsantrasyonu artış göstermektedir. Yüzeysel sularda bulunan bor aynı zamanda evsel atık sularдан da kaynaklanmaktadır. Bor giderimi hem insan sağlığı açısından hem de sağlıklı tarım ürünü yetiştirebilmesi açısından oldukça önemlidir. Sulardan bor giderimi için uygulanan temel yöntemler arasında iyon değişimi, elektrokoagülasyon, ters osmoz ve adsorbsiyon gelmektedir.

**Anahtar Kelimeler:**bor, içme suları, arıtma, yüzeysel sular

## BORON REMOVAL FROM WATER

**Abstract:** Boron, which is used in many industries commonly, has nearly 500 different areas of usage. The consumption and due to that, the production of boron has increased in the recent years. Our country is one of the leading countries in terms of boron reserves and production. One of the results of boron's commonly usage is its environmental effects. In addition to its necessity for the growth of life and improvement, it might be hazardous if consumed more than enough. WHO limits the level of boron concentration to 0,3mg/l in drinking waters and 0,5 mg/l in irrigation waters. Compounds of boron which is used in many industries is increasing on superficial waters, depending on the industrial advancements. This increase is also a result of waste water from residential areas. Boron expensing is important for both human health and agricultural production. Main methods of boron expensing are ion exchange, electrocoagulation, reverse osmosis and adsorption.

**Keywords:** boron, drinking water, treatment, surface waters,

## 1. GİRİŞ

Bor, yeryüzünde yüzden fazla minerali bulunan, değişik amaçlar ile kullanılan bir elementtir. Bor bileşikleri toprak, kaya, yeraltı suyu, deniz suyu, yüzeysel su, bitki ve hayvanlarda doğal olarak bulunur. Ancak genellikle deniz suyunda ve kaplıca sularında bulunan bir elementtir. Doğada yaygın olarak bulunan bu element genellikle düşük konsantrasyondadır. Yerkabuğundaki ortalama bor konsantrasyonu 10 mg/kg'dır. Bor elementinin yerkabuğundaki genel dağılımı oldukça düşük konsantrasyonlarda olmasına karşın, bazı bölgelerdeki yüksek bor konsantrasyonları, ekonomik bor yataklarının oluşumuna neden olmaktadır. Deniz suyundaki bor konsantrasyonu ortalama 0.5-9.6 ppm, tatlı sularda ise 0.01-1.5 ppm aralığındadır. Yer altı sularında bor konsantrasyonu bütün dünyada 0.3-100 ppm arasında değişmektedir. Ayrıca kanalizasyon atık sularında da bora rastlanmakta olup, bor

konsantrasyonu 5-100 ppm arasındadır. Son yıllarda Etibank tarafından yapılan arama, üretim ve zenginleştirme çalışmaları, ülkemizin bor rezervlerinin; büyülüğu, minerallerin dünya pazarlarında aranılan nitelikleri ve çeşitliliği açısından dünyada birinci sırada olduğunu göstermiştir. Türkiye'nin sahip olduğu madenler içerisinde, rezerv ve üretim kapasitesi, yüksek rezerv büyülüğu, işletme kolaylıkları ile gerek kalite ve çeşitlilik, gerekse de üretim maliyetlerindeki rekabet üstünlükleri açısından dünyada söz sahibi olabileceği en önemli maden, dünya rezervinin % 72'sine sahip olması sebebiyle bor cevherleridir. Bor, yeraltı suyunda doğal olarak, yüzey sularında endüstriyel kirletici olarak veya tarımsal yüzey akışlarının ve çürüyen bitki materyallerinin bir ürünü olarak bulunabilir. Ülkemizde sulama sularını en çok kirleten toksik elementlerin başında bor gelmektedir. Tarımsal üretimi ve insan sağlığını olumsuz etkileyen içme ve sulama sularındaki borun giderimi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada içme ve sulama sularında bulunan borun önemi, dünyadaki ve Türkiye'deki bor yatakları, bor mineralleri ve bileşikleri, bor kimyası, borun kullanım alanları, borun sağlık üzerine etkileri, borla ilgili standartlar ve sulardan bor giderim yöntemleri incelenmiş ve özellikle ülkemizdeki içme ve sulama sularında borun oluşumu ve kaynakları araştırılmıştır (Anonim 1, 2016; Anonim 2, 2016).

## **1.1 Bor Elementi**

Bor, atom numarası 5 ve kimyasal simbolü B olan kimyasal elementtir. Bor bir yarı metaldir. Gerek Güneş Sistemi'nde gerek Dünya'nın kabuğunda düşük miktarlı bir elementtir. Buna rağmen, doğada rastlanan bileşiklerinin (borat mineralinin) suda çözünürlüğü nedeniyle belli yerlerde yüksek yoğunlukta bulunabilir. Bu mineraller boraks ve kernit olarak topraktan çıkarılır (Anonim 3, 2016).



**Şekil 1.** Bor Elementi (Anonim 4, 2016)

## 1.2 Bor Elementi ve Bileşikleri

Bor mineralleri çeşitli endüstriyel ürünlerin üretiminde kullanılan malzemelerdir. Bor bileşikleri içinde en çok kullanılan ve ticari öneme sahip olanları boratlardır. Tüketimdeki hızlı artış, yeni kullanım alanlarının günden güne artışı ve borun yakın gelecekte enerji üretim kaynağı olarak kullanılabilme olasılığı, bu hammadeye büyük bir yönelim ve önem kazandırmaktadır (Zincir, 2013). Bor mineralleri çok çeşitli olmasına rağmen bunlardan bir kısmı ticari öneme sahip sahiptir ve uluslararası pazarlarda işlem görür. Ticari olarak en çok öneme sahip bor mineralleri; boraks (tinkal), tinkalkonit, kernit, kolemanit, üleksit, borik asit (sasolit) ve probertit sayılabilir (Zincir, 2013).

**Tablo 1.** Bor Elementi ve Bileşikleri (Zincir, 2013).

Mineral	Formülü	%B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Boraks (Tinkal)	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> + 10H <sub>2</sub> O	36.6
Kernit (Razorit)	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> + H <sub>2</sub> O	51.0
Üleksit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> + 8H <sub>2</sub> O	43.0
Propertit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> + 5H <sub>2</sub> O	49.6
Kolemanit	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> + 5H <sub>2</sub> O	50.8
Pandermit (Priseit)	Ca <sub>4</sub> B <sub>10</sub> O <sub>19</sub> + 7H <sub>2</sub> O	49.8
Borasit	Mg <sub>3</sub> B <sub>7</sub> O <sub>13</sub> Cl	62.2

## 2. SULARDA BORUN OLUŞUMU VE KAYNAKLARI

Bor, yeraltı suyunda doğal olarak, yüzey sularında endüstriyel kirletici olarak veya tarımsal yüzey akışlarının ve çürüyen bitki materyallerinin bir ürünü olarak bulunabilir. Ülkemizde sulama sularını en çok kirleten toksik elementlerin başında bor gelmektedir. Pek çok endüstride kullanım alanı bulan bor bileşiklerinin endüstriyel gelişmelere bağlı olarak yüzeysel sularda bulunan konsantrasyonu artış göstermektedir. Yüzeysel sularda bulunan borun temel kaynakları deterjan ve temizleme ürünleri bakımından zengin evsel atıksular, özellikle tarımda kullanılan çeşitli kimyasalların üretildiği endüstrilerden kaynaklanan atıklardır. Bununla beraber ülkemizde içme suyu kaynağı olarak en çok kullanılan yeraltı sularındaki bor genellikle doğal kaynaklıdır. Türkiye'de bor içeriği yüksek sular sebebiyle, Afyon, Aksaray, Bigadiç, Burdur, Konya-Ereğli, Eskişehir, Germencik-Ömerbeyli, İğdır, Karasaz, Kayseri, Yüksekova ve Salihli yörelerindeki topraklarda yüksek düzeyde bor kirliliği görülmektedir. Bununla birlikte, bor mineralince zengin olan yeraltı sıcak su kaynaklarının, sulama sularına karışması önemli bir sorundur (Bilici Başkan ve Atalay, 2004).

## **2.1 BORUN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ**

Yeryüzünde toprak, kayalar ve suda yaygın olarak bulunan bor insan sağlığı ve bitki türleri üzerinde toksik etki yapan bir elementtir. Bitkilerin büyümelerinde oldukça önemli bir element olan bor, gereken miktarından çok az daha fazla alınması durumunda bitkiler için toksik olmaktadır. Dolayısıyla bor konsantrasyonunun yetersizliği ile fazlalığı arasında oldukça dar bir aralık bulunmaktadır. Borun hayvanlar ve insanlar üzerine toksik etkileri çok iyi bilinmemektedir. Bor toksisitesi, maruz kalınma süresine, sıklığına ve miktarına bağlıdır. Dolayısıyla toksisitenin ölçümü oldukça zordur. Yapılan çalışmaların büyük bir bölümü borun hayvanlar üzerine olan toksik etkisinin ortaya çıkarması adındadır. Görülen en önemli rahatsızlıklar arasında deri ile ilgili hastalıklar, büyümeyen gecikmesi ve tavşan ve farelerin üreme sisteminde olumsuz etkiler sayılabilir. Bor bileşikleri; insan vücuta solunum ve sindirim yollarıyla veya mukoz membranlar aracılığı ile girer. Çözünen bor bileşikleri vücuta alındıktan sonra, beyin omurilik sıvısının derişimi artar, en yüksek derişimlere beyin, karaciğer ve yağ dokularında rastlanır. En fazla kemiklerde birikir. Genellikle üre, dışkı, süt ve ter ile vücuttan atılır. İnsan üzerinde borik asit ve boraksın etkisi, mide bulantısı, şiddetli kusma, karın ağrısı ve ishal ile kendini gösterir. Karakteristik diğer bir belirti de deri döküntüleri ile sonuçlanan kızartılı isiliktir. Ciddi durumlarda taşikarti ve akteriyal basınçta düşme ile şok olabilir. Öldürücü doz çocukların için 5-6 g, yetişkinler için ise 10-25 g'dır. Vücuta nasıl girerse girsin, % 90-95 kadarı vücutta birikmeden hemen üre ile dışarı atılmaktadır. Yani vücutta pek tutulmamaktadır. Yalnızca, kemik, tırnak ve kıllarla karaciğer ve dalak gibi organlarda biraz birikmektedir (Bilici Başkan ve Atalay, 2004).

## **3. BOR GİDERME YÖNTEMLERİ**

Tarımsal üretimi ve insan sağlığını olumsuz etkileyen içme ve sulama sularındaki borun giderimi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Sulardan bor giderimi için uygulanan temel yöntemler arasında çökeltme-koagülasyon, adsorpsiyon, elektrokoagülasyon, iyon değişimi, ters osmoz yer almaktadır. Ancak bu yöntemlerle bor gideriminde bazı kısıtlar nedeniyle standartlar sağlanamamaktadır. Bu yöntemler özellikle düşük bor konsantrasyonlarında çeşitli sınırlamalara sahiptir.

### **3.1 Ters Ozmos**

İyon seçici membranlar kullanılarak, yüksek basınçlar uygulanması vasıtıyla suyun içeriği iyonlardan arındırılmasında kullanılan yatırım ve işletme maliyetleri yüksek bir yöntemdir. Ancak bu yöntemle ulaşılan ayırma verimleri % 43 ile % 78 arasında değişmektedir. Yapılan bir çalışmada ise, ters osmoz ve nanofiltrasyon yöntemleri beraber kullanılmış ve bu çalışmada bor giderimin de etkili olan parametrelerin pH ve membran tipi olduğu görülmüştür. En etkin bor gideriminin besleme suyunun pH'ı ters osmoz

membranlarıyla çalışmada mümkün olan en yüksek pH değeri 11'e ayarlandığında gerçekleştiği gözlenmiştir (Bilici Başkan ve Atalay, 2004).

### **3.2 Elektrokoagülasyon**

Elektrokoagülasyon yöntemi ile yapılan bir çalışmada bor gideriminde alüminyum, demir ve çinko elektrot denenmiş ve yüksek bor konsantrasyonlarında % 90'ın üzerinde verim elde edilmiştir. Herhangi bir kimyasal madde ilavesi gerektirmeden ve oldukça makul bir elektrik enerjisi tüketimi ile (maksimum 0.8 kw saat/m<sup>3</sup>) yüksek bor giderme verimi elde edilmesi laboratuar ölçekli modellerden tam ölçekli modellere geçiş için umut verici bulunmuştur.

### **3.3 Kimyasal Koagülasyon**

Koagülasyon, su ve atıksulardan askıda katı madde, organik ve inorganik partiküler gibi çeşitli kirleticilerin giderimin de kullanılan önemli bir prosesidir. Yapılan bir kimyasal koagülasyon ile bor giderimi çalışmasında farklı koagulant maddeleri ve dozajları uygulanarak, çözeltilerin çıkış pH'ları 7-9 arasındaki değerlerde olduğunda, bor giderim veriminin en yüksek olduğu görülmüştür. Başlangıç bor konsantrasyonu artışıyla da bor giderim veriminin arttığı gözlemlenmiştir. Denemeler sonucunda pH'ya bağlı olarak, alüminyum sülfatın, giderim verimi üzerinde etkin olmadığı ve %35'lere kadar bor giderilebileceği görülmüştür (Karcioğlu ve dig, 2012)

### **3.4 Adsorpsiyon**

Son yıllarda eski metodların ekonomik olmaması üzerine araştırmacılar yeni metodlar geliştirmeye çalışmışlardır. Bu amaçla yönelik yöntemlerden biri de uygulama kolaylığı nedeniyle adsorpsiyon olmuştur. Kullanılan adsorbanların da doğada kolay ve bol bulunabilirliği ve dolayısıyla ekonomik olması nedeniyle, doğada mevcut mineraller olmuştur. Yapılan bir çalışmada çözeltiden adsorpsiyon yöntemi kullanılarak bor giderimi incelenmiş ve deney tasarım metodu uygulanmıştır. Adsorban madde olarak aktifleştirilmiş β sepiolit kullanılmıştır. Deney tasarımında ise adsorban türü, pH ve sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyona etkisi araştırılmıştır. Deney tasarımında ise incelenen parametrelerin adsorpsiyonu etkilediği bulunmuştur. Ayrıca elde edilen kesikli adsorpsiyon verilerinin Langmuir izotermine uyduğu belirlenmiştir. Aktifleştirilmiş β sepiolitle pH=10'da ve 20°C'de maksimum giderim elde edilmiştir. pH=10'da giderimin iyi olmasının nedeni borik asitin Lewis asiti olup, ortamda borat anyonlarının bol bulunmasıdır. Sıcaklık arttıkça ise adsorpsiyonla giderim azalmıştır. Bunun nedeni sıcaklıkla borik asidin çözünürlüğünün artması ile açıklanabilir (Kavak ve dig, 2002).

### **3.5 İyon Değişimi**

İyon değişimi prosesi kullanılarak bor giderimi çalışmasında; Dowex anyon değiştirici reçine kullanılarak oda sıcaklığında, pH=9'da, 600 mg/L başlangıç konsantrasyonunda 50 ml'ye 1 gr reçine kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda %50 ve üzerinde bor giderimi sağlanmıştır (Öztürk ve Köse, 2008).

#### **4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME**

Bor giderimi hem insan sağlığı açısından hem de sağlıklı tarım ürünü yetiştirebilmesi açısından oldukça önemlidir. Yerkabuğundaki ortalama bor konsantrasyonu 10 mg/kg'dır. Bor elementinin yerkabuğundaki genel dağılımı oldukça düşük konsantrasyonlarda olmasına karşın, bazı bölgelerdeki yüksek bor konsantrasyonları, ekonomik bor yataklarının oluşumuna neden olmaktadır. Deniz suyundaki bor konsantrasyonu ortalama 0.5-9.6 ppm, tatlı sularda ise 0.01-1.5 ppm aralığındadır. Yer altı sularında bor konsantrasyonu bütün dünyada 0.3-100 ppm arasında değişmektedir. Ayrıca kanalizasyon atık sularında da bora rastlanmakta olup, bor konsantrasyonu 5-100 ppm arasındadır. Giderim yöntemlerinin başlıcaları ters ozmos, elektrokoagülasyon, kimyasal koagülasyon, adsorpsiyon ve iyon değişimidir. Yapılan çalışmalarda kullanılan prosese göre % 30 - % 90 arası giderim verimleri elde edilmiştir.

#### **5. KAYNAKLAR**

- Anonim 1, <http://www.boren.gov.tr/tr/bor/bor-rezervleri> (Ziyaret tarihi: 16/5/2016)
- Anonim 2, <http://www.bilgiustam.com/bor-madeni-nedir-onemi-ve-kullanim-alanlari-nelerdir/> (Ziyaret Tarihi: 17/5/2016)
- Anonim 3, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Bor> (Ziyaret Tarihi: 17/5/2016)
- Anonim 4, [http://www.xn--fatih yap-0kb.com/images\\_up/bornedirze.jpg](http://www.xn--fatih yap-0kb.com/images_up/bornedirze.jpg) (Ziyaret Tarihi: 17/5/2016)
- Bilici Başkan M., Atalay N., 2014, İçme ve Sulama Sularında Bor Kirliliği ve Giderme Yöntemleri, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20 , 78-84.
- Karcioğlu Karakaş Z., Yılmaz M. T., Yılmaz A. E., 2012, Endüstriyel Atıksulardan Aliminyum Sülfat Koagülanti Kullanılarak Kimyasal Koagülasyon Yöntemi İle Bor Giderimi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 15-22.
- Kavak, D., N. Öztürk ve M. Özdemir, 2002, Sulu Çözeltiden Adsorpsiyonla Bor Giderimi ve Deney Tasarımı, V. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, UKMK-5, ÇADPO1, Ankara.
- Öztürk, N., Köse, T.E., 2008, Boron removal from aqueous solutions by ion-exchange resin: Batch studies, *Desalination*, 227, 233-240.
- Zincir E., 2013, Modifiye Edilmiş Perlit İle Atık Sulardan Bor Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 4-8.

## SU KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜNDE CBS UYGULAMALARI

Nahile Arasan

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray

**ÖZET:** Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemi ve su kirliliği hakkında bilgi verilmiştir. Yöntem olarak önce Coğrafi Bilgi Sistemi, su kirliliği hakkında bilgi verilmiştir. Son olarak Coğrafi Bilgi Sisteminde su kirliliği üzerine yapılan örnek çalışma incelenmiştir.

Örnek çalışma olarak 2006 yılında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından Sakarya havzasında Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada; derelere ve Sakarya Nehrine atıklarını veren sanayi kuruluşlarının sebep olduğu kirlilik yükü belirlenmiştir. Bu çalışmada temel olarak Sakarya Valiliği Coğrafi Bilgi Sistemleri Merkezi tarafından hazırlanan Sakarya Nehri'ne ait sayısal haritalardan yararlanılmıştır. Sakarya Nehri'ndeki kirlilik yükü incelenmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemiyle görüntülenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Su kirliliği, Coğrafi Bilgi Sistemi, Sakarya Nehri, kirlilik yükü

## WATER POLLUTION AND IN CONTROL OF GIS IMPLEMENTATION

**Abstract:** In this study, information was given on the Geographic Information System and water pollution. the method as Geographic Information System is given about water pollution. Finally a study about water pollution with Geographic Information System was investigated.

Case studies in 2006 State Hydraulic Works (DSI) by the study carried out using Geographic Information Systems in the Sakarya basin; rivers and the pollution caused by industrial waste in the Sakarya River issuer load is determined. This study basically Sakarya Governorship prepared by the Center for Geographic Information Systems has benefited from the digital map of the Sakarya River. Sakarya examined pollution load in the river and illustrated with Geographic Information Systems.

**Keywords:** water pollution, Geographical Information System, Sakarya River, pollution load

### 1. Giriş

**Coğrafi Bilgi Sistemi;** Dünya üzerindeki karmaşık sosyal, ekonomik, çevresel vb. sorunların çözümüne yönelik mekâna ve ya konuma dayalı karar verme süreçlerinde kullanıcılaraya yardımcı olmak üzere, büyük hacimli coğrafi verilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, mekânsal analizi, sorgulanması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntemler ile bu verilerin kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (11). İngilizce Geographical Information Systems (GIS) ifadesinin Türkçe' ye çevrilmiş hali olup, kullanıcılarının çok farklı disiplinlerden olması nedeniyle bu kavram da değişik şekillerde tanımlanmaktadır (3).

Coğrafi Bilgi Sisteminin tarihi 1960'lı yılların başından başlamaktadır. İlk olarak Kanada ve A.B.D.'de özel ve askeri amaçlı olarak kullanılmış daha sonra 1980'li yılların başlarından itibaren kişisel bilgisayarların ortaya çıkması ve yaygınlaşması ile birlikte ilk defa ticari bir sistem olarak piyasaya sürülmüştür. 1990'lı yıllarda beraber içeriğinde devamlı yenilikler olmuş kapasite ve yetenekler her geçen gün geliştirilmiştir. Böylece program daha

kullanışlı hale gelmiştir. Bu gün dünyada yüz binlerce insanın istihdam edildiği milyarlarca dolarlık bir endüstri halini almıştır. Üniversitelerde veya alt düzey okullarda CBS öğretmeyen ülke kalmamak üzeredir (5).

CBS' nin Bileşenleri; donanım, yazılım, veri, insan, yöntemdir. CBS' nin işlemesini mümkün kıلان bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım olarak adlandırılır. Bütün sistem içerisinde en önemli araç olarak gözüken bilgisayar yanında yan donanımlara da ihtiyaç vardır. Örneğin yazıcı, çizici, tarayıcı, sayısallaştırıcı, veri kayıt üniteleri gibi cihazlar bilgi teknolojisi araçları olarak CBS için önemli sayılabilenek donanımlardır. Bilgisayarda koşabilen program, coğrafik bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve fonksiyonları kullanıcıya sağlamak üzere, yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştirilen algoritmalarla yazılım denir. Yazılımların pek çoğunun ticari amaçlı firmalarca geliştirilip üretilmesi yanında üniversite ve benzeri araştırma kurumlarında da eğitim ve araştırmaya yönelik geliştirilmiş yazılımlar da mevcuttur. En popüler CBS yazılımları olarak Arc/Info, Intergraph, MapInfo, SmallWorld, Genesis, Idrisi, Grass vb. verilebilir (3).

Coğrafi Bilgi Sistemi için harcanan zaman, emek ve maliyetin %80' ini veri toplama, %15'ini veri depolama, işleme ve analiz, %5'ini veri sunusu kaplamaktadır (11).

Coğrafi Bilgi Sistemi Çevre Yönetimi, Doğal Kaynak Yönetimi, Mülkiyet-İdari Yönetim, Bayındırılık hizmetleri, Eğitim, Sağlık yönetimi, Belediye faaliyetleri, Savunma ve Güvenlik, Ticaret ve Sanayi, Orman ve Tarım, Turizm, Ulaşım planlaması gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (11).

**Su kirliliği;** su kaynağının fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde olur. Yeryüzünü saran ve okyanuslarda, denizlerde, göllerde atmosfere çıkan sular yoğunlaşarak tekrar yeryüzüne dönerler. Bu dolaşma "Hidrolojik Çevrim" denir (4).

Su kirliliği, aynı zamanda sularda yaşayan çeşitli canlı varlıkları da etkiler. Böylece su kirlenmesi suya bağlı ekosistemlerin etkilenmesine, dengelerin bozulmasına ve giderek doğadaki tüm suların sahip oldukları kendi kendini temizleme kapasitesinin azalmasına veya yokmasına yol açabilir (1).

Çevre kirlenmesi denilince genellikle hava, su ve toprağın kirlenmesi düşünülür. Bunlardan en kolay ve çabuk kirlenen kuşkusuz sudur. Çünkü her kirlenen şey genelde su ile yıkanaarak temizlenir, bu da kirliliğin son mekânının su olması anlamına gelir. Havanın ve toprağın kirlilik bakımından zamanla kendi kendilerini yenilemeleri bir bakıma kirliliklerini suya vermelerine neden olur (2).

Kaynaklarına göre su kirliliği noktasal kirlilik ve noktasal olmayan kirlilik olarak iki farklı sınıfta incelenmektedir. Noktasal kirlilik, bir su havzasının su borusu ve ya hendek gibi belli bir noktadan kaynaklanan atıklarla kirlendiğini gösterir. Bu tür kirliliğin kaynakları arasında bir arıtım tesisinden boşaltılan evsel atıklar, fabrika atıkları ve ya rögar taşınları yer

almaktadır. Noktasal olmayan kirlilik veya hıyarı kirlilik belirli ve tek bir kaynağı olmayan, yayılmış durumda kirliliklere verilen isimdir. Bu tür kirliliğin nedeni, küçük oranda bazı kirletici maddelerin zamanla birikerek bir yerde toplanmasıdır. Bir tarım arazisinde gübrelenmiş alanlardan sızan ve zamanla biriken azotlu bileşiklerin oluşturduğu kirlilik yaygın olarak bilinen örnektir. Sel suları ve ya taşınanların süpürdüğü parklar, caddeler, otobanlar, kentsel atık birikintilerine neden olur. Bunlar da yayılı kirlilik adı altında incelenmektedir (7).

Su kirliliğine neden olan faktörleri sanayi atıkları, kentsel atıklar, tarımsal sanayinin atık suları, gübreleme ve tarımsal ilaçları, toprak erozyonu olarak sıralayabiliriz (1).

Doğrudan hastalık nedeni olabileceği gibi bazı hastalıkların yayılmasını da kolaylaştırabilen bir kirlilik çeşidi olan su kirliliği başta kanser hastalığı olmak üzere kalp, kronik solunum yolu hastalıkları ve diğer hastalıklara yol açarken, gelişim ve sinir sistemi bozuklukları ile bağılıklık sistemi rahatsızlıklarına da neden olabilmektedir. Tarımsal alanlarda üretimi artırmak amacıyla kullanılan kimyasal gübreler, zararlı böceklerle karşı kullanılan ve içeriğinde cıva, kurşun ve diğer ağır metaller bulunan kimyasal zehirler, yağmur suları ile toprak altına geçerek yeraltı sularının kirlenmesine neden olabilmektedir. Akıntılarla yüzeysel sulara ve su havzalarına ulaşan bu kimyasal maddeler akarsulardaki canlı hayatının da sona ermesine sebep olmaktadır. Özellikle cıva ve radyoaktif madde gibi tehlikeli maddeler gerek deniz canlılarının yapısında gerekse bitkilerin yapısında birikerek insanoğlu ve diğer canlılar tarafından tüketildiği zaman zararlı etkiler görülmektedir. Özellikle tarımda kullanılan kimyasal maddelerle kirlenen suda bulunan "nitrat" bebeklerde mavi bebek hastalığına, yetişkinlerde ise mide kanserine sebep olmaktadır. Lağım suları ile kirlenen sularda bakteri ve virus oranı artarak tifo, dizanteri, hepatit, kolera ve diğer önemli bulaşıcı hastalıkların bu yolla yayılmasına sebep olmaktadır. Havada yoğun olarak bulunan kurşun oksit havadan su kaynaklarına ve dolayısı ile besinlere bulaşarak tüketilmeleri sonucu insan sağlığına zararlı etki gösterebilmektedir. Ağız, yemek borusu, akciğer, meme, kalınbağırsak gibi önemli kanser türlerinin oluşumunda da rol oynadığı gösterilmiştir (2,6,8).

## **2. ÖRNEK ÇALIŞMA**

### **2.1 Çalışmanın Amacı**

Sakarya nehrinin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak yapılan bu kirlilik analizi çalışmasının gerek tüm su kaynakları, gerekse hava kirliliği emisyonlarını tespit etmek amacıyla çok çeşitli kirletici kaynaklarının internet üzerinden sorulanmasını sağlayacak bir sistemin pilot çalışması olması amaçlanmıştır. Ayrıca, bu çalışma sonucunda nehir üzerinde, yapılacak kirlilik analizi sonucu kritik noktalar tespit edilerek, bu noktalara ve nehri besleyen kolların mansaplarına PLC kontrollü çözümünüz oksijen ölçüm cihazları yerleştirilecektir (13).

## **2.2. Materyal ve Metot**

Çalışma alanı olarak Sakarya Nehri'nin Sakarya ili sınırları içinde kalan kısmı belirlenmiştir. Sakarya ili, Ülkemizin kuzey batısında, Marmara Bölgesinin kuzeydoğu ucunda yer almaktadır. Sakarya Nehri'ni besleyen ana kollar Çark Suyu, Dinsiz Çayı, Mudurnu Çayı, Darıçayır Deresi, Karaçay Deresi, Akçay Deresidir. Bu çalışmada temel olarak, Sakarya Valiliği Coğrafi Bilgi Sistemleri Merkezi tarafından hazırlanan Sakarya Nehri'ne ait sayısal haritalardan yararlanılmıştır. Ayrıca uydu fotoğrafları ve Adapazarı Büyükşehir Belediyesinin hazırladığı sayısal haritalarda kullanılmıştır. Bu tesisler belirlenirken deşarj iznine sahip ve Sakarya nehrine doğrudan deşarj yapan tesisler seçilmiştir. Evsel nitelikli atık suların yarattığı kirlenme etkisi, bu suların Adapazarı Büyükşehir Belediyesine ait atık su arıtma tesisinde arıtıldıkten sonra deşarj edildiğinden ve tarımsal kaynaklı kirlenmeler ise noktasal olmayan kaynaklar olduğu ve ayrı kategoride değerlendirilmesi gerektiğinden hesaplara katılmamıştır (12,13).

Ömür Piliç günlük 500 m<sup>3</sup> atıksu, Tırsan günlük 50 m<sup>3</sup> atıksu, Doğançay Mermer günlük 200 m<sup>3</sup> atıksu, Şen Piliç günlük 250 m<sup>3</sup> atıksu, Bilal Mermer günlük 150 m<sup>3</sup> atıksu, Ak Gıda günlük 1500 m<sup>3</sup> atıksu, Sateks günlük 300 m<sup>3</sup> atıksu, Sadırlar günlük 300 m<sup>3</sup> atıksu deşarj edilmektedir. Asteks günlük 300 m<sup>3</sup> atıksu, edilmektedir. Toprak İlaç günlük 100 m<sup>3</sup> atıksu, Demircioğlu Et günlük 200 m<sup>3</sup> atıksu, Kasaplar Odası günlük 200 m<sup>3</sup> atıksu nehre deşarj edilmektedir (13).

Çalışmanın ilk aşamasında Sakarya Nehri'nin sayısal haritaları temin edilmiş ve nehre direk deşarj yapan sanayi tesislerinin tespitine yönelik veri toplama çalışması yapılmıştır.

Yapılan saha çalışmasında GPS cihazı ile nehir kıyısındaki sanayi tesislerinin koordinatları tespit edilmiş olup, bu koordinatlar NetCAD programında sayısal harita üzerine işlenmiştir. Web tabanlı kirlilik değeri sorgulama sisteminde kullanışlı bir ara yüz olmasını sağlamak amacıyla uydu fotoğrafları ve sayısal haritalar üst üste çakıştırılmıştır (13).

Bir sonraki aşamada; sanayi tesislerine ait isim, adres, atık su debisi ve deşarj değeri gibi bilgiler excel programında veri tabanı oluşturmak üzere düzenlenmiştir. Ayrıca, nehrin istenilen noktasındaki kirlilik değerini verebilecek formülde bu programda yazılarak veri tabanına işlenmiştir (13).

## **2.3. Araştırma Bulguları**

Yapılan kirlilik analizi sonucunda ortaya çıkan değerler birbirine yakın gibi görünse de, bunun sebebi analizlerin bir km gibi kısa aralıklarda yapılmış olması olup, Sakarya nehri kıyısı boyunca yer alan sanayi tesislerinin Sakarya ili sınırları içinde %15 gibi büyük oranında bir kirlilik etkisi yarattığı gözlemlenmiştir. Evsel nitelikli atık suların ve noktasal olmayan kaynakların hesaplamalara katılmadığı düşünülürse bu kaynaklarında eklenmesiyle Sakarya ili sınırlarında çok ciddi bir kirlenme etkisi olduğu görülecektir. Sakarya nehrini besleyen kollar arasında en yüksek kirlilik değerine sahip olanın Çark deresi olduğu görülmektedir.

Bundan yirmi yıl önce Adapazarı'nın içme ve kullanma suyunun sağlandığı Çark deresinin bugün akarsu kirlilik sınıflarına göre IV. sınıf kirlilik seviyesine sahip olması düşündürücü bir durumdur. Bu kirlenmede en büyük pay kontrolsüz deşarjlarda olmakla beraber, Adapazarı kanalizasyon sisteminin, I. ve III. OSB den kaynaklanan atık suların Çark deresine verilmesi ile gelen büyük debi yükü de diğer büyük etkendir. OSB ler ve nehri besleyen kollara deşarj yapan diğer sanayi kuruluşlarından kaynaklanan kirlilik ayrı ayrı hesaplara katılmamış olup nehri besleyen kolların mansap noktalarındaki kirlilik seviyeleri esas alınmıştır. Nehir kirliliğine en büyük etkinin Tekstil ve Otomotiv tesislerinden kaynaklandığı görülmektedir. Bununla beraber, atık sularını arıtmaya tabi tutmadan kontrolsüz deşarj yapan isletmeler diğer büyük kirlilik etkisini oluşturmaktadır(9,10,12)

Gıda ve kimya sanayi atık sularının nehir kirliliğine olan etkisinin tekstil ve otomotiv sektörüne göre nispeten daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçların ortaya çıkışında birkaç faktör vardır. Bunlardan en önemlileri sektörlerde ait atık suların karakterleri ve kullanılan arıtma teknolojileridir (13).

Sektör bazında kirlilik etkisini inceledikten sonra bölgesel olarak kirlenme etkisi gözlemlendiğinde ise yine tekstil sektörünün yoğun olarak bulunduğu Geyve bölgesi çıkışında ve otomotiv sektörünün bulunduğu Akçay–merkez bölgesi çıkışında maksimum kirlenme etkileri görülmüştür (13).

Ele alınmayan evsel nitelikli atık sulardan ve noktasal olmayan kaynaklardan meydana gelen kirlilik etkisi de incelenerek daha net sonuçlar elde etmek mümkün olabilecektir. Bu kaynaklar hesaba katılmadığında bile ne derece yüksek bir kirlilik etkisi olduğu düşünülürse, evsel nitelikli atık sular ve noktasal olmayan kaynaklar da hesaplara dâhil edildiğinde kirliliğin ne kadar yüksek olacağı aşikârdır. Avrupa Birliği ülkelerinde çok daha katı olan deşarj standartları maalesef ülkemiz ekonomik koşullarında daha esnek uygulanmaktadır (13).

#### **2.4. Sonuçlar ve Tartışma**

Sakarya nehrinin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak yapılan bu kirlilik analizi çalışması, gerek tüm su kaynakları gerekse hava kirliliği emisyonlarını tespit etmek amacıyla çok çeşitli kirletici kaynaklarının web üzerinden sorgulanmasını sağlayacak bir sistemin pilot çalışması olmuştur. Çevre İl Müdürlüğü, ADASA gibi deşarj kontrolü yapan kurumlar ölçüm sonuçlarını bu sisteme basit bir şekilde işledikleri takdirde sürekli güncel bir nehir kirlilik analiz sistemi ortaya çıkmış olacaktır. Bu sayede nehir kıyısına kurulacak yeni sanayi tesislerinin nehrin kirlilik yükünü nasıl etkileyebileceği ve tasıma kapasitesini asıp aşmayıcağı rahatlıkla gözlemlenebilecek olup, ÇED raporlarının hazırlanması aşamasında kurulacak sanayi tesisinin Sakarya nehrine olan etkisi de belirlenebilecektir (13).

Sonuç olarak Sakarya nehrindeki en önemli kirleticilerin Tekstil ve Otomotiv sektörlerinden kaynaklandığı ve nehrin Sakarya İl sınırları içindeki 159. 5 km lik yolculuğunda yaklaşık olarak % 15 lik bir kirlenme etkisine maruz kaldığı görülmüştür. Çalışmada tesislerin deşarj limitlerini aşmayacağı varsayılmıştır. Buna rağmen, ortaya çıkan kirlilik oranı, ihmali edilen evsel ve noktasal olmayan kaynaklar göz ardı edildiğinde Su

Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde verilen sınır değerlerin akarsularda sürdürülebilir su yönetimi açısından yeterli olmadığı görülmüştür (9,13).

Ülkemizdeki diğer sanayi tesislerinin de bu çevre bilincine sahip olarak minimum atık prensibiyle çevreye en az zararı vermeleri gerekmektedir. Bu doğrultuda ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi gibi atık üretimini kaynağında azaltmaya yönelik sistemler uygulanmalıdır (13).

## **Kaynaklar**

- (1) AKIN M., AKIN G., Suyun Önemi, Türkiye'de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği, 2007
- (2) ASLAN C., Su ve Yaşam, Ankara, 2012
- (3) ÇUKUR H., Dokuz Eylül Üniversitesi, Coğrafya Anabilim Dalı, 2002
- (4) ÇOBANOĞLU Z., Su Kirliliği, Ankara, 1994
- (5) ELİÇALIŞKAN M., Boğaziçi Üniversitesi, Jeodezi Anabilim Dalı, 2013
- (6) EROĞLU V., Su Tasfiyesi, Ankara, 2008
- (7) EVDIRİR İ., Su Kirliliği Kategorileri, 2011
- (8) GÜLER Ç., Su Kalitesi, Ankara, 1997
- (9) Sakarya İli ÇED Raporu
- (10) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
- (11) TASTAN, H. , “Coğrafi Bilgi Sistemleri, Bir Coğrafi Bilgi Sisteminin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 1991, İstanbul
- (12) [www.sakarya.gov.tr](http://www.sakarya.gov.tr)
- (13) BAŞTÜRK O., Sakarya Nehri'nin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Kirlilik Yükünün Belirlenmesi, Sakarya, 2006

## SÜT ENDÜSTRİSİ ATIKSULARI ARITIMI

İlker Uçar  
Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü  
Lisans Öğrencisi  
[ilkeruc@gmail.com](mailto:ilkeruc@gmail.com)

**ÖZET:** Ülkemiz süt ve süt ürünleri bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Süt ürünleri üretimine paralel olarak bu üretimden kaynaklanan atıksu miktarı da artmaktadır. Süt ve süt ürünleri işleyen işletmelerden kaynaklanan atıksuların % 90'ını peynir altı suyu oluşturmaktadır. Peynir altı suları, peynir endüstrisinin protein ve laktوز bakımından zengin bir yan ürünüdür. Peynir yapımında, sütteki kazeinin çöktürülüp ayrılmasıından sonra kalan, sarı-yeşil renkli sıvı peynir altı suyudur. Başlıca bileşenleri, laktoz(44-52 g/L), protein(6-9 g/L) ve mineral tuzlarıdır(4-9 g/L). Peynir altı suyu özel bileşimi ve yüksek organik yükü nedeniyle, tüm peynir üretimi yapan ülkelerde ciddi çevre sorunu haline gelmiştir. Son 50 yılı aşkın süredir, peynir altı suyun değerlendirilmek için çeşitli olasılıklar incelenmesine rağmen yukarı dünyanın yarısı üretilen peynir altı suyunu arıtmadan desarj etmektedir. Ülkemizde de süt işleyen tesislerin pek çoğu küçük işletmeler şeklinde ve çeşitli yerlerine dağılmış olup bunların büyük bir kısmının da arıtma tesisi yoktur.

Bu çalışma süt endüstrisi atıksularının arıtma yöntemleri ve literatür çalışması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *süt, peynir altı suyu, peynir endüstrisi*

**Abstract:** Our country is a rich country in terms of milk and milk products. Parallel to dairy products production, the amount of waste is increasing of that production. Milk and dairy product processing cheese business constitutes 90% of the wastewater from cheese underground water. Waters of cheese underground, rich is in protein and lactose at products cheese industry. Components is lactose (44 to 52 g /L), protein (6 to 9 g/L) and mineral salts (4 to 9 g/L). The special composition of waters of cheese underground and for high organic load, In all the countries engaged in the production of cheese has become a serious environmental problem. Cheese whey to assess the various possibilities although roughly half of the world to examine produced cheese whey is discharged without treatment for over the last 50 years. Most of the milk processing plant in the form of small businesses in our country and is scattered and a large part of them are no treatment plants.

This work aimed treatment methods and literature of the dairy industry wastewater

**Keywords:** *milk, whey, cheese industry*

### 1.GİRİŞ

Dünya'da ve Türkiye'de hızla gelişen endüstriyel faaliyetler ve bunların oluşturduğu kirlilik, ekolojik dengenin ve çevrenin korunmasını, bu amaçla da atıksuların arıtımını gerekliliğe kilitmektedir. Süt ve süt ürünleri endüstrisi atıksuları, doğal su ortamlarının önemli ölçüde kirlenmesine neden olan kaynaklar arasında gösterilmektedir. Atıksular genel olarak süt veya süt ürünlerinin seyrelmesinden meydana gelmektedir. Süt ve süt ürünleri endüstrisi atıksularının arıtılması amacıyla biyolojik arıtma, kimyasal arıtma, arazide arıtma ve membran arıtma teknolojileri kullanılmaktadır.. Arıtma teknolojilerinin seçiminde ilk yatırım ve işletme maliyetleri, işletme için uygun personelin varlığı ve yönetmeliklerin sağlanması için gerekli arıtma ihtiyacı gibi faktörler dikkate alınmaktadır.

### 2.ARAŞTIRMA BULGULARI

## 2.1 Süt ve Süt Endüstrisinin Tanıtımı

Günümüzde, Trakya Bölgesi, Kırklareli İli çevresinde, sayıları çok az olan entegre süt işleme tesisleri hariç tutulursa, beyaz peynir üretiminin önemli bir bölümü, mandıra olarak adlandırılacak mevsimlik veya sürekli çalışan küçük işletmelerde gerçekleştirilmektedir. Süt tesislerinde üretim mevsimsel olarak değişiklikler göstermektedir. Genellikle mandıralar diye adlandırılan küçük işletmelerde Mayıs – Eylül ayları arasında üretim olmakta ve buna bağlı olarak da geri kalan aylarda ise üretilen ürünlerin satışları yapılmaktadır. Mevsimsel değişiklik gösteren işletmelerin atık su hacimleri ve karakteristikleri de değişkenlik gösterir. Süt işleme tesislerinde, süt taşıma araçlarının temizlenmesi, süt taşıma kazanlarının yıkanması, üretimin gerçekleştiği üretim ekipmanlarının temizlenmesi, üretimin yapıldığı tank gibi malzemelerin yıkanması ve personel hataları sonucunda kirlilik içeriği çok yüksek atık sular oluşturmaktadır. Bu atıksuların alıcı ortamlarda kirliliğe sebep olmamaları için arıtılacak kirlilik yüklerinin azaltılması gereklidir. Arıtma tesislerinin en uygun maliyetle işletebilmesi için peynir altı suyunun diğer kirletici unsurlardan (tank yıkama, yer yıkama suları gibi) ayrılması gereklidir. Çünkü peynir altı suyu 60.000–80.000 mg/l arasında değişen KOI değerleri içermektedir. Dolayısıyla peynir altı suyunun kirleticilik özelliği çok yüksektir. Ülkemizde yılda 40.000 ton peynir üretiminin bulunduğu göz önünde bulundurulursa yaklaşık 360.000 ton peynir altı suyu oluşmaktadır. Peynir altı suyunun geri kazanılması, ekonomik bir değer yarattığı gibi arıtma tesisine gelen organik yükün de ciddi şekilde azalmasını sağlamaktadır.

## 2.2 Süt ve Süt Endüstrisi Üretimleri

Süt endüstrisi, hammaddesi ham sütü işleyerek içme sütü ve diğer yan ürünleri üreten bir gıda endüstrisi koludur. Türkiye'de çoğunlukla uygulanan bazı üretim prosesleri; yoğurt, ayran, beyaz peynir, kaşar peyniri, krema, tereyağ lor peyniridir.

## 2.3 Süt Endüstrisinin Atıksu Kaynakları

Günümüzde halen süt endüstrisi işletmelerinden çıkan atıksuların hacminin % 60-90'ını soğutma suyu oluşturmaktadır. Geriye kalan kısmı ise yıkama suları ve diğer proseslerden kaynaklanan atık sulardır.

Ancak çoğu işletme, proseslerinde sütü soğutmak için eşanjörlü sistemlerden yararlanmaktadır. Eşanjörlü sistemlerin iç içe geçmiş boruları sayesinde soğuk süt ile sıcak sütü karıştırarak soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Böylece soğutma suyu kullanılmadığı için kirlilikte azaltılmaktadır.

Kirlilik potansiyeli yüksek başlıca atık su kaynakları, peynir altı suyu ve soğutma sulardır. Basit arıtma yöntemleri ile arıtılması güç olan atık sulardır.

<b>Parametre</b>	<b>Atıksu Giriş Değerleri</b>
KOİ (mg/L)	2000-10000
BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	1300-1500
TKM (mg/L)	800-1000
TN (mg/L)	40-65
İletkenlik, $\mu\text{S}/\text{cm}$	1800-2000
Bulanıklık, NTU	120-300

### Süt Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu

#### 2.4 Peyniraltı Suyu

Peynir altı suyu, ülkemizde yıllardır bir atık olarak değerlendirilmiş ve büyük bir çevre kirliliğine sebep olmuştur. Ancak peynir altı suyu bir başka endüstri tarafından hammadde olarak kullanılabildiğinden ve arıtılması yüksek maliyet getirdiğinden dolayı artık biriktirilerek peynir altı suyunu toplayan firmalara verilmektedir.

Peynir altı suyu; beyaz peynir, kaşar peyniri gibi peynir üretimleri sırasında piştinin parçalanması ve baskıya alınması süreçlerinde oluşur. Peynir altı suyu, peynir tankından boşaltıldığında küçük piştileri ve az miktarda da süt yağını birlikte götürür. Bu iki madde kolayca ayrılp yeniden ürüne katılabilir. Peynir altı suyu yüksek oranda şeker içerdiginden dolayı mikroorganizmalar için uygun bir büyümeye ortamı yaratır. Eğer peynir altı suyu, alıcı ortama deşarj edilmeye devam ederse doğal su ortamlarında biyokütle oluşumunu hızlandırır, bu da çözünmüş oksijen miktarının hızla azalmasına neden olarak ekolojik denge üzerinde olumsuz etki yaratır. Ekolojik olarak peynir altı suyu yüksek BOI'ye sahip olarak kabul edilir.

Peynir altı suyunun ticari olarak geri kazanılması ekonomik açıdan önemlidir. Peynir altı suyundan, peynir altı suyu tozu elde edilmektedir. Küçük işletmeler peynir altı suyunu kaynatarak "lor" adı verilen bir ürün elde etmektedirler. Ancak bu noktada yine çevre kirliliği anlamında sorun çözümlememektedir. Çünkü peynir altı suyundaki %5,5-6,6 oranındaki katı maddenin ancak %1,5'u lor olarak alınmakta geri kalan katı madde yine atık su oluşturmaktadır. Dolayısıyla kirletici etkisi giderilememektedir. Oysa "toz haline getirme" işleminde su tamamen uçurulduğu için herhangi bir atık su oluşmamakta ve bu durum çevre kirliliğinin önlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bu açıdan bakıldığından toz haline getirilerek bu önemli atığın farklı endüstrilerde değerlendirilmesi çok daha akılcı bir çözüm olmaktadır.

Bileşenler	Tatlı Peynir Suyu (Maya Peynir Suyu)	Ekşi Peynir Suyu (Asit Peynir Suyu)
Su	% 93-94	% 94-95
Kuru madde	% 6-7	% 5-6
Yağ	% 0.3-0.4	% 0.1
Laktoz	% 4.5-4.7	% 3.8-4.2
Kazein(Peynir kırtıltısı)	% 0.05-0.1	% 0.05-0.1
Serum proteinleri	% 0.8-1.0	% 6
Mineral maddeler	% 0.5-0.7	% 0.7-0.8
Kalsiyum	0.06-0.1 g	0.1-100 g
Laktik asit	% 0.1-0.2	% 0.5(0.7)
Sitrik asit	% 0.1	% 0.1
pH değeri	6.4-6.0	4.8-4.4

### Taze Peyniraltı Suyunun Bileşimi

#### 2.5 Soğutma Suları

Pastörize edilen sütün, yoğurt ve peynir oluşumunu sağlayacak mikroorganizmaların faaliyet gösterdikleri sıcaklığa kadar soğutulması için soğutma sularından faydalанılır.

Soğutma suları; temaslı ve temassız soğutma suları olmak üzere ikiye ayrılır. Çığ sütler, pastörize edildikten sonra mayalama işlemine geçilir. Mayalama işlemine geçmek için, pastörize olmuş sütlerin pastörizasyon sıcaklığından ( $90^{\circ}\text{C}$ ) mayalama sıcaklığına ( $45^{\circ}\text{C}$ ) getirilmesi gereklidir. Dolayısıyla sütü soğutmak için de kullanılan değişik yöntemler vardır:

Birinci yöntem; işletmeye getirilen çığ sütler, soğuk depo tankından pastörizatör ünitesine girer ve sonra çığ sütler iç içe geçmiş borulardan geçerek mayalama işleminin yapılacak tanga gelir. Pastörizatör ünitesinden çıkan sütler, en içteki borudan geçerken, en içteki borunun etrafından da pastörizatör ünitesine girecek soğuk çığ sütler geçer. Borular arasındaki sıcak ve soğuk sütlerin çarpışmasından dolayı pastörizatör ünitesinden çıkan sütler soğutulmaktadır.

İkinci yöntemde sütü soğutmak için eşanjör kullanılabilir. İç içe geçmiş borulardan, içteki borudan sıcak süt, dışındaki borudan da soğuk su geçer. Isısı artan su ise tank veya yüzey temizliğinde kullanılarak arıtma tesisine gönderilir.

Üçüncü yöntemde; sütün soğutulması için soğuk su direkt süt ile temas edilerek kullanılabilir.

### **3.MATERYAL VE METOT**

#### **3.1 Beyaz Peynir Ve Yoğurt Üretimi Atıksularının Yukarı Akışlı Ardisık Anaerobik Çamur Yatağı Reaktörlerle Arıtımı**

Tek kademeli YAAÇYR kullanılmış fakat asidojenik ve metanojenik faaliyetlerin istenilen verimde olmamasından dolayı, iki kademeli çalışmalar yapılmıştır.

Reaktörlerin adaptasyonu için üç aylık bir süre geçmiştir. Bu süre içinde; Yoğurt altı suyu için, %80-83 KOI verimi elde edilmiştir. Peynir altı suyu için, %85-88 KOI verimi elde edilmiştir.

Aritim sonunda çıkış suyunda PH 7-8 seviyesinde kararlı hale gelmiş, uçucu yağ asitleri giderim verimleri %90-95, %85-87 arasında elde edilmiştir.

#### **3.2 Pilot Süt Fabrikası Atıksularının Membran Biyoreaktörde Arıtılması**

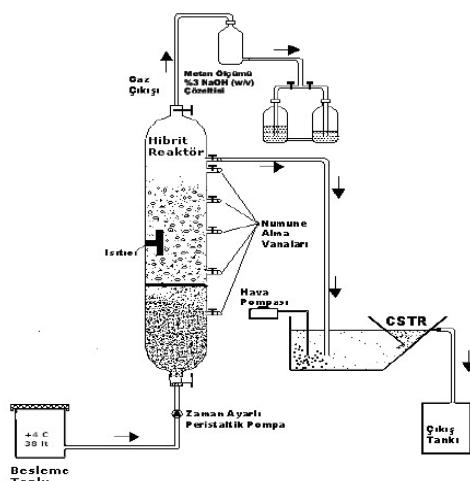
Atıksuyun kimyasal arıtımı, jar testi deneyleriyle yürütülerek en iyi pH aralığında optimum koagüitant cinsi ve dozu belirlenmiştir. Koagüitant olarak demir sülfat, alum ve kil kullanılmıştır. Denemeler sonunda pH 7 değerinde 1g/L montmorillonit kullanıldığında %93 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Yapılan kimyasal arıtım deneylerinin sonunda montmorillonitin ön arıtım amacıyla koagüitant ve adsorbent olarak kullanılabileceği, ancak istenilen giderim verimini sağlayamadığı için sadece kendinden sonraki ünitenin yükünü hafifleteceği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan membranın ne basıncılı hava kullanılarak geri yılanmasında ne de kimyasal temizleme işlemlerinden sonra hiçbir zaman membrandan ilk alınan akı değerine ulaşılmadığı görülmüştür.

#### **3.3 Peyniraltı Atıksularının Anaerobik Hibrit Reaktör/Aerobik Sürekli Karıştırmalı Tank Reaktör Sistemlerinde Arıtılabilirliğinin İncelenmesi**

Anaerobik hibrit reaktörün ardından, kalan organik kirliliği parçalamak için aerobik sürekli tank reaktör kullanılmıştır.

Bu çalışmada, anaerobik hibrit reaktörde en yüksek KOİ giderim verimi % 90.9 olarak elde edilmiştir. Anaerobik hibrit reaktörde ölçülen en yüksek metan gazı yüzdesi % 63 olarak ölçülmüştür.



Anaerobik Hibrit Reaktör ve Aerobik Sürekli Karıştırma Tank Reaktör Şeması

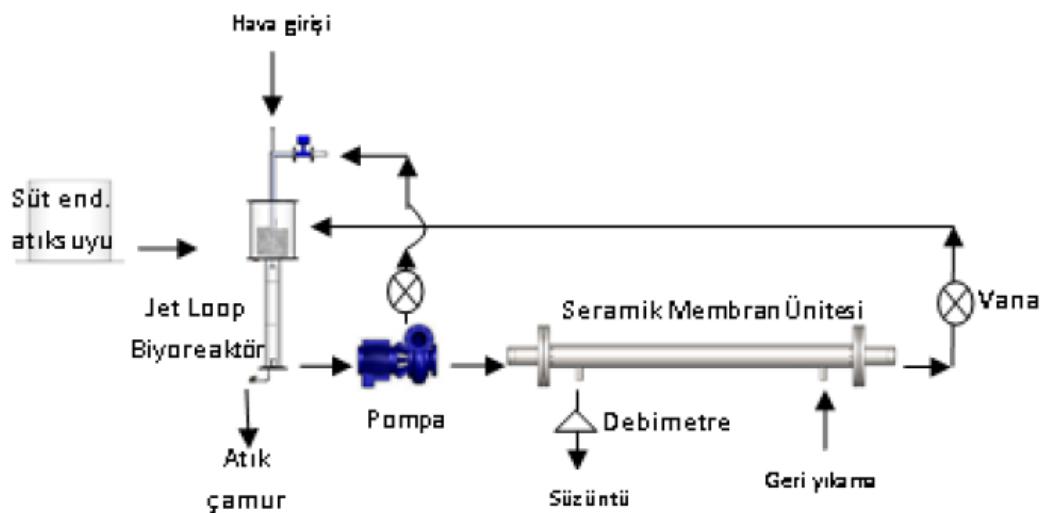
### 3.4 Süt Endüstrisi Atıksularının Arıtımında Ardışık Kesikli Reaktörde Hareketli Biofilm Uygulaması

Laboratuar ölçekli 3 adet AKR kullanılmıştır. Reaktörlerin 2 tanesi farklı sentetik taşıyıcı malzemeler ile doldurulmuştur. 3.'üsü ise klasik AKR olarak çalıştırılmış ve sistem performansları karşılaştırılmıştır.

Klasik AKR'de KOİ giderim verimi %66, kaldnes taşıyıcı malzemeli AKR'de %75, linpor taşıyıcı malzemeli AKR'de %56 olduğu gözlenmiştir. AKR, kaldnes taşıyıcı malzemeli AKR ve linpor taşıyıcı malzemeli AKR'de TP giderimi ise sırasıyla %88, 94 ve 86 olmuştur.

### 3.5 Süt Endüstrisi Atıksularının Arıtımında Jet-Loop Membran Biyoreaktörlerinin Performansının İncelenmesi

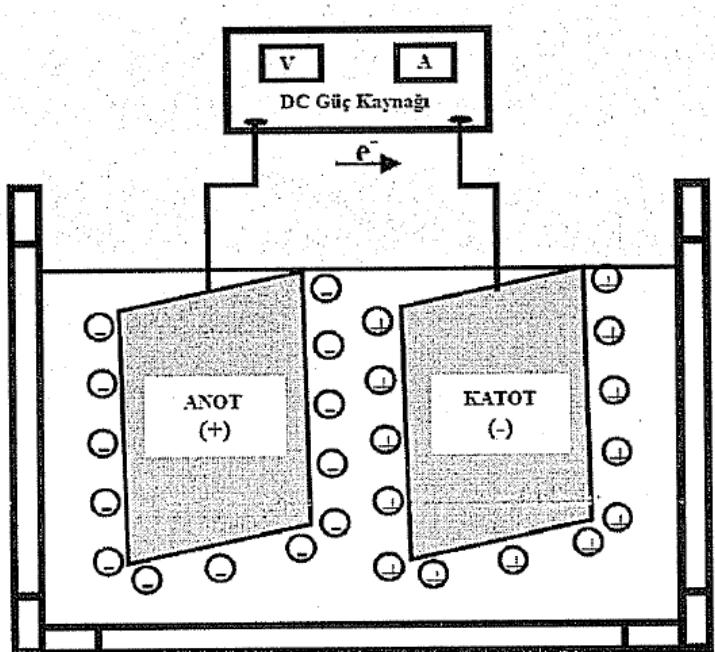
Kimyasal ve biyolojik proseslerde etkinliği ve ekonomikliği ispatlanmıştır. Analizler sonucunda Jet-loop membran biyoreaktörlerinin sisteminde oldukça yüksek arıtım performansı elde edilmiştir. 3.3 saat hidrolik bekletme süresinde %97 arıtma verimi elde edilmiştir.



Denemelerde Kullanılan Jet-Loop Membran Biyorektörü

### 3.6 Peyniraltı Suyunun Elektrokoagülasyon Yöntemi İle Artılması

Peyniraltı suyunun arıtımı, iki farklı boyuttaki demir reaktörler kullanılarak, reaktör performansı hem kesikli hem de sürekli işletim sistemlerinde değerlendirilmiştir. Peyniraltı suyu başlangıç KOI derişiminden elektrokoagülasyon yöntemi ile %90,92, sürekli işletim sistemi ile %89,65 giderim sağlanmıştır.



EC rektörünün şematik görünüşü

## **4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Literatür verilerine göre;

- Atıksuyun %90'ını peyniraltı suyu oluşturmaktadır.
- Atıksuyun kaynağı, proses ve yıkama sularından gelmektedir.
- Kolagülasyon – Flokülasyon yönteminin tek başına kullanılması yeterli deşarj kriterlerini sağlamamaktadır.
- Arıtım yöntemleri birleşik olarak kullanıldığında daha iyi sonuçlar vermektedir.
- Anaerobik aritmada yüksek miktardaki KOI konsantrasyonu arıtım verimini ve hidrolik bekleme süresini etkilemektedir.
- Etkin çamur yaşı organik yüklemektedir.
- Anaerobik aritmada uçucu yağ asitlerinin oluşumu metan bakterilerine toksik etki gösterdiginden dikkate alınmalıdır.
- Tek kademeli işletmede düşük arıtım verimi gözlenmektedir.

## **5. KAYNAKLAR**

- İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,  
Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisi Atıksularının Kimyasal Aritilabilirliği, Alpaslan EKDAL, Haziran 2000*
- Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Süt  
Endüstrisi Atıksularının Arıtımında Ardisık Kesikli Reaktör (SBR)'de Hareketli Biofilm Uygulaması, Arzu  
KILIÇ, 2006*
- Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Beyaz  
Peynir ve Yoğurt Üretimi Atıksularının Yukarı Akışlı Ardisık Anaerobik Çamur Yatağı Reaktörlerle  
Arıtımı, Emine TINKIR, Şubat 2010*
- İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Süt  
Endüstrisi Atıksularının Membran Teknolojisi ile Geri Kazanımı ve Deneysel Tasarım Uygulaması,  
Reyhan HEPŞEN, Aralık 2010*
- Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,  
Peyniraltı Atıksularının Anaerobik Hibrit Reaktör / Aerobik Sürekli Karıştırmalı Tank Reaktör  
Sistemlerinde Aritilabilirliğin İncelenmesi, Sadık UYUM, Temmuz 2011*
- Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,  
Peyniraltı Suyunun Elektrokoagülasyon Yöntemi İle Arıtımı, Ayşe KANDEMİR, 2011*
- Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,  
Süt Endüstrisi Atıksularının Arıtma Alternatifleri, Aslı ÇELİK, 2011*
- Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Yüksek  
Yağ İçerikli Süt Endüstrisi Atıksuyunun Anaerobik Arıtımında UYA Oluşum ve Giderimi, Rabia KONAK,  
Aralık 2011*
- Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans  
Tezi, AGRO Endüstri Atıksularından Kimyasal Çöktürme İle Azot ve Fosfor Giderimi Araştırılması,  
Begüm KURU, 2012*
- Atatürk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Pilot Süt Fabrikası Atıksularının  
Membran Biyoreaktörde Arıtılması, Tuba TURAN BAYRAM, 2012*
- Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Süt  
Endüstrisi Atıksularının Arıtımında JET-LOOP Membran Biyoreaktörlerin Performansının İncelenmesi,  
Süleyman UZUNER, Temmuz 2012*
- Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim  
Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Peyniraltı Suyunun Anaerobik Arıtımında Tek ve Çift Aşamalı Reaktör  
Sistemlerinin Biyogaz Verimleri Açısından Karşılaştırılması, Emre YAZAR, 2012*
- Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,  
Süt ve Süt Endüstrisi Atıksularının Elektrokoagülasyon Yöntemi İle Arıtımında RSM Kullanılarak Proses  
Optimizasyonu, Mustafa Eren SABUNCU, 2014*

## KATALİTİK OZONLAMA YÖNTEMİYLE İLAÇ KALINTILARININ (ASPARTAME) GİDERİMİ

Ali İhsan AKYÜZ<sup>1</sup>, İlker DÖLEKER<sup>1</sup>, Kadir TÜRKMENOĞLU<sup>1</sup>, Alper ALVER<sup>1</sup> ve Ahmet KILIÇ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, alperalver@gmail.com

**ÖZET:** Tez çalışmasının ana amacı, endüstriyel ve/veya yüzeyleri modifiye olmuş doğal kayaçlar kullanarak adsorpsiyon ve katalitik oksidasyon prosesleri ile ilaç kalıntılarının (Aspartam) giderimidir. Çeşitli fraksiyonlarındaki demir kaplı pomza ve titanyum dioksit hem adsorban hem de heterojen katalizör olarak test edilmiştir. Pomza taşı ve titanyum dioksit, aspartam giderimi için kullanım literatürde yer almamıştır ve bu bağlamda yapılan tez literatürde ilk olma özelliğine sahiptir. Tekil ozonlama ve tekil adsorbsiyona göre demir kaplı pomza ve TiO<sub>2</sub> katalizörlüğünde ozonlama hem adsorptif hem de oksidatif olarak Aspartam giderim kapasitelerini önemli miktarda artırmıştır. Demir kaplı pomza ve TiO<sub>2</sub> kullanılan katalitik ozonlama proseslerinde %75 ve %74'lara varan UV absorbans giderimleri sağlanmıştır. Giderim çalışmaları sonucunda belirlenen optimum şartlarda aspartam giderim verimlilikleri tekil adsorbsiyonla %13-30, tekil ozonlama ile %17-25 ve katalitik ozonlama ile %85-92 olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İlaç, Aspartam, Katalitik Ozonlama, TiO<sub>2</sub>, Demir Kaplı Pomza

## THE REMOVAL OF PHARMACEUTICALS RESIDUAL (ASPARTAME) WITH CATALYTIC OZONATION

**Abstract:** The main aim of the research, industrial and/or surface modified natural material using for adsorption and the removal of drug residues (Aspartame ) with catalytic oxidation processes. Titanium dioxide and iron coated pumice in the various fractions was tested both adsorbent as heterogeneous catalysts. Iron coated pumice and titanium dioxide were not included in the literature for the removal of aspartame and this thesis is the first of its kind in this context. According to the only adsorption and only ozonation, iron coated pumice and TiO<sub>2</sub> increased oxidative as well as a significant amount of adsorptive removal capacity of aspartame in catalytic ozonation. Iron coated pumice and TiO<sub>2</sub> used in catalytic ozonation processes, 75% and up to 74% UV absorbance removal are provided, respectively. In optimum conditions, aspartame removal efficiencies of 13-30% with the only adsorption, 17-25% with the only ozonation and 85-92% with catalytic ozonation is designated.

**Keywords:** Drug, Aspartame, Catalytic Ozonation, TiO<sub>2</sub>, Iron Coated Pumice.

### 1. GİRİŞ

Yeraltı ve yüzeysel kaynaklardan elde edilen içme sularının içerisindeki ilaç kalıntılarının varlığı, bu suların içme suyu olarak kullanımını sınırlayan önemli bir unsurdur. Yapılan çalışmalar mikro kirleticilerin dirençli yapılarından dolayı arıtilmış sularda varlığının devam ettiğini işaret etmektedir. Mikro kirleticiler, biyolojik olarak parçalanamadıkları için çevrede kalıcı olan organik bileşiklerdir. Bunlar çevrede, gıda maddelerinde ve insan dokusunda birikerek sağlık riski oluşturabilmektedirler.

Şeker hapı olarak bilinen Aspartam ilk kez James M. Schlatter tarafından 1965 yılında keşfedilmiş, ABD'de 1974'te kullanımının onaylanmasıından sonra uzun süre güvenilirliği tartışma konusu olmuştur (1). Aspartam diyet ürünlerinde tatlandırıcı olarak kullanılır. Çay

şekerinden 180 kat daha tatlıdır. Yapılan çalışmalar sonucunda Aspartamın beyin tümörü ve karaciğer kanserine yol açtığı tespit edilmiştir.

İlaç kalıntılarının sudan uzaklaştırılması ile ilgili olarak katalitik oksidasyon işlemlerinin (ozon/UV radyasyonu, hidrojen peroksit/UV radyasyonu, hidrojen peroksit/ozon, hidrojen peroksit/demir oksit) etkili olduğu bilimsel çalışmalarla açıklanmıştır. Bu bileşik sistemlerin etkinliği, yüksek reaktiviteye sahip ve reaksiyonlarında seçici olmayan hidroksil radikallerinin ( $\text{OH}^\cdot$ ) oluşumlarına bağlanmakta ve su aritiminde yeterli miktarda hidroksil radikal产生的 sistemler İleri Oksidasyon Prosesleri (IOP) olarak isimlendirilmektedir (Glaze et al.. 1987). İlaç kalıntılarının giderimini sağlayan serbest radikal reaksiyonlarına bağlı temel ileri oksidasyon proseslerinden bazıları şunlardır;  $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3/\text{OH}^\cdot$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Metal}$  iyonları ( $\text{Fe}^{+2}$  ile kullanımı Fenton reaktifi olarak adlandırılır),  $\text{O}_3/\text{UV}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ ,  $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ , Foto-Fenton, Elektron ışınları, Ultrason, Vakum-UV,  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Metal}$  Oksitler, Elektro-Fenton,  $\text{TiO}_2/\text{O}_2/\text{UV}$  (Kasprzyk-Hordern et al.. 2003).

Katalitik ozonlama prosesleriyle kirletici gideriminde üç temel mekanizmanın etkinliği tespit edilmiştir: 1) Katalizör dozuna bağlı olarak kirleticinin bir kısmı adsorban yüzeylerinde adsorbe edilir, 2) Suda kalan daha hidrofilik ve daha az  $\text{UV}_{254}$  absorplayan fraksiyonları güçlü oksidanlar (hidroksil radikal olması muhtemel) tarafından okside edilir ve 3) Katalizör yüzeylerinde adsorblanan kirletici fraksiyonları da hidroksil radikalleri tarafından kısmen okside edilir.

Bu çalışmada yüzeyleri çeşitli metallerle (demir ve titanyumdioksit) kaplı pomza katalizörüğünde ozonlama prosesleri ile sudaki ilaç kalıntılarının giderimi araştırılmıştır. Çalışmalarda ilaç kalıntıları için model kirletici olarak ozonla reaktivitesi düşük, hidroksil radikalleri ile yüksek olan aspartam seçilmiştir. Çalışmalar iki bölümde yürütülmüştür. Birinci bölümde ozonun yüzeyleri kaplı pomza katalizörüğünde katalitik bozunması incelenmiş; ikinci bölümde ise çalışılan katalizörler eşliğinde ozonlama prosesi ile aspartam giderimi araştırılmıştır. Aspartam giderimi gaz kromatografi (GC) analizleri ile incelenmiş, ayrıca reaksiyon süresince suyun UV absorbansı ve Çözünmüştür Organik Karbon (ÇOK) içeriğindeki değişimler de izlenmiştir.

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Kimyasallar**

Çalışmalarda model kirletici olarak suda çözünürlüğü yüksek, ozonla reaksivitesi düşük olması nedeniyle Aspartam (Canderel tablet) kullanılmıştır. pH ayarlamaları için 0.1 N NaOH ve %100'lük asetik asit kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda katalizör olarak demir kaplı pomza (ICP) ve titanyum dioksit kaplı pomza ( $\text{TiO}_2$ ) kullanılmıştır.

### **2.2. Analiz Metotları**

Yüzeysel sularda bulunan Aspartam konsantrasyonlarında (0.50-60  $\mu\text{g/L}$ ) hazırlanan model çözeltiler üzerinde dalga boyu taraması ve Çözünmüştür Organik Karbon (ÇOK) analizleri gerçekleştirılmıştır. Shimadzu UV<sub>1280</sub> cihazıyla yapılan dalga boyu taramasında

çözeltilerin maksimum pik verdiği dalga boyu 258 nm olarak tespit edilmiştir. ÇOK analizleri SM 5310 B ve Aspartam analizleri Galletti v.d. geliştirdiği metoda uygun olarak gerçekleştirılmıştır (Galletti vd., 1995).

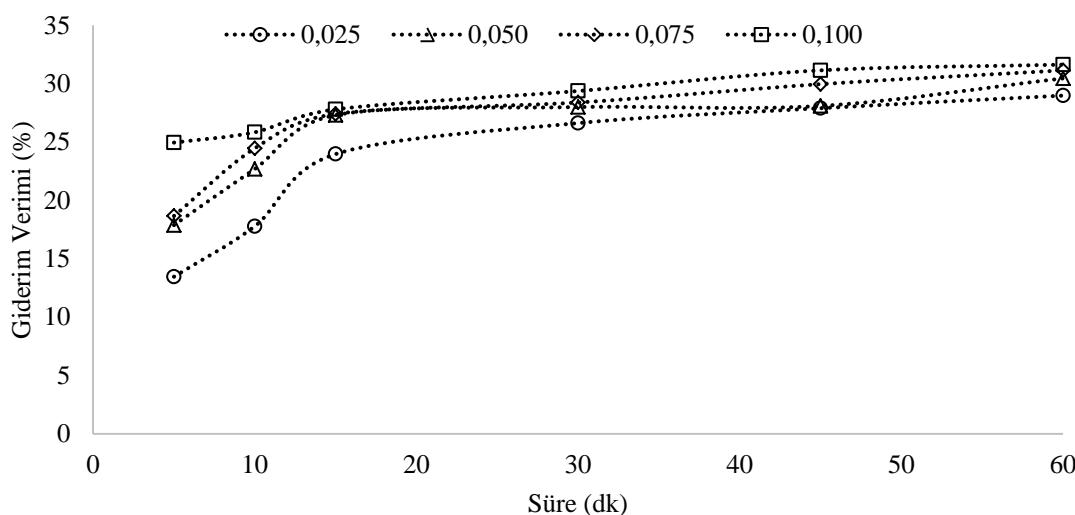
### **2.3. Deneysel Metotlar**

Deneysel çalışmalar 1.0 L hacimli tam karışımı kesikli reaktörde yürütülmüştür. Çalışmalarda, hava komprasyonu vasıtasıyla çekilen ortam havası oksijen konsantratöründen geçirildikten sonra kontrollü akışlarla ozon jeneratörüne beslenmekte ve belirli konsantrasyonlarda ozon gazı üretilmektedir. Üretilen ozon gazı, difüzör vasıtası ile belirli akış hızlarında su ile doldurulmuş ozon reaktörüne verilmiştir. Reaktörde, ozon istenilen konsantrasyona ayarlandıktan sonra hızlı bir şekilde sentetik olarak hazırlanmış aspartam çözeltisi ve çalışmalarında kullanılan katalizör reaktöre ilave edilmiştir. Reaktörde tam karışım mekanik bir karıştırıcı ile sağlanmıştır. Katalizör ilavesinden sonra reaktörden 0.5 L/dk akış hızında ozon hücresına sirküle edilen su içerisinde JUMO Aquis 500 marka ozon analizörü ile sürekli ozon konsantrasyonu takibi gerçekleştirılmıştır. Ayrıca reaktörden belirli zaman aralıklarında şırınga ile alınan örnekler filtrelerden geçirildikten sonra UV<sub>258</sub>, ÇOK ve Aspartam (GC-MS) tayin etmek amacıyla analiz edilmiştir.

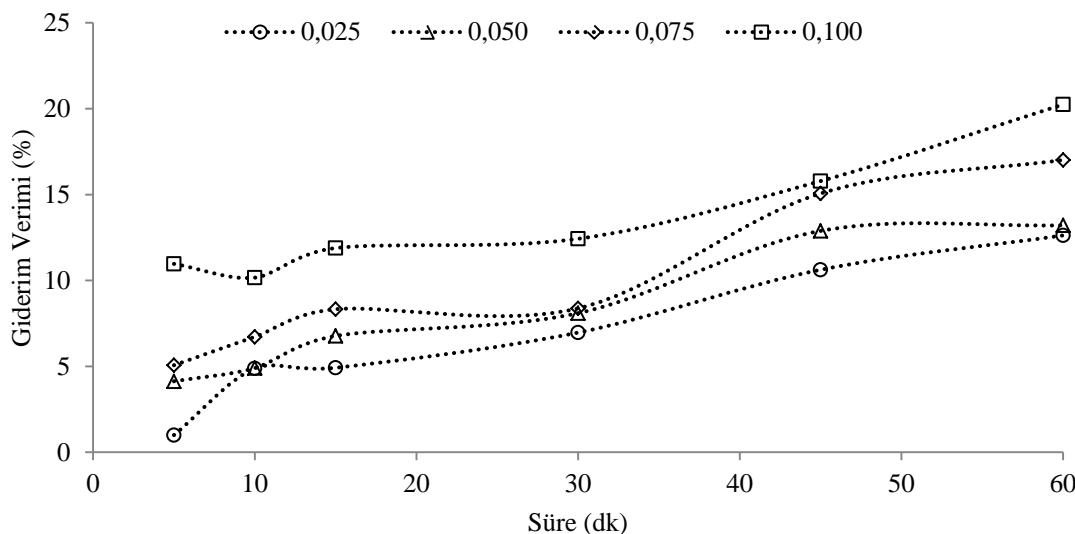
## **3. ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **3.1. Tekil Adsorbsiyonun Aspartam Giderimine Etkisi**

Heterojen ileri oksidasyon proseslerinde kirleticinin katı faz üzerine tutunması reaksiyon mekanizmasının önemli bir adımıdır ve genellikle reaksiyonların baskın olarak katı faz üzerinde gerçekleşmesi beklenmektedir. Çalışmalar sırasında kontrol deneyi amacıyla başlangıç aspartam konsantrasyonu 25 µg/L olan çözeltilere 0.025, 0.050, 0.075 ve 0.100 g/L konsantrasyonlarında demir kaplı pomza (ICP) ve yine aynı konsantrasyonlarda titanyum dioksit ( $TiO_2$ ) kaplı pomza ilave edilmiştir. Çözeltilerin pH'ı 7'ye ayarlanmış ve reaksiyon karışımının homojen olmasını temin etmek amacıyla reaktör içeriği 600 rpm karıştırma hızında mekanik olarak karıştırılmıştır. Belirli zaman aralıklarında reaktörden alınan örnekler filtre edildikten sonra suyun UV absorbansı, Çözünmüş Organik Karbon ve Aspartam için analiz edilmiştir. Şekil 1'de, demir kaplı pomzanın, Şekil 2'de ise titanyum dioksit kaplı pomzanın aspartam giderimine etkileri grafiksel olarak verilmiştir. Şekil 1 ve 2'de verilen sonuçlar aspartamin demir kaplı pomza yüzeylerine yaklaşık % 32, titanyum dioksit kaplı pomza yüzeylerine ise yaklaşık % 20 oranında adsorplanarak giderildiğini göstermiştir.



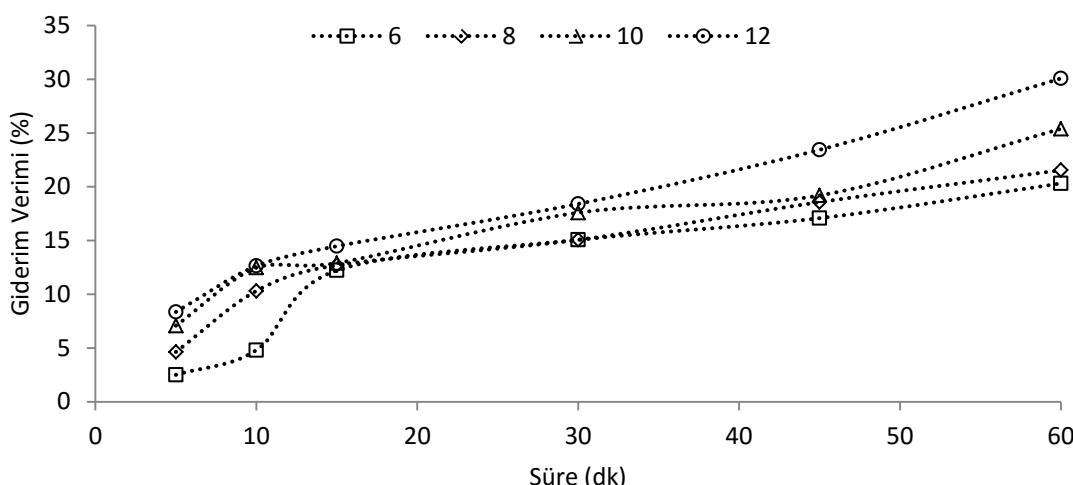
**Şekil 1.** ICP dozlarının aspartam giderimine etkisi ( $[Asp.] = 50 \mu\text{g/L}$ ,  $\text{pH} = 7$ , 600 rpm)



**Şekil 2.**  $\text{TiO}_2$  dozlarının aspartam giderimine etkisi ( $[Asp.] = 50 \mu\text{g/L}$ ,  $\text{pH} = 7$ , 600 rpm)

### 3.2. Tekil Ozonlamanın Aspartam Giderimine Etkisi

Sadece ozonlamanın aspartam giderimine olan etkisini incelemek amacıyla yapılan kontrol deneylerinde, ozon konsantrasyonu ayarlanmış reaktöre  $50 \mu\text{g/L}$  aspartam ilave edilmiş ve çözeltinin  $\text{pH}'ı$  7'ye ayarlanmıştır. 6, 8, 10 ve 12 mg/L başlangıç ozon dozlarının uygulandığı çalışmalarda reaktörden belirli zaman aralıklarında alınan örneklerdeki ozon sodyum sülfit ilavesiyle giderildikten sonra UV absorbans, ÇOK ve aspartam analizleri gerçekleştirılmıştır. Şekil 3'te verilen sonuçlardan 60 dakikalık reaksiyon süresince uygulanan en yüksek ozon dozunun yaklaşık % 30'luk aspartam giderimine neden olduğunu göstermiştir.



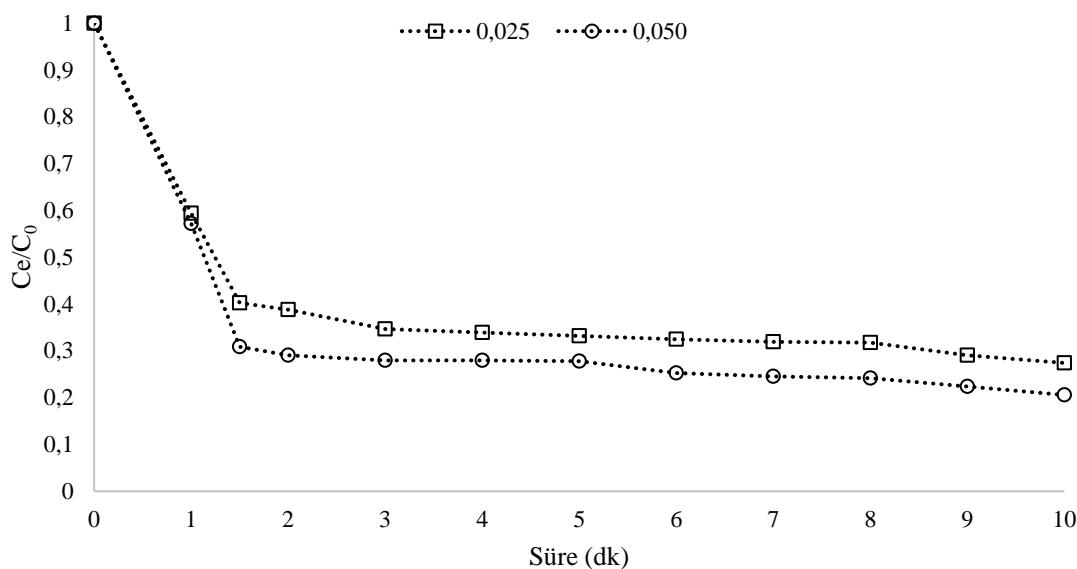
**Şekil 3.** Tekil ozonlamanın aspartam giderimine etkisi ([Asp.] = 50 µg/L, pH = 7)

### 3.3. Katalitik Ozonlamanın Aspartam Giderimine Etkisi

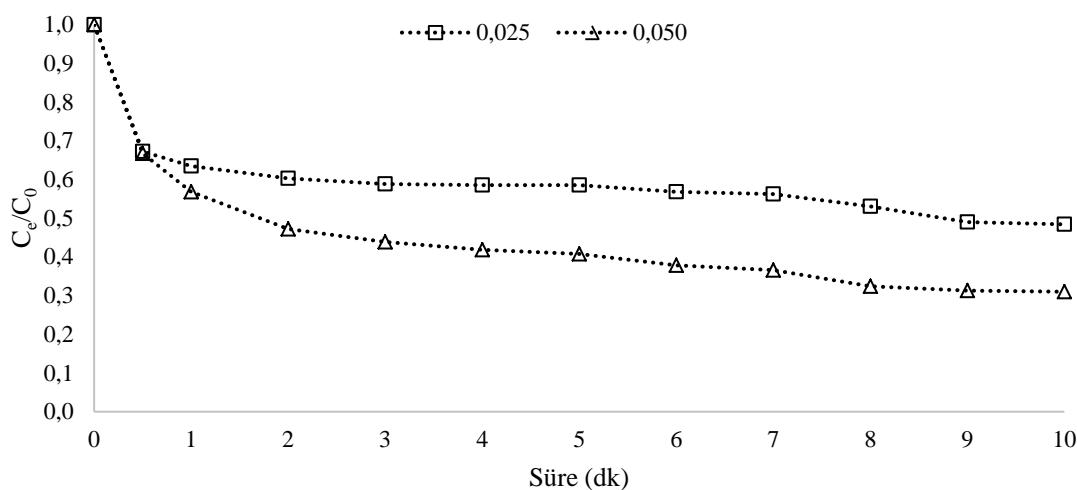
Bu bölümdeki çalışmalarında demir kaplı pomza ve titanyum dioksit kaplı pomza katalizörüğünde ozonlama işlemleriyle aspartam giderimi araştırılmıştır. Bu amaçla 0.050 ve 0.100 g/L katalizör dozları 10 mg/L ozon dozuyla birlikte 50 µg/L Aspartam içeren model çözeltiler üzerine uygulanmıştır. Çözeltilerin pH'ları 7'ye ayarlanmış ve reaktör içeriği mekanik bir karıştırıcı ile sabit hızda karıştırılmıştır. Çeşitli zaman aralıklarında reaktörden alınan örneklerdeki kalıntı ozonu gidermek için hesaplanan miktarlarda sodyum sülfit ilave edilmiştir. Demir ve titanyum dioksit kaplı pomza partikülleri 0.45 µm gözenek çaplı filtreden süzülerek sudan ayrıldıktan sonra örnekler suyun UV absorbansı, çözünmüş organik karbon (ÇOK) ve aspartam için analiz edilmiştir.

Şekil 4'te demir kaplı pomza (ICP) ile aspartam giderimine ait sonuçlar verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan deneysel koşullar altında demir kaplı pomza (ICP) ile katalitik ozonlama işleminin aspartam giderimini artırdığı görülmüştür. Tekil adsorpsiyonla en yüksek demir kaplı pomza (ICP) dozunda 10 dakikalık reaksiyon süresi sonunda %25 aspartam giderimi olurken, 10 mg/L'lik ozon ilavesiyle aynı reaksiyon süresi sonunda aspartam gideriminin % 80'e çıktıgı görülmüştür.

Şekil 5'te ise titanyum dioksit ( $TiO_2$ ) kaplı pomza ile Aspartam giderimine ait sonuçlar verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan deneysel koşullar altında titanyum dioksit ( $TiO_2$ ) kaplı pomza ile katalitik ozonlama işleminin aspartam giderimini artırdığı görülmüştür. Tekil adsorpsiyonla en yüksek titanyum dioksit ( $TiO_2$ ) kaplı pomza dozunda 10 dakikalık reaksiyon süresi sonunda % 10 aspartam giderimi olurken, 10 mg/L'lik ozon ilavesiyle aynı reaksiyon süresi sonunda aspartam gideriminin %69'a çıktıgı görülmüştür.



**Şekil 4.** ICP katalizörlüğünde ozonlama ile aspartam giderimi ( $[O_3]= 10 \text{ mg/L}$ ,  $[\text{Asp.}]= 50 \mu\text{g/L}$ ,  $\text{pH}= 7$ )



**Şekil 5.**  $\text{TiO}_2$  katalizörlüğünde ozonlama ile aspartam giderimi ( $[O_3]= 10 \text{ mg/L}$ ,  $[\text{Asp.}]= 50 \mu\text{g/L}$ ,  $\text{pH}= 7$ )

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Ozon ve yüzeyleri metal kaplı pomza partikülleri katalizörlüğünde sudaki aspartam gideriminin araştırıldığı çalışmalarında pomza yüzeylerinin çeşitli metallerle kaplanmasıının ozonlama işleminin verimini artırdığı görülmüştür.

Ozonun tek başına uygulandığı kontrol çalışmalarında 10 dakikalık reaksiyon süresince uygulanan en yüksek ozon dozunun yaklaşık %10'luk aspartam giderimine neden olduğu görülmüştür. Bu sonuç, ozonun tek başına aspartam gideriminde çok etkili olmadığını göstermiştir.

Yüzeyleri kaplı pomza partiküllerinin tek başına uygulandığı çalışmalarda 10 dakikalık reaksiyon süresince uygulanan en yüksek adsorban dozlarında titanyum dioksit kaplı pomza yüzeylerine %10, demir kaplı pomza yüzeylerine ise %25 oranında adsorblanarak giderildiğini göstermiştir.

Ozonun yüzeyleri kaplı pomzalarla birlikte kullanılmasının ozonlama işleminin verimini artırdığı görülmüştür. Ozon ve TiO<sub>2</sub> kaplı pomza partikülleri kombinasyonu birlikte uygulandığında aspartam gideriminin %69'a çıktıgı görülmüştür. Benzer şekilde ozon ve demir kaplı pomza partikülleri kombinasyonunun birlikte uygulandığı çalışmalarda aspartam gideriminin %80'e çıktıgı görülmüştür.

### KAYNAKLAR

- Akdemir, B., Güneş, S. and Genç, A., 2009, Artificial neural network training models in prediction of concrete compressive strength using euclidean normalization method, *3<sup>rd</sup> Int. Conf. on Complex Systems and Applications-ICCSA 2009*, Le Havre-France, 160-165.
- Anonim, 2006, Tarım istatistikleri özeti, DİE Yayınları, No;12, Ankara, 22-23.
- Anonymous, 1989, Farm accountancy data network, an A-Z of methodology" Commission Report of the EC, Brussels, 16-19.
- Augugliaro et al., 2006
- Corliss, R., 1993, *Pacific Overtures Times*, 142 (11), 68-70.
- Dasgupta, D., 1998, Artificial immune systems and their applications, *Springer-Verlag*, Berlin, Heidelnerg, 45-52.
- De Castro, L. N. and Von Zuben, F. J., 2000, Artificial immune systems: Part I- Basic theory and applications, *DCA-RT 02/00, Brasil*, 23-28.
- Glaze et al.. 1987.
- Guido C. Galletti, Giuseppe Chiavarib, Paola Bocchinic, 1995, Thermal decomposition products of aspartame as determined by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 32, April 1995, Pages 137–151.
- Güneş, S. ve Polat, K., 2009, Elektrokardiyogram (EKG) aritmi teşhisinde en az kareli destek vektör makinaları kullanımına dayalı medikal teşhis destek sistemi, *13. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, BİYOMUT-2009*, İstanbul, 170-173.
- Holland, M., 2002, *Guide to citing Internet sources* [online], Poole, Bournemouth University, [http://www.bournemouth.ac.uk/library/using/guide\\_to\\_citing\\_internet\\_sourc.html](http://www.bournemouth.ac.uk/library/using/guide_to_citing_internet_sourc.html) [Ziyaret Tarihi: 4 Kasım 2002].
- Kasprzyk-Hordern et al., 2004; Rosal et al., 2010
- Kasprzyk-Hordern et al.. 2003
- Mason, J., 1832, Map of the countries lying between Spain and India, 1:8.000.000, London: Ordnance Survey.
- Merck Index*, 11th Edition, **861** (1).
- Özbay, Y., 1999, EKG aritmelerini hızlı tanıma, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 10-15.
- Özgören, M., 2006, Flow Structure in the downstream of square and circular cylinders, *Flow Measurement and Instrumentation*, 17 (4), 225-235.

## POMZANIN TİTANYUM DİOKSİT İLE KAPLANMASI VE KATALİTİK OZONLAMADAKİ AKTİVİTESİ

Gamze KARA<sup>1</sup>, Merve DÜZGÜN<sup>1</sup>, Esra YILMAZ<sup>1</sup>, Alper ALVER<sup>1</sup> ve Ahmet KILIÇ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, evremmd.md@gmail.com

**ÖZET:** Son zamanlarda önemli çalışma konularından biri de oksidasyon proseslerinin aktivitesini artıran heterojen katalizörlerin geliştirilmesi olmuştur. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmada doğal kayaçlardan pomza titanyum dioksit ( $TiO_2$ ) ile kaplanarak katalitik ozonlamadaki aktivitesi test edilmiştir.  $TiO_2$  kaplı pomzaların aktivitesi farklı deney koşullarında (katalizör dozları, giriş ozon dozları ve pH) ozonun saf suda bozundurulma hızlarına göre incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pomza,  $TiO_2$ , Katalitik Ozonlama, Reaksiyon Kinetiği.

## $TiO_2$ COATED PUMICE AND CATALYTIC ACTIVY OF OZONATION

**Abstract:** Recently, one of the most important study subjects is developing heterogeneous catalysts that enhances the activity of oxidation processes. The studies conducted in this context, pumice was coated with titanium dioxide and catalytic activity in ozonation was tested. The activity of  $TiO_2$  coated pumice were examined according to the degradation rate of ozone in pure water under different experimental conditions (catalyst dose, entrance dose of ozone and pH).

**Keywords:** Pumice,  $TiO_2$ , Catalytic Ozonation, Reaction Kinetic.

### 1.GİRİŞ

Süngertaşı, nasır taşı, hasır taşı, topuk taşı gibi adlarla da bilinen pomza volkanik bir kayaç türüdür. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü asidik pomzadır. Oluşum esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terketmesi sonucu oldukça gözenekli bir yapı kazanmıştır. Pomzanın gözenekli yapıya sahip olması, özgül yüzey alanının büyük olması, kimyasal olarak inert olması, toksik etkisinin olmaması, kolay ve düşük maliyetle temin edilebilmesi gibi özelliklerinden dolayı son yıllarda çeşitli çevresel uygulamalarda adsorban, filtrasyon medyası ve biyofilm desteği olarak test edilmektedir.

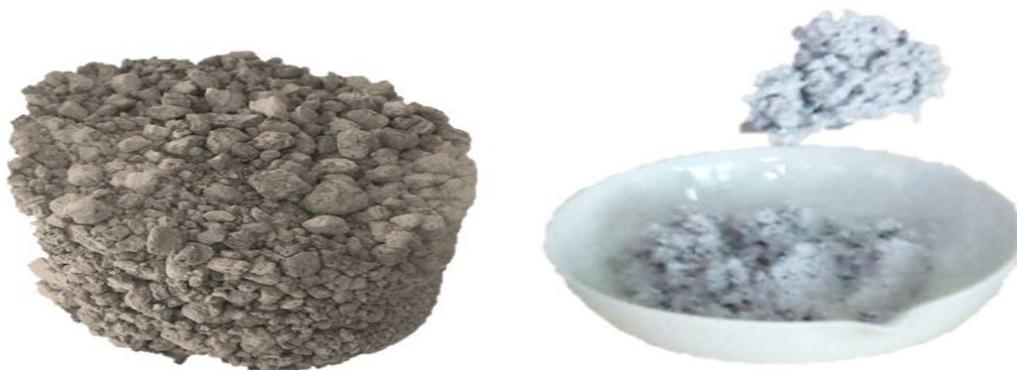
Çeşitli katalizörlerinle ozonun oksidasyon özelliklerinin geliştirilmesi organik bileşiklerin gideriminde yaygın olarak kullanılan ileri oksidasyon proseslerindendir [1]. Katalitik ozonlama, tekil ozonlama ve katalitik proseslere göre reaksiyon mekanizmasını değiştirerek arıtım süresini kısaltmakta ve verimliliği artırmaktadır [2]. Yaptığı çalışmaya göre ozonla birlikte katalizörlerin kullanımı; ozon tüketimini azaltır, reaksiyon süresini azaltır ve ozonlama verimliliğini artırrı.

### 2.MATERYAL ve METOD

#### 2.1. Pomzanın Kaplanması

Pomza numuneleri, Aksaray Doğantarla mevkiiinden alınmıştır. Ham pomza numuneleri deneylerde kullanılmak üzere dört farklı tane boyutu fraksiyonuna 18, 25, 35, 60, 100, 200,

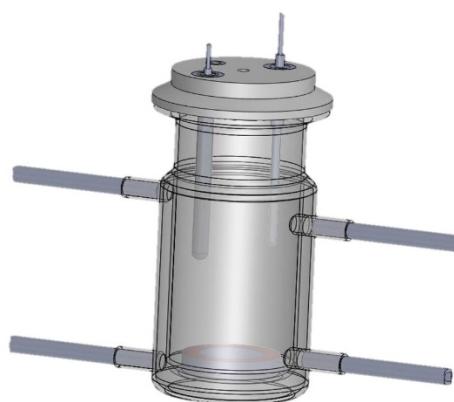
>200 mesh) elek analiziyle ayrılmıştır. Elenen pomzalar saf su ile yıkanarak etüvde 55 °C'de 72 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan pomzaların üzerine 1 M HCl asit ilave edilerek yüzey porozitesi arttırlılmış ve 24 saat boyunca kurutulmuştur. Kuruyan pomzaların yüzey boşlukları aseton çözeltisi ile temizlenmiş ve 24 saat boyunca kurutulmuştur. Kaplama işlemi farklı partikül boyutundaki pomzaların üzerine ağırlığının %40 olacak şekilde TiO<sub>2</sub> ilave edilip 6M NaOH çözeltisi ilavesiyle yavaş yavaş karıştırılarak gerçekleştirilmiş ve 168 saat boyunca 50 °C'de kurutulmaya bırakılmıştır. Kaplanan pomza örneklerinin bulanıklık değeri 1 NTU'nun altına düşene kadar yıkanmıştır. Yıkama işlemi tamamlanan pomza örnekleri 36 saat boyunca 40 °C'de kurutularak kullanıma hazır hale getirilmiştir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Ham pozma örneği (sol) ve TiO<sub>2</sub> ile kaplanmış pomza örneğinin (sağ) kıyaslanması

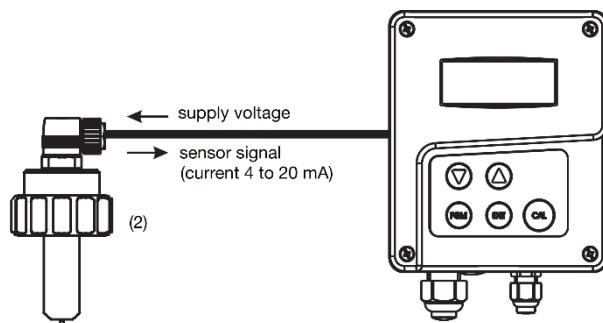
## 2. Deneysel Prosedür

Tüm deneyler, laboratuvar ölçekli kesikli tam karışıklı reaktörlerde (Şekil 2) saf su içerisindeki ozonun bozundurulma hızlarına göre yapılmıştır. CMBR'lerde kinetik deneyler pomza dozları (25, 50, 75 ve 100 mg/L), başlangıç ozon dozları (4,6 ve 8 mg/L) ve pH (3, 5, 7, 10) değiştirilerek gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 2.** Ozon Reaktörü

Deneysel çalışmalarında kullanılan ozon reaktöründe ozon ölçümleri su 500mL/dk hızında ozon analizörü hücresına (Şekil 3) sirküle edilerek yapılmıştır.



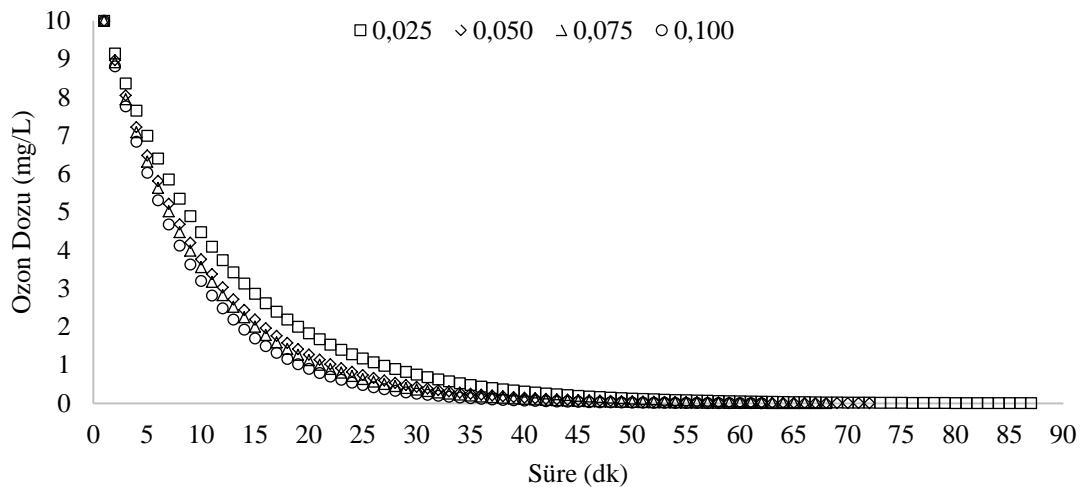
**Şekil 3** Jumo Aquis 500 ozon analizörünün şematik görünümü

Ozon probunun uç kısmında bulunan seçici membran sayesinde sadece ozon molekülleri analizörle temas etmekte olup analizör sayesinde 4 ile 20 mA orp değerlerine karşılık gelen ozon konsantrasyonları okunabilmektedir. Deneysel çalışmalar sırasında ozon analizörünün kalibrasyonu 0-10 mg O<sub>3</sub>/L (4 mA= 0 mg O<sub>3</sub>/L, 20 mA= 10 mg O<sub>3</sub>/L) aralığında yapılmıştır. Analizörün doğruluk testleri ise reaktörden eş zamanlı örnekler alınarak SM 4500-O<sub>3</sub> B İndigo metodu ile ozon analizi yapılarak gerçekleştirilmiştir.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 3.1. Katalizör Dozlarının Saf Su İçerisinde Ozon Dekompozisyonuna Etkisi

TiO<sub>2</sub> kaplı pomza katalizörü ile safsuda ozonun bozundurulmasının incelendiği çalışmalarda ilk olarak katalizör dozlarının ozonun dekompozisyonuna etkisi araştırılmıştır. Yapılan literatür çalışması neticesinde katalizör dozları 0.25, 0.50, 0.75 ve 0.100 g/L olarak belirlenmiştir. Başlangıç ozon konsantrasyonu 10 mg/L olarak alınmış ve 1.0 L'lik hacimde yürütülen deneylerde pH 7'ye ayarlanmıştır. Sucul ortamdaki bakiye ozon analizleri 1dk aralıklarla yapılmıştır.



**Şekil 4.** Katalizör Dozlarının Saf Su İçerisinde Ozon Dekompozisyonuna Etkisi

Saf su içerisinde katalizör eşliğinde ozonun bozundurulma reaksiyon kinetikleri incelendiğinde Tablo 1'deki birinci derece ( $1/dk$ ) reaksiyon hız sabitleri elde edilmiştir. Bu çalışmada ortamda katalizör olmadan saf suda ozonun kendi kendine bozunma hız sabiti  $0.0284 \text{ dk}^{-1}$  yani  $4.73 \times 10^{-4} \text{ sn}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Muñoz and Soledad (2011) da yaptıkları çalışmada saf suda ozonun bozunma hız sabitini  $4.73 \times 10^{-4} \text{ sn}^{-1}$  olarak bulmuşlardır.

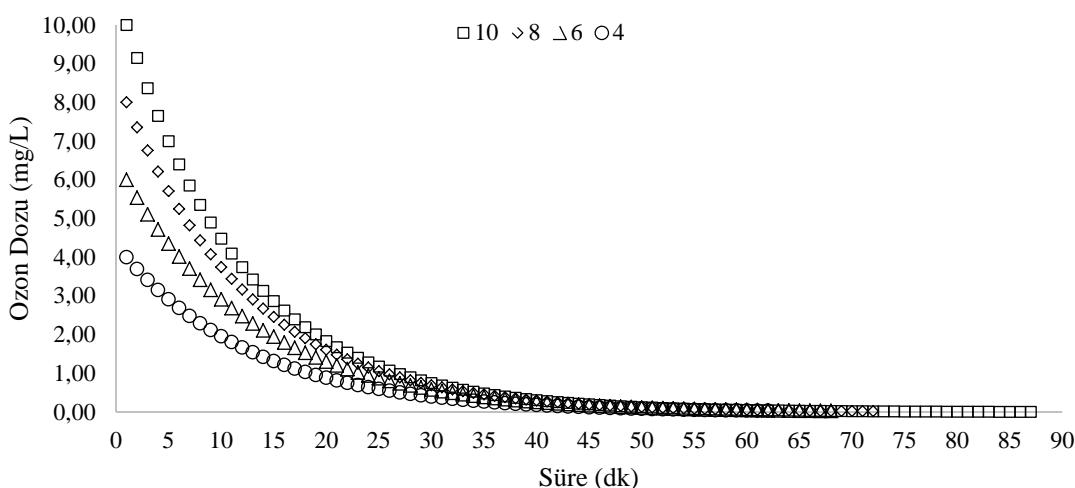
**Tablo 1.** Safsuda farklı katalizör dozları ile ozon dekompozisyon reaksiyon hız sabitleri ( $[O_3]=10 \text{ mg/L}$ ,  $\text{pH}=7$ ,  $650 \text{ rpm}$ )

Katalizör Dozu	0. Derece		1. Derece		2. Derece	
	Hız sabiti	Kore lasyon	Hız sabiti	Kore lasyon	Hız sabiti	Kore lasyon
0,025	0,1 617	0,85	0,0 893	0,91	0,1 726	0,52
0,050	0,1 863	0,82	0,1 085	0,96	0,3 550	0,58
0,075	0,2 040	0,86	0,1 148	0,97	0,2 368	0,46
0,100	0,2 397	0,83	0,1 266	0,95	0,2 808	0,30

Uygulanan katalizör dozları başına hız sabitindeki değişim ele alındığında optimum katalizör dozunun en düşük katalizör dozu olan  $0.025 \text{ g/L}$  olduğu tespit edilmiştir. Bundan sonra gerçekleştirilen tüm deney setlerinde optimum katalizör dozu kullanılmıştır.

### 3.2. Başlangıç Ozon Dozlarının Saf Su İçerisinde Ozon Dekompozisyonuna Etkisi

Çalışmanın bu basamağında başlangıç ozon dozlarının ozon dekompozisyon hızına etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmalarla ozon dozları  $4, 6, 8$  ve  $10 \text{ mg/L}$  olarak belirlenmiştir. Tablo 2'deki reaksiyon hız sabitleri elde edilmiştir. Hesaplanan hız sabitlerinden görüldüğü gibi ozonun parçalanma hızı ozon dozunun artmasına bağlı olarak artmıştır.



**Şekil 5.** Başlangıç Ozon Dozunun Saf Su İçerisinde Ozon Dekompozisyonuna Etkisi

Başlangıç ozon dozlarının saf su içerisinde ozonun bozundurulma reaksiyon kinetikleri incelendiğinde Tablo 2'deki birinci derece ( $1/dk$ ) reaksiyon hız sabitleri elde edilmiştir.

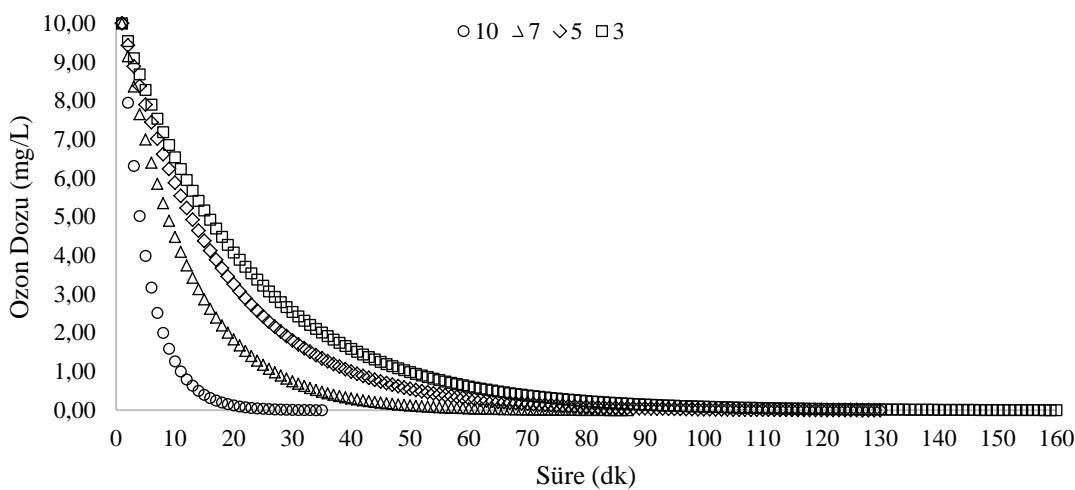
**Tablo 2.** Safsuda farklı ozon dozları ile ozon dekompozisyon reaksiyon hız sabitleri ( $[TCP]=0,025 \text{ g/L}$ ,  $\text{pH}=7$ ,  $650 \text{ rpm}$ )

Ozon Dozu	0. Derece		1. Derece		2. Derece	
	Hız sabitı	Kore lasyon	Hız sabitı	Kore lasyon	Hız sabitı	Kore lasyon
4	0,0 325	0,62	0,0 795	0,98	0,0 940	0,74
6	0,0 443	0,60	0,0 804	0,91	0,0 914	0,71
8	0,0 564	0,59	0,0 844	0,98	0,0 823	0,67
10	0,1 617	0,85	0,0 893	0,91	0,1 726	0,52

Başlangıç ozon dozunun arttırılmasıyla birlikte oluşan  $\text{OH}\bullet$  artmış ve bununla birlikte dekompozisyon hızında artış meydana gelmiştir. Ozonun dekompozisyon hızları incelendiğinde  $10 \text{ mg/L}$  başlangıç ozon dozunda en hızlı bozunmanın gerçekleştiği görülmektedir.

### 3.3. Başlangıç pH'larının Saf Su İçerisinde Ozon Dekompozisyonuna Etkisi

Başlangıç pH'ları ile saf suda ozonun bozundurulmasının incelendiği çalışmalarında pH değerinin ozonun dekompozisyonuna etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmalarda çözeltilerin başlangıç pH değerleri 3, 5, 10 olarak ayarlanmıştır.



**Şekil 6.** Başlangıç pH Değerlerinin Saf Su İçerisinde Ozon Dekompozisyonuna Etkisi

**Tablo 3.** Safsuda farklı başlangıç pH değerleri ile ozon dekompozisyon reaksiyon hız sabitleri ( $[TCP]=0,025 \text{ g/L}$ ,  $[\text{O}_3]=10 \text{ mg/L}$ ,  $650 \text{ rpm}$ )

pH Değeri	0. Derece		1. Derece		2. Derece	
	Hız	Kore	Hız	Kore	Hız	Kore

	sabiti	lasyon	sabiti	lasyon	sabiti	lasyon
3	0,1 592	0,81	0,0 472	0,89	0,2 502	0,19
5	0,1 651	0,86	0,0 590	0,87	0,3 253	0,22
7	0,1 617	0,85	0,0 893	0,91	0,1 726	0,52
10	0,2 708	0,86	0,2 297	0,92	3,6 650	0,33

Bazık ortamda hidroksil radikal oluşumu daha kolay olduğu için ozonun bozunma hızının arttığı, asidik ortamda ise ozon dekompozisyon hızının düşüğü belirlenmiştir.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Ozon oksidasyon verimini etkilemesi beklenen parametrelerden katalizör dozu, başlangıç ozon dozu ve başlangıç pH değerlerinin etkileri laboratuvar ölçekli tam karışımlı kesikli bir reaktörle yapılan deneylerle tespit edilmiştir. Reaksiyon hız sabitlerinin incelenmesi sonucu ayrışma hızının birinci derece reaksiyon kinetiğini izlediği görülmüştür. Katalizör dozu ve başlangıç ozon dozu artışıyla birlikte ozonun dekompozisyonun arttığı ve bazik ortamda ozonun daha hızlı dekompoze olduğu belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Kasprzyk-Hordern et al., 2004; Rosal et al., 2010
- [2] Augugliaro et al., 2006). Gracia et al. (1996)

## UÇUCU KÜLLERİN OLUŞUMU, ÇEVRESEL ETKİLERİ VE KULLANILABİLECEĞİ ALANLAR

Ozan Çay

Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray  
[ozancay2@hotmail.com](mailto:ozancay2@hotmail.com)

**ÖZET:** Günümüzde kömür en önemli enerji kaynaklarından biridir. Ülkemizde ve dünyada enerji ihtiyaçlarını karşılamak için büyük kapasiteli ve düşük kalorili, kül oluşumu fazla olan linyit kömürü yakılmaktadır.

Dünyada termik santrallerde kullanılan kömürün yanması sonucu her yıl büyük miktarda uçucu kül atık olarak doğal çevreye bırakılmaktadır. Atık olarak oluşan uçucu kül ve kazan altı külleri çevresel sorunlara yol açar. Bu nedenle uçucu külün çeşitli alanlarda kullanılması ve değerlendirilmesi gereklidir. Uçucu külün atık sularдан ağır metallerin uzaklaştırılması, çimento ve asfalt katkı maddesi gibi kullanım alanlarına sahip olduğu bilinmektedir.

Uçucu küllerin içermiş olduğu As, Cd, Ga, Ge, Pb, Sb, Se, Sn, Mo, Ti ve Zn gibi toksik elementler atıklar transfer olurlar. Birçok zehirli elementi içeren uçucu küller toplama havuzlarında yada yığınlar halinde depolanmaktadır. Kül havuzları veya yığınlardan hareket eden çözülebilir metal iyonları ve bileşiklerinden dolayı; toprak, yüzey ve yer altı suyunun potansiyel kirlenmesi büyük çevresel sorunlar yaratır.

**Anahtar Kelimeler:** Uçucu kül, termik santral, linyit kömürü, toksik elementler, kül havuzları

## FLY ASH FORMATION, ENVIRONMENTAL EFFECTS AND USAGE AREAS

**Abstract:** Coal stands as one of the prominent energy resources in our day. In our country and large-capacity and low-calorie energy to meet the needs of the world, the whole process in excess of lignite coal is burned.

As a result of the coal burning in the power plants in world every year a considerable amount of fly ash has been left to the environment as waste. Fly ash and the bottom ash left as waste causes different environmental problems. For this necessary to use in various fields of the fly ash and evaluation. It is known that fly ash can be used in various fields such as removing heavy metals from wasted waters, or as an additive for the cement or the asphalt.

Toxic elements contained in fly ash which was transferred to the wastes such as As, Cd, Ga, Ge, Pb, Sb, Se, Sn, Mo, Ti and Zn. Fly ash collection is stored in stacks or in the pool that contains many toxic elements. Due to movement of the stack which ash ponds or soluble metal ions and compounds; soil, potential contamination of surface and ground water creates major environmental problems.

**Keywords:** Fly ash, Power plants, Brown coal, Toxic elements, Ash pon

### GİRİŞ

Dünya Enerji Konseyi'nin araştırmalarına göre; dünya kanıtlanmış işletmeblebilir kömür rezervi toplam 861 milyar ton büyüğündedir. Söz konusu rezervin; 405 milyar tonu antrasit ve bitümlü kömür, 261 milyar tonu alt bitümlü kömür ve 195 milyar tonu ise linyit kategorisindedir (IEA, 2005).

Türkiye'de yaklaşık 1,3 milyar ton taşkömürü ve 11,2 milyar tonu görünürlük rezerv niteliğinde toplam 12,5 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır. 2010 yılı sonu itibarı ile Türkiye taşkömürü rezervi toplam 1 milyar 334 milyon ton'dur (KSR, 2009).

Günümüzde Türkiye ve dünya şartlarına bakıldığından büyük bir enerji ihtiyacı halen devam etmektedir. Bu ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak enerji ihtiyacını karşılamak için büyük çaplı santrallerin kurulumu

hızlanmıştır. Buna paralel olarak da bu santrallerde enerji üretimi için kullanılan maddelerin oluşturduğu atıklar da doğalmıştır. Termik santrallerin oluşturduğu bu atıklar yüksek oranda içerdikleri toksik elementlerden dolayı çevreye önemli olumsuz etkiler verebilmektedir. Bu atıkların düzenli bir şekilde depolanması ve bertarafı günümüz şartlarında daha da önemli hale gelmiştir. Bu atıklar çeşitli kullanım alanlarına da sahip oldukları için bertaraf dışında çeşitli malzemelerin yapımında katkı maddesi olarak kullanımına da ağırlık verilmelidir.

Elektrik enerjisi elde etmek için kullanılan başlıca kaynaklar petrol, hidrolik enerji, doğalgaz, jeotermal enerji, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, doğal uranyumdur. Bunlar arasında ise hidroelektrik, nükleer ve termik santraller öne çıkmaktadır. Termik santral en genel anlamıyla, ısı enerjisini elektrik enerjisine çevirmeye yaranan sisteme verilen addır. Termik santrallerde kömür kullanımı için gerekli olan tesisler, gaz ya da mazota oranla çok daha önemli ve büyütür. Burada özellikle kömürün demiryolu, akarsu ya da denizyoluyla santrale getirilmesi, boşaltılması, depolanması, santral alanı içinde dolaştırılması ve kazana verilmesi için gerekli tesisler yapılmalıdır. Kömür önce toz haline getirildikten sonra, önceden mazotla 500 °C'ye kadar ısıtılmış olan yanma odalarının brülörlerine kuvvetli bir hava akımıyla gönderilir. Bu odaların birkaç yüz m<sup>3</sup>'ü bulan bir hacmi ve birkaç bin metrekare büyüklüğünde bir ısıtma alanı vardır. Büyük bir termik santralin kömür tüketimi günde 5000 tonu aşar (ÇATES-1, 2008).

Termik santrallerde elektrik üretmek amacıyla, öğütülmüş kömür kullanılmakta ve yakma sisteme bağlı olarak değişik atık malzemeler elde edilmektedir. Modern termik santrallerde en önemli atık malzeme, yanmadan dolayı baca tarafından çekilen gazlarla birlikte yukarıya sürüklenen çok ince kül parçacıklarıdır. Santrallerde yakılan kömürden arta kalan milyonlarca kül, cüruf ve partiküller birkaç yüz metre yükseklikte ve binlerce hektar genişlikte başka bir arazi üzerine depo edilerek, tarım kültürlerini ve yerleşim alanlarını yoğun kül emisyonu altında bırakmaktadır (Özyurt, 2006).

Kömürre dayalı termik santrallerin çevreyi olumsuz yönde etkileyen asgari 13 faktör tespit edilmiş olup bunlar; baca gazları, kül stok sahasındaki küller, kül barajları, kül siloları, kül nakil bant hattı, hidrolik kül atma sistemi, santral sahası, dekapaj sahası, açık kömür işletme sahaları, kömür nakil yolları, kirli atık sular ve termal etkidir. Termik santrallerde meydana gelen hava kirliliklerini kontrol amacıyla üç temel uygulama önerilmektedir: Uygun yer seçimi, kaliteli yakıt kullanılması, yakma etkinliğinin artırılması ve bunu sağlayacak teknolojinin kullanılmasıdır (Güler, 2001).

## TANIM, SINIFLANDIRMA VE OLUSHUM

Uçucu küller; düşük ısı değerli ve endüstride yakıt olarak kullanılmayan kömürlerin, toz haline getirilerek termik santrallerde yapılması sonucu bacadan çıkan gazlarla birlikte yukarıya sürüklenen çok ince parçacıklar halindeki atıklardır.

Pulverize kömürü yanmasıyla büyük bir miktarı çok ince olan, bir miktarı da nispeten biraz daha iri boyutlara sahip kül tanecikleri ortaya çıkmaktadır. Çok ince tanelere sahip olan küller, yakıt gazlarıyla beraber “uçarık” bacadan dışarı çıkmak üzere hareket etmektedirler. Nispeten ağır olan iri kül tanecikleri taban külü olarak ocağın tabanına düşmektedirler.

Dünyada yılda 413.7 milyon ton üzeri uçucu kül üretimi olmaktadır. Ülkemizde bu rakam yılda 20 milyon ton civarındadır (Öztürk, 2012). Bütün dünyada bir yılda üretilen toplam uçucu külün ancak %25'den daha azı değerlendirilmektedir. Bununla birlikte Almanya, Hollanda ve Belçika'da üretilen uçucu külün %95'den fazlası, İngiltere'de ise yaklaşık %50'si kullanılmaktadır. Diğer taraftan büyük miktarlarda uçucu kül üretilen A.B.D. ve Çin'de sırası ile yaklaşık %32 ve %40 oranında uçucu kül kullanıldığı görülmektedir (Karaca, 2007).

Atık malzeme olarak ortaya çıkan küllerin yaklaşık %75 - %80'i, gazlarla birlikte bacadan çıkma eğilimi gösteren çok ince taneli küllerdir. Bu küllere “uçucu kül” denilmektedir. Modern termik santrallerde en önemli atık malzeme; toz kömürü yanmasıyla meydana gelen, baca gazlarıyla sürüklenen çok ince kül parçacıklarıdır. Termik santralin 1 kWh'lik enerji üretiminde yaklaşık 110 g kül atık madde olarak açığa çıkmaktadır. 1000 MW'lık bir santralden yılda yaklaşık 650.000 ton uçucu kül ve taban külü elde edilmektedir. Dolayısıyla bu

küllerin santrallerden uzaklaştırılması ve depolanması çevre kirliliğinin yanı sıra işletme, enerji üretim kaybı konularda parasal ve teknik sorunlar yaratmaktadır (Görhan, 2009). 4 tip yanma ürünü vardır (Doğan, 2007);

1. Konvansiyonel uçucu kül,
2. Scrubber (Yıkama külesi) şlamı,
3. Akişkan yataklı yakma sistemlerinin uçucu külü,
4. Cüruf (Spent-bed).

Uçucu küllerin sınıflandırılmasında, kimyasal bileşen yüzdesine göre esas olarak ASTM C618 ve TS EN 197-1 standartları baz alınmaktadır. ASTM C618 standartına göre uçucu küller F ve C sınıflarına ayrırlar. F sınıfına, bitümlü kömürden üretilen ve toplam  $\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$  yüzdesi % 70'den fazla olan uçucu küller girmektedir. Aynı zamanda bu küllerde CaO yüzdesi % 10'un altında olduğu için düşük kireçli olarak adlandırılırlar. F sınıfı uçucu küller, puzolanik özelliğe sahiptirler. C sınıfı uçucu küller ise, linyit veya yarı-bitümlü kömürden üretilen ve toplam  $\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$  miktarı % 50'den fazla olan küllerdir. C sınıfı uçucu küllerde CaO > % 10 olduğu için bu küller yüksek kireçli uçucu kül olarak da adlandırılırlar. C sınıfı uçucu küller, puzolanik özelliğin yanı sıra bağlayıcı özelliğe de sahiptirler (Görhan, 2009).

<b>Kimyasal İçerik</b>	<b>F Sınıfı Kül (CaO &lt; %10)</b>	<b>C Sınıfı Kül (CaO &gt; %10)</b>
$\text{SiO}_2$	43,6-64,4	23,1-50,5
$\text{Al}_2\text{O}_3$	19,6-30,1	13,3-21,3
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	3,8-23,9	3,7-22,5
CaO	0,7-6,7	11,5-29,0
MgO	0,9-1,7	1,5-7,5
$\text{Na}_2\text{O}$	0-2,8	0,4-1,9
<b>C (kızdırma kaybı)</b>	0,4-7,2	0,3-1,9

Genel olarak termik santralde yakılan kömürün özelliklerine ve yanma sisteme bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Uçucu kül, genellikle gri renktedir ve rengi, içindeki yanmamış karbon miktarı arttıkça daha koyu bir hal almaktadır. Uçucu kül, % 60-90 camsı bileşen ihtiwa eden çok ince taneciklerden meydana gelmektedir.

Uçucu külün tane şekli, yuvarlaktır ve çapları, 1-200  $\mu\text{m}$  arasında değişir. Taneciklerin yaklaşık % 75'inin çapı 45  $\mu\text{m}$ 'den, % 50'den çoğu ise 20  $\mu\text{m}$ 'den daha küçüktür. Uçucu külün yoğunluğu, 2,2-2,7 g/cm<sup>3</sup> dolayındadır.

1990 senesinde çıkarılan ‘The Clean Air Act’e göre atmosfere daha az NOx’lerin bırakılması için, daha düşük sıcaklıkta yakmayı gerçekleştiren, yakma teknikleri geliştirilmiştir. Bu gelişmenin büyük faydalaların yanı sıra, bazı olumsuzlukları da vardır. Örneğin, yakma işleminde karbonun yeterince yanmaması sonucu enerji ve kömür zayıflığı olmakta, ayrıca küllerin en çok kullanıldığı cimento sanayinde de yüksek karbon içerikli küller kullanılmadığından da ekonomik kayıp söz konusu olmaktadır. Ayrıca değerlendirilememip atılmak zorunda kalan küller çevreyi de olumsuz etkilemektedir. Böylece, özellikle yanmamış karbonun külden uzaklaştırılması için kuru/yaş olmak üzere çeşitli yöntemler geliştirilmiştir ve de geliştirilmektedir. Bunlardan en önlemlileri ise elektrostatik ayırma, havalı klasifikasyon, köpük flotasyonu ve yağ aglomerasyonudur (Ernazar, 2000).

## BERTARAF YÖNTEMLERİ VE OLUŞTURDUĞU PROBLEMLER

Kömürün yanmasıyla birlikte, içerisinde bulunan, kirliliğe sebep olma potansiyeline sahip As, Cd, Cr, Ga, Ge, Pb, Sb, Se, Sn, Mo, Ti ve Zn gibi toksik iz elementler atıklara (cüruf, kül ve gaza) transfer olur. Bu atıklardan özellikle uçucu küller, kıl yapısına sahip oldukları, yüksek ısiya dayandıkları ve yüksek “yüzey alanı/hacim” yüksek olmasına sahip oldukları için sıvı ve gaz ortamlarda, elementlerin yüzeylerinde tutabileceği

çok uygun ortamlar oluştururlar. Bütün bertaraf yöntemlerinde, küllerin su ile teması söz konusudur. Çeşitli kül liçi deneysel çalışmalarına göre, uçucu küllerde bulunan toksik eser elementler, külün suyla teması sonucu suya geçebilmektedir. Uçucu küller toprak örtüsü yüzey ve yer altı sularının kirlenmesinin yanı sıra, atmosfere karışan genellikle  $10\mu\text{m}$ 'den küçük kül parçacıklarının insanların solunum sistemlerine ulaşması sebebi ile sağlık açısından tehdit edici sonuçlar yaratmaktadır (Baba, 2000).

Birçok toksik element içerdikleri bilinen uçucu küller güvenli yöntemlerle bertaraf edilmektedir (Egemen ve Yurteri, 1994). Yanma artığı olan bu küller genellikle geniş hacimli havuzlar veya düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmektedir. Az olmakla birlikte, deniz deşarjı uygulamasına da rastlanmaktadır.

Döküm alanlarındaki atıkların yeryüzüne etkilemesi, toprak, akifer, doğal drenaj konturlarının bozulmasına ve bunun sonucu olarak toprak erozyonu, seller ve kara parçalarının çökmesi şeklinde gerçekleşirken, sulu ortamların etkilenmesi, yer altı ve yerüstü sularının kalitelerinin düşmesi şeklinde görülmektedir. Atmosferin etkilenmesi ise, hava kalitesinin partikül ve gaz yayılımları nedeniyle bozulması ve iklimin değişmesi şeklinde ortaya çıkar. Bu olay hava, kara ve su kirliliği canlıların ve bulundukları ortamların zarar görmesine olduğu kadar, çeşitli ekosistemlerin değişmesine ve yokmasına, yiyecek kaynakların zarar görmesine ve çevresel değişimlere neden olabilir.

Kömürle çalışan termik santrallerin deniz kenarında işletilmesi halinde, NaCl içerikli deniz sularının santralden verilen dumanla teması sonucu önemli miktarda HCl meydana gelebilir. Asit depolanmasının ormanların ve aquatik eko sistemlerin tahribine neden olduğu dair güçlü ayrıntılı bulgular mevcuttur.

## YATAĞAN TERMİK SANTRALİ

Muğla sınırları içerisinde yer alan Yatağan termik santrali Muğla-Yatağan linyit havzasındaki düşük kalorili kömürün değerlendirilmesi ve ulusal sistemin enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla 1975 yılında yatırım programına alınmıştır. I. Ünite 1982; II. Ünite 1983; III. Ünite 1984 tarihlerinde devreye girmiştir (Baba, 2006).

Yatağan Termik Santrali, sanayide başka amaçla kullanılamayan Muğla-Yatağan linyit havzasındaki düşük kalorili kömürün değerlendirilmesi ve Türkiye'nin enerji sistemi ihtiyacının karşılanması maksadıyla 1975 yılında yatırım programına alınmıştır. Santralin yer seçiminde aşağıda belirtilen ölçütler dikkate alınmıştır:

- Kömür yatakları ile kül ve cüruf atma sahasına yakınlığı,
- Santralin ihtiyacı olan suyun bulunabilirliği ve yakınlığı,
- Elektrik tüketim merkezlerine yakınlığı,
- Depreme mukavemet bakımından fay hattında bulunmayışı,
- Karayolu ulaşım kolaylığı,
- Rüzgar yönü,
- Kömür temini.

Yatağan Termik Santralinde yıllık 6.558.000 kömür yakılmaktadır. Bu kömürlerin nem içeriğinin % 32, kuru nem içeriğinin % 10,6, kül kapsamının % 39, buharlaşabilir madde miktarının % 33, C'nun % 33,8, sabit C'nun % 18, toplam S'un % 2,6, H'nin % 2,1, N'un % 0,8, O'nin % 22 olduğu; mineral madde kapsamının (kuru ağırlık olarak); % 2,3 illit, % 5 kaolinit/klorit, % 16,3 kuvars, % 11 kalsit, % 1,6 pirit, % 0,3 jips, % 36,6 toplam minerallerden oluştuğu belirlenmiştir (Koray, 2007). Yakılan kömürlerin oluşturduğu uçucu kül miktarı ise yıllık 1.320.570 tondur.

Yatağan termik santral atıklarının, yöreye zarar vermeden depolanabilmesi için kül, cüruf gibi atıklar santralın yaklaşık 2 km güney batısında yer alan sahada depolanmaktadır. Depolanan atıkların çevreye yayılmasını önlemek amacıyla kül atıklar su ile karıştırılmıştır. Böylece, su içinde çökelerek sert bir zemin oluşturan külün rüzgar ile uçuşması önlenmektedir. Atık depolama barajında 32.000.000 m<sup>3</sup> atık depolanmaktadır. Ancak, atıklar su ile karıştırıldığından sert bir zemin oluşturan bu alanda sular toplanmış ve günümüzde 15.000.000 m<sup>3</sup> bir atık su barajı niteliğine dönüşmüştür (Baba, 2006). Silolarda taban külü, uçucu

kül ve baca gazı arıtma sisteminden kaynaklanan jipsiyum karıştırılmaktadır. Kül ve cüruf karışımının silolardan alındıktan sonra konveyörle gönderildiği yer olan kül stok sahasından, rüzgarın etkisiyle uçuşan külün çevre yerleşim birimlerine ve tarım alanlarına yayılması en önemli çevre sorunlarından birini oluşturmaktadır, dolayısıyla bu durumun önlenmesi için çeşitli önlemler alınmaya çalışılmaktadır. Öncelikle külün çevreye yayılmasını önlemek amacıyla kül stok sahasının toprakla örtülmesi işi ihale edilmiş, ilk etapta 180 dönümlük alan 60 cm kalınlığında toprakla örtülmüştür. Bu alanda gerek erozyonun önlenmesi gerekse doğal görüntünün sağlanması amacıyla 1992 baharında düz olan kısımlara 60000 adet ağaç dikilmiştir ve eğitimli yüzeylere de korunga bitkisi ekilmiştir.

Stoklanan külün çevreye yayılmasını önlemeyi bir diğer yolu ise külü su ile karıştırarak atmaktadır. Su içinde çokerek sert bir zemin oluşturan külün rüzgar ile uçması zorlaşmaktadır. Bu amaca yönelik olarak projelendirilen ve ihale edilen kül barajının yapımı 1992 yaz mevsiminde tamamlanmıştır. Kül barajı için 450.000 m<sup>3</sup> gövde dolgusu yapılmış ve dolgunun Yatağan tarafına korunga otu ekilmiştir. Kül barajının başlangıçtaki hacmi 1.700.000 m<sup>3</sup>'tür ve beş kademe kül serildikten sonra 32.000.000 m<sup>3</sup> kül stoklanmış olması planlanmıştır (YEAS, 2008). 2003-2007 yılları arasında 655.000 ton uçucu kül çimento hammaddesi olarak satılmıştır.

## KULLANILABİLECEĞİ ALANLAR

Çevre kirliliğini önlemek ve aynı zamanda ucuz bir malzeme kaynağı olarak kullanmak amacıyla, uçucu küllerin çeşitli alanlarda değerlendirilmesine çalışılmaktadır.

Silindirle sıkıştırılmış betonlarda, beton blok ve boruların yapımında kullanım bulur. Çimento hammaddesi olarak kullanılabilir. Özel işlemlerle uçucu külden dayanıklı hafif agreba elde edilebilir. Diğer kullanım alanları arasında: beton ve asfalt yollarda, yol temel tabakalarında filler olarak, zemin stabilizasyonunda, kireç-kumtaşlı blokların, endüstriyel seramik ve refrakterlerin, boyaların üretiminde, katı atıkların stabilizasyonunda ve bitki yetiştirmesinde kullanımları sayılabilir.

Ayrıca uçucu küller arıtma çamurlarının stabilizasyonunda, toprak iyileştirilmesinde ve cam, seramik üretimi gibi alanlarda da kullanılabilenceği görülmüştür. Uçucu küller, kil ve feldispat ilavesi yapılarak, geleneksel ve sanatsal seramiklerin üretiminde kullanılmaktadır (Queralt vd., 1997). Ayrıca, uçucu kül son zamanlarda fiziksel ve kimyasal yapısı nedeniyle, üzerinde çok çalışılan ve geniş uygulama alanı bulan cam-seramiklerin üretiminde de kullanılmaktadır (Kim ve Kim, 2004; Peng vd., 2004; Leroy vd., 2001; Barbieri vd., 2001). Uçucu küllerin cam, cam-seramik ve seramik sanayiinde kullanımı önemli avantajları da beraberinde getirmektedir. Bunlar: tane boyutunun küçüklüğü nedeniyle öğretme masraflarının olmayışı; cam, cam-seramik ve seramik üretimine uygun oksitlerden oluşması; maliyetinin çok düşük olması ve rezervinin bol olması şeklinde sıralanabilir. Bu nedenlerden dolayı, cam, cam-seramik ve seramik üretiminde uçucu kül kullanımı, hem çevre kirliliğini önlemede hem de bu sektörde ucuz ve bol hamadden kaynağı sağlama yönünden değerlendirilmesi gereken bir konudur.

Poon ve Boost (1996) stabilize ve pastörize edici madde olarak sönmemiş kireç ve uçucu külün kullanıldığı modifiye edilmiş prosesin etkilerini araştırmışlardır. Suyu alınmış çamura eklenen kireç ve uçucu külün, çamurun katı madde içeriğini hızla artttığı görülmüştür. Çalışmada katı içeriğindeki bu artışın çamurun taşınması ve araziye uygulanması bakımından çamur özelliklerini geliştirdiği vurgulanmıştır. Ayrıca, uçucu kül ve kireç ile yapılan stabilizasyonun arıtma çamurundaki patojenik bakteri sayısını önemli derecede düşürdüğü belirlenmiştir. Chu ve Poon (1999) tarafından yapılan çalışmada ise uygulama oranı kontrol altında tutulduğu sürece kireç ve kül uygulamasıyla stabilize edilmiş uygun özellikler taşıyan çamurların bitki yetiştirmeye amacıyla toprağa verilebileceği vurgulanmıştır.

Ancak, uçucu külün fiziksel, kimyasal ve mineralojik karakteristikleri, kömürün kompozisyonu, yanma şartları, verimlilik, emisyon kontrol cihazlarının tipi gibi pek çok faktöre bağlıdır. Dolayısıyla uçucu külün kompozisyonu, toprak ve bitki üzerindeki etkileri, çamur stabilizasyon proseslerindeki davranışları ile ilgili bir genellemeye yapmak doğru olmayacağındır. Bu durum, ülkemiz uçucu küllerinin yeniden kullanım alternatiflerinin ortaya konması için lokal çalışmaların yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Uçucu küllerin kullanım alanları daha geniş kapsamda araştırmalarla bilinmelidir. Çünkü ilerleyen zamanlarda uçucu kül miktarları daha da artacak ve bu atıkların depolanması güçlükler yol açacaktır. Bu güçlüklerin ortadan kaldırılması ve ya en aza indirgenmesi için daha kaliteli kömürler kullanılmalıdır. Yanma sonucu ortaya çıkan bu küllerin depolanması sorunları nedeniyle katkı maddesi olarak kullanımı artırılmalıdır. Uçucu küllerin içerdikleri ağır metaller hem depolanma sahasındaki toprakların yapısını bozmakta hem de bacalarda tutulamayan küller havaya salınarak çok tehlikeli kirliliklere yol açmaktadır.

## **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Linyit kömürleri yakan santraller, gaz emisyonları haricinde katı atıklar, uçucu kül ve cüruf ile de çevresel etkilere sebep olurlar. Kül havuzları veya yığınlardan hareket eden çözülebilir metal iyonları ve bileşiklerinden dolayı; toprak, yüzey ve yer altı suyunun potansiyel kirlenmesi büyük çevresel sorunlar yaratır. Özellikle As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg ve Se gibi toksik metaller büyük tehlike yaratabilirler. Karasal ekosistemler üzerinde kül atımının en önemli olumsuz etkileri: Külden liç yoluyla toprağa ve yeraltı sularına geçen ağır metaller, bitkilerin kül üzerinde büyümeye ve oluşmasında azalmalar, bitki element bileşiminin değişmesi ve toksik elementlerin besin zincirine girmesindeki artışıdır.

Havayı, rüzgar ve hava akımları ile depolardan taşınan ince kül parçacıkları kirletir. Bu nedenle termik santraller nehir kıyılarına kurulmamalıdır, bu bölgelerde hava akımları kuvvetli ve sık olmaktadır. Rüzgar erozyonundan korunmak için, kül depolarının veya yığınlarının üzerini jeotekstil malzemeyle kaplamak veya kül üzerinde film oluşturacak şekilde emülsiyonlar uygulanmalıdır.

Ülkemizde uçucu küllerin geri kazanımı henüz yaygın değildir. Uçucu küllerin hem çevreye vereceği zararı azaltmak hem de ekonomik olarak kazanımı için bu iyileştirmelerin yapılp geri kazanımının sağlanması olumlu olacaktır. Böylelikle toksik etki içeren uçucu küllerin çevresel zararları en aza indirgenmiş olacaktır.

## **KAYNAKLAR**

- Aydın O., Eylül 2007. Termik Santral Atığı Küllerin Yapı Tuğlası Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Enkhtaivan N., Eylül 2013. Termik Santral Küllerinin İz Element İçeriklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Erol M.M., Küçükbayrak S., Ersoy-Meriçboyu A., 2007. İTÜdergisi/d Mühendislik Cilt:6, Sayı:5-6, 106-119. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul.
- Güler G., Güler E., İpekoğlu Ü., Mordoğan H., Haziran 2005. Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuari, IMCET2Q05. İzmir. Türkiye.
- Kocaer F.O., Başkaya H.S., 2004. Ekoloji Dergisi 13, 50, 6-9. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059. Görükle, Bursa.
- Özmen E., Nisan 2011. Termik Santrallerden Kaynaklanan Küllerin Termik Santrallerden Kaynaklanan Küllerin Yönetimi. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Daire Başkanlığı, Antalya.
- Özyurt Z., 2006. Termik Santral Atıklarındaki İz Elementlerin Çevresel Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.

## MAMASUN BARAJI SU KALİTESİNİN CBS İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yakup GÜLERYÜZ<sup>1</sup>, Özlem GÜLLÜ

<sup>1</sup> Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü  
yakupguleryuz@hotmail.com

**ÖZET:** Su kaynakları üzerinde artan insan faktörü kirlilik problemini ortaya çıkarmıştır. Bu durum su kaynaklarının kalitesinin belirlenmesine ve değerlendirilmesine yönelik çalışmaların yapılmasını gerekli kılmıştır.

Bu çalışmada Mamasun Barajı'nın su kalitesinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Nisan ve Mayıs aylarında olmak üzere 2 defa 10 farklı noktadan örnek alınarak analizleri yapılmıştır.

Çalışma alanının haritaları temin edilerek temel altyapı harita olarak yararlanılmıştır. Su kalitesinin değerlendirilmesi amacı ile Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden (CBS) faydalananlarak inceleme alanının su kalitesi haritaları hazırlanmıştır.

Oluşturulan haritalar değerlendirildiğinde baraj çevresinde yerleşim yerlerinin civarında antropojenik bir kirlilik söz konusudur. Bu kirliliğin önlenmesi amacı ile baraj gölü çevresinde yaşayan insanların bilinçlendirilmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Su kalitesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Mamasun Barajı

### EVALUATION OF WATER QUALITY OF MAMASUN DAM WITH GIS

**Abstract:** The growing human factor on water resources that revealed problem of pollution. This situation has made the determination of the quality of water resources and to make the necessary studies to assess.

This study aimed to evaluate the water quality of the Mamasun Dam. In study, samples taken from 10 different points that including two times in May and in April and analyses were made.

By providing maps of the study area it was used as a basic base map. The GIS with the aim of assessing water quality (GIS) benefiting review of the water quality maps were prepared.

When evaluating an anthropogenic generated maps around the dam around settlements it is possible pollution. It aims to prevent pollution should be made aware of the people living around the lake with a dam.

**Keywords:** water quality, geographic Information Systems (GIS)

### 1.GİRİŞ

Başa insan olmak üzere canlı yaşamı için vazgeçilmez olan su, evreni oluşturan dört ana unsurdan birisidir (Güler, 1997; Kali, 2008). Bu nedenle geçmişten günümüze kadar su kaynakları insanlar için cazibe kaynağı olmuştur. Ancak son yüzyılda su kaynakları üzerine artan insan baskısı kirlilik problemini de gündeme taşımıştır. İlgili durum su kaynaklarının kalitesinin belirlenmesine ve değerlendirilmesine yönelik çalışmaların yapılmasını gerekli kılmıştır. Gerçekte son yıllarda başta gelişmiş ülkeler olmak üzere dünyanın hemen hemen her yerinde suyun kalitesi ve korunmasına yönelik çalışmalar artmıştır. Bu durum su kalitesi ile ilgili üretilen kararların kullanılması; yönetim mekanizmasının hızlı, etkin, bilgiye dayalı karar üreten, objektif, verimli ve ekonomik çalışması için bilgi teknolojilerine olan ihtiyacı

ortaya çıkarmıştır. Zira günümüzde bilgisayar destekli veri analizi ve görselleştirme araçları, su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve yönetimi çalışmalarında önemli rol oynamaktadır. Böylece son yıllarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) eşliğinde gerçekleştirilen çalışmalar da önem kazanmıştır (Evrendirek, 2004).

Ötrophikasyon prosesi, lentic sulcul sistemlerin bozunumuya ilgili pek çok nedenden bir tanesidir ve aşırı nutrient girdisine karşı biyolojik bir tepkidir. Genellikle, yüzey suyunda doğal bir proses olarak görünse de, su havzalarından ve diğer insan kökenli kaynaklardan gelen dışsal girdiler bu önemli sorunun başlıca etkenleridir. Sığ göllerde bu durum, nutrientlerin hızlanan asimilasyonu ve organik maddenin artan ayrışması nedeniyle oldukça önemlidir. Büyük havzaya sahip sığ göller, genellikle geniş drenaj alanından gelen nutrient girdilerinin bir sonucu olarak açıkça ötrophikasyona doğru bir yönetim gösterirler (Tsagli, 2006).

Günümüzde, yüzey su kalitesinin bozulması ve göl ötrophikasyonunun kontrolü kritik bir problemdir. Bu proses, olağanüstü fitoplankton artışına, su berraklılığında hızla düşüşe, kademeli olarak makrofit topluluklarında azalmalara, su kalitesinin süratle bozulmasına ve sonuçta su fonksiyonunun kaybedilmesine neden olabilir. Bu nedenle, göl ötrophikasyon yönetimi, su kütlesi ve onu çevreleyen bölge arasındaki karışık etkileşimlerin analiz edilmesini gerektirir (Raicevic vd., 2011).

## **2. ÇALIŞMA ALANI VE ÇALIŞMANIN AMACI:**

Aksaray; Edirne, İstanbul, Ankara, Adana, İskenderun karayolu ile Samsun, Kayseri, Konya, Antalya karayolu üzerindedir. 33-35 derece doğu meridyenleri ile 38-39 derece kuzey paralelleri arasında yer alır. Doğu Nevşehir, Güneydoğu Niğde, Batısında Konya ve Kuzeyde Ankara ile Kuzeydoğu Kırşehir ile çevrilidir. Yüzölçümü 7626 km<sup>2</sup>'dir. Ortalama yıllık yağış miktarı 381,54 mm'dir. Çalışma alanı, Aksaray İli Mamasun Barajıdır. (Şekil 1). Mamasun Barajı Aksaray'ın 12 km doğusundaki Uluırmak Çayı üzerine kaya dolgu tipinde yapılmış olan baraj sulama amacıyla kullanılmaktadır. Baraj 5 yılda bitirilmiş ve 14.477.000 liraya mal olmuştur.

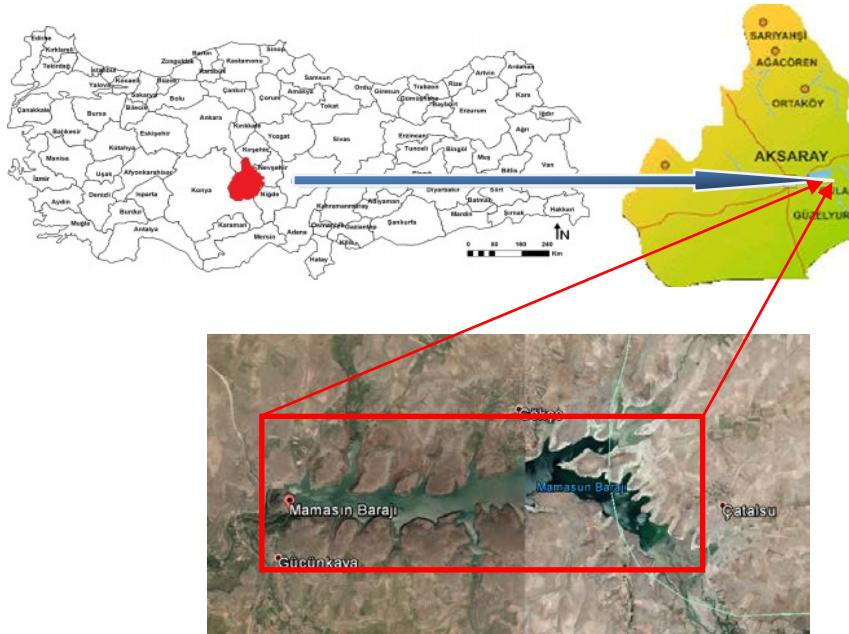
Barajın gövde hacmi 400.000 m<sup>3</sup>, yüksekliği 44,90 m, normal su kotunda göl hacmi 165.80 hm<sup>3</sup>, normal su kotunda gölalanı ise 16,20 km<sup>2</sup>'dir. Mamasun Barajı ile yaklaşık 24,854 ha'lık alan sulanmaktadır. Ayrıca Mamasun Barajı 1962 yılında hizmete açılan sulama projesinde Türkiye'de uygulamaya geçen ilk sulama alanıdır. Şehrin içme suyunun ortalama olarak % 45'i bu barajdan karşılanmaktadır (DSİ). Mamasun Barajı sulama yapmak amacıyla inşa edilmiş bir barajdır. Ancak Aksaray ilinin içme ve kullanma suyu kaynağı olarak bu baraj kullanılmaktadır. Mamasun Barajı Konya Kapalı Havzası içinde olup, kuzeybatı sınırlarında Tuz Gölü bulunmaktadır. Mamasun Barajı'nı besleyen en önemli kaynak Melendiz Dağları'ndan doğan Uluırmak'tır. Ayrıca Karasu Çayı ve bazı küçük yan dereler de barajı

besleyen kaynaklar arasındadır. Mamasun baraj sularının arıtma tesisinden şehrə iletilmektedir.

Mamasun Barajı, Aksaray il merkezine içme suyu temin edilen önemli su kaynaklarından biridir. Ancak barajı besleyen iki ana çaya üzerindeki yerleşimlerden evsel atıksu deşarjı yapılmakta, bölgedeki tarımsal faaliyet sonucu oluşan atıksular barajı besleyen kaynaklar üzerinde baskı oluşturmaktadır. Ayrıca bölgede hayvancılık yapılmakta olup hayvan atıkları su kaynaklarına karışmaktadır. Baraj gölü ve gölü besleyen akarsular tarım faaliyetleri, hayvancılık, evsel atıksu deşarjları ve jeotermal kirlenme gibi baskılar altındadır. Baraj Gölü ve barajı besleyen akarsular etrafında birçok yerleşim yeri bulunmaktadır bu yerleşimler atıksularını herhangi arıtmaya tabi tutmaksızın deşarj etmektedirler.

### **Çalışmanın amacı**

Bu çalışma bölgесine baktığımızda problemlerin çevre kirliliği ve su kalitesinin değişimidir. Problemlerden biri su kalitesindeki değişimidir. Su kalitesi, genel olarak, suyun fiziksel, kimyasal, biyolojik ve estetik özellikleriyle tanımlanır. Su kalitesini etkileyebilen ve izlenebilen bileşenler ve özellikler; bakteri, alg, sıcaklık, bulanıklık, askıda ve çözünmüş katılar, tuzluluk, pH, çözünmüş oksijen, fosfor ve azot gibi besi maddeleri ve de organik ve inorganik bileşiklerdir (Çizelge 1). Bu çalışmada su kalite parametreleri incelenerek su kalitesinin değerlendirilmesi ve dağılımının tespit edilmesi amaçlanmıştır.



**Şekil 1. Çalışma alanı**

Mamasun Barajı'na ait diğer problem ise çevre kirliliğidir (Şekil 2). Mamasun Barajı'ndaki suyun akış güzergâhında bulunan yerleşim yerleri, turistik tesisler ve tarım arazilerindeki uygulamalar neticesi kirliliğe maruz kalmaktadır. Mamasun Barajı etrafındaki arazilerde yoğun tarımsal faaliyetler yapılmaktadır. Bu faaliyetler neticesinde Mamasun Barajı'na direkt veya karasu deresi ve Melendiz Irmağı yolu ile kirlilik yapıcı atıklar taşınmaktadır. 50 yıla yaklaşan bir hizmet ömrü olması sebebi ile baraj tabanında yoğun kirleticilerin bulunduğu bir çamur tabakası oluşmuştur.

**Çizelge 1.** Su kalitesini etkileyen parametreler

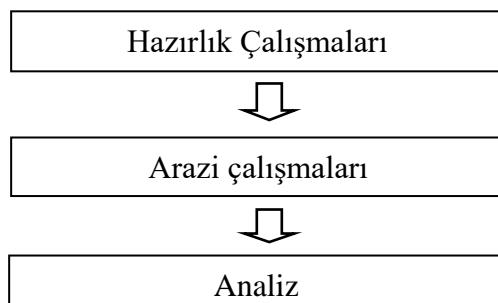
Doğal Faktörler	Noktasal Kaynaklı İnsan Faktörleri	Noktasal Olmayan Faktörler
- İklim	- Atık	- Tarım
- Havza	su Deşarjları	sal Akıntılar
Özellikleri	- Endüstriyel Deşarjlar	- Çiftlik
- Jeoloj	- Zehirli Atık Yerleri	Hayvanları
i	- Maden Drenajı	- Şehir Akıntıları
- Mikrobiyal Büyüme	- Yayılma ve Karışımalar	- Arazi Geliştirme
n		- Atık Depolama Sahaları
- Yangı		- Erozyon
- Tuzlu		- Atmosferik Birikim
Su Karışımları		
- Tabakalaşma		
Terma		



**Şekil 2.** Mamasun Barajından görünüm

### 3. MATERYAL – METOT

Bu çalışmada, Aksaray ilinde yer alan Mamasun Barajına ait su kalitesini değerlendirmek için fiziko-kimyasal analizler yapılacaktır. Çalışma, 3 ana çalışma aşamasından meydana gelmektedir (Şekil 3). Mamasun Barajının göl alanı  $16,20 \text{ km}^2$ dir. Gölün su kalitesi belirlemek için; Nisan ve Mayıs aylarında 10 noktadan örnek su alımı gerçekleştirilecektir. Toplanan veriler Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla konumsal analize tabi tutulacak ve her bir parametre; pH, TN(Toplam Azot), TOC(Toplam Organik Karbon), EC(Elektriksel iletkenlik), Sıcaklık, ÇO(Çözünmüş Oksijen) için tematik haritası oluşturulacaktır.



**Şekil 3.** İş akış şeması

**Hazırlık Aşaması:** Çalışma alanı için temel altlık harita temin edildi.

**Arazi çalışması:** 10 farklı noktadan Nisan ve Mayıs aylarında örnekler alındı.

**Analiz:** Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarında örneklerin analizi yapıldı. Yapılan analiz neticesinde ArcGIS ortamında veritabanı oluşturulmuştur (Şekil 4).

FID	Shape *	nokta	Ph	CO	Sic	EC	TOC	TN	m_Ph	m_CO	m_Si	m_EC	m_TOC	m_TN
0	Point	1	7.39	7.39	16.	470	2.238	1.745	9.49	11.04	16	376	3.24	0
1	Point	2	7.72	7.74	15.	505	2.274	1.55	9.43	10.26	18	401	2.124	0
2	Point	3	7.91	7.97	16.	498	2.285	1.547	9.44	12.68	16.5	393	2.437	0
3	Point	4	8.06	8.11	16.	529	2.176	1.302	9.48	12.84	17.5	416	2.293	0
4	Point	5	8.21	7.95	15.	516	2.575	1.336	9.48	10.16	17.3	424	3.163	0
5	Point	6	8.35	7.81	17.	527	2.428	1.235	9.49	10.8	16.8	419	2.353	0
6	Point	7	8.42	8.43	17.	528	2.986	1.262	9.36	12.17	17.8	448	2.475	0
7	Point	8	8.36	8.39	17.	537	2.468	1.274	9.31	11.63	18	456	3.883	0
8	Point	9	8.55	8.7	16.	530	2.587	1.172	9.34	11.13	18	457	2.185	0
9	Point	10	8.56	8.71	17.	532	2.674	1.287	9.3	11.49	18.5	454	3.477	0

**Şekil 4:** ArcGIS ortamında oluşturulan veritabanı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bilindiği gibi insanların suya olan gereksinimleri çok fazladır. Her şeyden önce, hayatlarını devam ettirmeleri için temel koşullardan birisidir. Bunun dışında sudan, ev işlerinde, endüstride, enerji elde etmede ve ısınmada, sulamalı tarımda ve hayvancılıkta, yapı işlerinde, ulaştırmada, tipten, turizm ve çeşitli diğer alanlarda farklı amaçlarla yararlanılmaktadır. Bunların daha sağlıklı ve faydalı olması için suların bazı fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin bilinmesi gereklidir (HoGören, 2012). Böylece yeraltı ve

yerüstü sularının kalitesi, etkili ve ekonomik olarak korunur, iyileştirilir ve en verimli bir şekilde kullanıma sunulur(Erkek ve Ağıraloğlu, 1993).

Mamasun barajının su kalitesinin değerlendirilmesi ve mekânsal dağılışının tespit edilmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada kullanılan su analizlerinde tüm örneklerin, pH, TN (Toplam Azot), TOC (Toplam Organik Karbon), EC (Elektriksel iletkenlik), Sıcaklık, ÇO (Çözünmüş Oksijen) değerleri ölçülmüştür (Çizelge 2).

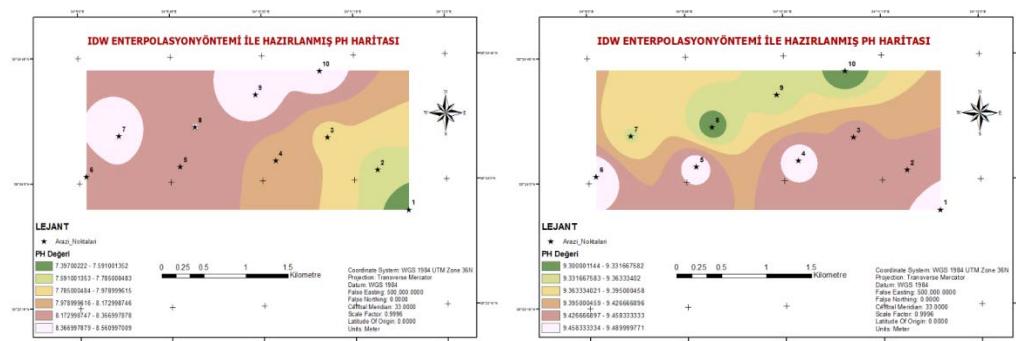
**Çizelge 2.** Nisan ve Mayıs aylarında alınan örneklerin analiz sonuçları

Nokta No	X	Y	Ph	ÇO(mg/L)	T(°C)	EC(µS/cm)	TOC(mg/L)	TN(mg/L)
1	4250519.455	604327.909	7.397	7.39	16.1	470	2.238	1.745
2	4250978.687	603972.504	7.724	7.74	15.3	505	2.274	1.55
3	4251330.164	603361.615	7.916	7.97	16.5	498	2.285	1.547
4	4251068.335	602756.955	8.06	8.11	16.2	529	2.176	1.302
5	4251018.516	601609.619	8.213	7.95	15.4	516	2.575	1.336
6	4251888.555	600487.808	8.35	7.81	17.2	527	2.428	1.235
7	4251348.866	600874.312	8.428	8.43	17.2	528	2.986	1.262
8	4251454.842	601784.661	8.368	8.39	17.1	537	2.468	1.274
9	4251810.176	602501.368	8.555	8.7	16.5	530	2.587	1.172
10	4252072.001	603268.141	8.561	8.71	17.2	532	2.674	1.287

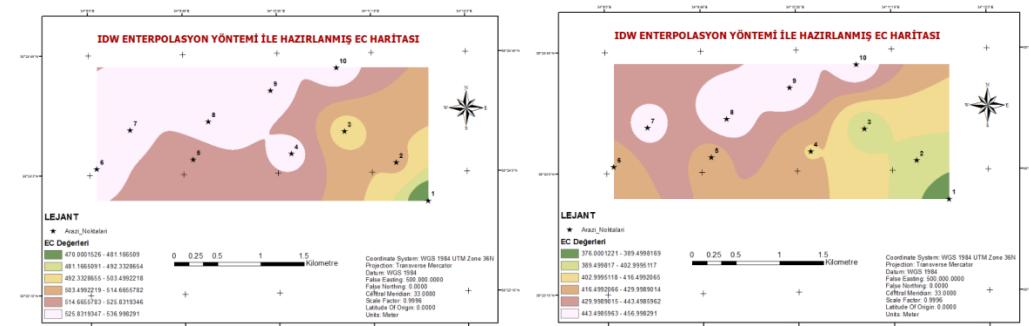
### Mayıs

Nokta No	X	Y	Ph	ÇO(mg/L)	T(°C)	EC(µS/cm)	TOC(mg/L)	TN(mg/L)
1	4250519.455	604327.909	9.49	11.04	16	376	3.24	0
2	4250978.687	603972.504	9.43	10.26	18	401	2.124	0
3	4251330.164	603361.615	9.44	12.68	16.5	393	2.437	0
4	4251068.335	602756.955	9.48	12.84	17.5	416	2.293	0
5	4251018.516	601609.619	9.48	10.16	17.3	424	3.163	0
6	4251888.555	600487.808	9.49	10.8	16.8	419	2.353	0
7	4251348.866	600874.312	9.36	12.17	17.8	448	2.475	0
8	4251454.842	601784.661	9.31	11.63	18	456	3.883	0
9	4251810.176	602501.368	9.34	11.13	18	457	2.185	0
10	4252072.001	603268.141	9.3	11.49	16.5	454	3.477	0

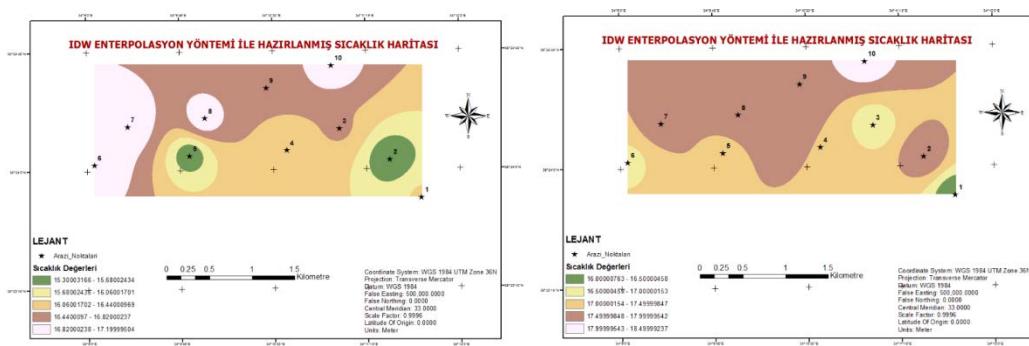
Yapılan analizler sonucunda elde edilen değerler Arc GIS programına aktarılmış ve her bir parametre için tematik haritalar çizilmiştir (Şekil 5-6-7-8-9-10). Çizilen haritalar sonucunda, yerleşim yerlerine yakın olan örnekleme noktalarında lokal olarak kirlilik gözlenmiştir.



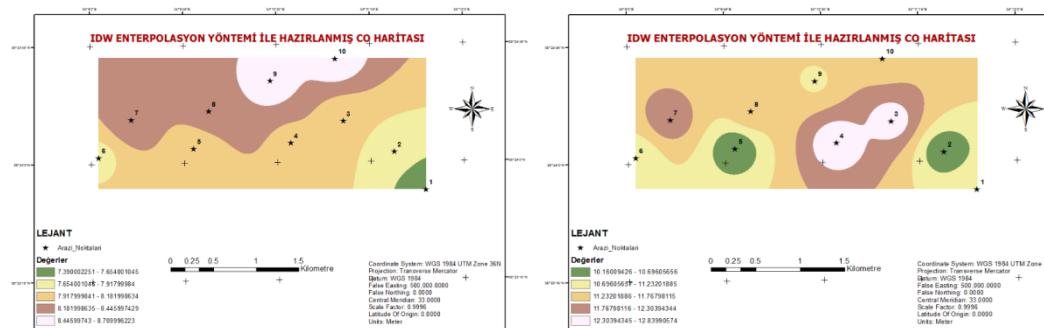
**Şekil 5:** Nisan ve Mayıs ayına ait Ph haritası



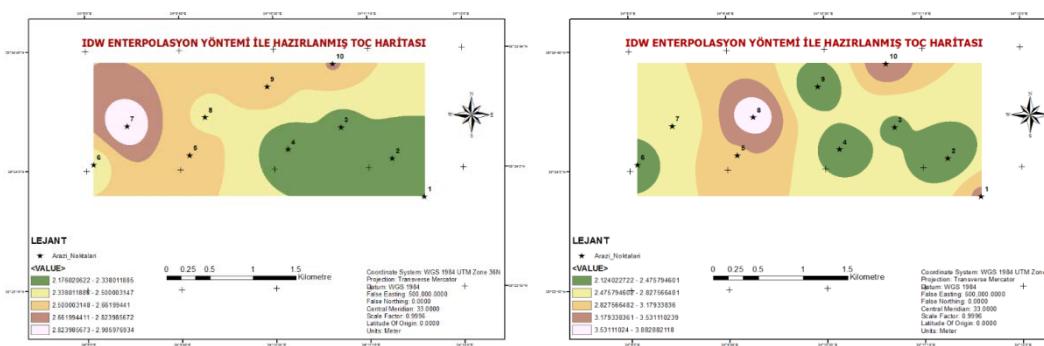
**Şekil 6:** Nisan ve Mayıs ayına ait EC haritası



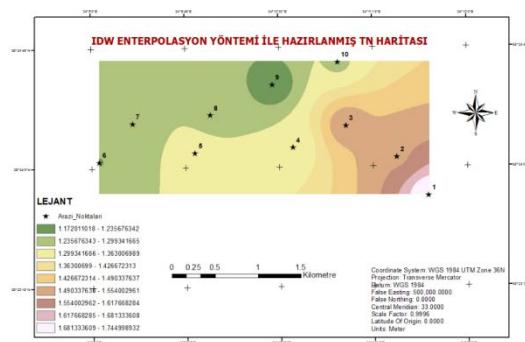
**Şekil 7:** Nisan ve Mayıs ayına ait Sıcaklık haritası



**Şekil 8:** Nisan ve Mayıs ayına ait CO haritası



**Şekil 9:** Nisan ve Mayıs ayına ait TOC haritası



**Şekil 10:** Nisan ayına ait TN haritası

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Su kalitesinin değerlendirilmesi amacı ile yapılan bu çalışmada tarım ve yerleşim alanlarına yakın olan bölgelerde kirliliğin daha yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Kirliliğin yüksek olduğu bu bölgelerde evsel atıkların ve tarımsal kaynaklı kirleticilerin suya karışmasını önlenmesi şarttır.

##### Alınacak tedbirler

- Evsel atıkların depolandığı çöp alanları bulunmalıdır.
- Farklı parametreler kullanılarak benzeri yeni çalışmalar yapılmalıdır.
- Çalışma alanı yakınında bulunan yerleşim yerlerindeki vatandaşların su kirliliği konusunda bilinçlendirilmesi
  - Çalışma alanı yakınında bulunan yerleşim yerlerindeki hayvancılık faaliyetlerinden dolayı oluşan hayvansal dışkılarının sağlıklı bir şekilde depolanması

#### KAYNAKLAR

- Burrough P.A., McDonnell R. A., (1998), Principles of Geographic Information Systems. Oxford University Press: New York.
- Demirkesen A.C., (2007), Günümüzde Uzaktan Algılama Uygulamalarına Genel Bir Bakış, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 2-6 Nisan 2007, Ankara.
- DSİ, web sitesi.
- Evrendirek, Fatih (2004), Ekolojik Sistemlerin Analizi, Yönetimi Ve Modellemesi, Papatya Yayıncılık, İstanbul
- Erkek, Cevat; Ağırarioğlu, Necati (1993), Su Kaynakları Mühendisliği, 2. Baskı, Beta Basım Yayımları Dağıtım A. Ş. İstanbul.
- Güler, Çağatay (1997), Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43, T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara
- Hosgören, Mehmet Yıldız (2012), Hidrografya'nın Ana Çizgileri I, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Turkish Studies - International Periodical For The Languages, Literature And History Of Turkish Or Turkic Volume 8/12 Fall 2013, P. 1067-1082, Ankara-Turkey

## ALANYA KATI ATIKLARINDAN BIYOGAZ ELDESİ VE ENERJİ ÜRETİMİ

Zafer BİBER<sup>1</sup>, Oğuzhan GÖK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

zafer\_biber@outlook.com

**ÖZET:** Yaşamsal faaliyetlerimizin doğal sonucu olarak ortaya çıkan kentsel katı atıkların bertaraf edilmesi sürdürülebilir kalkınma açısından son derece önem arz eden bir konudur. Dünyayı ve çevremizi daha yaşanabilir hale getirmek, insan sağlığına zarar vermemek ve en fazla ekonomik katkıyı sağlamak, kentsel katı atıkların bertaraf edilmesi konusunda göz önünde bulundurulması gereken önemli hususlardır. Günümüzde katı atıkların bertaraf edilirken enerji potansiyellerinin değerlendirilmesi için farklı teknolojiler geliştirilmektedir. Bu çalışmada Alanya ilçesi kentsel atıklarından biyogaz ve enerji potansiyeli araştırılmıştır. Alanya katı atık sahasında yapılan projeksiyonda 2020 yılı için 14.529.975 m<sup>3</sup>/yıl biyogaz ve 68.290.882 kWh elektrik enerjisi olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Alanya, katı atık, biyogaz, elektrik, enerji

## BIOGAS OBTAINED FROM ALANYA SOLID WASTE AND ENERGY PRODUCTION

**Abstract:** As a natural result of our vital activity, we create urban solid waste. The disposal of that waste in waste is an extremely important subject for the sustainable development. To make the world and the environmental a better place to live, not to harm human health and provide economic contribution are the important issues which we need to take into account. Today, we have been developing different Technologies while evaluate the energy potentials of the disposal of solid waste. In this study, Alanya's biogas and energy potential has been researched. For the year 2020. Alanya's biogas energy will be 14.529.975 m<sup>3</sup>/year and 68.290.882 kWh electrical energy.

**Key words:** Alanya, solid waste, biogas, electric, energy

### 1.GİRİŞ

Enerji, iş yapma yeteneğidir. Enerji, insanların temel ihtiyaçlarının karşılanması için vazgeçilemez bir kaynaktır. Enerji, sürekli değişim ve dönüşüm içerisinde farklı enerjilere dönüştürülmektedir. Kömür, petrol, linyit ve doğalgaz gibi yakıtların yakılmasıyla ısı enerjisi ortaya çıkmaktadır. Isı enerjisi yenilenebilir ve yenilemez olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan elde edilen enerji yenilenemez enerji, güneş ışığı, rüzgâr, akan su, biyolojik prosesler ve jeotermal yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Yenilenebilir enerji; sürekli devam eden doğal proseslerde var olan enerji akışından elde edilen bir enerji kaynağıdır. Bu özelliği dolayısıyla çevreye zarar vermeden enerji üretimine olanak sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyogaz, hava kirliliğini azaltmasının yanında toprak kirliliğini de önleyerek avantaj sağlamaktadır. Yanıcı bir gaz karışımı olan biyogaz, evsel ve endüstriyel katı atıklar, hayvan dışkıları, bitkisel atıklar gibi çeşitli organik atıkların oksijensiz ortamda fermantasyona uğratılması sonucu elde edilmektedir. Bunun yanında biyogaz, organik atıkların kontrollü koşullarda depolanmasının sağlanması, arıtma etkisinin bulunması, organik atıklardan kaynaklanan koku sorununu büyük ölçüde çözmeye ve tarımda organik toprak şartlandırıcı kullanımını kolaylaştırması gibi önemli özellikler taşımaktadır. Geçmiş yıllarda enerji talebinin artması refah yaşam

standartlarına ulaşma çabalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Fakat günümüzde enerji insan yaşamının bir parçası olmuştur. Enerji ihtiyacının artmasının ana nedenleri; nüfusun artması, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte ihtiyaçların artmasıdır. Enerji ihtiyacının artmasıyla ham madde ve enerji kaynakları azalmıştır. Bu artış güneş enerjisi, biyokütle enerjisi, rüzgâr enerjisi ve biyogaz gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına ve mevcut enerji kaynaklarının geliştirilmesine neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilginin artmasına neden fosil enerji kaynaklarının tükenme tehlikesi gibi gözüke de toplumun, çevre kirliliğine olan duyarlılığının artması da ana nedenlerdendir. Enerji kaynağı seçiminde süreklilik ve güvenilirlik çok önemlidir. Enerji ihtiyacını karşılamada dışa bağımlı enerji kaynaklarına ve tek kaynağı ağırlık verilmemesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyogaz önemli yer tutmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyogaz, hava kirliliğini azaltmasının yanında toprak kirliliğini de önleyerek avantaj sağlamaktadır. Yanıcı bir gaz karışımı olan biyogaz, evsel ve endüstriyel katı atıklar, hayvan dışkıları, bitkisel atıklar gibi çeşitli organik atıkların oksijensiz ortamda fermantasyona uğratılması sonucu elde edilmektedir. Bunun yanında biyogaz, organik atıkların kontrollü koşullarda depolanmasının sağlanması, arıtma etkisinin bulunması, organik atıklardan kaynaklanan koku sorununu büyük ölçüde çözmesi ve tarımda organik toprak şartlandırıcı kullanımını kolaylaştırması gibi önemli özellikler taşımaktadır (Arıkan ve Yüceer, 2008).

## 2. ÇALIŞMA ALANININ ÖZELLİKLERİ

Alanya, [Antalya](#) iline bağlı bir turizm ilçesidir. Şehir merkezine uzaklığı 132 kilometredir. Türkiye'nin güney sahillerinde bulunan Alanya, 1.598,51 km<sup>2</sup>'lik bir alana sahiptir ve nüfusu (2013 nüfus sayımına göre) 276.277'dir (TUİK, 2016). İklim: Alanya tipik bir [Akdeniz iklimine](#) sahiptir. Akdeniz havzası kışın çok fazla yağış getirir, yazları ise kışa oranla daha uzun, sıcak ve yağışsız geçer. Bu durum, turizmde "güneş gülümşüyor" sloganına ilham kaynağı olmuştur. Pek sık olmaya da kıyıya yakın bölgelerde sahanak yağış yıl içinde görülür. [Toros Dağları](#)'nın denize yakın olması sise neden olur ve çoğu sabah gökkuşağı oluşur. Sıcak günlerde sıkılıkla olmaya da dağların yüksek kesimlerine kar yağmaktadır. Alanya'da deniz suyunun yıllık ortalama sıcaklığı 21,4 °C (71 °F), Ağustos ayında ise 27,9 °C (82 °F)'dir (MGM, 2015).

] ☀️ Alanya iklimi 🌄																
Aylar	cak	ubat	art	isan	ayıs	aziran	E	emmuž	T	ğustos	A	ylül	kim	asım	ralık	il
Ortalama en yüksek sıcaklık, °C	6,8	7,3	0,5	3,0	4,5	0,6	3	8,4	3	9,0	3	7,7	3,8	8,5	0,0	7,51
Ortalama en düşük sıcaklık, °C	,9	,7	,8	0,9	2,5	2,8	2	3,5	2	4,0	2	9,5	5,8	2,9	,2	6,29
Ortalama yağış, mm	26	73	07	4	6		8	3		50	1	70	24		.105	

## **2.1. Katı Atık Tesisinin Tanıtımı**

**Atık türleri:** Üretim ve kullanım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan, insan sağlığı ve çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı biçimde alıcı ortama verilmesi sakıncalı olan her türlü maddeye atık denilmektedir.

**Evsel nitelikli atıklar:** Yasal olarak tehlikeli atık sayılmayıp, normal belediye hizmeti ile toplanıp taşınan, evsel çöp depolama sahalarında bertaraf edilebilen, ayırma yolu ile geri kazanılabilen, kompost yapılabilen veya yakılabilen evsel veya endüstri kökenli atıklardır. Mutfak çöpleri, ofis çöpleri vb. gibi atıklar, bu kapsama girmektedir.

**Özel atıklar:** Yasal olarak evsel katı atık sınıfı dışında kalan ancak evsel atıklara göre farklı yöntemlerle toplanması, taşınması, işlenmesi ve bertaraf edilmesi gereken atıklardır. Bu atıklar atık yağlar, tarama çamurları, jips ve yakma fırını külleri vb.dir

**Tıbbi atıklar:** Hastane, sağlık kuruluşları, veteriner klinikleri ve laboratuarlardan kaynaklanan patolojik ve patolojik olmayan, enfekte kimyasal ve farmosotik atıklar, kesici ve delici malzemeler ve sıkıştırma kaplarıdır.

**Tehlikeli atıklar:** Evsel ya da sanayi kökenli olabilen ve de yasal olarak tehlikeli atık sınıfına giren, toplanmaları, taşınmaları ve bertarafları için ilave insan sağlığı ve çevre koruma önlemleri alınan atıklardır. Tehlikeli atıklar; boyalı ve vernik kalıntıları, motor, makine ve türbin yağları, organik solventler, yağlı bez ve eldivenler, eski piller ve aküler, flüoresan lambalar, pestisitler, asbest içeren maddeler, filtre tozları, siyanür içeren sertleştirme tuzları, tehlikeli madde kalıntıları içeren, metal içeren boyalı ve fosfat çamuru gibi maddelerdir. **Tesislere kabul edilmeyen atıklar:** Geri dönüştürülmesi mümkün olmayan veya tehlikeli olduğu için hiçbir şekilde tesise kabul edilmeyen maddelerdir; patlayıcı maddeler, radyoaktif atıklar, mezbaha atıkları, dışkı ve kadavra'dır (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2016)

## **2.2. Alanya Kişi Başına Üretilen Ortalama Katı Atık Miktarı**

Alanya ilçesinin bir günde bir kişinin ürettiği çöp miktarı; 1,25 kg/kişi.gün olarak alınmıştır.Kentin gelişimi göz önünde bulundurularak yapılan çalışmalarda 2045 yılına kadar kişi başına üretilen çöp miktarında belirgin bir değişiklik olmayacağı düşünülmektedir. Alanya katı atık miktarı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo.1. Alanya 2014-2045 yılı katı atık miktarı (Ton/yıl)

Katı Atık Sınıfı	Kg/N.gün	2014	2020	2030	2040	2045
Evsel Çöp	0,7	4201 79	4314 40	4924 36	8357 32	953 886
Esnaf Çöp	0,4	2401 02	2465 37	2813 92	4775 61	545 078
<b>TOPLAM</b>		<b>6602 81</b>	<b>6779 77</b>	<b>7738 28</b>	<b>1313 293</b>	<b>149 8964</b>

Evsel ve esnaf çöp olarak ikiye ayrılır. 2014 yılında toplam 660281 ton/yıl atık oluşmuştur ve 2045 yılında toplam atık 1498964 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

## 2. BİYOGAZIN OLUŞUMU

Biyogaz üç evrede oluşur. Bunlar: Hidroliz, Asit Oluşturma ve Metan Oluşum safhasıdır. Birinci aşama atığın mikroorganizmaların salgıladıkları [enzimler](#) ile çözünür hale dönüştürülmesidir. Bu aşamada [polisakkartitler](#), [monosakkartitlere](#), [proteinlerpeptidlere](#) ve [aminoasitlere](#) dönüşür. Bundan sonraki aşamada asit oluşturan bakteriler devreye girerek bu maddeleri [asetik asit](#) gibi küçük yapılı maddelere dönüştürürler. Asit oluşumu üretim esnasında [pH](#)'nin düşmesine neden olabilir bu durum metan oluşumunu sağlayacak bakteriler üzerinde olumsuz etki yaratabilir. Son aşamada ise bu maddeleri metan oluşturan bakteriler biyogaza dönüştürürler. Göründüğü gibi biyogaz oluşumu mikrobiyolojik etmenler ile gerçekleşmekte ve doğal olarak bu mikrobiyolojik organizmaların etkileneceği her türlü koşul biyogaz üretimini de etkilemektedir.

Hidroliz aşaması: İlk aşamada [mikroorganizmaların](#) salgıladıkları [selular enzimler](#) ile çözünür halde bulunmayan maddeler çamur içerisinde çözünür hale dönüşürler. Uzun zincirli kompleks [karbonhidratları](#), [proteinleri yağları](#) ve [lipidleri](#) kısa zincirli yapılara dönüştürürler. Bu basit organiklere dönüşüm sonucunda birinci aşama olan hidroliz tamamlanmış olur.

Asit oluşturma aşaması: Çözünür hale dönüşmüş organik maddeleri [asetik asit](#), uçucu [yağ asitleri](#), [hidrojen](#) ve [karbondioksit](#) gibi küçük yapılı maddelere dönüşür. Bu aşama anaerobik bakteriler ile gerçekleştirilir. Bu bakteriler [metan](#) oluşturan bakterilere uygun ortam oluştururlar.

Metan oluşumu: Bakterilerin asetik asiti parçalayarak veya hidrojen ile karbondioksit sentezi sonucunda biyogaza dönüştürülmesi işlemidir. Metan üretimi diğer süreçlere göre daha yavaş bir süreçtir. Metan oluşumundaki etkili bakteriler çevre koşullarından oldukça fazla etkilenirler (Biyogaz, 2016).

### 3.1. Biyogaz Üretimini Etkileyen Faktörler

Sıcaklığın biyogaz üretimine etkileri: [Metanojenik bakteriler](#) çok yüksek ve çok düşük sıcaklık değerlerinde aktif olmamaktadır. Bu yüzden biyogaz üretiminin gerçekleşeceği reaktör sıcaklığı biyogazın üretimine veya hızına direkt olarak etki etmektedir. pH'nın biyogaz üretimine etkileri: Metan oluşturan bakteriler için en uygun [pH](#) değerleri nötr veya hafif alkali değerlerdir. Anaerobik şartlarda fermantasyon işlemi devam ederken 7-7.5 arasında değişir. pH değerinin 6.7 düzeylerine düşmesi durumunda bakteriler üzerinde toksit etki yapar. Asit oluşturan bakteriler ise sayısı artarak pH'nın düşmesine ve metan oluşumunun durmasına sebep olabilirler. Toksisite'nin biyogaz üretimine etkileri: [Mineral iyonları](#), [ağır metaller](#) ile [deterjan](#) gibi maddeler bakterilerin gelişimi üzerinde olumsuz etkiler oluştururlar. Bu maddelerin biyoreaktörlere sızması ile üretimin yavaşlaması veya durması söz

konusu olabilmektedir. C/N Oranı'nın biyogaz üretimine etkileri:[Anaerobik](#) bakteriler karbonu enerji elde edebilmek için kullanmaktadır. Azot ise bakterilerin büyümeye ve çoğalması için gerekli olan diğer maddededir. C/N oranı biyogaz elde edilecek olan atık için uygun değerlerde olmalıdır. Oran 23/1 düzeyinden fazla ve 10/1 oranından az olmamalıdır. Organik yükleme Hızı'nın biyogaz üretimine etkileri: Organik yükleme hızı, [birim hacim\(m<sup>3</sup>\)](#) bioreaktörlere günlük olarak beslenen [organik madde](#) miktarıdır.

## 4. HESAPLAMALAR

### 4.1 Nüfus verileri

Bu bölümde, “proje ömrü için 2045 yılı baz alınarak yerleşim yerine ait gelecek tahmini nüfus değerleri hesaplanacak, hesaplamalarda “İller Bankası Metodu” kullanılacaktır.

ÜFUS	N	960	1	965	1	970	1	975	1	980	1	985	1	990	1	997	1	000	2	010	2
AZ	Y	32,987	1	37,503	1	43,598	1	63,784	1	91,566	1	29,153	2	98,918	2	75,543	3	90,000	3	55,000	4
IS	K	32,987	1	37,503	1	41,631	1	47,197	1	55,193	1	60,672	1	51,543	1	79,341	1	83,000	1	25,000	2

**İller Bankası Formülü:**  $N_m = N_y \left(1 + \frac{p}{100}\right)^{m+n}$ ,  $p = \sqrt[a]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \times 100$

YI	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
LLAR	010	014	015	020	025	030	035	040	45			
ÜFUS	3	3	3	3	3	4	4	4	45			
	20000	41000	48000	71563	92021	01489	13945	26936	6826			

Tablo.5. İleriki Yillardaki Oluşacak Atık Miktarı

YIL	NÜFUS	kişi/kg*gün	ATIK MİKTARI (kg/gün)
2020	371563	1.25	464453
2030	401489	1.25	501861
2045	456826	1.25	571032

Kabuller: Toplama Yapılacak Konteynırların doluluk oranları %80 Olarak kabul edilmiştir. Çöp Toplama Her gün yapılmaktadır.\*Konteynırda bulunan çöpün birim hacim ağırlığı (BHA)=0,5Kg/L olarak alınacaktır.\*Bir kişinin 1 günde oluşturacağı atık miktarı 1.25 kg/gün dür.

Yıl	Çöp Hacmi(m <sup>3</sup> /Gün)	Konteynır Hacmi(m <sup>3</sup> )	Konteynır Sayısı
2020	928	0.616	1506
2045	1142	0.616	1853

#### Çöp Aracı Seçimi ve Sayısı:

Şehir içinden çöplerin toplanması için kullanılacak araçlar 7 m<sup>3</sup>'lük seçilmiştir. Araçların şehirden aktarma istasyonuna gitmeleri için gerekli süre 15 dakikadır. Gidiş dönüş 30 dakika sürmektedir. Ayrıca bir aracın çöp boşaltması 10 dakika sürmektedir. Aracın bir bidonu alması için gerekli süre 2 dakika ve her bidon arasında (trafik sıkışıklığı da göz önünde bulundurularak) kaybettiği süre 5 dakikadır. Araçlar sıkıştırmalı olup, çöpün BHA: 0,8 kg/l olmaktadır. Çöp konteynlardaki 880 L çöp (0,5 kg/l BHA ile) 440 kg gelmektedir. Bu çöp sıkıştırmalı araca alındığında: 440/0,8 = 550 L = 0,55 m<sup>3</sup> hacim kaplamaktadır. Araçlar 7 m<sup>3</sup> 'lük olduğu için araçlar her turda 7/0,55 = 12 konteynırın çöpünü alabileceklerdir. *Bu durumda aracın tur süresi:* Gidiş+dönüş+boşaltma+çöp alma+konteynlar arası geçen süre olacaktır. Tur süresi = 15+15+10+(28\*3)+(17\*5)= 237 dk=3,95saat=4saat 35dakika saattir ve günde 2 vardiya çalışılmaktadır. Bu durumda 1 araç her vardiyada 2 tur yapabilmektedir ve günde ise 4 tur yapabilmektedir. Araç: Günde 4 tur ve her turda 12 konteynirdan günde 4\*12=48 adet konteynir taşımaktadır. 1 günde toplanması gereken konteynır sayısı:800'tür.Bu durumda gerekli araç sayısı = 15050/ (2\*48) = 157'tür. 2045 yılında: 157 araç gereklidir.

#### 4.2. Biyogaz Miktarı Hesaplamaları

Anaerobik reaktörde oluşan biyogaz miktarı hesabı Tabasaran ve Rettenberg modeli ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$G_t = 1,868 * C_{org} * (0,014Q + 0,28) * (1 - 10^{-k*t}) * M_t$$

$G_t$ : t. Yılı kadar üreteilecek toplam depo gazı miktarını, m<sup>3</sup>

K: Depo gazı üretim hızı sabitini, yıl<sup>-1</sup>

T: Atık depolama hücresına atık kabulüne başlandığı yıldan itibaren geçen süreyi, yıl

$M_t$ : t. Yılıda tesise kabul edilen atık miktarını, t/yıl

$C_{org}$ : depolanan KKA'nın TOK değerini ( 170-200 kg/ton)

Q: depolama tesisi içindeki sıcaklığı 30-35 °C

*KABÜLLER; C<sub>org</sub>:200kg/ton , T=35 , K=0.05yıl*

*2020 Yılında oluşacak gaz miktarı:*

$$G1 = [1,868*200*(0,014*35+0,28)*(1-10^{(-0,05*1)})]*464453=14.529.975 \text{ m}^3$$

2045 Yılında oluşacak gaz miktarı:

$$G1 = [1,868*200*(0,014*35+0,28)*(1-10^{(-0,05*1)})]*571032=17.867.199 \text{ m}^3$$

1 m<sup>3</sup> Biyogazın Sağladığı Elektrik = 4,70 kWh elektrik enerjisine eşdeğer.

2020 yılı için elektrik enerjisi:

$$14529975 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 4.70 = 68290882 \text{ kWh}$$

2045 yılı için elektrik enerjisi:

$$17.867.199 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 4.70 = 83975835 \text{ kWh}$$

**Mesken ortalama yıllık elektrik tüketimi= 1528 kWh**

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, son yıllarda biokütleden enerji üretimi amacıyla yaygın olarak kullanılan anaerobik işlemler ile ilgili temel kavram ve bilgiler verilerek, öneriler getirilmiştir. Bu amaçla biokütle ve anaerobik işlem kavramları açıklanmış, anaerobik parçalanmanın oluşumu, biyogaz üretimi, biyogaz üretiminde kullanılabilen atıklar ile anaerobik işlemle elde edilen biyogazın kullanım alanları verilmiştir. Alanya ilçesinde oluşan katı atıktan enerji eldesi için nüfus, katı atık miktarı, toplama ve taşıma işlemleri gibi değişkenler ele alınmıştır. Bir dizi biyokimyasal reaksiyon sonucunda ortalama %55 CH<sub>4</sub> ve %45 CO<sub>2</sub> ve eser gazlarından müteşekkil bir gaz meydana gelir. Yapılan hesaplamalar sonucunda katı atıktan 2020 yılı için 14529975 m<sup>3</sup> biyogaz bulunmuştur. Bu gazlardan elde edilecek elektrik enerjisi 68290882 kWh olarak bulunmuştur. Elde edilen biyogaz ile 56473 hanenin elektrik ihtiyacı karşılanabilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Arikan. B. ve Yüceer. A. , 2008, Investigation of the Efficiency of Biogas Production from Organic Solid Wastes by Anaerobic Treatment. *Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, Cilt:19-3, 25-48
- Dizman, Ö., 2016, İzmit Entegre Çevre Projesi, *İZAYDAS Deponi Şefliği*, İzmit, Erişim tarihi 23.02.2016.
- Güneş, T., 2016, Enerji Piyasa Düzenleme Kurumu ([EPDK](#)). *Ulusal Elektrik Tarifesi* Raporu.  
Erişim Tarihi: 12.04.2016.
- <https://tr.wikipedia.org/wiki/Biyogaz> Erişim tarihi: Erişim tarihi: 02.03.2016.
- T.C. Alanya Belediyesi Faaliyet Raporu 2013. Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü, Erişim Tarihi: 04.01.2016.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2016, Katı Atık Yakma Tesisleri için Teknolojiler ve Yer Seçimi Yönetmeliği”, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, Erişim tarihi 15.03.2016.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2016, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, *Çevre Bakanlığı, 20814, Resmi Gazete*, Erişim tarihi 2016.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2016, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Alanya hava durum dökümü. Erişim tarihi 23.01.2016.

## GÜNEŞ PİLLERİNDEN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ

Enis ATİK<sup>1</sup>, Algan YILMAZ<sup>1</sup>, Zekiye PEHLİVAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi Çevre mühendisliği, Selçuklu/KONYA  
ensatik@gmail.com, alganyilmaz@gmail.com, zekkphlvn@hotmail.com

**ÖZET:** Dünyamızda ana gündem maddesi olan ve uzun yıllar daha gündemde kalacak olan enerji, dünya ve ülkemiz için çok nemli bir sorundur. Enerji bugün sahip olduğumuz medeniyetin temel esaslarından birini oluşturmaktadır. Son dönem enerji üretim ve tüketim yöntemleri ile yerine yeni konulamayacak enerji kaynaklarımız tüketilmekte bunun sonucunda da tabiat üzerinde geri dönüşsüz bir tahribata sebep olunmakta ve çevre kirliliği meydana getirilmektedir. Dolayısıyla enerji üretiminde hem yenilenebilir ve sınırsız hem de çevreyle uyumlu kaynakların araştırılması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Aralarında güneş enerjisinin de bulunduğu yenilenebilir enerji kaynakları bu fırsatları içlerinde barındırmakta ve geliştirilmeyi bekleyen yegâne enerji kaynaklarıdır. Güneş enerjisi, sahip olduğu potansiyel ve kullanım kolaylığı ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha kolay bir şekilde yaygınlAŞabilecek bir fırsat sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş pilleri, yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi, çevre kirliliği.

**Abstract:** The energy which is and will be the main agenda of our world for many years, is a very important issue for our country and world. Today the energy constitutes one of the keystones of civilization. Recently, methods of energy production and consumption, and instead of our new energy sources that can not be renewable are consumed so it is remained on the nature and cause an irreversible damage and environmental pollution. Thus, in the production of energy both renewable, unlimited and environmentally compatible resources need to be investigate and improved. Renewable energy sources, including solar energy, which also include the opportunities and are the only source of energy that waiting to be developed. Solar energy has the potential and ease of use that are having an opportunity to spread more easily compared to other renewable energy sources.

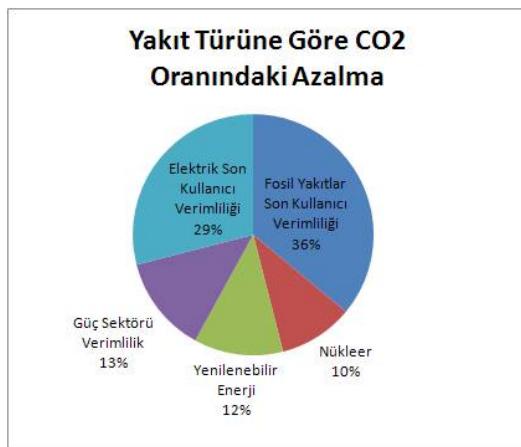
**Key Words:** Solar batteries, renewable energy sources, solar energy, environmental pollution

### 1. GİRİŞ

Yaşamın kaynağı olan Güneş, doğal sistem enerjisinin büyük bir bölümünü sağlar. Nükleer yakıtlar dışında, dünyada kullanılan tüm yakıtların ana kaynağıdır. Güneşte açığa çıkan bu enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Atmosferin dış yüzeyine ulaşan enerji 173.104 kW değerindeyken, yeryüzüne ulaşan değer 1.395 kW'a düşmektedir. Güneşin yaydığı ışının yeryüzüne ulaşabilen miktarı %70 kadardır. Pratik olarak yeryüzüne ulaşan güneş ışının değeri 1000 W/m<sup>2</sup> olarak kabul edilmektedir [1]. Yeryüzüne düşen güneş ışınları, doğrudan güneşten gelen ve havakürede saçıldıkten sonra difüzyona uğramış ışınların toplamıdır.

Dünya Enerji Forum'unun tahminlerine göre; fosil enerji kaynaklı petrol, kömür ve doğalgaz rezervlerinin günümüz şekliyle tüketilmesi halinde öümüzdeki yüzyıl içerisinde bu yakıtlar tükenmiş olacaktır [2]. Ek olarak; fosil enerji kaynaklı bu yakıtların tüketimi ile zehirli gazların salınımı ve tüketimi çevresel açıdan ciddi bir problem teşkil etmektedir [3]. Bu enerji kaynakları küresel ısınmaya neden oldukları gibi havanın kirlenmesine, asit yağmurlarının oluşmasına, ozon tabakasının delinmesine, ormanların tahribatına da sebep olmaktadır [4].

CO<sub>2</sub> (karbondioksit) salınımının ana nedeni insanların aktiviteleri sonucu oluşturmaktadır. İnsan kaynaklı bu salınım dünya ölçüğünde 2002 yılında 2,6 milyar ton olurken 2030 yılında, yılbaşına bu miktarın 4,2 milyar tona ulaşması beklenmektedir [5]. Bu etkilerin önlenmesi için enerji verimliliğinin geliştirilmesi, fosil enerji kaynaklı yakıt tüketiminin azaltılması ve çevre dostu enerji kaynaklarının tüketiminin yaygınlaştırılması gibi bazı potansiyel çözümlerin uygulanması zaruridir [4].



Şekil 1. Yakıt Türüne Göre CO<sub>2</sub> Oranındaki Azalma[14]

Güneş enerjisinden en iyi şekilde yararlanabilmek için, “Güneş Kuşağı” adı verilen, 45° kuzey-güney enlemleri arasında kalan bölgede yer almak gerekmektedir. Sıcak su elde etmek amacıyla kullanım, en yaygın olan kullanım biçimidir. Diğer bir uygulama türü ise güneş pilleri kullanarak yapılan fotovoltaik uygulamalarıdır. Bu piller, seri veya paralel bağlanarak, ürettikleri akım ve gerilim değerleri yükseltilebilir. Üretilen akımı depolayabilmek için bir akümülatöre gerek vardır. Güneş pilleri, uzay programları için geliştirilmeye başlanmış; ancak sonraki yıllarda, bilinen yollarla elektrik üretiminin zor olduğu ya da uzak olan deniz fenerleri, orman gözetleme kuleleri, çiftlik evleri, dağ evleri gibi yerlerde de kullanılmaya başlanmıştır. Güneş pilleri (fotovoltaik diyotlar) üzerine güneş ışığı düştüğünde, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren düzeneklerdir ve üzerine düşen güneş ışınımını direkt olarak elektrik enerjisine çeviren güneş pilleri doğru akım üretirler. Bu enerji çevriminde herhangi devingen (hareketli) parça bulunmaz. Güneş pillerinin çalışma ilkesi, Fotovoltaik (Photovoltaic) olayına dayanır. Gerçek anlamda güneş enerjisini %6 verimlilikle elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik diyotlar ilk kez 1954 yılında Chapin tarafından silikon kristali üzerine gerçekleştirılmıştır. Bu tarihten itibaren araştırmalar ve ilk tasarımlar, uzay araçlarında kullanılacak güç sistemleri için yapılmıştır. Güneş pillerinin yeryüzünde de elektriksel güç sistemi olarak kullanılabilmesine yönelik araştırma ve geliştirme çabaları gerçek anlamda 1973 yılındaki “1. petrol bunalımını izleyen yıllarda olmuştur.

Son yirmi yılda dünya genelinde çevre konusunda duyarlılığın artmasına bağlı olarak kamuoyundan gelen baskı, çok uluslu büyük şirketleri fosile dayalı olmayan yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları konusunda çalışmalar yapmaya zorlamışlardır. Büyük şirketlerin devreye girmesiyle fotovoltaik piller konusundaki teknolojik gelişmeler ve güç sistemlerine artan talep ve buna bağlı olarak büyütürken üretim kapasitesi, maliyetlerin hızla düşmesini de beraberinde getirmiştir. Yakın geçmişe kadar alışla gelmiş elektrik enerjisi üretim yöntemleri ile karşılaşıldığında çok pahalı olarak değerlendirilen fotovoltaik güç sistemleri, artık yakın gelecekte güç üretimine katkı sağlayabilecek sistemler olarak değerlendirilmektedir. Özellikle elektrik enerjisi üretiminde hesaba katılmayan ve görünmeyen maliyet olarak değerlendirilemeyecek “sosyal maliyet” göz önüne alındığında, fotovoltaik sistemler fosile dayalı sistemlerden daha ekonomik olarak değerlendirilebilir [4].

Bu çalışmada yaşamın kaynağı olan ve aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneşten ve güneşin elektrik enerjisi üretiminde kullanılmasındaki mevcut ve potansiyel durumundan bahsedilmesi amaçlanmıştır. Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürebilen güneş pilleri, bu pillerin yapıları, çeşitleri, güç verimlilikleri araştırılması yapılarak güneş pilinin çalışmasını etkileyen dış faktörlere dephinildikten sonra bulgular değerlendirilerek sonuçlar tespit edilip önerilerde bulunulmuştur. Böylece güneş enerjisi sistemlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

## 2.MATERYAL VE METOT

Güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Günümüzde en çok kullanılan yarı iletken maddeler kristal silisyum, amorf

silisyum, galyum arsenit, kadminyum tellürit, bakır indiyum diselinit'tir. Doğada en yaygın bulunan silisyum maddesi güneş pillerinin en çok kullanılanıdır. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları  $100 \text{ cm}^2$  civarında, kalınlıkları özellikle en yaygın olan silisyum güneş pillerinde  $0.2 - 0.4 \text{ mm}$  arasındadır. Deniz seviyesinde, parlak bulutsuz bir gündeki ışınım şiddeti maksimum  $1000 \text{ W/m}^2$  civarındadır. Yörenye bağlı olarak  $1\text{m}^2$ 'ye düşen güneş enerjisi miktarı yılda  $800-2600 \text{ KWh}$  arasında değişir. Bu enerji, güneş pilinin yapısına bağlı olarak %5 - %70 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir. Bu yapıya güneş pili modülü yada fotovoltaik modül adı verilir. Coğunluk yük taşıyıcıları elektronlardan oluşan N tipi ile coğunluk yük taşıyıcıları oyuklardan oluşan P tipi yarı iletken yan yana getirilir. İşık enerjisi bu birleşme noktasına düşürülürse dış devreden bir akım geçebilmektedir.

Üretilen piller, standart test koşullarında test edildikten sonra, tüketiciye sunulmaktadır. Ortam sıcaklığı  $25^\circ\text{C}$  ortalama ışınım şiddeti  $1000 \text{ W/m}^2$  ve Hava-Kütle oranı 1,5 olarak test koşulları belirlenmiştir. Hava-kütle oranı, güneş ışınımının geçirilme oranını gösteren atmosfer kalınlığıdır. Güneşin tam tepede olduğu durumda, bu oran, 1 olarak alınır. Atmosfer tarafından emilen ışınımın oranına bağlı olarak, pilin üreteceği elektrik miktarı da değişeceğinden, bu oran önemli bir parametredir.

Tipik bir silisyum güneş pili, 0,5 volt kadar elektrik üretebilir. Pilleri birbirine seri bağlayarak üretilen gerilim değerini artırmak olasıdır. Genellikle, 30-36 adet güneş pili, 15-17 voltluk bir çıkış gücü vermek için birlikte bağlanabilir, ki bu voltaj değeri de, 12 voltluk bir aküyü şarj etmek için yeterlidir.

Modüllerin fiziksel ve elektriksel olarak bir araya getirilmesi ile oluşan yapıya panel adı verilir. Bir modülden elde edilen gücü artırmak için başvurulan bir yapılandırma biçimidir. Bu şekilde, çıkış gücü, 12, 24, 48 V veya daha yüksek olabilir. Birden fazla panelin kullanıldığı bir sistemde, paneller, kontrol cihazına veya akü grubuna, birlikte bağlanabilecekleri gibi, her panel tek olarak da bağlanabilir. Bu durumda, bakım kolaylığı olacaktır.

Selenyum güneş pili . silisyum güneş pili, kristal silisyum güneş pili, monokristal silisyum güneş pili, semikristal( yarı kristal ) güneş pili, ribbon silisyum güneş pili, polikristal silisyum güneş pili, ince film güneş pilleri, amor silisyum güneş pilleri, bakır indiyum diselenoit güneş pilleri

### 3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

#### 3.1. Güneş Pili Güç Verimlikleri

Fotovoltaik güneş pillerinin sürekli gelişimlerine bağlı olarak verimliliklerinin özetlendiği çizgilerin geçerlilik süreleri oldukça kısa olmaktadır. Ancak, karşılaştırılmalı bir kaynak olması amacıyla Fraunhofer Enstitüsü tarafından yapılan en yüksek verimlilikleri gösteren özet aşağıdaki tabloda verilmiştir [8]

Tablo 1. Güneş Pillerinde rapor edilmiş en yüksek verimlilikler [8]

Fotovoltaik Pilin Cinsi	Alan ( $\text{cm}^2$ )	Verimlilik (%)	Üretilen Birim
Tek Kristalli Silisyum	4	24	UNSW, Sydney Avustralya
Çok kristalli Silisyum	21,2	17,4	ISE, Freiburg, Almanya
Amorf Silisyum	1	14,7	United Solar
Cu/In, Ga)Se2	0,4	17,7	NREL, USA
CdTe/CdS		15,8	USA
GaAS Tek kristal	1	23,9	K.Univ, Nijmegen Hollanda

Silisyum, doğada en çok bulunan element olması nedeni ile rezerv konusunda geleceğe yönelik bir sorun yoktur. Diğer seçenek malzemeleri oluşturan elementlerin rezerv durumları dünyadaki yıllık üretim ve 500MW güç üretimi için gerekli miktar Tablo'da özetlenmiştir.

Tablo 2. Güneş pili yapımında kullanılan maddelerin dünya rezervleri ve üretimi[13]

ELEMENT	DÜNYA REZERVLERİ	DÜNYA YILLIK ÜRETİMİ	500 MW İÇİN GEREKEN MİKTAR TON
<b>CD</b>	<b>970000</b>	<b>20000</b>	<b>25</b>
<b>Te</b>	<b>39000</b>	<b>404</b>	<b>28</b>
<b>Ln</b>	<b>5700</b>	<b>80</b>	<b>25</b>
<b>Se</b>	<b>130000</b>	<b>2000</b>	<b>60</b>
<b>Ga</b>	<b>1000000</b>	<b>35</b>	<b>5</b>

Güneş pilleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bunun dışında dizel jeneratörler ya da başka güç sistemleri ile birlikte karma olarak kullanılmalrı da mümkündür.

Güneş pili kullanım alanları; Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri, petrol boru hatlarının katodik koruması, metal yapıların (köprüler, kuleler vb) korozyondan koruması, elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları, bina içi yada dışı aydınlatma, dağ evleri yada yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde TV, radyo, buz dolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması, tarımsal sulama yada ev kullanımı amacıyla su pompası, orman gözetleme kuleleri, deniz fenerleri, ilkyardım, alarm ve güvenlik sistemleri, deprem ve hava gözlem istasyonları.

Güneş pili pazarı yıllık %30 civarında bir hızla büyümeye göstermektedir. 1997 yılında tahmini üretim 100 MW iken 1999 yılında 133 MW'a ulaşmıştır. Üretimin yaklaşık %90'lık kısmı sırasıyla ve yaklaşık eşit paylarla ABD, Japonya ve Avrupa ülkeleri tarafından yapılmakta, geri kalan %10 Hindistan, Cezayir, Brezilya gibi üçüncü ülkelerde gerçekleştirilmektedir. Güneş pillerinin dünyada kurulu gücü 1990-1995 yılları arasında her yıl yaklaşık %25 artmıştır. Bugün için dünyadaki kurulu gücün 800 MW'ın üzerinde olduğu bilinmektedir. Bu kapasite ile yılda 500 GWh elektrik enerjisi üretilmektedir [9].

#### Türkiye'deki güneş pili uygulamaları

Ülkemizde; Orman Bakanlığı orman gözetleme kuleleri (175kW), Türk Telekom aktarma istasyonu (135kW), Karayolları imdat telefonları, EİE demontrasyon uygulamaları ve çeşitli araştırma kurumlarında olmak üzere 350kW civarında güneş pili kurulu gücü olduğu bilinmektedir.

### 3.2. GÜNEŞ PİLİNİN ÇALIŞMASINI ETKİLEYEN DIŞ FAKTORLER

#### Sıcaklığın Etkisi

Güneş pillerinin kısa devre akımı sıcaklığın düzgün bir şekilde artmasıyla yükselme eğilimi gösterir. Yarıiletken enerji bant aralıkları genellikle sıcaklıkla azaldığından açık devre voltajı ve dolum faktörü azalır. Enerji bant aralığı oda sıcaklığında lineer olarak değişme gösterirken düşük sıcaklıklarda ise doğrusal olmayan bir değişme gösterir.

#### Yüzey Parametresinin Etkisi

Işığın yansımاسını azaltmada kullanılan yaklaşımlardan biri de özel yapılı yüzeylerdir. Silisyum tabakaların yüzeylerinde küçük piramitler seçici dağlama yöntemi kullanılarak elde edilirler. Bu piramitlerin yüzeylerinden yansyan ışık, diğer piramitlerden de yansıyarak pilin içine girer. Güneş pillerinde anti yansıtıcı kaplama kullanılmasıyla yansıma kayipları azaltılmış olur. Işığın yüzeye düşüğü her noktadaki toplam yansıma, silisyuma dik gelen ışıkta olduğu gibidir. Yüzeydeki toplam yansıma %0.33 ile %11 seviyeleri arasındadır. Yüzeyleri piramitleştirme tekniği kullanılarak yansımayı önleyici kaplama olmaksızın yüksek performanslar elde edilebilir.

**Spektral Etki:** Monokromatik ışık, yarıiletken içinde elektron-oyuk çiftinin oluşmasına neden olur. Elektron –oyuk oluşumunun uzaysal dağılımı;  $G=(1-R)\alpha\theta-\alpha x$  ile ifade edilir. Burada  $\theta$ ; gelen ışığın foton açısını,  $R$ ; yansıma katsayısını,  $\alpha$  ise soğurma katsayısını gösterir. Kısa dalga boyları için  $\alpha$

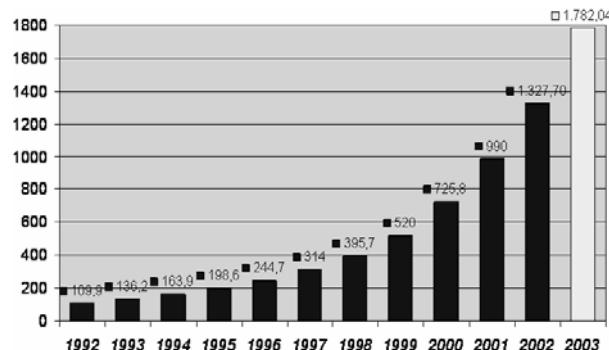
büyük bir değerdedir ve ışık yarıiletken malzeme içinde çabucak soğurulur. Hücrelerde fotonların bütün enerjileri kullanılmaz. Görünür dalga boylarında verim en yüksektir, kızılıötesi bölgelerde ise en düşüktür.

**Foto Açısal Etki:** Yarıiletken malzemeden yapılmış olan güneş piline gelen fotonlar, yüzeye çarpınca ışığın bir kısmı yüzey tarafından yansıtılırken, geriye kalan diğer kısmı yarıiletken tarafından soğrular.

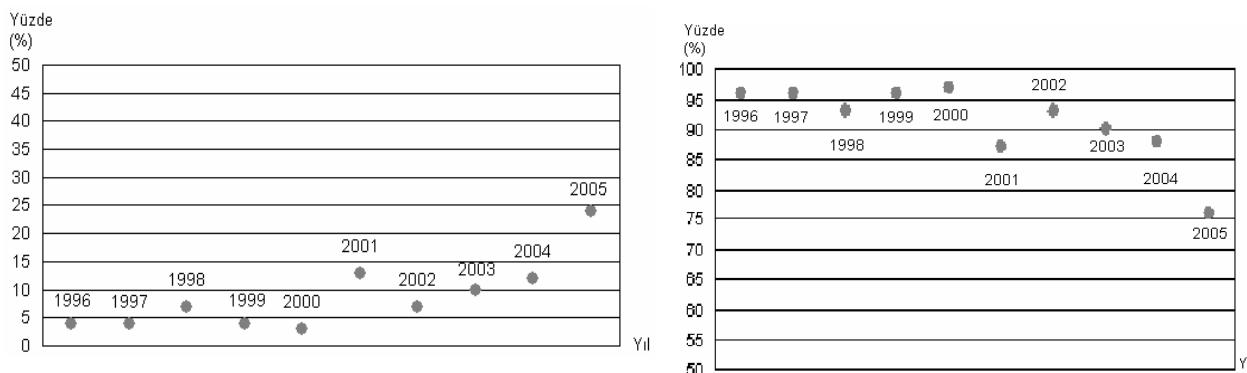
## 5.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Dünyada üretilen toplam elektrik enerjisinin, çeşitli ülkelerde kişi başına tüketimini ortaya koyan sıralamada, kişi başına 18.117 kWh enerji tüketen Kanada ilk sırada gelmektedir. Bu sıralamada, Türkiye'de kişi başına tüketilen elektrik enerjisinin, dünya ortalamasının yarısına, komşumuz Yunanistan'ın tüketiminin ise üçte birine eşit olduğu görülmektedir. Elektrik enerjisi talebiyle ilgili yapılan çalışmalarda, 2010 yılında, Türkiye'nin karşılaşabilmesi için 60 GW kurulu güç kapasitesine gerek olacağı, TMMOB Fizik Mühendisleri Odası tarafından 1996 yılında yayınlanan Nükleer Enerji Raporu'nda belirtilmektedir. Ülkenin enerji gereksiniminin karşılaşmasıyla ilgili politikalar belirlenirken; dışa en az bağımlı, temiz ve yenilenebilir kaynaklardan yararlanmasına öncelik verilmesi, kurulacak tesislerin çevre etkilerinin mutlaka dikkate alınması, bunların insan sağlığına ve çevreye verecekleri zararlar ve bu zararların giderilmesi maliyetlerinin değerlendirilmesi gereklidir. Elektrik enerjisi, pek çok Avrupa ülkesinde nükleer enerjiyle karşılaşmakta olduğundan (Fransa'da %70'ten; Belçika, İspanya, Finlandiya ve İsviçre %30'dan; İngiltere ve Almanya'da ise %17'den fazlası bu yolla üretilmektedir) bu enerjiden kademeli olarak vazgeçilmesi planlanmaktadır. AB ülkelerinde, nükleer enerji konusunda yeni yatırım yapılması istenmediği gibi, güvenlik önlemlerinin en üst düzeyde olması ve deprem bölgesinde santral yapılmaması için baskı uygulanmaktadır. 1-11 Aralık 1997 tarihlerinde, Japonya/Kyoto'da yapılan ve 150 ülkeden gelen delegelerin katıldığı "Küresel Isınma" başlıklı toplantıda, imzalanan ortak bildirgeye göre, gelişmiş ülkeler, 2008-2012 yılları arasında, atmosfere salacakları sera gazı düzeylerini, 1990 yılı değerlerinin %5 altına indirmiş olacaklardır. Türkiye, söz konusu toplantıya bakan düzeyinde katılan ülkelerden olup, gelişmiş ülkeler sınıfına sokulduğundan, belirtilen tarihlere kadar, sera gazı atımını azaltmış olması gerekmektedir. Gerek enerji sıkıntısı, gerekse çevre kaygısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına bir an önce gereken önem verilerek geç kalınmadan, devlet ve özel sektör bazında yatırlımlara girilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde, yenilenebilir kaynaklar açısından iyi bir potansiyel bulunmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de çevre bilincinin kazanılmaya başlanması ve yaşanmakta olan enerji darboğazı nedeniyle, alternatif enerji kaynakları daha bilinçli kullanılmıştır; ancak, pek çok konuda olduğu gibi, alternatif enerji kaynakları konusunda da, gerekli düzenlemelerin yapılmasında gecikmiştir.



Şekil2. 1992-2003 yılları arası toplam fotovoltaik güç üretimindeki değişim(MW) [10]



Şekil3. 1996-2005 yılları arasındaki dünya genelinde silikon kristal güneş pillerindeki ve 1996-2005 yılları arasındaki dünya genelinde ince film güneş pillerindeki değişim [11]

AB genel enerji tüketimi içindeki ortalama yenilenebilir enerji oranını 2010 yılında %12 değerine çıkarmayı hedeflemektedir. Yenilenebilir enerjilerden elektrik üretiminin payı % 14 olup bu oranın %22'ye yükseltilmesi AB öncelikleri arasındadır. Bu konuda en düşük orana sahip ülke Belçika (%1.1) en yüksek orana sahip ülke ise %22 ile Avusturya'dır. Yenilenebilir elektrik üretiminde önemli artış sağlayacak çatının oluşturulması amaçlanmaktadır. Direktif rüzgar, hidrolik güneş, jeotermal, dalga, biyokütle ve biogaz enerjileri gibi fosil olamayan yenilenebilir enerji türlerini göz önüne almaktadır.

Güneş enerjisinin dünyaya ve bize kazandırabilecekleri göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynakları içinde bize en çok yarar sağlayabilecek ve en ekonomik enerji çeşitlerinden biri olduğunu görüyoruz. Yapılan çalışmalar sonucunda şuanda kullandığımız önemli enerji kaynaklarının yakın zamanda tükeneceği belirtilmektedir. Tükenmesi durumunda yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneşe ciddi anlamlı muhtaç olma durumu yaşamamız olası. Bu durumdan dolayı güneş enerjisinden en iyi şekilde yararlanabilmek için güneş enerjisi sistemleri teknolojilerinin en iyi şekilde geliştirmesi yapılmalı ve yatırımlar sağlanmalıdır. Gelişmiş ülkeler bu konuda çalışmalar yapmakta, yatırımlara yönelmekte ve teşvik konusunda bu sistemi geliştirmek isteyenlere de kolaylık sağlamaya hazır durumdadır. Bu makalede de güneş enerjisinden, güneş pillerinden bahsedilmiş olup bu enerjinin ne kadar önemli bir konumda olduğu vurgulanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] <http://www.youthforhab.org.tr/tr/yayinlar/enerji/gunespilleri/giris.html>
- [2] Kumar, A., Kumar, K., Kaushik, N., Sharma, S., Mishra, S.: "Renewable energy in India: Current status and future potentials", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, (8), October 2010, pp. 2434-2442.
- [3] Čeřovský, Z., Mindl, P.: "Hybrid Electric Cars, Combustion Engine driven cars and their Impact on Environment", SPEEDAM 2008 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, pp. 739 – 743.
- [4] Wai, R., J., Wang, W., H., Lin, C., Y.: "HighPerformance Stand-Alone Photovoltaic Generation System", IEEE Transactions On Industrial Electronics, 55, (1), January 2008.
- [5] Müller-Steinhagen, H., Malayeri, M., R., Watkinson, A., P.: "Heat Exchanger Fouling: Environmental Impacts", Heat Transfer Engineering, 30, (10–11), 2009, pp. 773–776.
- [6] <http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/pvilke.html>
- [7] [http://www.ezincmetal.com/tr/urunler\\_gunes\\_pilleri.php](http://www.ezincmetal.com/tr/urunler_gunes_pilleri.php)
- [8] [www.youthforhab.org.trtryayinlarenerjigunespillerigunes%20pili%20verimlilikleri.html](http://www.youthforhab.org.trtryayinlarenerjigunespillerigunes%20pili%20verimlilikleri.html)
- [9] <http://www.eurosolar.org.tsunumlarEIE2002.pdf>
- [10] [http://www.epia.org03DataFiguresPPTStat World 04\\_02.ppt](http://www.epia.org03DataFiguresPPTStat World 04_02.ppt)
- [11] <http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/page/solarreport/solar.html>
- [12] <http://www.eurosolar.org.tsunumlar2sarigermedokumanlari.pdf>
- [13] <http://www.normenerji.com.tr>
- [14] <https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN...tr/c3-capture-co2-tr.pdf>

## ELEKTRONİK ATIKLARIN ÇEVRE İLE ETKİLEŞİMİ

Ünal OĞUL<sup>1</sup>, Ali ÇANKAYA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği, Selçuklu/KONYA

unal.marmarains@gmail.com, alicnky@gmail.com

**ÖZET:** Elektronik aletlerin kullanımı günlük hayatın bir parçası haline gelmiştir. Kullanılan ürünlerin modasının geçmesi veya kullanım ömrünü tamamlaması ile beraber çok önemli bir problemde ortaya çıkmaktadır. Bu problem ise bu ürünlere ne olacağı veya nasıl bertaraf edileceğidir. Ülkemizde ve Dünyada bu atıklar ile ilgili bazı kanunlar çıkarılmıştır. Bu kanunlar bir elektronik atığın toplanmasından sağlıklı bir şekilde geri dönüşümüne kadar olan tüm işlemleri içermektedirler. Elektronik atıklar birçok zararlı madde içermektedir. Bir ülkenin teknolojisi ne kadar gelişmişse geri dönüşüm oranı o kadar fazladır. Ve dönüşüm için kullandığı teknolojiside o kadar gelişmiştir. Bu çalışmada, e-atık türleri ve bu türlerin çevreye verdiği zararları belirlemek ve Türkiye'de yürütülen faaliyetlerin ortaya konması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Atık, Elektronik atık, Geri Dönüşüm, Bertaraf

**Abstract:** The usage of electronic tools has become a part of daily life. A serious problem appears when the used products loses their popularity and when they completes their expected life. This problem is to know what will happen to this products and how they will be disposed. Some laws were issued for this kind of wastes in our country and in the world. This laws covers all the operations of collecting the electronic wastes and healthy recycling of them. Electronic wastes contains a lot of harmful substances. The recycling rate of a country is related with their technology level, which means high technology results on high recycling rate. The overall objective of this study was to determine the e-waste types and damage to the environment such as Turkey and examine the work done.

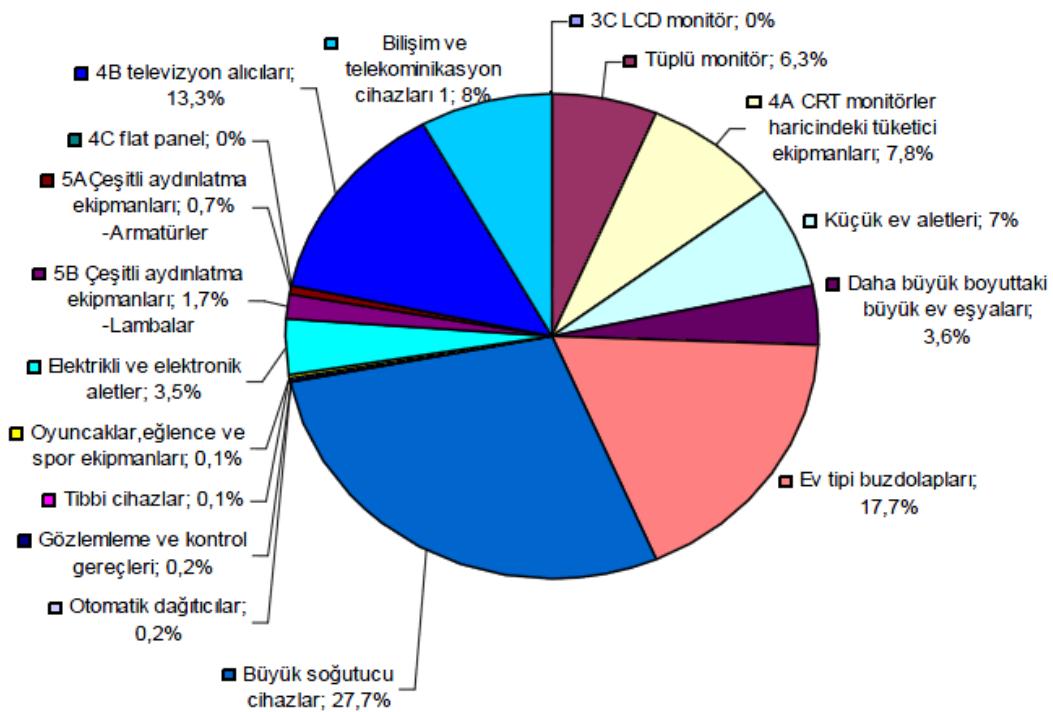
**Keyword:** Waste, Electronic waste, Recycle, Disposal

### 1.GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve ekonomi ile birlikte insanlardaki tüketim alışkanlıklarını da hızlı revizyonlara uğradı ve bu durumla beraber yeni atıklar da oluşmaya başladı. Bu tür atıklara da e-atık denmektedir. Günümüz şartlarına bağlı olarak alınan bir elektronik ürün 1 ile 6 yıl arasında kullanılmaktadır. Bu durumların en önemli sebepleri ise; teknolojinin hızla gelişmesi, arızalan ürünlerin tamirinin yenisinden pahalı olması ve iş göremez duruma gelmesidir. Alırken aşırı yüksek meblağlarda ücret ödediğimiz ürünlerin çok düşük meblağlar karşılığında hurdacılarla verilmesi çok büyük tehlikelere yol açmaktadır.[1]

“Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliğine göre elektronik atıklar 10 ayrı grup da incelenmektedir.

- ✓ Büyük ev eşyaları (buzdolabı, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi vb.)
- ✓ Küçük ev aletleri (elektrik süpürgesi, tost makinesi vb.)
- ✓ Bilişim ve telekomünikasyon cihazları ( her türlü bilgisayar, telefonlar)
- ✓ Tüketicinin kullandığı eğlencelik küçük el eşyaları (video kamera, müzik enstrümanları)
- ✓ Aydınlatma ekipmanları (flüoresan lamba ve ampuller vb.)
- ✓ Büyük ve sabit sanayi aletleri hariç olmak üzere elektrikli ve elektronik aletler (matkap ve testere)
- ✓ Oyuncaklar, eğlence ve spor aletleri (Video oyunları, jetonlu makineler)
- ✓ Tıbbi cihazlar (diyaliz ve analiz ekipmanları)
- ✓ İzleme ve kontrol aletleri (termostatlar ve ısı ayarlayıcıları)
- ✓ Otomatlar (para ve içecek otomatları)



Şekil1. AB'de 2005 yılı Atık Elektrikli ve Elektronik Atıkların Dağılımı[2]

## 2.MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada materyal olarak atık grubundan bir tanesi olana e-atıklar seçilmiştir. Yönetem olarak teorik literatür ve verilerinin derlenmesi seçilmiştir. Çalışma ile ilgili çeşitli tezler, makaleler, internetten sağlanan bilgiler ve veriler, Global E-Atık İzleme Raporundan yararlanılarak e-atıkların çevre ile olan etkileşimleri İrdelenmiştir.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULAR

### 3.1 E-atıkların Çevrede Oluşturduğu Zararlar

Elektronik atık miktarı gelişen teknolojinin ve tüketim hızının artması ile hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu durumla beraber e-atıkların düzenli bir şekilde toplanması ve bertarafı “Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği” uyarınca yapılmalıdır. Bu tür işlemleri Bakanlıkça yetkilendirilen lisanslı firmalar tarafından yapılmaktadır. Fakat bu işlemleri yönetmeliğe uymadan, ilkel yollarla yaparak çevreye zarar veren kişi ve kurumlar mevcuttur. Bu yapılan bilincsiz işlemlerden havaya, toprağa, yer altı ve yüzey sularına karışmakta olan zararlı maddelerden dolayı canlılar zarar görmektedir.

E-atıklarda bulunan belli başlı zararlı maddeler.

Kurşun (Pb): CRT tüpleri, eski lehimler, entegre devreler, aküler gibi birçok elektronik alette kullanılmaktadır. Sinir sisteminde, kan dolaşımında, böbrek ve üreme sisteminde büyük hasarlara yol açabilen kurşunun çocukların beyin gelişiminde negatif etkileri olduğu da ispatlanmıştır. Atık sahalarındaki Pb'nin %40'ı ve ağır metallerin %70'i e-atıklardan kaynaklanmaktadır. TV ve bilgisayar ekran ağırlığının %20'si Pb içerir.

Civa (Hg): Civa, beyin, böbrek ve özellikle ceninlere zarar verebilecek nitelikte bir maddedir. Özellikle yüksek dozda civaya maruz kalan ceninler için oldukça tehlikeli olan madde, suya karıştığı zaman yaşayan tüm organizmalara özellikle de balıklara kolayca yerleşebilmektedir. Her yıl civa tüketiminin %22'si elektronik cihaz yapımında kullanılan maddeye pillerde, tıbbi cihazlarda, lambalarda ve cep telefonlarında sıkça rastlanılmaktadır. Düşük dozlarda bile zehirlidir beyin ve

böbreklere zarar verir. Anne sütüyle geçebilir. Dünya Hg tüketiminin %22'si elektrik/elektronik cihazlarda tüketilmektedir.

Bromlu Alev Geciktiriciler (BFR): Normal gelişme için hormonal fonksiyonları önemli derecede etkiler. Plastiklerde alev geciktirici olarak kullanılırlar. Bilgisayar bağlantı parçalarında, plastiklerde, basılı devrelerde, kablolarla, süngerlerde bulunmaktadır. Düşük sıcaklıklarda yakılması çok zehirli atıklar oluşturmaktadır.

Fosfor (P): Fosfor bilgisayar ekranlarında görsellerin çözünürlük ve aydınlığı için kullanılan inorganik bir kimyasaldır. Kırılan tüpten oluşan tozların solunması, saçılıan cam parçalarına dokunulması çok risklidir ve acilen bir hastaneye gidilmesi gereklidir.

Baryum (Ba): Yumuşak, beyaz bir metal olan baryum, kullanıcıları radyasyondan korumak amacıyla bilgisayarların ön panelinde kullanılmaktadır. Baryum'a kısa dönemli maruz kalmak kas güçlüğüne, beyinde, kalpte, karaciğerde ve dalakta hasara neden olmaktadır.

Krom 6 (Cr+6): Korozyon koruması ve işlenmiş galvaniz çelik levha ve sertleştirilmiş çelik için kullanılır. DNA hasarı, astım ve bronşite sebep olmaktadır.

Berilyum (Be): Ana kart ve bağlantı parçalarında bulunur. Kanserojen olarak sınıflandırılmaktadır.

Kadmiyum (Cd): Toksik bir madde olan kadmiyum özellikle böbrekler için oldukça zararlı bir maddedir. Bilgisayar çiplerinde ve infra-red teknolojisinde, plastiklerde stabilizatör olarak kullanılmaktadır. Yonga resistorler, infrared detektörler, yarı iletkenler ve eski tip CRT tüpleri ve piller kadmiyum içerebilir. Böbrekte birikerek zehirlenme ve kırılgan kemiklere neden olmaktadır.[3]

TABLO.1.Elektrikli ev aletleri, TV ve bilgisayarlardaki değerli malzeme oranlarını göstermektedir[4].

Malzeme	Elektrikli Ev Aletleri	TV	Bilgisayar
Cam	-	47.6	24.8
Plastik	33	14.7	23.0
Metal	49	-	-
Değerli Metal	-	27.1	0.02
Demir	-	-	20.47
Kurşun	-	-	6.3
Alüminyum	-	-	14.17
Bakır	-	4.8	6.93
Diğer	6	-	4.3
CRT	12	-	-

Bilinçsiz yapılan parçalama-ayırma işlemleri sonucunda bu tür zehirli maddelerin doğaya karışmasına sebep olur. Örnek olarak; kurşunun 10gramı 25000ton toprağı ve  $200m^3$  suyun kirlenmesine sebep olur. Bir flüoresan lambanın içeriği civa  $30m^3$  suyu kirletir ve içeriği kanserojen fosfor havada 320 km uzaklığa kadar ulaşır. Bu değerlerden yola çıkacak olursak bu tür geri dönüşüm işlemlerinin bilinci olarak yapılması gerekmektedir.[5]

Bu kirlenmelerin yanı sıra geri dönüşüm sırasında kazanılan değerli metallerde mevcuttur. Bu metallerin geri kazanımı çok daha ucuz olmasının yanı sıra doğaya daha az zarar vermektedir. 1 ton geri dönüşümünden elde edilen alüminyum için harcanan enerji cevherden elde edilenin %4'ü kadardır. Bakır içinde bu oran %13 civarındadır. E-atık geri kazanım oranı gelir düzeyi yüksek olan ülkelerde daha yüksektir. E-atık miktarında gözlenen artış ürün pazarında oluşan artışla orantılıdır. Bu durum ise ham madde miktarının azalması ve ham madde fiyatının artmasına ve yeni ürün fiyatlarının yükselmesine sebep olur.[6]

Birleşmiş Milletler Üniversitesi (UNU) tarafından hazırlanan "2014 Global e-Atık İzleme Raporu"na göre dünya genelinde 41,8 milyon ton elektronik atıkların (e-atık) ortaya çıkmıştır. ABD, 7 milyon tondan fazla e-atıkla ilk sırayı aldı. Bu ülkeyi yaklaşık 6 milyon ton e-atıkla Çin, 2,2 milyon

ton e- atıkla Japonya izlemiştir. Almanya'da 1,8 milyon ton, Hindistan'da 1,6 milyon ton e-atık olusmaktadır.

Kişi başına en fazla e-atık düşen ülke, 28,4 kilogramla Norveç. İsviçre 26,3 kilogramla 2'nci, İzlanda 26 kilogramla 3'üncü sırada gelmektedir. Türkiye ise, 503 bin ton e-atıkla dünya genelinde 17'nci sırada yer almıştır. Ülkede kişi başına düşen e-atık miktarı da 6,5 kilogram olarak belirtilmiştir.

Japonya, ABD, İngiltere, Avustralya gibi gelişmiş ülkeler e-atıklarının çoğunu gelişmekte olan ya da 3. Dünya ülkelerine gemilerle göndermektedir. Gelişmiş ülkeler e-atığını kendi sınırlarında bertaraf etmeleri 3. Dünya ülkelerine göndermekten 10 kat daha maliyetlidir bu sebeple e-atıklarını 3. Dünya ülkelerine ihraç ederler. Bunu yaparlarken yardım amacı olduğunu beyan ederler. Ama amaçlarının yardım değil kendi ülkelerinin bertaraf sırasında oluşacak olan zararlardan kendi vatandaşlarının etkilenmemesidir. 3. Dünya ülkelerine bu tür atıkları vahşi yöntemlerle bertaraf edilmesine sebep olurlar. 3. Dünya ülkeleri bu atıklar sayesinde birer dev çöplük haline getirilmişlerdir. [3]

TABLO.2. Dünyada Üretilen Elektronik Atık Miktarı[7]

Dünyada Üretilen Elektronik Atık Miktarı			
Yıl	Ortaya çıkan E-Atık Miktarı (Metrik ton)	Nüfus (milyar)	Ortaya çıkan E-Atık Miktarı (kg/kİŞİ)
2008	33.8	6.8	5.0
2009	35.8	6.9	5.2
2010	37.8	6.9	5.4
2011	39.8	7.0	5.7
2014	41.8	7.1	5.9
2015	43.8	7.2	6.1
2016	45.7	7.3	6.3
2017	47.8	7.4	6.5
2018	49.8	7.4	6.7



Şekil 2: Atıkların İlere göre dağılımı (Toplam 564.796 ton AEEE: 7,5 kg/ kişibaşı )[13]

### **3.2 Dünya ve Türkiye'de E-atıklarla İlgili Yapılan Çalışmalar**

Dünyada ilk olarak atık yönetim çalışması 1989 yılında Uluslararası Basel antlaşması ile gündeme getirildi. Basel anlaşmasını Dünya üzerinde kabul eden 149 devlet vardır. Basel anlaşmasını ABD kabul etmemiştir. ABD elektronik atıklarının birçoğunu gelişmemiş ülkelere göndermektedir bu sebepten dolayı Basel anlaşmasını tanıtmamaktadır. Türkiye Basel Antlaşmasını

1994'te imzalamıştır. Daha sonra sırasıyla 1996 Londra, 1998 Rotterdam ve 2001'de Stockholm Antlaşmalarını imzalamıştır. [8]

### **3.2.1. AB'de E-atık yönetimi**

Atık elektrikli ve elektronik eşyalarla ilgili olarak Avrupa Birliği'nde (AB) 13 Şubat 2010 Tarihinde yürürlüğe giren 2002/96/EC Electrical and Electronic Equipment – WEE ve 2002/95/EC Restriction of HAzardous Substances in Electrical and Electronic Equipment – RoHS olmak üzere iki ayrı direktif bulunmaktadır. 13 Ağustos 2004 tarihinde uygulama yasalarının çıkartıldığı WEEE direktifi kapsamında AEEE'ler için ücretsiz geri alma sistemlerinin kurulması ve etiketleme yapılmasına ilişkin düzenlemenin ise 13 Ağustos 2008 tarihinde yapılması planlanmıştır. 2006 yılında 4 kg/kişi/yıl olarak belirlenen toplama hedefine yılsonu itibarıyle teknik ve ekonomik tecrübeler dikkate alınarak yeni bir zorunlu hedef belirlenmesi beklenmektedir. RoHS Direktifi kapsamında sınırlama getirilen maddeler ise; kurşun, civa, kadminyum, krom +6, polibromürlü bifeniler (PBB) ve polibromürlü bifenil eterlerdir.[9]

### **3.2.2. Ülkemizde Yürüttülen E-atık Çalışmaları**

#### **3.2.2.1. İstanbul Yerel Elektronik Atıkların Sürdürülebilir Yönetimi Projesi (Smile)LIFE 06 TCY/TR/282**

Life, sadece çevreye yönelik projelerin finansmanı amacıyla oluşturulan tek topluluk mali aracıdır. Life programı 1992 yılında topluluğun çevre mevzuatı ve çevre politikalarının uygulanmasını desteklemek amacıyla ortaya konulmuştur. Program AB aday ülkeler ile Akdeniz ve Baltık Denizine kıyı olan, yeni üye olan Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri dışında, bazı ülkelerdeki çevre ile ilgili faaliyetleri finanse etmektedir.[10]

Söz konusu projenin amacı; İstanbul'da, Elektrik ve Elektronik Atıklar için ( toplama sistemleri, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve güvenli bertaraf dahil) plan, veri tabanı ve pilot projeler hazırlamak ve uygulamak amacıyla çalışmalar yapmaktadır. Proje kapsamında; yeniden kullanımını ve geri kazanımı mümkün olabilecek bilgisayarlar, İBB tarafından toplanarak kayıt altına alınmıştır. Bu bilgisayarların verileri tamamen silindikten sonra yeniden kullanımını mümkün olanlar değerlendirilmekte, yeniden kullanımını mümkün olmayanlar (geri dönüştürülebilir atıklar) kullanılabilir parçaları yeniden kullanılmak üzere stoklanmakta, kullanılmayan parçalar ise alüminyum, bakır, plastik, demir, kablo ve tehlikeli atık olmak üzere ayrı konteynerlerde toplanarak geri dönüşüme tabi tutulmaktadır.[11]

#### **3.2.2.2. Kadıköy Belediyesi Elektronik Atıkların Yönetimi Projesi**

Kadıköy Belediyesi, Avrupa Komisyonu ile işbirliği yaparak Kadıköy'deki elektronik-atıkların geri dönüştürülebileceği „Elektrikli Elektronik Atıkların Yönetimi” Projesini (Management of Waste Produced by Electric and Electronic Equipments) hayata geçirmek amacıyla 30 Mayıs 2008 tarihinde sözleşme imzalanmış, 1 Haziran 2008“de proje ve uygulama çalışmalarına başlanmıştır. Pilot proje olarak başlayan “Elektrikli Elektronik Ekipman Atıkların Yönetimi” Projesi Avrupa Birliği tarafından desteklenmiştir. Elektrikli Elektronik Ekipman Atıkların Yönetim Projesinde öncelikli hedef; bilgisayar ekipman atıklarının geri kazanımını sağlamaktır. Proje çerçevesinde, artık kullanılmayan bilgisayar, televizyon ve kameralar evlerden ya da işyerlerinden Kadıköy Belediyesi ekiplerince ücretsiz alınarak E-Atık atölyesine getirilmektedir. Toplanan atıklar çeşitli parçaları burada kontrol edilerek “tekrar kullanılabilir”, “geri dönüştürülebilir” ya da “imha edilmelidir” şeklinde kategorize edilmekte, tekrar kullanabilir olan bilgisayar ve malzemeler onarılarak Anadolu'ya Yardım Kampanyası çerçevesinde özellikle köy okullarına hibe edilmek üzere değerlendirilmektedir. Belediye çalışmalarını diğer komşu belediyelerin de desteğiyle sürdürmeyi hedeflemektedir.[10]

#### **3.2.2.3. Sakarya Büyükşehir Belediyesi Elektronik Atıkların Geri Dönüşümü Projesi**

Sakarya Büyükşehir Belediyesi de tamamen gönüllük esasına göre yürüttüğü çalışmalar çerçevesinde elektronik atıklarını ücretsiz olarak hanelerden veya iş yerlerinden toplamaya devam ediyor. Konuya ilgili bilgilendirici el broşürü, tanıtım filmi ve afişler hazırlayan Sakarya Büyükşehir Belediyesinin yaptığı diğer bir çalışma ise İl Milli Eğitim Müdürlüğü ile birlikte okullarda özellikle öğrencilere yönelik eğitim çalışmalarını sürdürmesi. Düzenledikleri çevre eğitimleri ile 18. Uluslararası Çevre Proje Olimpiyatında (INEPO)

Çevreci Kişi ve Kuruluş dalında “önce eğitim, sonra denetim” sloganıyla ödül alan kurum bu yönde de çalışmalarını sürdürmektedir.[12]

### **3.2.2.4. Media Market Türkiye**

Modern hayatın bir getirisini olan e-atıkların en iyi şekilde değerlendirilmesini ve çevre sağlığına ve ülke ekonomisine katkı sağlamayı hedefleyen şirket, mağazalarına geri dönüşüm kutuları yerleştirmiş bulunmaktadır. Eskimiş monitör, bilgisayar, buzdolabı, CD, fırın, elektrik süpürgesi gibi elektronik cihazlara sahip olanlar, ürünü nereden almış olurlarsa olsunlar, Media Market mağazasındaki geri dönüşüm kutularına bırakabileceklerdir. Kutulara sığmayacak büyülükteki atıklar için müşteri temsilcileri danışmanlık hizmeti de sunmaktadır.

### **3.2.2.5 Electro World eski cep telefonu ve TV toplayacak parası çevreye harcanacak**

Electro World, başlattığı çalışma kapsamında cep telefonu, eski tüplü televizyon, pil gibi çevreye tefafisi zor zararlar veren e-atıkları toplayarak, elde edilen kaynağın çevreye ilgili projelerde değerlendirilmektedir.

## **4.DEĞERLENDİRME**

Elektronik atıkların geri dönüşü sayesinde ülkemizdeki maden kaynakları korunmasıyla beraber maden çıkarılması esnasında oluşacak çevre kirliliği azaltılmış olur. Evsel atıklarla beraber toplanan e-atıklar hacim olarak büyük yer kaplamaları ve sıkıştırma oranlarının evsel atıklardan düşük olması nedeni ile evsel atıkların toplanması ve depolanması maliyeti artmış olur. Geri dönüşümle maden yataklarını verimli kullanılmasının yanı sıra çoğulukla ithal ettiğimiz elektronik eşyalardan geri kazanım yoluyla elde edilen ham madde ile yeni üretimlerde kullanılarak ekonomiye katkı sağlanmaktadır. Bunların yanı sıra birçok kişiye iş istidamı sağlar. Geri dönüşümün artması ile yeni üretilen elektronik ürünlerde zararlı maddelerin kullanılmaması ve çevre dostu ürünler üretilmesi hedeflenmektedir.

Elektronik atık geri dönüşüm maliyetleri ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ile doğru orantılıdır. Geri dönüşümü önem veren ülkelerin gelişmiş ülkeler olduğu anlaşılmaktadır. ABD 30 Dolar/kg, Avrupa Ülkeleri 20 Euro/kg, Çin 2 Dolar/kg, Hindistan 2 Euro/kg'dır.[3] Gelişmiş ülkelerde Çevre ile ilgili mevzuatların sıkı olmasından dolayı maliyetler oldukça yüksektir. Bu sebepten dolayı gelişmiş ülkeler e-atıklarını geliştirmekte olan ülkelere ithal etmektedirler. Bu durumu engellemek için uluslararası bir çok anlaşma imzalanmıştır.

Elektronik atıkların geri dönüşümünde en önemli sorumluluk kamu kurum veya kuruluşlarınındır. Çünkü kamu kurumları denetimlerini ne kadar sıklaştırırsa izinsiz geri dönüşüm yapmakta o kadar zorlaşırlar. Türkiye Çevre ve Orman Bakanlığı aracılığıyla gerekli teşvikler yapılarak modern tesislerin kurulması sağlanmalıdır.

## **KAYNAKLAR**

- [1] Evaluation Of Management, Economy And The Potential Of Metal Recovery Of Electrical And Electronic Wastes (E-Waste) Selçuk Çiftlik, İsmail Handırı, Mehmet Beyhan, Ata Akçıl, Murat İlgar, M. Talha Gönüllü
- [2] “Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment”– Study No.07010401/2006/442493/ETU/G4, 2008
- [3] Elektrikli Ve Elektronik Atıkların (E-Atık) Zararları, Yönetimi Ve Türkiye'deki Uygulamalarının Değerlendirilmesi Besim AKIN, Ayşegül Kuru
- [4] Kaya M., “Electronic Waste Disposal, Reuse and Recycle Technologies”, European Metalurgical Conference, Düsseldorf-Germany, 2007.
- [5] E-atık Küresel Sorunlar ve Türkiye'deki Durum, EXİTCOM RECYCLİNG
- [7] Birleşmiş Milletler Üniversitesi, Global E-Atık İzleme Raporu 2014
- [8] Elektronik Atık Geri Dönüşümünün Enerji Verimliliğine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Oğuz Erdoğan İstanbul, 2014
- [9] 2009, TURKAY (Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, Elektrikli Ve Elektronik Atıkların (e-atık) Yönetimi, Ekonomisi Ve Metal Geri Kazanım Potansiyeli Bakımından Değerlendirilmesi
- [10] <http://www.ibb.gov.tr/sites/lifesmile/Documents/smilewebson2.swf> 20
- [11] <http://www.e-atik.com/?p=38#more-38>
- [12] [http://www.sakarya.bel.tr/haberler\\_kategorik.php?id=18&uk=16&ak=44](http://www.sakarya.bel.tr/haberler_kategorik.php?id=18&uk=16&ak=44)
- [13] Elektrikli ve Elektronik Atıklar Zirvesi sunum kitabı, Mart 2015

## **ILAÇ ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ KARAKTERİZASYONU**

Cansu Koyuncu, Şükriye Çelik

*koyuncu\_cansu@hotmail.com,sukriye.celik.7@gmail.com*

**ÖZET:** Bu çalışmada Konya ilinde faaliyet gösteren bir ilaç endüstrisinden meydana gelen atıksular üzerinde karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Konvensiyonel karakterizasyon çalışmasında 3'er haftalık periyotlarla alınan kompozit numuneler kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı, ilaç endüstrisinin formülasyon alt kategorisinde kaynak bazında oluşan atıksuların esas alınarak karakterizasyon çalışmasının yürütülmesi, proses ve kirlenme profillerinin elde edilmesidir.

İlaç endüstrisi formülasyon alt kategorisi atıksuları birbirinden farklı yapıda çeşitli ilaçların hazırlanması sırasında meydana gelmektedir. Üretimden kaynaklanan bu atıksular ürüne bağlı olarak farklı karakter sergilemekle birlikte bunların miktar ve oluşum sıklıkları da değişim göstermektedir. Bu nedenle formülasyon alt kategorisinden oluşan atıksuların ürüne bağlı olarak kaynaklarının miktarlarının ve karakterinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu hususlar dikkate alınarak öncelikle ilaç endüstrisi incelenmiş atıksu oluşturan prosesler belirlenmiştir. İlaç endüstrisi üretim proseslerinin çoğu kesikli proseslerdir. Bu nedenle her bir ürünün üretim esnasında kullanılan prosesler değerlendirilerek, her bir proses atıksuyunu temsil edici şekilde numune alınmıştır ve debileri oranında karşılaştırılarak kompozit numuneler oluşturulmuştur.

Ürün yapımında kullanılan hammadde ve katkı maddeleri dikkate alınarak tespit edilen kirletici parametreler çerçevesinde, atıksu karakterizasyonu yapılmıştır. Bu çalışma esnasında karakterizasyon çalışmaları Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), pH, Balık Biyo Deneyi (ZSF) olarak üç kademe yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** KOİ, İlaç Endüstrisi, Endüstriyel Atıksu

**Abstract:** In this study, we reviewed studies on the characterization of wastewater from the pharmaceutical industry that operates in the province of Konya. Conventional characterization study, 3-week intervals, composite samples received were used. The objective of this study was the formulation of the pharmaceutical industry in the sub-category on the basis of the resource characterization of wastewaters on the basis of the execution of the work process and to obtain the profiles of contamination. Formulation in pharmaceutical industry wastewater subcategory different from each other in structure occur during the preparation of various medicines. The wastewater from production together to showcase their different character depending on the product amount and their frequency of occurrence also varies. Therefore, the formulation amount of resources and the determination of the character of wastewaters depending on the product subcategory is of importance. Consideration of these issues the pharmaceutical industry has been identified primarily examined the processes that produce wastewater. The pharmaceutical industry the production process of many batch processes. For this reason, each product by evaluating the processes that were used during the production process of the waste water samples were taken and flow rates mixed at a rate of representative composite samples were created. Raw materials and additives that are used in the construction of the product identified in the consideration of pollutant parameters within the framework of wastewater characterization are reviewed. During this study, characterization studies, chemical oxygen demand(cod), pH, fish Bio Test (ZSF) was conducted in three stages.

**Key Words:** COD, The Pharmaceutical Industry, Industrial Wastewater

## LABORATUAR GÜVENLİĞİ VE KAZALARI

Zeynep EKER<sup>a,\*</sup>, Büşra BOZKURT<sup>a,1</sup>

<sup>a</sup>T.C Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Konya, Türkiye  
zeynepeker1940@gmail.com, busrabo5869@gmail.com

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı; laboratuarlardaki güvenlik kurallarının öneminin belirlenmesi ve kazaların sebeplerinin araştırılmasıdır. Bu amaçla öncelikle güvenlik kurallarının nasıl oluşturulduğu belirlenmiştir. Akademik laboratuarlardaki kaza örnekleri incelenerek genel olarak oluşabilecek kazalar ve nedenleri hakkında ön bilgi edinilmiştir. Daha sonra oluşturulan laboratuar güvenlik kuralları, laboratuarda meydana gelebilecek kazalar ve bu kazalar sonrası yapılacak işlemler açıklanmıştır. Laboratuardaki kazaların büyük ölçüde azalmasına sebep olan doğru depolama için gerekli olan kimyasalların etiket sembollerı, kodlama sistemleri ve risk faktörleri hakkında bilgi verilmiştir. Bu bilgilerle laboratuarda çalışan bir kişinin uyması gereken kuralları, karşılaşabileceği tehlikeleri ve bu tehlikelere karşı alacağı tedbirleri bilerek güvenli ve verimli bir çalışma yürütmesi sağlanır.

**Anahtar Kelimeler:** Laboratuar, güvenlik, kaza, risk, tehlike

**Abstract:** The purpose of this study is to determine the importance of safety rules of the labs and to research the causes of the accidents. For this purpose, how the safety rules created was determined. The examples of the academic labs were examined and some information was obtained about the reasons of the accidents. And then, the lab safety rules, accidents and the operations after those accident were explained. Some information was given about the chemical label symbols, coding systems and risk factors that are necessary for the true storing method that can could decrease the lab accidents. With those information, the safety and productivity are provided for a person works in the lab by thinking the rules that he or she must obey and thinking the precautions for dangers.

**Key Words:** Laboratory, security, accident, risk, danger

## ELEKTRONİK BURUN VE UYGULAMA ALANLARI

Hatice Kilci<sup>1</sup>, Halime Kaya<sup>1</sup>, Ebru Çelikkanat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği, Selçuklu/KONYA

haticekilci08@outlook.com, kayahalime1993@gmail.com, ebrucelikkanat@gmail.com

**ÖZET:** Beş duyudan biri olan koku eski zamandan beri hastalıkların teşhisinde kullanılan önemli bir yöntem olma özelliğini korumaktadır. İnsanın koku alma yeteneği diğer bazı canlılar kadar gelişmiş değildir. Elektronik burun insanlardaki koku alma sisteminin taklit edilmesi ile oluşturulan cihazlara verilen genel isimdir. Biyolojik materyallerden yayılan uçucu bileşenleri değerlendirek, bunların çeşitli özelliklerini belirleyen elektronik burun sistemleri gıda sektörü, çevre kontrolü, insan sağlığı gibi birçok alanda kullanılma olanağı bulmuştur. Bir elektronik burun sistemi, farklı özelliklerin belirlenmesine yarayan sensörlerin yanal toplama ünitesi ve örnek tanımlama yazılımından oluşur. Ticari olarak satılan e-burunlar mevcut olmakla birlikte yüksek maliyetli ve kullanımları zordur. Bu nedenle daha ekonomik ve basit sistemlerin geliştirilmesi gereklidir. Bu çalışma, elektronik burunun işleyiş prensipleri ve özellikle çevresel uygulama alanında yapılan çalışmalarдан bilgi sağlamak amacıyla sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Elektronik Burun, Sensör sistemleri, Yapay Sinir Ağları.

**Abstract:** Human olfaction, one of the five human senses, maintains its importance in diagnosing diseases since the old Grecian times. Human ability to sense odors is not as good as some other creatures. The electronic nose is a name given to the devices developed by mimicking the human olfactory system. Electronic nose systems that classify different features of biological materials by evaluating volatile organic compounds, are being used in food sector, environmental control, and human health. An electronic nose system consists of an array of gas sensors, a signal acquisition unit, and a pattern recognition software. There are commercially available e-noses, however these mentioned systems are expensive and difficult to use. Therefore, there has been a need for developing easy to use and cost effective systems. In this study, in particular in the area of environmental practice and the principles of the electronic nose in order to provide information from studies is presented.

**Key Words:** Electronic nose, Sensor systems, Artificial Neural Networks.

### GİRİŞ

Modern teknolojilerle, elektronik ve yapay zeka konularında son yıllarda kaydedilen gelişmeler ile biyolojik materyallerin çeşitli özelliklerinin ölçümü ve karakterizasyonu çok kolay bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. [1] Bu kapsamında ele alınan elektronik burunlar, gıda ve çevre güvenliği ve hatta insan sağlığını da içine alan birçok farklı alanda kullanılmıştır.

Kokulu bileşikler, birçok endüstriyel faaliyet sonucu organik veya inorganik yapıda ve gaz ya da partiküler formda atmosfere salınmaktadır. Kokulu bileşiklerin çoğu kimyasal proseslerden kaynaklı emisyonlarla veya biyolojik aktiviteler sonucu ortaya çıkmaktadır. Örnek olarak sülfür ve azot içeren organik maddelerin anaerobik ayrışması, kokulu bileşiklerin ortaya çıkışmasına sebebiyet vermektedir. Kokulu bileşiklerin bir çoğu atmosferde ya gaz fazında bulunur ya da çok uçucu bir yapıda sıvı veya katı halde bulunmaktadır. Bu yapılarından ötürü çok kısa bir sürede dispersiyon yoluyla çevreye yayılmakta ve çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır. Çürüük yumurta kokusuna sahip olan hidrojen sülfür ve amonyak, koku üreten maddeler içerisinde en sık karşılaşılanlardır. Karbon disülfit, merkaptanlar, protein ürünleri (özellikle hayvansal kaynaklı olanlar), fenoller ve bazı petrokimya kaynaklı hidrokarbonlar da diğer sık olarak rastlanan kokulu bileşikler arasında yer almaktadır. 5 Koku kaynakları üç grup altında kategorize edilmektedir. Bunlardan ilki baca, havalandırmalar gibi noktasal kaynaklardır. İkinci grup, atıksu arıtma tesisleri, katı atık depolama sahaları gibi alansal kaynaklardır. Üçüncü grup ise hayvan çiftlikleri gibi binasal kaynaklardır [2]. Bu kaynaklardan ortaya çıkan kokulu bileşikler farklı metodlarla ölçülebilmektedir. Koku ölçümü için uygulanan metodlar

zaman içinde bir çok değişiklik göstermiş ve birçok farklı metot ile koku parametresinin ölçümü için çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada elektronik burun yöntemi üzerinde koku ölçümülerine degenilmektedir. 1982 yılında multisensör gaz analizörleri keşfedilmiş, bu tarihten sonra da çeşitli araştırmacılar insan nefesinin örneklenmesi ve içeriğindeki uçucu gazların analiz edilmesi için elektronik bir takım cihazların geliştirilmesi yönünde çalışmalar yapılmıştır.

Yapay koku alma cihazları gıda sektöründe kullanılmak üzere geliştirilmiş fakat daha sonra tip alanı dahil farklı alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. "Elektronik Burun" adıyla anılan bu cihazlar solunumla dışarıya verilen hava içerisindeki uçucu organik gazları tanıyalımme özelliği taşımaktadır.

Elektronik burun yöntemiyle exhole edilen havanın analizi avantajlarının yanı sıra analiz edilmesi gereken birçok bileşik içermesi dolayısıyla oldukça komplike bir işlem olması dezavantajı taşımaktadır.

## MATERYAL VE METODLAR

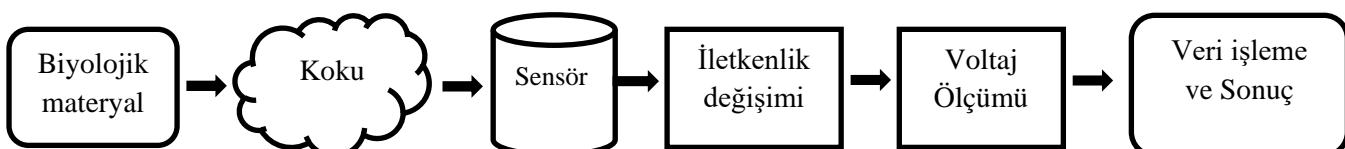
Elektronik burun üzerine ilk çalışmalar 1970 yılında Worwick Üniversitesinde başlamıştır. [3]. Arama sensör teknolojisi, elektronik, biyokimya ve yapay zeka alanındaki gelişmeler çeşitli kaynaklardan salınan uçucu aromalar ölçüme ve karakterize etme yeteneğine sahip aygıtların geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Memelilerin koku alma sistemini taklit etmek amacıyla geliştirilen "Elektronik Burun" olarak bilinen bu aygıtlar bir yandan operatör yorgunluğunu ortadan kaldırırken diğer yandan da aroma karışımlarının tanımlaması ve sınıflandırılmasına izin vermektedir. Tekrarlanabilir ölçümler sunabilmektedir. [4]. Özellikle gıda-çevre güvenliği ve insan sağlığı açısından önem teşkil eden elektronik burunlar gıda sektöründe çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. [5].

Elektronik burunlar insan koku alma mekanizmasını taklit ederek çalışan sistemlerdir. Oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan insan koku alma mekanizmasında reseptör koku hücreleri kokunun ilk algılandığı yer olmaktadır. Buna karşılık elektronik burun sistemlerinde sensörler bulunmaktadır. Reseptör hücrelerinden gelen sinyalleri işleyerek koku tanımlaması yapan organ ise beyindir. Elektronik burun sistemlerinde ise beyinin yerini, sofistik patern algılama (Patern Recognition) tekniklerini kullanarak sınıflama yapan bilgisayar sistemleri olmaktadır. [6].

Koku emisyonları, kompleks yapıdaki birçok koku kaynağından ortaya çıkmaktadır. Bu emisyonların tanımlanabilmesi ve ölçülebilmesi için çeşitli ölçüm teknikleri geliştirilmiştir. Bu teknikler arasında gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GC/MS) ve elektronik burun yöntemi gibi duyusal koku ölçümleri bulunmaktadır.

Şu an ticari olarak satılan değişik elektronik burun sistemleri mevcuttur. Bunlardan bazıları; Bloodhound Sensors (Leeds, UK), ThezNose (Newbury Park, CA, USA,), AromaScanner (AromaScan, UK) and Cyrano Sciences (Pasadena, CA, USA) olarak sıralanabilir. Fakat bu sistemler oldukça pahalı, hem de kullanımı zordur. [7]. Dolayısıyla amaca yönelik ve daha ucuz sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Elektronik burun sistemlerinde farklı sensör tipleri kullanılmaktadır. Bunların başlıcaları metal-oksit yarı iletkenler (MOS), modifiye metal-oksit yarı iletkenler (MMOS), iletken polimerler (CP), ve iletken oligomerler (CO) sayılabilir. Bu sensörler kokuya maruz kaldıklarında aktif maddelerinin elektrik iletkenlikleri oksidasyondan ya da şişmeden dolayı değişmektedir. Dolayısıyla iletkenlikteki bu değişim sensörden geçen voltaj değerini etkilemektedir. Voltajdaki değişimin basit bir elektrik devresiyle ölçülmü ile kokunun şiddeti ve özelliklerini hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. [8]. Gaz sensörlerinin çalışma prensibi Şekil 1'de anlatılmıştır.



Şekil 1.Gaz Sensörlerinin Çalışma Şekli [9]

Elektronik burun sistemi geliştirme aşamasındaki en önemli süreç farklı sensör tiplerinin temini ve her biri için elektrik devrelerin oluşturulmasıdır. Değişik prototip gövdelerinin denenmesi ve mümkün olan en küçük boyutlarda üretilmesi bu aşamanın amacıdır.

Elektronik burun ya da kısaca e-nose diye adlandırılan bu cihazlar basit bir anlatımla nefes havası içerisindeki uçucu organik gazları tanıabilen elektronik alıcılar ile donatılmış suni burunlardır. e-nose insan olfaktör sistemine çok benzer bir fonksiyon görür. Bir elektronik burunda başlıca beş bölüm vardır. [10];

1. Koku taşıyıcı sistem: Uçucu aromatik molekülleri koku kaynağından elektronik sensörlerin olduğu kısma taşıyan sistem.
2. Sensörlerin bulunduğu çember: Burada ısı ve nem sabit tutulacak şekilde ayarlanmıştır. Aksi takdirde koku moleküllerinin absorpsiyonu etkilenebilir.
3. Elektronik dönüştürücü: Kimyasal sinyali elektrik sinyaline dönüştürür.
4. Dijital dönüştürücü: Elektronik sinyalini dijital (analog) sinyale dönüştürür.
5. Kompüter mikroprosesör: Dijital sinyalleri okuyarak istatistik yapılabılır ilave verilere dönüştürür.

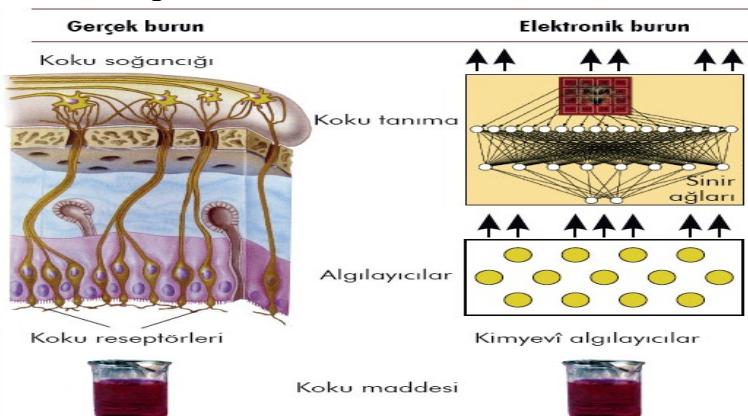
Bu teknolojileri sayesinde elde edilen veriler nefes havasının parmak izi (breathprint) olarak adlandırılmaktadır.e-nose tip alanında son zamanların en çok ilgi çeken konularından biri haline gelmiştir. Bunun en önemli nedeniyse cihazın kolay elde edilebilir olması ve analiz sonuçlarının özellikle solunum hastalıklarının normal kişilerden ayrimında oldukça yüksek duyarlılık ve özgünlüğe sahip olmasıdır.

İnsan burnu ve elektronik burun kıyaslanırsa;

Tablo 2. İnsan Burnu İle Elektronik Burun Karşılaştırılması[11]

İnsan Burnu	Elektronik Burun
Alicı Nöron	Sensör
10.000.000 reseptör	6-30 sensör(dizi)
Glomeruli	Sinyal izleme Modülü
Beyin	Tanımlama Modülü
Seçicilik:10.000-20.000 koku	<50 koku

İnsan burnu bu tabloya göre elektronik burundan üstündür. Ama insan burnunun bazı zayıf yönleri de vardır. Bazı kokuları (gazları) hiç algılamamaktadır. (Karbonmonoksit ve Karbondioksit gibi) . Ya da bir süre sonra ortamdaki gazı algılamamaktadır.(yorgunluk) Bu ve benzeri nedenlerden dolayı elektronik buruna olan ilgi artmaktadır.



Şekil 2.İnsan Burnu-Elektronik Burun[12]

Koku ölçümlerinde kullanılan yöntemlerinden olan elektronik burun; "Algılamacı Dizisi Teknolojisi (SensörArrayTechonology)"nin avantajları; tekrarlanabilir ölçüm yapabilir, belli kokular için hassasiyeti yüksektir, sürekli ölçüm yapabilir.

Dezavantajları; zamanla sensörler kirlenebilir ve kalibrasyon kabiliyeti azalır, neme karşı hassasiyeti azalır, farklı konular için farklı sensörler gereklidir, koku hoş/nahoş olarak değerlendirilmez.

Elektronik burun sisteminin işleyiş akışı;

1. Analiz edilecek ortamdaki hava karışımı Elektronik Burun'un hava emme ünitesi ile emilir.
2. Emilen hava, hava sıkıştırma ünitesinde sıkıştırılır.
3. Algılama birimindeki gaz sensörü ile sıkıştırılmış hava karışımı analiz edilir. Etkilenen gaz sensörlerinde analog elektriksel sinyal değişimleri olur.
4. Zaralı kokuları algılayan gaz sensörleri sensör taşıyıcı kart aracılığı ile kontrol devresine bağlı olduğu porta sinyali iletir.
5. Kontrol devresindeki yazılım aracılığı ile analog porta gelen sinyaller okunur ve okunan veriler kontrol devresinin belleğinde 10 bit olarak saklanır.
6. Kontrol devresinin analog portlarından okunup bellekte saklanan veriler kontrol devresinin RS232 seri port çıkışından USB dönüştürücüye gönderilir.
7. USB dönüştürücü ile bilgisayarın USB portuna takılan USB kablo aracılığıyla kontrol devresinden gönderilen analog sinyaller bilgisayarın COM(seri) Visual basic yazılı ile okunur.[13]
8. VBasic ile okunan analog sinyaller Yapay Sinir Ağı (YSA) geri yayılım algoritması girişlerine girilerek, YSA çıktıları ürettilir. LEL sınırı ve üzerinde olanları 1'e yakın, olmayanları ise 0 değeri verilerek belirlenir ve veri tabanına kaydedilir. Ayrıca bilgiler bellek değişkenlerine aktarılır.
9. Uzman sistem ile zararlı gazların YSA çıkış değerleri, YSA öğretme sonucunda çıkışlardaki toplam hataların veri tabanına kaydedilmiş YSA hata tablosundaki kontrol edilir ve bütün zararlı gazların gerilim değerleri ekranda gösterilir.
10. Uzman sistem ile karar verme mekanizması tarafından kontrol edilen YSA çıkışlarından LEL(Low Explosion Limit) (Alt patlama sınırı) sınır değerleri ve üzerinde olan gazlar için uyarı ışığı yakılır, LEL sınırı altında olan gazların uyarı ışığı söndürülür.
11. Algılama birimi tarafından analiz edilen gazların YSA çıkış değerlerine bakmadan uzman sistem ile bilgi tabanındaki kalibre tablodaki kalibrasyon değerlerini alarak ve hassasiyet sıralama algoritmasını kullanılarak zararlı gazların hassasiyet sıralaması yapılır ve ekranda hassasiyet sıralama listesi gösterilir.
12. Zararlı gaz hassasiyet sıralaması başındaki ilk zararlı gazın uyarı ışığı yanar, diğerlerinin uyarı ışıkları söndürülür.
13. Uzman sistem ile röle seçimi ve röle ikaz lambası kontrol edilir. Eğer kullanıcı tarafından röle (r) aktif edilirse aktif edilen rölelerin ikaz durum ışıkları yakılır.

Uzman sistem ile Elektronik burun sistem yazılımının geliştirilebilmesi için Microsoft Access veritabanı kullanılmıştır.[14] Veritabanı, bir probleme ilgili birçok verinin depolandığı bir veri tabanıdır.

## **ARAŞTIRMA VE BULGULAR**

Elektronik burun üzerine ilk araştırmalar 1970 yılında İngiltere'de Worwick Üniversitesi'nde bir burun taklidi makine icadı başlamıştır. Bu şekilde başlayıp tüm dünyada devam etmiştir. Sonunda da başarılı olmuş ve elektronik burun terimi ilk olarak 1990' da girmiştir. İlk prototip sistemler 1993'te, ilk ticari sistemler ise 1994'te piyasaya sürülmüştür. Çalışmalar daha da ileriye götürülerek 1996 yılında ABD'de Fiber optik sistemler bulunmuştur. Problemin sensör açısından gelişimi ilk olarak metal oksitler cihazlarının kullanımı olmuştur. Daha sonra Worwick Üniversitesi araştırmaları

iletken polimerleri kullanabileceklerini keşfettiler. İkisinde de ortak özellik iletkenlikte olan değildi. Bu çalışmalar çeşitli ticari girişimlere önyak teşkil etti.

Elektronik burun teriminin yaygınlaşması Ağustos 1991'de İzlanda Reykjavik'te düzenlenen NATO destekli seminerde başlamıştır. Elektronik burun ve kimyasal sensör teknolojisi ile ilgili çalışmaların yıllara göre dağılımları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 2.Elektronik Burun Çalışmalarının Yıllara Göre Dağılımları[15]

Yıllara göre dağılımlar	1994-1999	2000-2001
Sensör ve donanım tasarımları	50	46
Örütü sınıflandırma ve teori	25	16
Yiyecek ve tarım uygulamaları	65	36
Medical uygulamalar	6	9
Bakteriyoloji Uygulamaları	5	8
Biyolojik koku alma ile ilgili	5	6
Genel ve özet makaleler	50	40
<b>TOPLAM</b>	<b>206</b>	<b>161</b>

Elektronik burun uygulamalarıyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır.Bu çalışmalardan birinde kendi oluşturdukları ve gaz sensörlerinden oluşan sistemle, yapay sinir ağları yöntemini kullanarak değişik bakteri türlerini birbirinden ayırt etmeye çalışmışlardır.[16] Geliştirdikleri sistem, Escherichia Coli 0157:H7 ile Escherichia Coli Non-0157:H7 'yi birbirlerinden ayırt edebilmiştir. Her iki farklı bakteri türünün salgıladığı gazların oluşturduğu parmak izlerinin farklılığı sistemin ana çalışma prensibini oluşturmaktadır.

Yapay sinir ağları ve elektronik burun sistemleri bazı parametrelerin ölçümünde kullanılmıştır.32 adet gaz sensöründen oluşan bir elektronik burun kullanarak havadaki koku konsantrasyonunu%20'lik bir ortalama hata ile ölçülmüştür.[17]

Tin-dioksit gaz sensörleri kullanılarak çiftlik hayvanlarının gübrelerinde bulunan bitki besin maddelerinin miktarları belirlenmeye çalışılmıştır.Çalışmada çoklu regrasyon analizleri sonucunda gübrenin Toplam Azot (TN), Organik Azot, NH<sub>4</sub> ve K içerikleri 0,81 , 0,72 , 0,92 , ve 0,72 gibi yüksek korelasyon katsayılarıyla belirlenебilmişdir.[18]

Elektronik burun genel olarak; gıda kalitesinin belirlenmesinde,zehirli gazların belirlenmesinde,uzay çalışmalarında, atiksularda koku denetiminde,askeri alanlarda denizaltı hava kontrolünde,biyomedical uygulamalarda,havaalanlarında yasak ilaç ve patlayıcı maddelerin belirlenmesinde,tipik mikroorganizma ile ilgili rahatsızlıklar ve diğer hastalıkların teşhisinde ( akciğer kanseri, idrar yolları iltihabı) kullanılmaktadır.

Elektronik burunun hava kalitesi testi ve çevresel kontrol uygulamalarında pratikte yapılmaktadır. Örnek olarak NASA'nın uzay gemilerindeki hava kalite kontrol uygulaması şu anda yapılmaktadır.

Çevresel kontrol kullanımına örnek olarak ise ortamdaki zehirli gazların tespiti ve askeri uygulamalarda patlayıcıların belirlenmesi ve tespitinde de elektronik burunlar kullanılmaktadır.

Elektronik burun ile ilgili teknolojik gelişmeler ;

1. Gaz kaçaklarını algılama
2. Huzur evlerinde dikkat tutamama problemi ile karşılaşılan hastalara yardımcı olmadan
3. İz takibinde( iz süren köpekler gibi)
4. Koku kayıt cihazı olarak (örneğin; yeni pişen bir kekin kokusunu kaydederek, istendiğinde çalabilecek.Bilgisayar karşısında bir parfüm seçten müşteri ,kokusunu duyduktan sonra sipariş verebilecek)

5. Akıllı yanın belirleme sistemleri( bu sensörler yanından çıkan dumanları çok hızlı bir şekilde fark ederek GC/MS sistemi ile tüm dumanları kategorize ederek yanın kökenli olanları ayıracak şekilde dizayn edilmiştir.)
6. “Bir metal oksit gaz sensörü dizisi ile  $H_2S/NO_2$  konsantrasyonunu hızlı değerlendirme” çalışması yapılmıştır.[19] Bu çalışmada altı ticari gaz sensör dizisili elektronik burun kullanarak iki kirletici gazlardan  $H_2S$  ve  $NO_2$  test ederek bu gazları ayırt etmişlerdir.

## **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Sonuç olarak, elektronik burun yöntemi herhangi bir zarar verme olasılığı olmaması ve aynı zamanda yüksek duyarlılığa ve özgünlüğe sahip olması nedeniyle özellikle tarama amaçlı bu tür olguların ayrimında kullanabilir durumdadır. İlerleyen teknolojilerle birlikte, çeşitli ürünlerin kalite ve niteliklerinin belirlenmesinde hızlı ve ekonomik yöntemlerin kullanımı gereksinimine cevap verecek teknikler geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Elektronik burun sistemlerinin kullanımıyla tarımsal uygulamalarda, sağlam ve bozuk ürünler birbirinden ayrılabilimekte ve kalite özelliklerinin değerlendirilmesi başarıyla yapılmaktadır. Teknolojinin daha da gelişmesiyle bu yöntemin yaygınlaşarak günümüzde devamlı kullanılacağını ve hayatını kolaylaştıracığını tahmin etmekteyiz.

## **KAYNAKLAR**

- [1] Oulette, J . 1999 Electronic nosessn:FFoutnewmarketsIndustrialPhysicits, 5 (1): 26-29
- [2] Central Pollution Control Board. (2008) Ministry of Environment & Forests, Govt. of India Parivesh Bhawan, East Arjun Nagar, Delhi – 1100, 32
- [3] Schmiedeskamp , M.2001PlentytoSniffScientificAmericannagazina ,284 (3) : 29-30
- [4] Wilson,A.D ve Baietto, M.2009 Applications andAdvances in Electronic Nose Technologies .Sensors ,9:5099-5148 .doi :10.3390/s90705099
- [5] Kızıl,Ü.,Genç,L.ve Saçan ,M.2011.Elektronik Burun Sistemlerinin Tasarım İlkeleri.U.Ü.Ziraat Fak.Dergisi,25(1):109-118.
- [6] Barisci , J. M. Andrew, P.Harris, A.PatridgeandG.Wallace. 1977 Development of on electronicnoseProc. Of smartelectronicnose. SPIE Vol.3242 : 164-171
- [7] Markov M.A , A.Y. Md. Shakaff, A.H Adam , N.A.Fikri ,S:F:Khan , A.H Abdullah and C.M NC Isa 2007 Development of lowcostelectronicnoseUniversityMalaysiaPerlis. <http://hdl.handle.net/123456789/7454>
- [8] Kızıl, U, J.A LindleyandS.Panigrahi 2001. Determinition of manurecharacteristicsusing gaz sensors. ASAE AnnualInternationalmeating .Sacramento , California Julyt 29 August 1, 2001 Paper No:01-1024
- [9]Kızıl,Ü.,Genç,L.ve Saçan ,M.2011.Elektronik Burun Sistemlerinin Tasarım İlkeleri.U.Ü.Ziraat Fak.Dergisi,25(1):109-118.
- [10] Gardner JW, Barlett PN A briefhistory of electronicnosesSensActuat B chan1994 ;18 :211-20
- [11] W3.gazi.edu.tr/~mkaradag/tezler/özlemyildirim.pdf
- [12] www.frmtr.com
- [13] Visual Basic Resources: <http://msdn.microsoft.com/en-us/vstudio/hh388573.aspx>( 19.1.2010)Wilson,A.D ve Baietto, M.2009 Applications andAdvances in Electronic Nose Technologies .Sensors ,9:5099-5148 .doi :10.3390/s90705099
- [14] Microsoft AccescDatabase : <http://Office.microsoft.com/tr-tr/accesc/>(19.1.2010)
- [15] W3.gazi.edu.tr/~mkaradag/tezler/özlemyildirim.pdf
- [16] Younts S, E.C.Alocilja , W.N.Osburn , S.Marquieand L.Grooms.2005 . Differentiation of EscherichiaColi 0157:H7 Fromnon -0157:H7 E.ColiSerotypesusing a gaz sensorbased ,computer-controlleddetectionsystem. Transactions of theASAE ,45 (5) :1681-1685
- [17] Qu, G.,J.R.R.Feddes , W.W.Armstrong , R:N Colomanand J.J , Leonard 2001 Measuringodorconcantrationwith on electronicnose. AmericanSociety of AgriculturalEngineers, 44 (6) :1807-1812
- [18] Kızıl, U and J:A Lindley 2001. Comparison of differenttechnigues in thedetermination of animalmanurecharacteristics. ASAE /CSAE North Central SectionsConferance. Brookings, South Dakota September28-29 , 2001PaperNo:SD 01-106

- [19] Helli, O.; Lfakir, A.; Siadat, M.; Lumbreras, M. , “Rapid evaluation of H<sub>2</sub>S/NO<sub>2</sub> concentration with a metal oxide gas sensor array”, Sensors, 2003. Proceedings of IEEE Volume: 2 , Sayısal Object Identifier: 10.1109/ICSENS.2003.1279161, Page(s): 1320 - 1324 Vol.2

## TEHLİKELİ VE ZARARLI ATIKLARIN TAŞINMASI

Zehra Elif KAYA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, KONYA/ TÜRKİYE

zehra\_elif\_kaya@hotmail.com

**ÖZET:** Tehlikeli atıklar, genel olarak üreten ve tüketen tarafından degersiz olarak sınıflanan, bu amaçla elden çıkarılan sanayi yan-ürünü ve/veya evsel kökenli tehlikeli ve zararlı maddelerdir. Ayrıca, tehlikeli kimyasal maddelerle temas etmiş, her türlü madde veya malzeme de tehlikeli atık olarak tanımlanmaktadır. Bir atığın tehlikeli olup olmadığına karar verilmesi sırasında, atığın bileşimi, atık içindeki bileşenlerin miktarları ve kimyasal reaksiyon verme durumları, atığın fiziksel durumu ile çevre üzerindeki etkileri ve kalıcılığı da göz önüne alınmaktadır. Bu çalışma; Türkiye de tehlikeli atık maddelerin taşınmasına yönelik tebliğler, yasalar ve usullere tabi olarak Konya ili içerisinde lisanslı taşıma firmalarının tehlikeli atıkları nasıl yönettiğini, bertaraf etme sürecini ve taşınan zararlı atıkların halk ve çevre sağlığı açısından değerlendirilmesi hakkında bilgi vermek amacıyla sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Tehlikeli ve zararlı atıklar, lisanslı taşıma, bertaraf

**Abstract:** Hazardous wastes which is worthlessly categorized by generally producing and consuming, is sub-industry product which is dispased fort his purpase or domestic orrgin hazardous and naxious substances. Also any substance or material have been in contact with dangerous chemicals have been described as hazardous wastes. When decided whether a waste is hazardous have been considered the compositian of the waste, the amount of components in the waste and chemical reactions making situations, impact and durability on the enviroment of the physical state of the waste. This study is performed to provide information abaout notifications fort he transportation of hazardous waste in Turkey , how to manage hazardous waste of licensed transport companies in Konya subjecting to the laws and procedures,disposal process and the evaluation of hazardous waste to be carried in terms of the public and the environment health.

**Key Words:** Hazardous and harmful wastes ,Licensed transport ,disposal

### 1.GİRİŞ

Tehlikeli atıkların yaklaşık %90'ı sanayiden kaynaklanmaktadır. Türkiye'de, Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığı'nın 1996 yılı İmalat Sanayi Atık Envanteri Anketine göre 10 kişi ve daha fazla çalışanı olan 3073 iş yerinin ürettiği toplam endüstriyel katı atık miktarı yaklaşık 14 milyon ton, kimyasal esaslı atıkların (küllü ve cürüm dahil) miktarı ise yaklaşık 5.6. milyon tondur. Ulusal Çevre Eylem Planında, Türkiye'de yılda üretilen tehlikeli atık miktarının 300.000 ton olduğu belirtilmektedir. Gayri safi milli hasılanın her 1.000 ABD dolarlık bölümü için yaklaşık 1,6 kilo tehlikeli atık üretilmektedir. Bir başka deyişle bu miktar, 15,8 kg olan OECD ortalamasından hemen hemen on kat daha azdır. [1]

Tehlikeli atık miktarda her yıl artan bu yükseliş, etkin ve akılçıl bir yönetimin oluşturulmasını gereklili kilmaktadır. Tehlikeli atık yönetimi, atıkların kaynağında özelliğine göre ayrılması, toplanması, geçici depolanması, geri kazanılması, taşınması, bertarafi ve kontrolü olarak tanımlanmaktadır. Tehlikeli atık yönetiminde amaç, üretim sırasında, tehlikeli atık oluşumunu en az düzeye indirmektir. Tehlikeli atığın üretilmesinden bertarafına kadar her aşamada çevreyi ve insan sağlığını tehlkiye atmayacak metotların uygulanması, bu konuda sanayiciyi teşvik edici mali araçların kullanılması da gerekmektedir.

Tehlikeli atıkların özellikle mevzuat ve kontrol açısından altyapısını henüz tamamlamamış ülkelere ithalatının önlenmesi amacıyla, OECD, Avrupa Birliği, Birleşmiş Milletler gibi uluslararası yapılanmalar bir takım düzenlemelere gitmektedir. Bu amaçla, “kirleten öder prensibi” ve “zarar oluşmadan önleme anlayışı” hayatı geçirilmeye çalışılmakta ve mümkün olan en iyi teknolojinin kullanılması teşvik edilmektedir.

Tehlikeli atıkların kontrol edilmesi amacıyla, uluslararası düzeyde sürdürulen çalışmalar kapsamında, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) bünyesinde hazırlanan “Tehlikeli Atıkların Sınır Ötesi Taşınımı ve Bertaraf Edilmesine İlişkin Basel Sözleşmesi” hazırlanmış ve Sözleşme 1992 tarihinde yürürlüğe girmiştir. [2]

Basel Sözleşmesi ekinde 45 ayrı atık kategorisi listelenmiştir. Atıklar iki ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar atık türleri ve atık bileşenleridir. Bu kapsamda atıkların nakledilmesinde, hareketin başladığı noktadan bertarafına kadar taşıma belgesi bulunması zorunludur.

Türkiye Basel Sözleşmesi'ne 1994 yılında taraf olmuştur. Türkiye, 1996 yılında "Akdeniz'de Tehlikeli Atıkların Sınır Ötesi Taşınımı ve Bertarafından Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi" ne ilişkin İzmir Protokolü'nü de imzalayarak, Basel Sözleşmesi'nin bölgesel uygulanmasına yönelik çalışmalarla destek vermiştir. Basel II. Düzenlemeleri Türkiye de 28 Haziran 2012 tarih ve 28337 sayılı Resmi Gazete de yayımlanmıştır. Türkiye de Tehlikeli Atık Maddelerin Taşınmasına İlişkin Yönetmelikler ;Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik (05.07.2008 Resmi Gazete Sayı:26927), Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (14.03.2005 Resmi Gazete Sayı:25755 ), Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik(26.03.2010 Resmi Gazete Sayı:27533 ), Atıkların Karayolunda Taşınmasına İlişkin Tebliğ(20.03.2015 Resmi Gazete Sayı:29301 )

Bu yönetmeliklerin genel amacı; Atıkların oluşumundan bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetiminin sağlanmasına, Atık oluşumunun azaltılması, atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanımı gibi yollar ile doğal kaynak kullanımının azaltılması ve atık yönetiminin sağlanması, Çevre ve insan sağlığı açısından belirli ölçütlerle, temel şart ve özelliklere sahip, bu Yönetmeliğin kapsamındaki ürünlerin üretimi ile piyasa gözetimi ve denetimine, ilişkin genel usul ve esasların belirlenmesidir. [3]

## **2.MATERYAL VE METOD**

Bu çalışmada materyal olarak tehlikeli atık maddelerinin Konya ili içinde taşınması ve bertaraf edilmesi incelenmiştir. Yöntem olarak teorik literatür ve verilerinin derlenmesi seçilmiştir. Çalışma ile ilgili tezler, makaleler, internetten sağlanan bilgiler ve veriler, Uluslararası Atık Taşıma Formundan yararlanılarak tehlikeli atıkların taşınması ,bertaraf edilmesi , çevre ve halk sağlığına etkisi irdelemiştir.

## **3.ARAŞTIRMA BULGULAR**

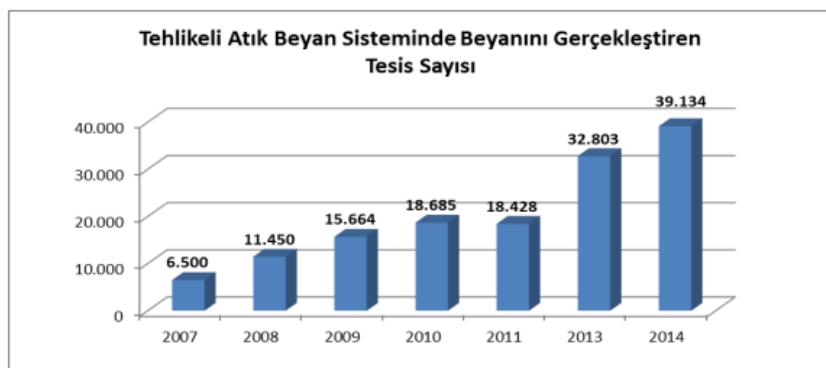
### **3.1Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni(2014)**

Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği kapsamında yıllık tehlikeli atık beyanları atık üreticileri tarafından, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Bilgi Sistemi ([online.cevre.gov.tr](http://online.cevre.gov.tr)) altında yer alan Atık Yönetim Uygulaması/Tehlikeli Atık Beyan Sistemi (TABS) kullanılarak gerçekleştirilmektedir. TABS'a yapılan beyanlar doğrultusunda 2014 yılı Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni hazırlanmıştır. [4]

2014 yılında ülke genelinde 39.134 adet tesis tarafından tehlikeli atık beyan formu doldurulmuştur. 2014 yılı için Türkiye genelinde Tehlikeli Atık Miktarı toplamı 1.413.220 ton olarak belirlenmiştir.

TABLO.1. Tehlikeli Atık Beyanında Bulunan Tesislerin Yıllara Göre Dağılımı

	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2014
Tehlikeli Atık Beyanında Bulunan Tesis Sayısı (adet)	6.500	11.450	15.664	18.685	18.428	32.803	39.134



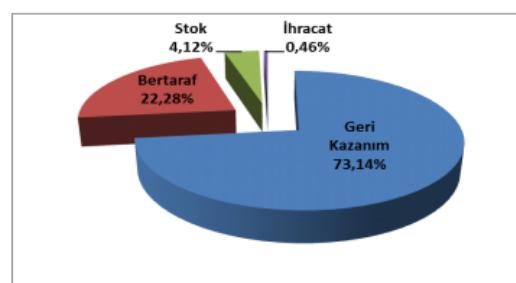
TABLO.2. Tehlikeli Atık Beyanında Bulunan Tesis Sayısı ve Tehlikeli Atık Miktar

	2009	2010	2011	2013	2014
TABS Kullanan Tesis Sayısı (adet)	15.664	18.685	18.428	32.803	39.134
Toplam Miktar (ton)	629.933	786.418	938.498	1.373.368	1.413.220



TABLO.3. 2014 yılı Tehlikeli Atık Durumu Türkiye Geneli Dağılımı (Ton)

Geri Kazanım	Bertaraf	Stok	ihracat	TOPLAM
1.033.598	314.826	58.225	6.571	1.413.220

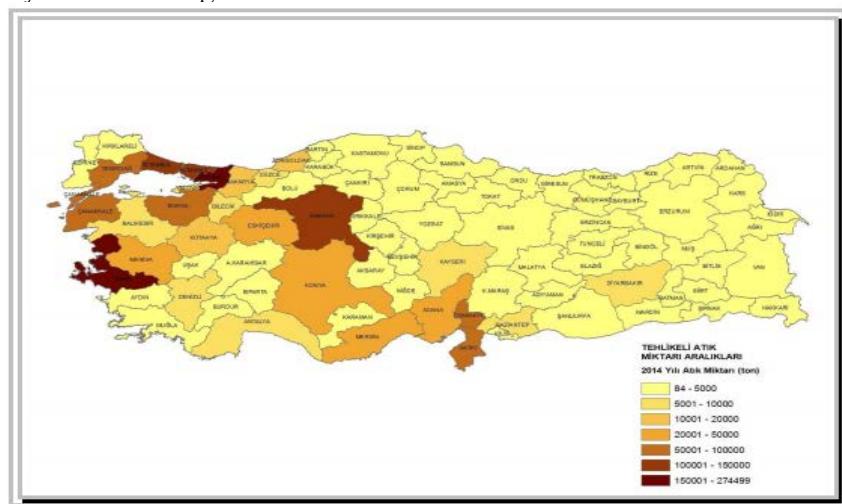


**Geri kazanım:** AYY'de belirlenen geri kazanım yöntemlerinden birine tabi tutulmak üzere tesisten gönderilen tehlikeli atık miktarını,

**Bertaraf:** AYY'de belirlenen bertaraf yöntemlerinden birine tabi tutulmak üzere tesisten gönderilen tehlikeli atık miktarını,

**Stok:** Yıl sonu itibariyle tesiste stok olarak tutulan tehlikeli atık miktarını,

**İhraçat:** İhraç kaydı ile tesisten gönderilen atık miktarını ifade etmektedir.



Şekil.1. İllere Göre Tehlikeli Atık Dağılımı Haritası (Ton)

### 3.2 Atık Kodları Doğrultusunda Tehlikeli Atık Miktarları

2014 yılında en çok beyanı gerçekleştirilen ilk 10 atık kodu ve miktarı aşağıdaki tabloda verilmektedir. Burada, en yüksek miktar Demir ve Çelik Endüstrisinden kaynaklanan 100207 kodlu atıklardır. Bunu sırası ile 150110 kodlu kontamine ambalaj atıkları, 170503 atık kodlu inşaat ve yıkım atıkları ve 180103 kodlu tıbbi atıklar takip etmektedir. Atık kodu bazında en yüksek beyan gerçekleştirilen ilk 10 atık miktarı toplamı 926.550 ton olarak tespit edilmiştir. Bu miktar 2014 yılında beyan edilen toplam tehlikeli atık miktarının %66'sını oluşturmaktadır. [4]

TABLO.4. Atık Kodları ve Atık Miktarları

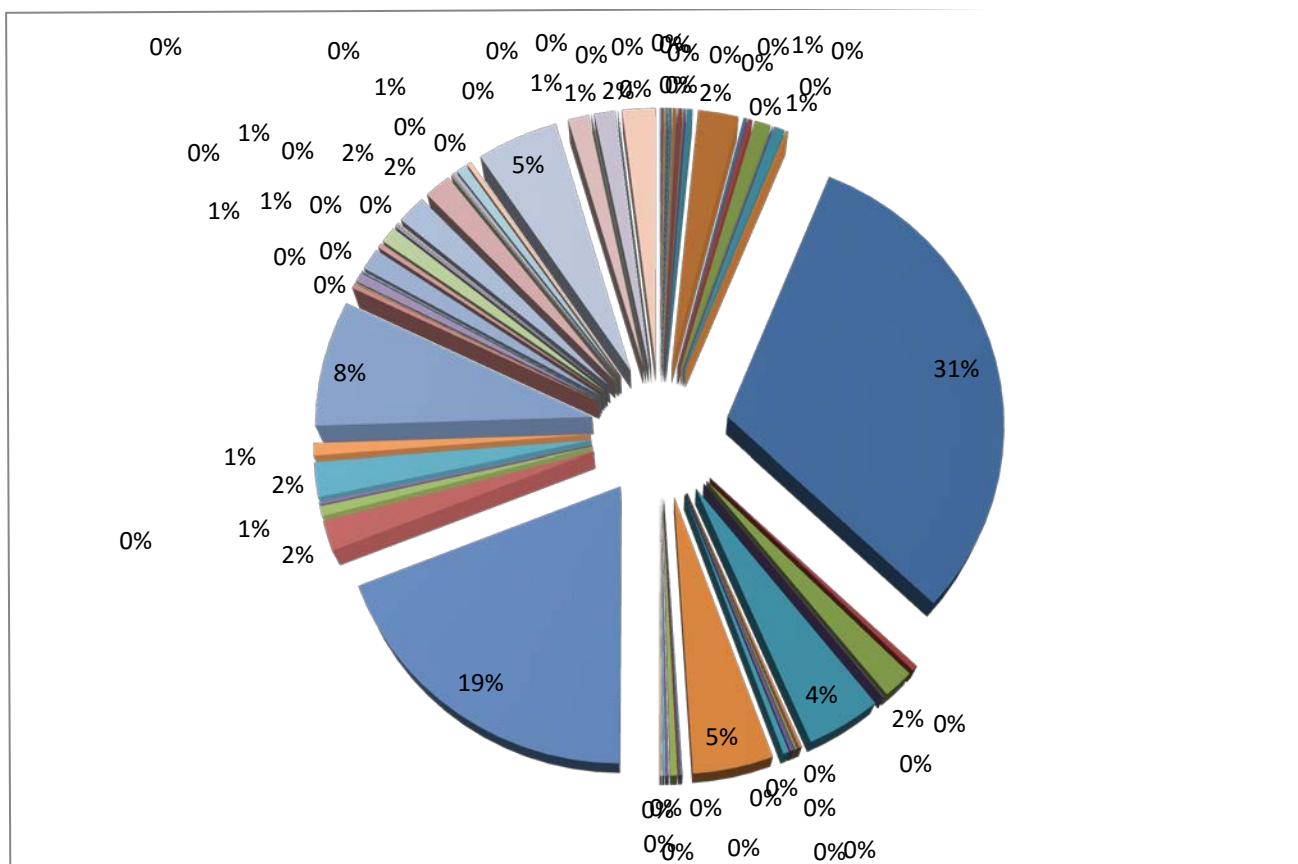
Sıra No	Atık Kodu	Atık Kodu Tanımı	Atık Miktarı (ton)
1	100207	Tehlikeli maddeler içeren gazların arıtımı sonucu ortaya çıkan katı atıklar	385.430
2	150110	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar	87.044
3	170503	Tehlikeli maddeler içeren toprak ve kayalar	85.805
4	180103	Enfeksiyonu önlemek amacıyla toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olan atıklar	76.761
5	110105	Sıyrıma asitleri (parlatma asitleri)	73.162
6	120120	Tehlikeli maddeler içeren öğütme parçaları ve öğütme maddeleri	68.453
7	190813	Endüstriyel atık suyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar	46.484
8	150202	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başa şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizleme bezleri, koruyucu giysiler	40.946
9	040219	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar	31.795
10	050103	Tank dibi çamurları	30.670

TABLO.5. Konya ili için Tehlikeli Atık Miktarları

Sıra No	Atık Kodu	Atık Kodu Tanımı	Miktarı (kg)
1	170409	Tehlikeli maddelerle kontamine olmuş metal atıkları	290459

2	130208	Atık Motor, Şanzıman ve Yağlama Yağları	187090
3	150110	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar	723889
4	120120	Tehlikeli maddeler içeren öğütme parçaları ve öğütme maddeler	173659
5	110105	Siyırma asitleri (parlatma asitleri)	162580
6	100304	Birincil üretim cürüfları	1171435

Atık Miktarları aşağıda belirtilen grafik de detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Sekil.2. Atık Miktarları Grafiksel Gösterimi

- Sekil 2: Atik Miktari Grafiği Gösterimi**

  - Fosfatlama çamurları
  - Tüketime ya da işlenmeye uygun olmayan maddeler
  - İşletme sahisi içerisindeki atık su arıtmından kaynaklanan çamurlar
  - Saha içi atıksu arıtmından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
  - Diğer organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözeltiler
  - Tehlikeli maddeler içeren katı maddelerinin atıkları
  - Diğer organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözeltiler
  - Tehlikeli madde içeren katı atıklar
  - Halojenli organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözeltiler
  - Diğer organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözeltiler
  - Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren atık boyası ve vernikler
  - İkinci üretilen kaynaklanan tuz cürüfları
  - İkinci üretilen kaynaklanan kara cürüflar
  - Tehlikeli maddeler içeren diğer partiküler ve tozlar (ögütücü değirmen tozu dahil)
  - Siyum a asitleri (parlatma asitleri)
  - Fosfatlama çamurları
  - Siyanür içeren atıklar
  - Halojen içermeyen madeni bazi işleme yağları (emülsiyon ve solüsyonlar hariç)
  - Halojen içermeyen işleme emülsiyon ve solüsyonları
  - Tehlikeli maddeler içeren kumlama maddeleri atıkları
  - Yağ içeren metalik çamurları (ögütme, bileme ve freze tortuları)
  - Tehlikeli maddeler içeren öğütme parçaları ve öğütme maddeleri

### **3.3. Ulusal Atık Taşıma Formu**

Ulusal Atık Taşıma Formu (UATF) ; tehlikeli atıkların bertaraf , geri kazanım tesislerine taşınması sırasında kullanımı zorunlu olan bir formdur.

Ulusal Atık Taşıma Formu'nun Doldurulması Ulusal Atık Taşıma Formu 3 bölümünden oluşmaktadır.

İlk bölüm "Üretici"nin dolduracağı bölüm olup üretici bilgilerini ve atığın özelliklerini belirtir. 11 numaralı "H Numarası" hanesi tehlikeli atığın özelliğine göre seçilir. 12 ve 13 numaralı "Atık Kodu" ve "Atık Adı" hanesi Atık Yönetimi Genel Esasları Yönetmeliği'ndeki atık kodlarında belirtilen atık kodlarından seçilerek yazılır. 14 (Fiziksel Durum), 15 (Renk), 17 (Ambalaj Türü) numaralı haneler ise UATF koçanında bulunan açıklamalar sayfasındaki bilgilere göre doldurulur. [5]

İkinci Bölüm "Taşıyıcı" bilgilerini içeren bölüm olup Taşıyıcı tarafından doldurulur.

Üçüncü Bölüm ise Alıcı bölümündür. Bu bölüm Geri Kazanım / Bertaraf firması tarafından doldurulur.

#### **3.3.1.Ulusel Atık Taşıma Formu Döngüsü**

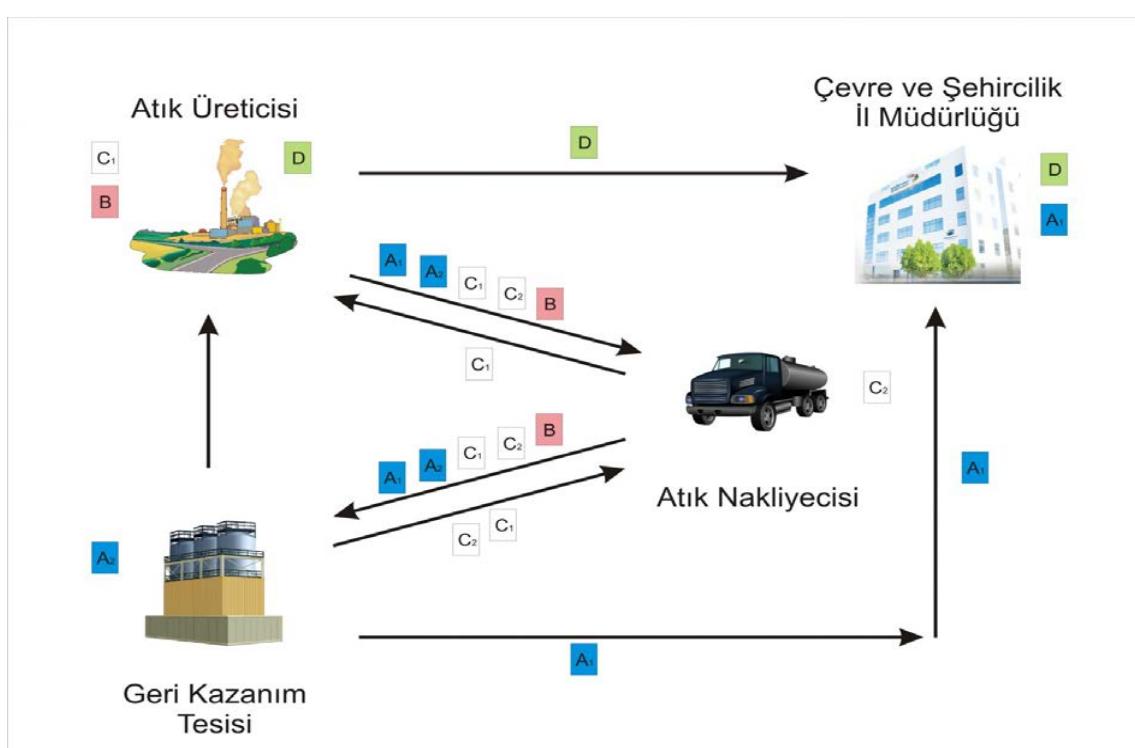
Ulusal Atık Taşıma Formu 6 nüshadan oluşmaktadır. Atık Taşınma işlemi sırasında UATF'nin üretici ve taşıyıcı kısımları doldurulur ve yeşil nüsha (D) haricindeki tüm nüshalar Taşıyıcı'ya verilir.

Yeşil nüsha, doldurulduktan sonra Atık Üreticisi tarafından Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'ne gönderilir, diğer nüshalar ise taşıyıcı tarafından atık ile birlikte bertarafçıya verilir. Bertarafçı, UATF'nin kendine ait kısmını doldurarak, her iki beyaz nüshayı (C1, C2) Taşımacıya, Pembe (B) nüshayı ise Atık Üreticisine gönderir. Mavi Nüshalardan birini (A1) saklar ve diğerini (A2) Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'ne gönderir (yenidenlemeye göre). Taşımacı Beyaz nüshalardan birini (C1) saklar diğerini (C2) de Atık Üreticisine yollar.[6]

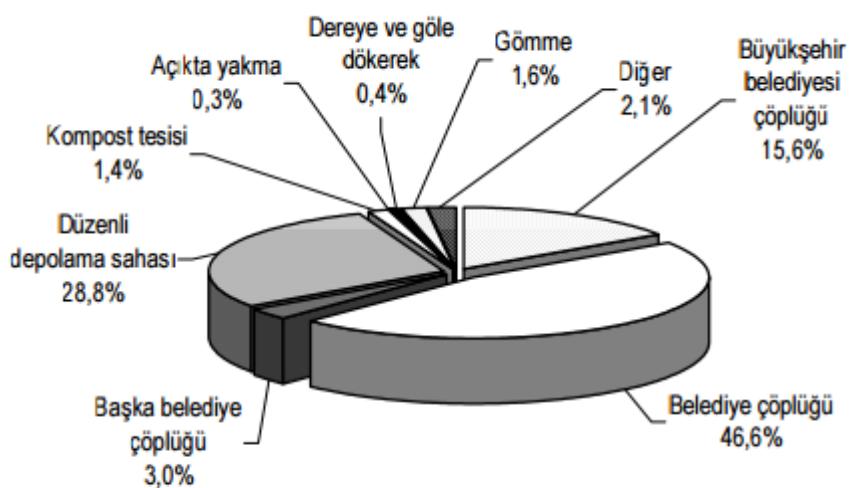
### **3.4 Konya ili tehlikeli atık madde taşımacılığı yapan lisanslı firmalar**

TABLO.6.Firma adı ,adres bilgileri ve lisans tarihleri

SIRA NO	FİRMA ADI	TESİS ADRES VE İLETİŞİM BİLGİLERİ	BULUNDUĞU İL	LİSTE EK-1/EK-2	İZİN LİSANS KONULARI	ATIK KODLARI	İZİN LİSANS DÜZ. TARİHİ	İZİN LİSANS GEÇER. TARİHİ
1	BIOKENT GERİ DÖNÜŞÜM NAKLİYAT MAKİNE OTOMOTİV VE DIŞ TİCARET LIMITED ŞİRKETİ	KONSAN SANAYİ SİTESİ 10727 SOKAK NO:42 KARATAY/KONYA tel:3323460408 fax:3323460410	KONYA	EK-1	Tehlikeli Atık Geri Kazanım	Atık Kodları	06.07.2011	06.07.2016
2	ÇEV-PET PETROL ÜRÜNLERİ GERİ DÖN. KİM. NAK. SAN.TİC. A.Ş (Konya Tesisi)	Ereğli Yolu Üzeri No:159/A tel:0 332 255 57 21 fax:03322555724	KONYA	EK-1	Hava Emisyon,Tehlikeli Atık Geri Kazanım,Atık Yağ Geri Kazanım	Atık Kodları	19.06.2013	19.06.2018
3	BIOMET GERİ DÖNÜŞÜM.NAK.MAKİNE OTOMOTİV VE DIŞ TİC.A.Ş.	KOSB. BÜYÜKKAYACIK MAH. KOCA DERDE SK NO:4 tel:3322391239 fax:3322392303	KONYA	EK-1	Tehlikeli Atık Geri Kazanım	Atık Kodları	02.08.2013	02.08.2018
4	ACİÖZ PETROL HURDACILIK NAKLİYE DEMİR ÜRÜNLERİ SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	BUYUK KAYACIK MAH. ORG. SAN. BÖL. T. ZİYAETTİN CAD. 7. SOK. NO:21 SELÇÜKLÜ/KONYA tel:03322391954 fax:03322391957	KONYA	EK-1	Hava Emisyon,Tehlikeli Atık Geri Kazanım,Atık Yağ Geri Kazanım	Atık Kodları	31.01.2014	31.01.2019
5	MUSTAFA VE KUDRET KARDEŞLER GERİ DÖNÜŞÜM HURDA METAL NAKLİYAT İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LIMITED ŞİRKETİ KETENCI SANAYİ ŞUBESİ	ORTA KONAK MAH.KETENCI Sİ.ŞİT.14332 SK. NO:24 tel:3323424124 fax:3323427587	KONYA	EK-1	Tehlikeli Atık Geri Kazanım	Atık Kodları	04.08.2014	04.08.2019
6	ÖZKILIÇLAR HURDACILIK SANAYİ VE TİCARET LIMITED ŞİRKETİ	FEVZİ AKMAMAK MAH/SEMT 10588. SK. 35 1 KARATAY tel:3323422560 fax:3323422543	KÖY 11	EK-1	Tehlikeli Atık Geri Kazanım	Atık Kodları	08.10.2015	08.10.2020
7	ERKİLCİLAR METAL NAKLİYE OTOMOTİV SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ	FEVZİ ÇAKMAK MAHALLESİ 10584 SOKAK NO:8 tel:3323421806 fax:3323422052	KONYA	EK-1	Tehlikeli Atık Geri Kazanım	Atık Kodları	22.02.2016	22.02.2021
8	KILIÇLAR MADENCİLİK METAL SANAYİ VE DIS	FEVZİ ÇAKMAK MAHALLESİ	KONYA	EK-1	Hava	Atık Kodları	26.04.2016	26.04.2021



Şekil.3. Tehlikeli Atık Taşıma Süreci Akım Şeması[7]



*Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu*

Şekil.4.Türkiye'de Atık Bertaraf Yöntemleri[8]

## **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Tehlikeli Atıkların Taşınmasına dair Konya ilinde lisanslı olarak çalışmalarını sürdüreren 8 adet firma bulunmaktadır. Yönetmeliklere uygun olarak Hava emisyonu, Geri Kazanım ve Bertaraf işlemlerini gerçekleştirmektedirler. Yapılan araştırmalar sonucunda Konya ilinde en çok oluşan tehlikeli atık Metal Endüstrisinden oluşan Birincil üretim Cürüflarıdır. 2015 yılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yapılan analizlerde miktarı 1171435 kg'dır. [9]

En çok tehlikeli atık geri kazanımı; Birincil üretim cürüfları, Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar ve Tehlikeli maddelerle kontamine olmuş metal atıklarından yapılmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle tehlikeli atıkların taşınması ve halk sağlığına zarar vermeden çevreyi en iyi şekilde koruyabileceğimiz yöntemler geliştirilebilir.

## **KAYNAKLAR**

- [1].Avrupa Atık İstatistikleri Yönetmeliği, No 2150/2002.
- [2]. Preparing a Waste Management Plan, A methodologicalguidancenote. EuropeanTopicCentre on WasteandMaterialFlows, EuropeanCommission Environment DG, 2003.
- [3]. Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr>.
- [4]. Development andapplication of wastefactors -an overview. European Environment AgencyTechnical Report No: 37, 1999.
- [5]. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB), <http://sanayi.tobb.org.tr>.
- [6].Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ,<http://izinlisans.cevre.gov.tr>
- [7].[http://www.sayistay.gov.tr/rapor/perdenrap/2007/2007-1AtikYonetimi/2007-Atik\\_Yonetimi\\_Raporu.pdf](http://www.sayistay.gov.tr/rapor/perdenrap/2007/2007-1AtikYonetimi/2007-Atik_Yonetimi_Raporu.pdf)
- [8].<http://www.tehlikeliatik.com/public/dosyalar/atik-tasima-genelgesi.pdf>
- [9]. Andersson, S.E. (1994). “Safe Transport of Dangerous Goods: Road, Rail or Sea, A Screening of Technical and Administrative Factors”. European Journal of Operatianal Research, vol. 75, no. 3, s. 499 – 507.
- [10]. Davis, D.J., Christianson. (1991). Firefighter’s Hazardous Materials Reference Book. New York.
- [11]. Çancı, M., Erdal, M. (2003). Uluslararası Taşımacılık Yönetimi. İstanbul: UTİKAD
- [12]. William F.M., John, M., Lippitt, P., Paul, J.W. (2000). Hazardous Waste Transportation Safety, Hazardous Waste Handbook. Butterworth – Heinemann.

## **AKSARAY ve ÇANKIRI İLLERİNİN RÜZGÂR ENERJİ POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Onder KAHRAMAN<sup>1</sup>, Hasan KOÇYİĞİT<sup>1</sup>

Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü 68100

[okahraman\\_1978@hotmail.com](mailto:okahraman_1978@hotmail.com)

**ÖZET:**Bu kaynaklardan biri olan Rüzgar Enerjisi de son yıllarda gözde yatırım alanlarından biri haline gelmiştir. Bu çalışmada önce Rüzgar Enerjisi'nin dünyada ve ülkemizde rüzgar enerjisi üzerine planlanan devlet destekli projelere değinilmiştir. Rüzgar hız verisi işlenmesinde kullanılan olasılık dağılım fonksiyonları açıklanmış, olasılık dağılım fonksiyonlarında kullanılacak parametrelerin hesabı üzerinde durulmuştur.

Aksaray ve Çankırı Bölgesi Rüzgar Enerji potansiyeli hesaplanırken Aksaray ve Çankırı Meteoroloji ölçüm istasyonunda kaydedilen on yıllık saatlik ortalama rüzgar verileri kullanılarak, Rayleigh Olasılık yoğunluk fonksiyonu yardımıyla farklı yükseklik ve kanat uzunlukları için güç yoğunluğu hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca yörenin enerji potansiyelini daha net olarak ortaya çıkarabilecek önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler :** Aksaray Rüzgar Enerjisi , Çankırı Rüzgar Enerjisi, Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu

### **Investigation of Wind Energy Potential of Aksaray and Cankiri Region**

**Abstract:** Investments in the field of renewable energy in our country, as well as all over the world is increasing. Wind energy which is one of these sources, has become one of the popular investments in recent years. In this study the state of wind power in the world and in our country is explained, in addition to this the planned wind power on state-funded projects are mentioned. Wind speed probability distribution functions for the processing of data are described and the parameters of the probability distribution function used in calculations of the wind power density are explained. Wind energy potential in Aksaray and Çankırı region is determined using the data recorded at Aksaray and Çankırı Meteorological Station. Power density calculations are made using the hourly recorded wind data for ten years. Rayleigh probability density function is used in determining the power density for different height and lengths of the wing, in addition, suggestions were made that could indicate more clearly of the energy potential of the region.

**Keywords :** Aksaray Wind Energy, Cankırı Wind Energy, Probability Density Function

### **GİRİŞ**

Gelişen teknoloji ile birlikte ülkelerin artan enerji ihtiyaçları ve bu hızla ulaşamayan enerji üretimi nedeniyle enerji fiyatları gittikçe artmaktadır. Dünyada ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir bölümünü fosil esaslı kaynaklardan sağlanmaktadır. Fosil yakıtların çevreyi kirletmesi, küresel ısınmaya yol açması, rezervlerinin gittikçe azalması, ülkelerin dışa bağımlılıklarını artırması ve enerjiye olan talebi sürekli artmasından dolayı yenilenebilir ve alternatif enerji alanındaki çalışmaların artmasına neden olmuştur. Bu bakımından araştırmalar, doğayı ve çevreyi kirletmeye, kendilerini sürekli yenileyebilen rüzgâr enerjisi, hidrolik enerji, güneş enerjisi, jeotermal enerjisi v.b gibi yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yoğunlaşmış ve halende devam etmektedir. Fosil esaslı yakıtların kullanılması sonucu oluşan sera gazlarının, çevre ve insan sağlığı açısından yarattığı olumsuz etkileri herkes tarafından bilinmesine rağmen enerjiye olan ihtiyaçtan dolayı karbondioksit salınınının en çok olduğu elektrik

santrallerinde fosil kaynaklı yakıtların kullanımına devam edilmektedir. Bunun neticesinde atmosferde meydana gelen küresel ısınma tüm dünyanın ortak problemi haline gelmiştir.

Türkiye sera gazı salımına çok fazla katkı yapmaya da emisyonuna büyük oranda maruz kalmaktadır. Ülkemiz enerji üretiminde dışa bağımlı olmakla birlikte çoğunlukla petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlarını kullanmaktadır. Son yıllarda fosil yakıt rezervlerinin azalması ve artan talep neticesinde özellikle petrol ve doğal gaz fiyatlarının aşırı yükselmesine neden olmuştur. Enerji fiyatlarındaki bu aşırı yükselme Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerini derinden etkilemektedir.

Türkiye ekonomik ve enerji bağımsızlığı açısından ithal fosil yakıtları ile elektrik üretimini en aza indirmeli, çevre ve insan sağlığını gözterek, başta rüzgâr, güneş, hidrolik olmak üzere yenilenebilir kaynaklara yönelmeli ve sahip olduğu zengin yeraltı ve yer üstü kaynaklarını en iyi şekilde değerlendirmelidir. Ülkemiz açısından yenilenebilir enerji kaynakları içinde uygulanabilirliği ve verim bakımından rüzgâr, güneş ve hidroelektrik enerji santralleri ön sıralarda yer almaktadır. Ancak bu santrallerinde kurulum masrafları, bölgedeki potansiyelleri, zamana bağlı değişimleri, güvenirlilik problemleri v.b gibi temel sorunları mevcuttur.

Bu çalışmada Aksaray ve Çankırı illerinin rüzgar enerji potansiyeli araştırılmış olup Aksaray ve Çankırı Meteoroloji Müdürlüğü rüzgar verileri esas alınarak bölgenin rüzgar performans analizleri yapılması hedeflenmiştir.

## RÜZGAR TÜRBİNLERİ VE GENEL DURUMU

*Rüzgar türbinleri ve Çeşitleri (1):*

---

1. Tek Kanatlı Rüzgar Türbinleri
2. Çift Kanatlı Rüzgar Türbinleri
3. Üç Kanatlı Rüzgar Türbinleri
4. Çok Kanatlı Rüzgar Türbinleri:
5. Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri (DERT)
6. Savonious Rüzgar Türbinleri:
7. Darrieus Rüzgar Türbinleri:
8. H-Darrieus Rüzgar Türbinleri:
9. Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri (Wagner RT)

### Rüzgar Türbinlerinin Birbirleri İle Karşılaştırılması

Rüzgar çiftlikleri kurulumunda; rüzgar şartları, kurulacak alan ve ciddi kayıplardan kaçınmak için RT'lerin özellikleri bilinmelidir. RT'ler incelendiği üzere kanat çeşitleri, rüzgari alış şekilleri ve kullanım alanlarına göre birkaç çeşitte imal edilebilmektedir. Aşağıdaki Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'de RT'lerin birbirleri ile çeşitli özellikleri ve tipleri dikkate alınarak kıyaslanması verilmiştir. Bu tablolarda; türbinin kullanım amacı, bölgedeki rüzgar ve maddi imkanlara göre nasıl bir türbin seçimi gerektiği veya kurulmak istenen türbinin özellikleri görülmektedir (1).

**Tablo 1.** Büyüklüklerine Göre Türbinlerin Karşılaştırılması

	Kullanım Alanı	Bir Tek Türbin Gücü	Üretilen Enerjinin Verildiği Yer	Akü İhtiyacı	Bakım Masrafı	Kurulum Masrafı
Büyük RT.'ler	Endüstriyel	50kW-2MW	Şebeke	Yok	Var	Yüksek
Küçük RT.'ler	Kişisel	50W-20kW	Çiftlik evleri, Telekomünikasyon Alıcısı, Radyo Kulesi, Seralar Acil Telefonları vb.	Var	Yok	Düşük

**Tablo 2.** Rüzgarı Alış Yönüne Göre Türbinlerin Karşılaştırılması

	Yaw Mekanizma İhtiyacı	Kanat Malzeme Yapısı	Kuleye Binen Yük	Rüzgarın Turbine Verdiği Zarar
Rüzgarı Önden alan RT	Var	Sert	Ağır	Az
Rüzgarı Arkadan alan RT	Yok	Esnek	Hafif	Çok

**Tablo 3.** Kanat Çeşitlerine Göre Türbinlerin Karşılaştırılması

	Tek Kanatlı	2 Kanatlı	3 Kanatlı	Çok Kanatlı	Savonius	Darrierus
Maliyet	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Estetik Görünüm	Kötü	Kötü	İyi	İyi	İyi	İyi
Gürültü	Yüksek	Yüksek	Düşük	Az	Az	Az
Çalışma Hızı	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
Kule İhtiyacı	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok
Kullanım Amacı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Az Elektrik & Su pompalama	Az Elektrik & Su pompalama	Az Elektrik & Su pompalama
Günümüzde Kullanımı	Yok	Yok	Var	Var	Az	Az
Rotorun Dönmesi için Rüzgarı	Kaldırır	Kaldırır	Kaldırır	Kaldırır & Sürükler	Kaldırır & Sürükler	Kaldırır & Sürükler

Yerel yüzey yapısı, bitki örtüsü ve yüksek bina gibi engeller rüzgar hızını etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Türbinler düz tepelerde, en yüksek noktaya; vadi, kanyon ve geçitlerde ise hakim rüzgari alabilecek ve tüketiciden uzak olmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Kanat yerleşiminde, asgari kanatın yerden 3m yüksekte olması ve kullanım yerinden 40m uzakta olması avantajdır. Rüzgar çiftliklerinde yapılan düzenlemelerde her bir türbin, rüzgari en iyi alacak şekilde ve birbirlerinin arkasına, gölgeleme etkisi en az olacak şekilde yerleştirilmesine dikkat edilmelidir (1).

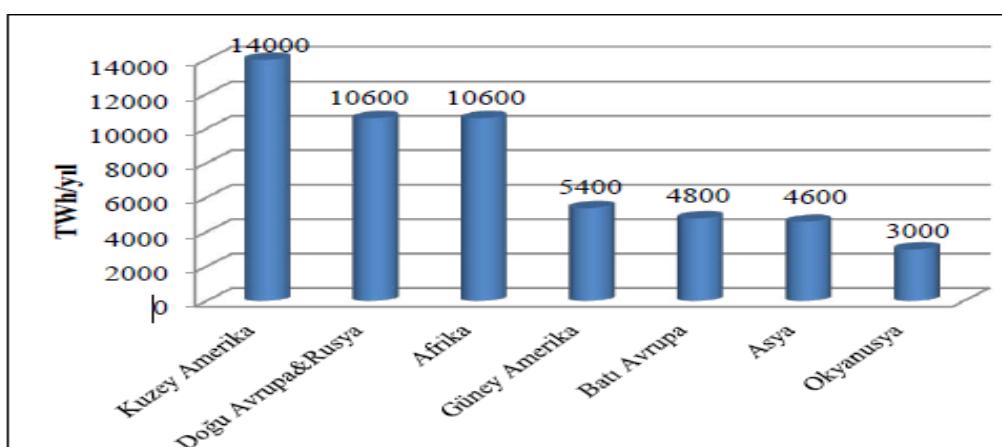
## 2.2. Rüzgar Enerjisi Santrali Kurulması Aşamaları

*1.1. Bir yörede rüzgar gücünün türbinler vasıtası ile elektrik enerjisine dönüştürülmesi için aşağıda sayılan ön çalışmaların tamamlanması gereklidir. Bu çalışmalara ofis, arazi, varsa MGM rüzgar verileri ve uzman kişi görüşleri ile halktan alınacak bilgilerinde işlenmesi girer. Ön çalışma olarak aşağıdaki adımların sırası ile tamamlanması gereklidir.*

1. Potansiyeli olan arazinin tespiti
2. En az bir yıl boyunca kayıt yapılmış olması
3. Verilerin uygun analizinin yapılması
4. Arazinin potansiyelinin çalışılması
5. Uygun türbin kapasitesi seçimi
6. Santral projesinin hazırlanması
7. Gerekli kurumlara başvurarak izinlerin alınması
8. Zemin çalışmalarının yapılması
9. Türbinlerin kurulması
10. Elektrik iletim hatlarının çekimi
11. Deneme üretimi

## 2.3. Dünyada Rüzgar Enerjisinin Genel Durumu

Dünya Enerji Konseyi (WEC) tarafından yayınlanmış çalışmaya göre; 5.1 m/s üzeri rüzgar hızlarına sahip bölgelerin uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile %4'nün kullanılacağı kabul edilerek, dünya rüzgar enerjisi teknik potansiyeli 53.000 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Dünya'da 2013 yılı sonu yıllık rüzgar enerjisi üretimi 637 TWh/yıl olup enerji üretimi içerisindeki payı %2.7'dir. 2014 yılı sonu itibarıyla işletmede olan rüzgar enerji santralarının kurulu gücü ise yaklaşık olarak 370 GW'dır (4).



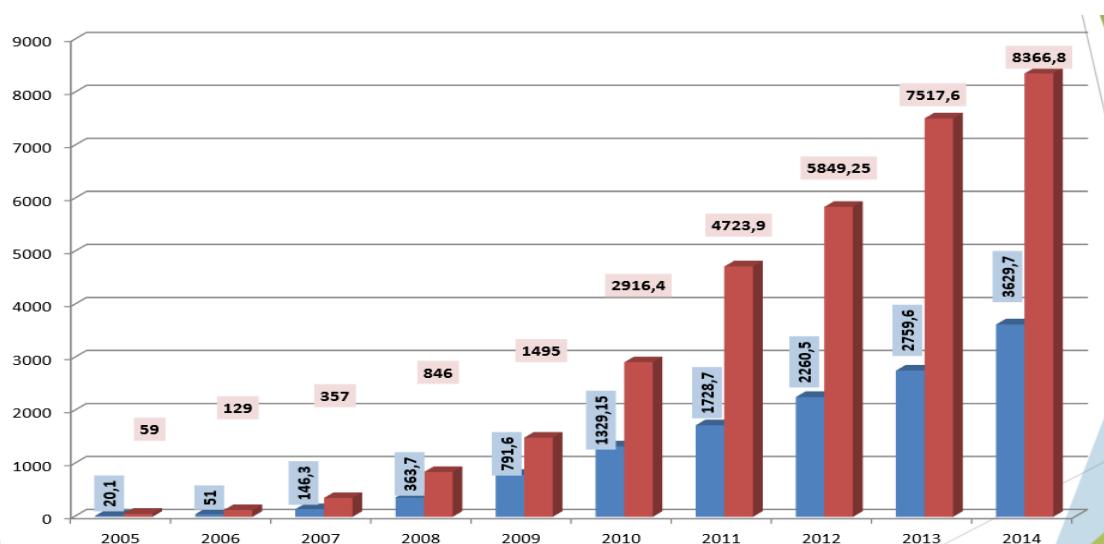
Şekil 1. Dünyada Teknik Rüzgar Potansiyelinin Kıtalara Göre Dağılımı

## 2.4. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisinin Durumu

Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7.5 m/s üzeri rüzgar hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgar santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabuller ışığında, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgar akış modeli kullanılarak üretilen rüzgar kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır.

Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün %1.30'una denk gelmektedir.

Türkiye'de, 2015 yılı sonu yıllık rüzgar enerjisi üretim miktarı 11.552 GWh'dır. 2015 yılı sonu itibarıyla işletmede olan rüzgar enerji santralarının kurulu gücü ise 4.503 MW'dır (2).



**Şekil 2.** Türkiye'de 2005-2014 rüzgar kurulu gücü gelişimi (TMMOB, 2015).

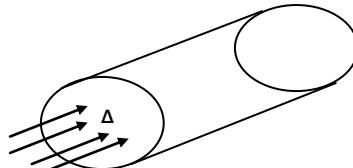
## RÜZGÂR ENERJİSİ MALİYET ANALİZİ: RÜZGÂR ENERJİSİ MEVCUT ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ İLE KW BAŞINA YÜKSEK SERMAYE GEREKTİREN ANCAK YAKIT VE İŞLETME MALİYETİ EN DÜŞÜK OLAN BİR ENERJİ KAYNAĞIDIR.

---

Rüzgar enerji maliyetini belirleyen etkenler şu şekilde sıralanabilir (5).

- Yatırım giderleri ( kurulum alanı, şebeke bağlantısı dahil)
- İşletme ve bakım giderleri
- Kapasite faktörü
- Türbin çalışma ömrü
- Dış maliyetler. RÜZGAR GÜCÜ HESABI

Kütlesel hava akımı alanı A olan bir rüzgar türbinindeki hava kütle akımı  $\frac{dm}{dt}$  dir. Akışkanlar mekanlığında sürekli denkleminden birim zamandaki kütle akımı  $\rho$  yoğunluk ve hızın fonksiyonudur.



Birim zamanda üretilen güç veya kinetik enerji,

$$P = \frac{1}{2} \frac{dm}{dt} U^2 = \frac{1}{2} \rho A U^3 \quad (3.1.)$$

Birim alandaki güç P/A veya güç yoğunluğu,

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho U^3 \quad (3.2.)$$

Güç yoğunluğu havanın yoğunluğuyla doğrudan ilişkilidir. Standart şartlarda (deniz seviyesinde 15°C de) havanın yoğunluğu  $1.225 \text{ kg/m}^3$  dür. Rüzgardan elde edilen güç doğrudan kanadın taradığı alanla orantılıdır. Rüzgar güç yoğunluğu hızın kübyle orantılıdır. Pratikte en modern yatay eksenli rüzgar türbinleriyle bile potansiyel rüzgar gücünün ancak % 45 i kadar enerji üretilebilmektedir. (J.F. Manwell, J.G McGowan, A.L. Rogers) kararlı bir rüzgarda ( $\rho=1.225 \text{ kg/m}^3$ ) birim alandaki teorik güç (3):

Eğer saatlik ortalama rüzgar hızı  $U_i$  biliniyorsa saatlik hesaplanan rüzgar gücünü kullanarak yıllık ortalama güç bulunabilir. Saatlik ortalamalara dayanan ortalama rüzgar gücü yoğunluğu hesabı,

$$\bar{P}/A = \frac{1}{2} \rho \bar{U}^3 K_e \quad (3.3.)$$

$\bar{U}$  yıllık ortalama rüzgar hızı,  $K_e$  enerji pattern faktörü olarak isimlendirilir.

$$K_e = \frac{1}{N\bar{U}^3} \sum_{i=1}^N U_i^3 \quad (3.4.)$$

N bir yıldaki saat sayısı yani 8760 dır.

Eğer bu hesaplar sonunda;

- $\bar{P}/A < 100 \text{ W/m}^2$  ise rüzgar zayıf
- $\bar{P}/A \cong 400 \text{ W/m}^2$  ise rüzgar iyi
- $\bar{P}/A > 700 \text{ W/m}^2$  ise rüzgar çok iyi olarak sınıflandırılabilir (3).

### 1.1.1. Rayleigh Dağılımı:

Bu dağılım tek bir parametreye ihtiyaç duyan en basit rüzgar hızı olasılık dağılım fonksiyonudur. Parametre olarak  $\bar{U}$  ortalama hız değerine ihtiyaç duyar. Olasılık yoğunluk ve kümülatif dağılım fonksiyonları,

$$p(U) = \frac{\pi}{2} \left( \frac{U}{\bar{U}^2} \right) \exp \left[ -\frac{\pi}{4} \left( \frac{U}{\bar{U}} \right)^2 \right]$$

- $F(U) = 1 - \exp \left[ -\frac{\pi}{4} \left( \frac{U}{\bar{U}} \right)^2 \right]$  şeklinde ifade edilir (3).

## 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Rüzgar enerjisi temiz ve bedava olan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Dünya ve Güneş var olduğu sürece bu kaynağın tükenme ihtimali bulunmamaktadır (2).
2. Hava Kirliliği problemini azaltmakta ve fosil yakıtların sebep olduğu hava kirliliği rüzgar türbinleri için söz konusu değildir. Bu türbinler yakıt olarak rüzgârı kullandıkları için atmosfere zehirli gaz atıkları bırakmazlar (2)..
3. Küresel ısınmaya katkıda bulunmazlar dolayısıyla iklim değişikliğine de sebep olmaz. Rüzgardan enerji elde edilirken yanma olmadığı için karbon emisyonu yoktur ve karbonla ilgili zararlı işlemlere de katkısı olmamaktadır (2)..
4. Kirletici emisyonları olmadığı için hava kirliliği sorununu azaltır. Çünkü fosil kökenli yakıtlardan elde edilen enerjilerin hava kirliliğine katkıları bulunmamaktadır (2)..
5. Elde edilmesi kolay olması bakımından yakıt maliyetleri yoktur. Her yerde bol ve bedava bulunduğu için yeteri kadar yararlanıldığı zaman yakıt ithali ve ithalat bağımlılığını ortadan kaldırır (2)..
6. İstihdam ve bölgesel kalkınma sağlayarak işsizliğin azalmasına sebep olur. Ülkemizde rüzgar türbin ve kulelerini üreten ve üretebilecek sanayi tesislerinin olduğu düşünülürse, hem bu yapılm için demde yapım aşamasında, inşaat faaliyetleri yöredeki insanlara iş imkanları sağlar (2)..
7. Kırsal kesimlerde elektrik ağını geliştirir. Ayrıca kırsal kesimlerde kurulan bu rüzgar türbinleri arazi için ödenen satın alma veya kira bedelleriyle yöredeki insanlara ciddi ekonomik katkı sağlayabilir (2)..
8. Yeryüzünde sürekli var olduğu, her zaman ve her yerde bulunduğu için enerji güvenliği sağlar. Fosil yakıtların fiyat değişkenliğinden kaynaklanan karmaşıklığı önler (2)..

9. Kurulması fazla zaman almadığı için termik ve hidrolik güç santrallerine göre daha çabuk kurulur. Rüzgar çiftliklerinin söküm maliyetleri yoktur. Çünkü sökülen türbinlerin hurda değeri söküm maliyetlerini karşılamaktadır. Bu çiftliklerin ömrülerinin tamamlamasından sonra türbinlerin kullanıldığı alan eski haline kolayca getirilebilmektedir (2)..
10. Rüzgar santrali içinde veya etrafında tarım ve sanayi faaliyetleri yapılabildiği için arazi dostudur. Rüzgar çiftlikleri kuruldukları alanın sadece %1' lik bölümünü işgal ederler ve geri kalan kısımlar tarımsal faaliyetlerde rahatlıkla kullanılabilir (2)..
11. Aksaray ve Çankırı merkezde bulunan meteoroloji ölçüm istasyonunun yeri göz önüne alındığında Meteoroloji müdürlüğün yapıldığı yıllarda şehir dışı sayılan bölgenin artık şehir içi sayılabilcek bir yer haline geldiği ve son yıllarda müdürlük çevresindeki yapışmanın hızla arttığı görülmektedir. Bu durum Meteoroloji Müdürlüğünde ölçülen rüzgar değerlerinin olması gerekenden daha düşük ölçüldüğü sonucunu doğurur Aksaray ve Çankırı bölgesinde rüzgar enerji potansiyelinin daha sağlıklı belirlenebilmesi için yeni rüzgar ölçüm istasyonlarına ihtiyaç vardır.

## KAYNAKLAR

1. Nida NURBAY, Ali ÇINAR Kocaeli Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümü Rüzgar Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması
2. Cumali İLKKILIÇ, Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı (Mühendis ve Makina Cilt:50 Sayı:593)
3. Manwell J.F, McGowan J.G, Rogers A.L., "Wind Energy Explained", University of Massachusetts, Amherst, USA , 2002
4. ŞENEL Mahmut Can ,KOÇ Erdem Dünyada ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme (Mühendis ve Makina Cilt 56 Sayı 663)
5. Akyüz, O., 11 Mayıs 2000, "Rüzgar enerjisi ve diğer enerji kaynaklarının fiyat/maliyet analizi Raporu", Ankara.

## **AMBALAJ ATIKLARIN GERİDÖNÜŞÜMÜ**

Nagehan KOŞAR, Yakup KURMAÇ  
*Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray*

**ÖZET:** Küreselleşme, hızlı ve kontrollsüz artan dünya nüfusu ile birlikte insanların ihtiyaçlarının artması, işletmeleri daha fazla kaynak tüketmeye zorlamıştır. Artan kaynak tüketimi ile birlikte, doğal denge bozulmakta ve çevreye verilen zarar artmaktadır. İşte bu noktada geri dönüşümün önemi ortaya çıkmaktadır.

Ambalaj atıklarının çevreye zarar verecek şekilde alıcı ortama bırakılmasını önlemek için ambalaj atıklarının tekrar kullanımı, geri dönüşümü ve geri kazanımı yoluna gidilmelidir. Bu sistemin işleyışı kaynakta ambalaj atıklarının evsel atıklardan ayrı olarak biriktirilerek toplama sistemine verilmesi ile başlamaktadır.

Bu çalışmada, ambalaj atıklarının tekrar kullanımı, geri dönüşümü ve geri kazanımı ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Geri dönüşüm, Ambalaj, Ambalaj Atığı

## **RECYCLING OF PACKING WASTES**

**Abstract:** Globalisation, together with the fast and frantically population increase compelled companies to use up more resources. With the increasing consumption of resources, balance of nature has been destroyed and harm to the nature has been increased. And just at this point, importance of recycling appears.

The management of packaging materials (i.e. recovery and recycling of packaging waste) aims to minimize the impact of packaging waste on the environment; hence packaging wastes should be accumulated separately from domestic waste at source.

In this investigation, reusing , recycling and regaining of the packing waste has been handled.

**Keywords:** Recycling, Packaging, Packaging waste

### **GİRİŞ**

Teknoloji ve sanayileşmenin hızlı bir şekilde gelişmesinin çevreye olan en büyük etkisi oluşan atık miktarlarının ve türlerinin de sürekli olarak artış gösterir olmasıdır. Bu atık türlerinin başında katı atıklar gelmektedir ve bu durumun çevre kirlilik yükünü giderek artırdığı bilinmektedir. Artan bu katı atık miktarlarının önüne geçilmesi, sorumsuzca kullanılan doğal kaynakların tükenmemesi için katı atıkların çevreye zarar vermeyecek veya en az zarar verecek şekilde uzaklaştırılması, insan sağlığını olumsuz etkilemeyecek şekilde geri kazanmak amacıyla uygun bir katı atık yönetiminin seçilmesi ve uygulanması gerekmektedir.

Gelişen toplumlarda insanların tüketim alışkanlıklarını ile tüketim maddelerinden katı atık miktar ve bileşimleri arasında doğrusal bir ilişki vardır. Özellikle köyden kente göçün hızlanması ile büyük şehirlerin nüfusu gittikçe artmış toplumumuzdaki üretken nüfus yerini tüketici nüfusa bırakmıştır.

Artan nüfusa paralel hızlı gelişen sanayinin, üretilen katı atık miktarlarında payı büyütür. Depolama sahaları, artan çöp miktarı ile birlikte ömründen önce dolmakta ve dünya genelinde depolama sahaları için alan istihdam etmekte sıkıntılardır. Üretilen katı

atık miktarındaki bu artışın sebebi insanların gelişen teknoloji ile birlikte tüketim alışkanlıklarının da değişmesidir.

Tüketim alışkanlıklarının değişimine bağlı olarak her ürünün tüketiciye sağlıklı uzun ömürlü olarak ulaşması için ambalajlanması söz konusudur. Bunun sonucunda ürün tüketiciye ulaştığında ambalajın görevi bitmektedir. Tüketim sonucu oluşan ambalaj atıkları değerlendirdikleri takdirde hammadde ihtiyacını karşılayarak, ekonomik getiri sağlamaktadır.

Katı atık miktarının azaltılmasındaki en önemli katı atık yönetim basamağını geri dönüşüm oluşturmaktadır. Sağlıklı ve sürdürülebilir bir katı atık yönetim sistemi, ambalaj atıklarını diğer atıklar ile karışmadan kaynağında ayrı toplanması ve organize bir yapı içerisinde geri kazanım sürecinin gerçekleştirilmesi ile oluşmaktadır.

### **ATIK TANIMI**

Atık, ülkemiz mevzuatında ilk olarak 1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'nda “herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılan veya bırakılan zararlı maddeler” şeklinde tanımlanmıştır.

“Üretimden tüketime kadar olan tüm aşamalarda ortaya çıkan ve kullanıcının artık işine yaramayan maddelerin tamamı” olarak ifade edilmektedir.

Sosyal ve ekonomik faaliyetler sonucunda işe yaramaz hale gelen ve akıcı olabilecek kadar sıvı içermeyen her tür madde ve malzemeyi katı atık olarak tanımlamak mümkündür.

Yönetmeliğe göre katı atıklar; Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamuru olarak tanımlanmaktadır.

### **ATIK PİRAMİDİ**

Atığın toplanması, taşınması, geri kazanılması, bertaraf edilmesi, bertaraf sahalarının kapatılma sonrası bakımı ve bu tür faaliyetlerin gözetim, denetim ve izlenmesini, ifade etmektedir.



**Şekil 1** Atık Piramidi

### **Önleme**

Bu yöntemde amaç atığın hiç üretilmemesini sağlamaktır. Fakat teknik ve sosyal açıdan bunun olması mümkün değildir.

### **Azaltma**

Bu yöntemde atık miktarının en aza indirgenmesinin yanı sıra, atık içerisinde tehlikeli atık özelliklerinin de bulunmaması istenmektedir. Bu yönteme örnek olarak, üretimde yöntem ve hammadde seçerken atık miktarını azaltacak değişikliklere gidilmesi, ürünlerin ömrünü uzatacak teknik ve yöntemlerin bulunmasıdır. Tüketicinin bilinçlendirilmesi atık azalmasında önemli rol oynayan diğer bir faktördür.

### **Tekrar kullanım**

Üretilen katı atığın toplanıp temizlenmesi haricinde hiçbir işleme tabi tutulmadan, ekonomik ömrünü tamamlamasına kadar defalarca tekrar kullanılması işlemeye tekrar kullanım denir. Cam şişelerin içindeki ürünün tüketimden sonra tekrar kullanılması örnek gösterilebilir.

### **Geri dönüşüm**

Katı atıkları fiziksel ve kimyasal işlemelere tabi tutarak ikincil hammadde elde edilmesi işlemeye geri dönüşüm denir. Atık plastiklerden yeni plastik üretimi, kırık camların eritilerek hammadde üretilmesi vb. örnek gösterilebilir.

## Geri kazanım

Üretilen katı atıkların fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler ile tekrar kullanılması, birincil veya ikincil hammadde elde edilmesi ve enerjiye dönüştürülmesi işlemeye geri kazanım denir.

Atıkların geri kazanım süreci, ürünlerin tüketildiği anda başlar. Toplam katı atık içindeki değerlendirilebilir bileşenler, hangi amaçla ve yöntemle geri kazanılacak olursa olsun, atıkların düzenli ve ekonomik bir biçimde, belli bir yerde toplanması gereklidir. Bu da çok iyi ve detaylı planlamayı gerektiren karmaşık bir sistemdir.

### Bertaraf

#### 1. Vahşi depolama

Atıkların araziye rastgele boşaltılmasıdır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan bu yöntem birçok probleme yol açmaktadır. Sahaya gelişigüzel boşaltılan çöpün organik kısmı mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılır. Bu işlemin sonucunda metan ve karbondioksitten oluşan depo gazı meydana gelir ve tehlike arz etmektedir. Ayrıca sızıntı suyunun kontrollsüz şekilde toprağa karışması yeraltı sularının kirlenmesine neden olur.

#### 2. Düzenli depolama

Katı atıkların bertarafında düşük maliyeti nedeniyle en çok tercih edilen yöntem düzenli depolamadır. Düzenli depolamada sızdırmazlığı sağlanmış zemin üzerine yerleştirilerek hacmini azaltmak için sıkıştırılır ve periyodik olarak üzeri örtülür. Oluşan sızıntı suları ve biyogaz için gerekli depolama uzaklaştırma ve bertaraf tedbirlerinin alınması gerekmektedir.

## GERİ DÖNÜŞÜM

Yeniden değerlendirilme imkanı olan atıkların çeşitli fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerden geçirilerek ikincil hammaddeye dönüştürülerek tekrar üretim sürecine dahil edilmesine geri dönüşüm denir.

Geri dönüşümde amaç; kaynakların lüzumsuz kullanılmasını önlemek ve atıkların kaynağında ayrıştırılması ile birlikte atık çöp miktarının azaltılması olarak düşünülmelidir. Demir, çelik, bakır, kurşun, kağıt, plastik, kauçuk, cam, elektronik atıklar gibi maddelerin geri dönüşüm ve tekrar kullanılması, tabii kaynakların tükenmesini önleyecektir

## GERİ DÖNÜŞÜM SİSTEMİNİN TEMEL BASAMAKLARI

**1.Kaynakta ayrı toplanması;** Değerlendirilebilir nitelikli atıkların oluşturukları kaynakta çöple karışmadan ve kirlenmesine izin verilmeden ayırarak toplanması.

**2.Sınıflama;** Bu işlem kaynağında ayrı toplanan malzemelerin cam, metal plastik ve kağıt bazında sınıflara ayrılmasını sağlayacaktır.

**3.Değerlendirme;** Temiz ayrılmış kullanılmış malzemelerin ekonomiye geri dönüşüm işlemidir. Bu işlemde malzeme kimyasal ve fiziksel olarak değişime uğrayarak yeni bir malzeme olarak ekonomiye geri döner.

**4.Yeni ürünü ekonomiye kazandırma;** Geri dönüştürülen ürünün yeniden kullanıma sunulmasıdır.

### **AMBALAJ VE AMBALAJ ATIKLARI**

Ambalaj; “Hammaddeden, işlenmiş ürüne kadar, bir ürünün üreticiden kullanıcıya veya tüketiciye ulaştırılması aşamasında, taşınması, korunması, saklanması ve satışa sunumu için kullanılan herhangi bir malzemeden yapılmış geri dönüşsüz olanlar da dahil tüm ürünlerdir”.

Ambalaj, bir ürünün fabrikadan tüketiciye kadar ulaştırılması aşamalarında dağıtım zinciri olarak ifade edilen taşıma, depolama ve yükleme-boşaltma işlemlerinde, içeriği ürünü koruyan ve üzerinde yer alan bilgilerle iletişim sağlayan optimum maliyetli kaplar ve/veya sargılar olarak tanımlanmaktadır.

### **GERİ DÖNÜŞÜM YAPILAN AMBALAJ ATIKLAR**

#### **KÂĞIT**

Kâğıt öncelikle kâğıt çamuru hazırlamak için, su içerisinde liflerine ayrılır. Eğer gerekirse içindeki lif olmayan yabancı maddeler için temizleme işlemine tutulur. Mürekkep ayırcı olarak, sodyum hidroksit veya sodyum karbonat kullanılır.

#### **CAM**

Atıklar (şişe, kavanoz vb.) toplama kutularında toplanır ve bu atıklar renklerine göre ayrılarak geri dönüşüm tesislerine verilir. Burada atık ve katkı maddelerinden ayrılır. Burada cam kırılır ve hammadde karışımına karıştırılarak eritme ocaklarına dökülür.

#### **PLASTİK**

Plastik atıklar öncelikle cinslerine göre ayrılarak geri dönüşüm işlemeye tabi tutulur. Cinslerine göre plastik atıklar, kırma makinalarında kırılıp küçük parçalara ayrılır. İşletmeler bu parçaları doğrudan belli oranlarda, orijinal hammadde ile karıştırarak üretim işleminde hammadde olarak da kullanabilir.

#### **METAL**

Metal geri dönüşümü, toplama, sınıflandırma, kırma-kesme-parçalama, taşıma-boşaltma, balyalama, presle sıkıştırma, yeniden kullanım amacı ile tamir etme, ergitme, pişirme, rafinasyon, kimyasalların kullanımı, şekillendirme vb. işlemlerin olduğu birçok adımlı işlemler dizisidir.

## MATERYAL VE METOD



**Şekil 2** Aksaray Coğrafi Harita

Aksaray; Edirne, İstanbul, Ankara, Adana, İskenderun karayolu ile Samsun, Kayseri, Konya, Antalya karayolu üzerindedir. 33-35 derece doğu meridyenleri ile 38-39 derece kuzey paralelleri arasında yer alır. Doğu Nevşehir, Güneydoğu Niğde, Batısında Konya ve Kuzeyde Ankara ile Kuzeydoğu Kırşehir ile çevrilidir. Yüzölçümü 7626km<sup>2</sup>'dir.

Çevre ve insan sağlığının korunmasına büyük önem veren ve bu yönde çok büyük projelere imza atan Aksaray belediyesi hem ambalaj atıklarını kaynağından ayrı olarak toplayor hem de vatandaşları bu konuda bilgilendiriyor. Aksaray Belediyesi, ambalaj atıklarının kaynağından ayrı olarak toplanılması konusunda yeni bir uygulama başlatarak birçok mahallede halkı bilgilendirmeye başladı. Belediye görevlileri konutları tek tek gezerek vatandaşlara ambalaj atıklarını nasıl ayrı toplayacakları konusunda bilgi veriyorlar.

Yetkililer, ambalaj atıkları konusunda yapılan bilgilendirmenin daha sonra tüm il genelinde yaygın hale getirileceğini ve vatandaşların bu konuda daha da bilinçli olmasının sağlanacağını kaydettiler.

Çalışmaların ilk etabı kamu kurumlarında başlatılacak, daha sonra proje genişletilerek mahallelerde geri dönüşümü mümkün olan atıklar kaynağından toplanabilecek. Ambalaj atıklarının toplanma protokolüne göre Aksaray Ulu Irmak sınır olmak üzere iki ayrı bölgeye ayırdığını belirten, “Ambalaj atıklarının yeniden toplanması ile ilgili gerçekleştirilecek projeye şehrin Ulu Irmak’ın kuzey ve güney tarafı olmak üzere 2 bölgeye ayrıldı. Bu bölgelerde ki iki firma geri dönüşümü sağlanabilir atıkları toplayacaktır.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

**Table 1** Toplanan Ambalaj Atığı Miktarı

AYLAR	TOPLANAN AMBALAJ ATIK MİKTARLARI
OCAK	50.200 kg/gün
ŞUBAT	70.150 kg/gün
MART	85.100kg/gün
NİSAN	90.150kg/gün
MAYIS	100.140 kg/gün
HAZİRAN	200.140 kg/gün
TEMMUZ	390.290 kg/gün
AĞUSTOS	410.200 kg/gün
EYLÜL	470.030 kg/gün
EKİM	482.660 kg/gün
KASIM	491.960 kg/gün

Haziran ayında Özen cam sözleşmesini son vermiştir. Özen camın hizmet verdiği yerler bize geçtiği için topladığımız ambalaj atık miktarı artmıştır.

Temmuz ayında Özen camdan araç alındı araç sayısı arttığı için ve mahalle sayısı arttığı için ambalaj atık miktarında artış olmuştur. Ayrıca Temmuz ayında fabrikaları da dahil ettiğimiz için miktarlarda artış olmuştur. Bunlardan bazıları; Mercedes,Saraytuz,Abide Ambalaj

## SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Sağlıklı ve verimli bir geri kazanım çalışması tüm tarafların koordineli olarak çalışması ile gerçekleştirilecek bir sistem ile mümkündür. Ambalaj atık yönetim sisteminin verimli bir şekilde işetilmesi ve halkın memnun edilebilmesi için özellikle toplama sisteminin planlandığı şekilde etkin çalıştırılması gereklidir. Bu nedenle toplama sistemi, ülke gerçeklerini dikkate alan, toplumun sosyal-ekonomik yapısı ile uyumlu, çabuk algılanabilir ve uygulanabilir olmalıdır. Ekipman, araç ve ayırma sistemlerinin seçimi, yetişmiş insan gücünün çalıştırılması, eğitim programlarının düzenlenmesi kaynakta ayrı toplamayı hızlandıracak ana faktörlerdir. Kaynakta ayrı toplama işlemi belli bir sistem ve plan dahilinde yürütülmeli ve toplama sistemi kurulurken tüketicilerin uygulamalı eğitimine önem verilmelidir.

Ambalaj atıklarının toplanması, miktarının artırılması ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Bu katkıyı en çok sağlayacak olan konut sakinleri, sanayiler, kamu kuruluşları vb. gibi yerlerde atıkların kaynağında ayrı bir şekilde ıslak ve organik atıklardan ayrı bir şekilde biriktirilmesi gerekmektedir. Biriktirilen atıkların belirtilen zamanda toplanması ve hedef kitlenin desteğinin eksiltilmemesi için bu gibi toplama programlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Ambalaj atığı toplamasının yapılacağı yerlerde ne kadar çöp ve ambalaj atıkları oluşuyor bunun tespit edilmesinde yarar vardır. Ne kadar ambalaj atığı çöp kutusuna, ne

kadarı ambalaj atığı ambalaj atığı kutusuna atıldığı izlenmelidir ve bunun analizi yapılmalıdır ve buna göre kalıcı çözümler üretilmelidir. Vatandaşın ambalaj atıklarını neden ambalaj atığı kutusuna atmadığı incelenmesi, buna çözümler üretilmelidir.

Kaynakta ayrı toplama işine başlarken; ambalaj atığı toplama kabı, kutusu veya konteynırı ambalaj atığının olduğu yerlerin yakınına konmasına dikkat edilmelidir. Yani sınıflara, ofislere, fotokopi çekilen yerlere, mutfaklara, kütüphanelere, alışveriş merkezlerinde kafeteryalara, büfelere, yiyecek içecek yerleri gibi yerlere ambalaj atığı kutusu ve konteynırı konarak maksimum toplama sağlanmalıdır. İnsanların ambalaj atıklarını ambalaj atığı kutusuna veya konteynırına koyması için ekstra efor ettirilmemeli. İşler zorlaştırarak değil kolaylaştırarak çözülmeli. A.B.D.’de ofislerde çalışanların her birinin masasının altında bir adet ambalaj atığı kutusu, bir adet çöp kutusu bulunmaktadır.

## **KAYNAKLAR**

- Akçay Han, G.S., 2008. Ambalaj atıklarının yeniden değerlendirilebilirliği ve Küçükçekmece örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- Dalyancı. L., 2006. Türkiye“de Kağıt-Karton Sektöründe Geri Dönüşüm ve Geri Dönüşüm Yapan İşletmelerin Ekonomik Yönden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İktisat Anabilim Dalı, İstanbul.
- <http://www.cevreonline.com/atik.htm>
- Karamangil, N.P., 2008. Türkiye“de ambalaj atıklarının karakterizasyonu geri kazanımı ve bertarafi,Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü,Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
- [www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/belge/tayplani.doc](http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/belge/tayplani.doc)

## KIZILIRMAK SU KALİTESİ İNCELENMESİ

Seren ER, Samet ÖZCAN, Hatim ELHATİP

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, AKSARAY 68100  
serener017@gmail.com, sametozcan@hotmail.com, helhatip@gmail.com

**ÖZET:** Bu çalışma, Kızılırmak Suyunun çeşitli parametrelerle bakılarak incelenmesi için yapılmıştır. Alınan su örneklerinde yaklaşık olarak 25 parametre incelenmiştir. Böylece, akarsuyun memba'dan mansap kısmına kadar fiziksel ve kimyasal parametreleri incelenmiş ve su kalitesi hakkında bilgi edinilmiştir. Kızılırmak suyundan alınan örneklerin analiz sonuçlarına göre, bu suların iyi kaliteye sahip olduğunu düşünülmektedir. Suların toplam sertlik ve toplam alkalinitde değerleri; 45.7 mg/L ve 115.2 mg/L CaCO<sub>3</sub> olarak bulunmuştur. Ancak, ileri parametreler bakımından yapılan incelemelerde; Trihalometan miktarının 200 mg/L'nin üzerinde çıkacağı görülmüştür. Bu miktar fazla olduğu için Kızılırmak suyunun kalitesini olumsuz etkilemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kızılırmak, parametre, Trihalometan, su kalitesi, akarsu.

### Investigation of Kızılırmak Water Quality

**Abstract:** This study was conducted to investigate the water quality of Kızılırmak river regarding to various parameters. About 25 water samples were collected and water quality parameters were analyzed. Thus, the physical and chemical properties of the river were investigated starting from the recharge area up to the discharge point, and the water quality of the river was determined. Result of the analyses of the water samples collected from the Kızılırmak river, showed that, the total hardness and the total alkalinity of the water is, 45.7 mg/l of 115.2 mg/l CaCO<sub>3</sub> respectively. These values are not suggesting that the water quality of the Kızılırmak River. However, in terms of the advanced parameters; The amount of trihalomethanes is exceed 200 mg/l. This amount will adversely affect the quality of water for the Kızılırmak River.

**Keywords:** Kızılırmak, parameters, trihalomethanes, water quality, stream.

### GİRİŞ

Kızılırmak Nehri, Türkiye topraklarında doğar, yine Türkiye topraklarından denize dökülür. Türkiye'nin en uzun akarsuyudur. Uzunluğu 1355 km'dir. İçanadolu'nun kuzeydoğusundaki Kızıldağ'ın güney yamaçlarından doğar ve sırasıyla; Sivas, Kayseri, Nevşehir, Kırşehir, Kırıkkale, Ankara, Çankırı, Çorum ve Samsun illerinden geçer. Çok sayıda dere ve çayın sularını toplayarak Bafra Burnu'ndan Karadeniz'e ulaşır. Kızılırmak, yağmur ve kar sularıyla beslendiği için rejimi düzensizdir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2016).

Temmuz ve Şubat ayları arasında düşük su seviyesinde akarken, Mart ayında kabarmaya başlar ve Nisan ayında en yüksek seviyesine ulaşır. Ortalama debisi 184 m<sup>3</sup>/sn olan nehrin, 20 yıllık gözlem süresince en yüksek debisi 1673 m<sup>3</sup>/sn olmuştur. Kızılırmak nehri üzerinde 8 baraj vardır. Bunlar; Sarıoğlu (Kayseri), Yamula (Yemliha), Kesikköprü (Ankara), Hirfanlı (Ankara), Kapulukaya (Ankara), Altinkaya (Bafra ovası), Derbent (Bafra ovası) ve son olarak Obruk Barajı'dır.

Kızılırmak, havzasındaki insan aktiviteleri nedeniyle yüksek miktarda besin elementleri, iz metaller ve diğer bileşiklerin yüklerini taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı; su deşarjları, besin elementleri ve iz metallerin yersel değişimlerini değerlendirme; verileri su kalite parametreleri ile karşılaştırma ve belli kalite indisleriyle (örneğin; su kalite indeksi WQI, sediment kalite indeksi SQI gibi) çevresel baskıları ve kirlilik yüklerinin çevrede neden olduğu etkileri değerlendirmektir.

Bu çalışmada İç Anadolu Bölgesi, Kesikköprü Barajı çevresindeki Kızılırmak Nehrinin şekil 1'deki noktalarından alınan örnekleri incelenmiştir.

### MATERIAL VE METOD

Kızılırmak Nehrin' de suyun bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerini belirlemek için, şekil 1' de gösterilen örneklem noktalarından su örnekleri alınmıştır. Bu su örnekleri; Kesikköprü Barajı çıkışından, Mart ayında alınmış olup, bu aylarda nehir su yüksekliği orta seviyededir. Mart ayı birçok parametre bakımından Kızılırmak nehri için en önemli aylardan biridir. Alınan örnekler DSİ' nin Kalite Kontrol ve Laboratuvar Bölümündeki su kalite laboratuvarında incelenmiştir ve DSİ' nin diğer 11 ay parametre değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bulunan değerler; Kalite parametreleri, Ağır metaller ve İleri Parametreler bakımından ayrı ayrı belirlenip değerlendirilmiştir. Değerlendirme yapılırken Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) değerleri göz önüne alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar; numune alımı, arazi çalışmaları, numune kalite

analizleri ve diğer durum analizleridir.



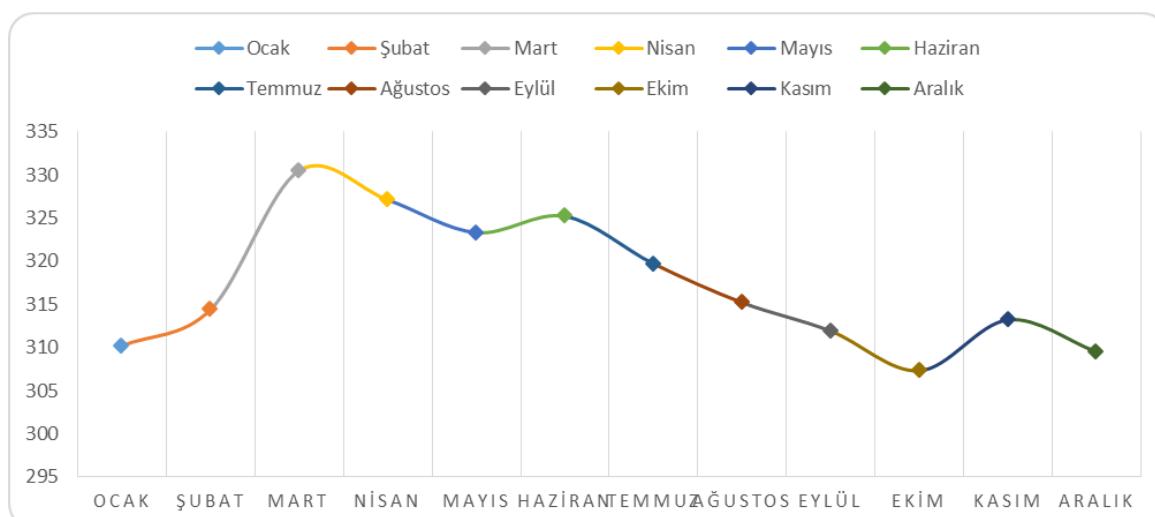
**Şekil 1.** Örneklerin alındığı örneklem noktası

### ARAŞTIRMA BULGULARI

Kızılırmak suları; Ankara’da içme suyu olarak kullanılmamaktadır. Ancak, çevre illerde örneğin; Kırıkkale’de il merkezi arıtılmış ırmak sularını kuyu suları ile karıştırarak günde 45.000 m<sup>3</sup> içme suyu üreterek kente vermektedir. Ancak sular aşırı kalitesiz ve kokulu olduğu için halk tarafından kabul görmemektedir (Yıldız, 2007).

### Kalite Parametreleri Bakımından:

Kızılırmak su kalite parametrelere bakımından değerleri Tablo 1.’de verilmiştir. Değerleri aşan ya da sınır değerlere yaklaşık olan parametrelere ait grafikler Şekil.2 , Şekil.3 ve Şekil.4’té verilmiştir.

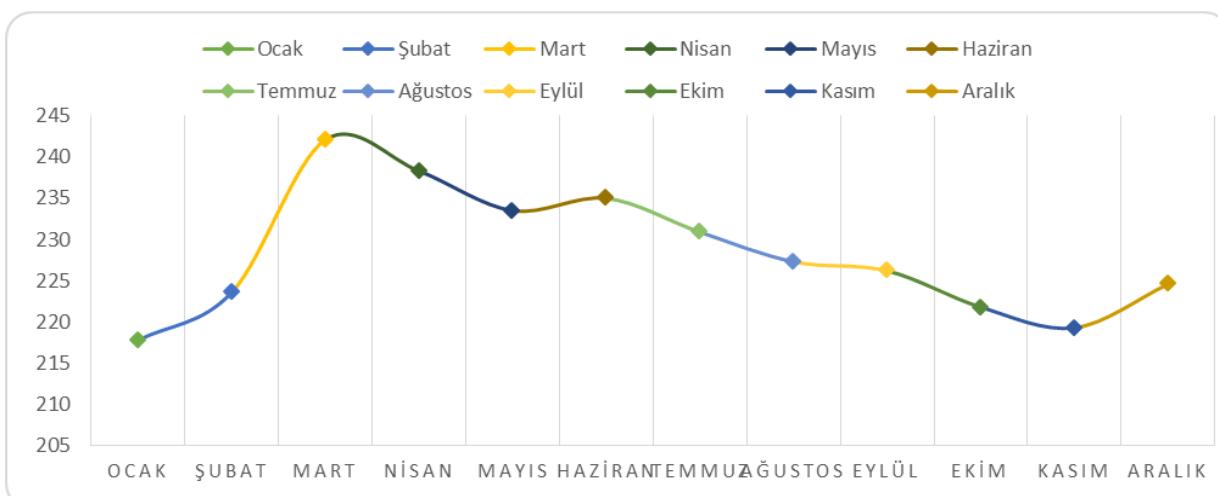


**Şekil 2.** Aylara göre Sülfat değişimi (mg/L)

**Tablo 1.** Kalite Parametreleri Bakımdan Kızılırmak Durumu

PARAMETRELER	WHO	İnsanı Tüketim Amaçlı Sular – İçme Suyu	Sağ. Bak. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmelik Değerleri	Kesikköprü Baraj Çıkışı İstasyonu Ortalama
Nitrat (mg/l)	50	50	50	0.052
Toplam Fosfat Fosforu (mg/l)				0.027
Orto-Fosfat Fosforu (mg/l)				0.017
Sodyum (mg/l)	200	200	200	155.2
Potasyum (mg/l)	---			5.7
Kalsiyum (mg/l)	---			104.9
Magnezyum (mg/l)	---			46.7
Toplam Sertlik ( <sup>o</sup> F.S.)	---			45.7
Toplam Alkalinité (mg/l CaCO <sub>3</sub> )				115.2
Klorür mg/L	250	250	250	242.1
Sülfat mg/L	250	250	250	330.5
Florür (mg/lt)	1.5	1.5	1.5	-
Karbonat (mg/l)				-
Bikarbonat (mg/l)				138.4

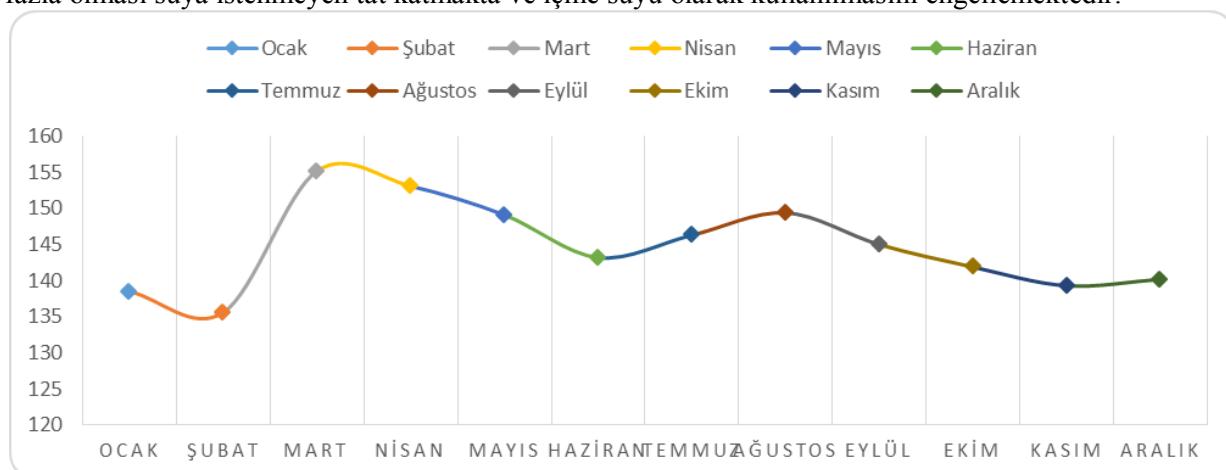
Şekil 2'de görüldüğü gibi mart ayında sülfat konsantrasyonu en yüksek değerine ulaşmaktadır. Kızılırmak sularında sülfat azami değerlerin üzerinde seyretmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde (SKKY) Sülfat için sınır değer ise 250 mg/L önerilen değer ise 25 mg/L'dir.



**Şekil 3.** Aylara göre Klorür değişimi (mg/L)

Şekil 3 incelendiğinde yine mart ayında konsantrasyonu en yüksek değerine ulaşmaktadır.

Kızılırmak sularında klörür azami değerlere yakın seyretmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde (SKKY) Sulfat için sınır değer ise 250 mg/L'dir. Klorürün suda fazla olması suya istenmeyen tat katmakta ve içme suyu olarak kullanılmasını engellemektedir.



**Şekil 4.** Aylara göre Sodyum değişimi ( mg/L )

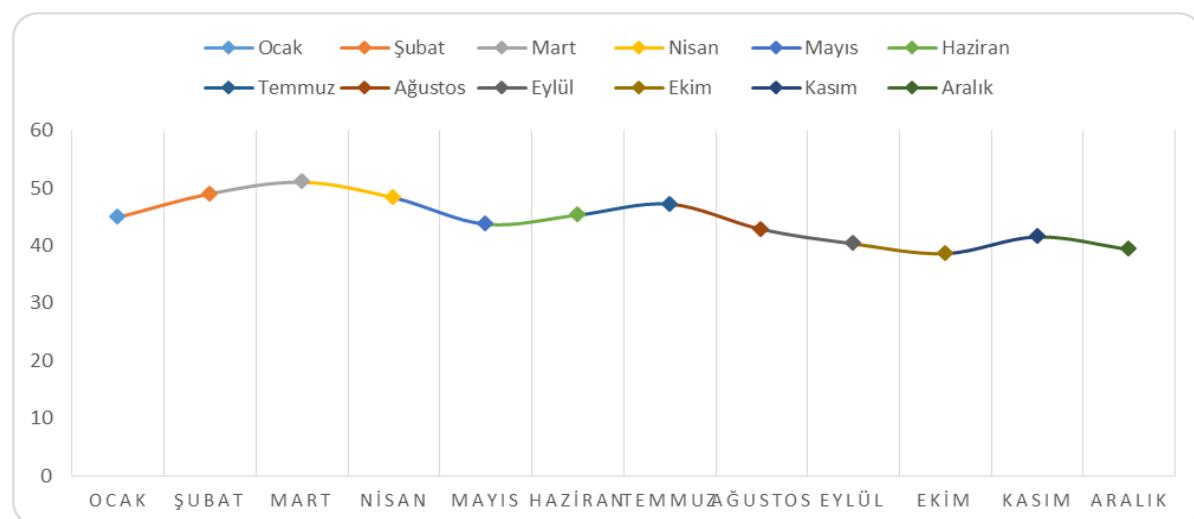
Şekil 4 incelendiğinde diğer iki parametrede olduğu gibi mart ayı pik yapılan ay olarak göze çarpmaktadır. Kızılırmak'ta sodyum değeri sınır değere yaklaşmaktadır. Sodyum suda istenmez, çünkü yüksek sodyum hastalıklara yol açar ve kötü tat oluşturur. Bulunan değerler ve karşılaştırılan sınır değerler Tablo.1 'de verilmiştir. Değerleri aşan ya da sınır değerlere yaklaşıklar olan parametrelere ait grafikler Şekil.2 , Şekil.3 ve Şekil.4'te verilmiştir.

#### Ağır Metaller Bakımından:

Kızılırmak sularındaki ağır metaller incelendiğinde insan sağlığı açısından bir sorun görülmemiştir. Bulunan değerler ve karşılaştırılan sınır değerler Tablo.2 'de verilmiştir. Önemli parametreler Şekil.5 ve Şekil.6'da verilmiştir.

**Tablo 2.** Ağır Metaller Bakımından Kızılırmak Durumu

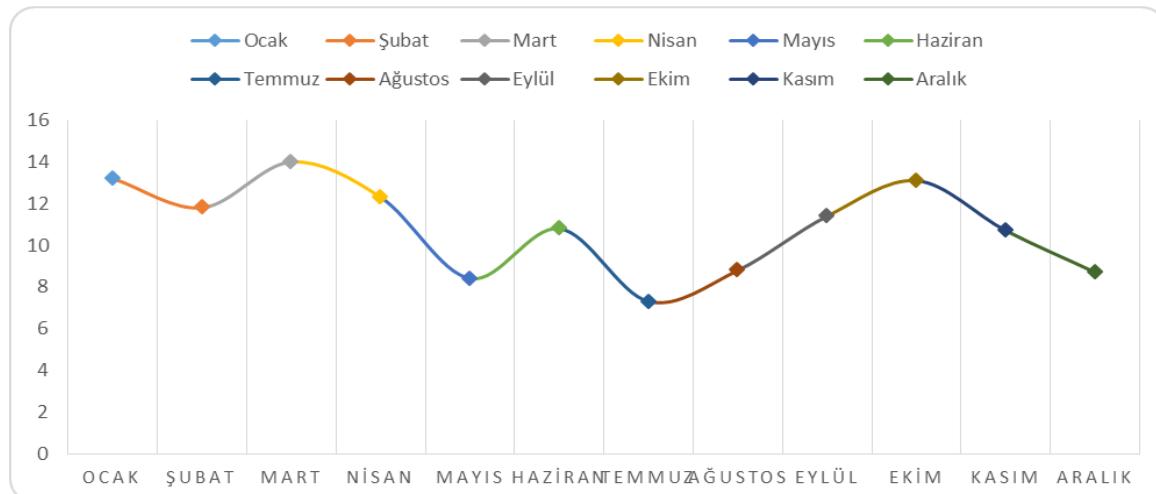
PARAMETRELER	WHO	İnsan Tüketicim Amaçlı Sular – İçme Suyu	Sağ. Bak. İnsanı Tüketicim Amaçlı Sular Yönetmeliğin Değerleri	Kesikköprü Baraj Çeküçü İstasyonu Ortalaması
Nikel (µg/l)		20	20	-
Toplam Krom (µg/l)	50	50	50	9
Krom <sup>6+</sup> (µg/l)			50	-
Bakır ( mg/l )	2	2	2	0.005
Çinko ( mg/l )	---			0.01
Bor ( mg/l )		1	1	-
Alüminyum (µg/l)	200	200	200	-
Demir ( µg/l )	----	200	200	51
Mangan ( µg/l )	500	50	50	14
Civa ( µg/l )	1	1	1	-
Antimon ( µg/l )	5	5	5	-
Arsenik ( µg/l )	10	10	10	-
Selenyum ( µg/l )	10	10	10	-



Şekil 5. Aylara göre Demir değişimi

#### İleri Parametreler Bakımından:

Sularındaki organik maddeler ile klorun birleşmesinden Trihalometanlar oluşmaktadır. (Özellikle bitkisel kökenli hümik maddelerden ortaya çıkarlar.) Yüksek dozda Trihalometanlar insanlarda kansere neden olur. Bu nedenle su aritiminde klor yerine ozon kullanımı tercih edilmektedir. Kızılırmak sularında ölçülen Toplam Organik Karbon değerinden elde edilen bir korelasyon ile tahmini olarak 200 mg/L'ın üzerinde Trihalometan oluşacağı anlaşılmaktadır. Ayrıca, Kızılırmak suyunda koku mevcuttur ve bu durum kullanıcılar tarafından hoş karşılanmaz. Endokrin Bozucu Maddeler bulunmaktadır ve bunun nedeni atıksuların boşaltıldığı akarsulardan daha sonra içme suyu temin edilmesidir (Evcimen, 2008). Bu maddeler, yüzey sularına insanlar tarafından kullanılan ilaçlardan, deterjanlardan ve tarımsal ilaçlardan geçmektedir. İnsanlarda kanser oluştururlar.



Şekil 6. Aylara göre Mangan değişimi

Tablo 3. İleri Parametreler Bakımından Kızılırmak Durumu

PARAMETR-EELER	AB Öneren	Sağ. Bak. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmelik Değerleri	Standard	Kesikköprü Baraj çıkışlı
Toplam Organik Karbon mg/L				7.93
Kimyasal Oksijen İhtiyacı KOI mg/L				28
Trihalometan µg/L	100	150	100	

## **SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR**

Yapılan çalışmalar sonucunda, Kızılırmak Nehri su kalitesi orta düzeyde olduğu anlaşılmıştır. Bu durum, barajlarda ve nehirde ötrofik yapı olduğunu, dolayısıyla algal yoğunluktaki artış ve alg patlaması olabileceğini belirtmektedir. Ayrıca belli metal kalite indisleri, hem su, hemde sediman ölçümleri için hesaplandığında, nehrin orta kalitede otomobil egzozları ve kentsel akışlardan meydana gelebilen kurşun kirliliğine sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Kızılırmak suyunun klorlanarak bile içilmesi sağlık açısından son derece sakıncalıdır. Ancak ileri arıtma teknikleri uygulanarak kullanılabilir. Ankara göz önüne alındığında; Ankara'nın günlük su ihtiyacının yarısı Kızılırmak'tan karşılaşacak olsa, bu suyu arıtmak için gerekli olan tesisi kurmak çok maliyetli bir iş olacaktır. Bu nedenle Kızılırmak suyunun kullanılması düşünülürse bu husus göz önüne alınmalıdır. Kızılırmak Nehri ve havzasında bulunan kaya birimlerinin içerdiği minerallerden dolayı, içme suyu olarak kullanılması halk sağlığı açısından yararlı değildir. Kızılırmak suyundan içme suyu olarak yararlanmak yerine, sulama suyu olarak ve üzerine santral kurulup elektrik üretimi amacıyla kullanılması daha mantıklı olacaktır.

## **KAYNAKLAR**

- Orman ve Su İşleri Bakanlığı (Anonim), 2016, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Orman ve Su İşleri Bakanlığı yayınları, Ankara.
- Yıldız, Dursun, 2007, "Ankara'nın Su Sıkıntısı ve Su temini Projeleri Üzerine" Çevre Mühendisliği Dergisi, Sayı :28; TMMOB .Çevre Mühendisleri Odası Yayıni. Ankara.
- Evcimen Taylan Ulaş, 2008, "Kızılırmak İsale Hattı Projesi", İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara Şube Bülteni, Eylül 2008, Ankara.

## AKSARAY HAVA KALİTESİ VE DEĞERLENDİRMESİ

Soner Yılmaz, Yakup Kurmaç  
Aksaray Ün. Çevre Müh. Böl. Aksaray

**ÖZET:** Web sitesi sonuçlarını kullanarak partikül madde hava kalitesi ölçüm istasyonları ve SO<sub>2</sub> değerleri diyor www.havaizleme.gov.tr Bu çalışmada Hava Kalitesi, Çevre TC Maliye Bakanlığı ve Şehircilik Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi Aksaray ilinde bir alan karasal iklimde sahiptir analiz belirtilmiştir. Genellikle, hava kalitesinde bozulma Kasım Aralık Ocak ve Şubat aylarında tespit edilmiştir ve önlemler bu tür bozulmasını önlemek için alındı.

### AIR QUALITY ASSESSMENT AND AKSARAY

**ÖZET:** In this study it has an area continental climate in Turkey's Central Anatolia Region Aksaray province of Air Quality , T. C. Ministry of Environment and Urban Planning www.havaizleme.gov.tr website says the air quality measurement stations for particulate matter and SO<sub>2</sub> values using the results of the analysis are set out in . Generally, the deterioration in air quality have been identified in the November December January and February , and measures were taken to prevent such deterioration.

### Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirliliği doğal veya insan kökenli kaynaklardan gaz, toz veya sıvı halde atmosfere atılan maddelerin doğrudan veya dolaylı olarak diğer maddelerle reaksiyona girmesiyle oluşmaktadır. Doğal yollar; volkanlar, tozlar, orman yangınları, su yüzeyinden olan atılmalarıdır. İnsan kaynaklı hava kirliliği oluşum sebepleri genel olarak üç grupta toplanmaktadır.

#### 1. Alansal kaynaklar

Bu grupta en önemli kaynak konutların ısıtılmasıdır. Son yıllarda doğal gaz kullanımı hızla artmakta ve kükürt değeri az, kalori değeri yüksek olan tamamen ithal veya ithal yerli kömür karışımı yakıt kullanılmaktadır. Isıtma kullanılan diğer yakıt cinsleri de fuel-oil, motorin, gaz yağı ve odundur. Konut ısıtmasında ve enerji temininde kullanılan fosil yakıtlar içerisinde en büyük pay kömür ve petrole aittir. Kullanılan yakıtın kalitesi bu tür kaynaklardan gelen hava kirliliği üzerine çok fazla etki yapmaktadır.

#### 2. Çizgisel kaynaklar

Bu tür hava kirliliği ulaştırma kaynakıdır. Yolcu ve yük taşıyan araçların getirdiği kirlilik başlıcalarıdır. Bunlar benzinli, mazotlu ve gaz tribünlü içten yanmalı motorla çalışmaktadır. Bu kaynaklardan yanma sonucu azot oksitler (NO<sub>x</sub>), kükürt oksitler (SO<sub>x</sub>), karbon monoksit (CO), hidrokarbonlar (HC) ve partiküler madde (PM) kirletici olarak atmosfere yayılmaktadır. Karbon monoksit, hidrokarbon ve azot oksitler bakımından en yüksek emisyonlar araçlar tarafından oluşturulmaktadır. Örneğin, karbon monoksit üreten başlıca kirletici kaynaklar arasında motorlu araçlar %66 ile birinci sırada yer almaktadır. Motorlu araçlar %12 ile en yüksek hidrokarbon emisyonuna ve %6 ile de en yüksek azot oksit emisyonuna sahip bulunmaktadır. Bunlardan başka özellikle benzinli otomobillerin sebep olduğu kurşun, arsenik ve aldehitler motorlu araç emisyonları içerisinde ön plandadır.

#### 3. Noktasal kaynaklar

Bu gruptaki kaynaklar fabrikalar, sanayi ve enerji santralleridir. Bu işletmelerde üretim yapmak için gerekli olan enerjiyi sağlamakta kullanılan yakıttan atmosfere kirletici çıkmaktadır. Ayrıca noktasal olarak katı atıkların fırılarda ve açık arazide yanması sonucu kirlenme oluşmaktadır. Yine benzin, boyalı maddeleri ve kuru temizleme çözeltileri gibi organik maddelerin buharlaşmasından noktasal olarak kirlilik meydana gelmektedir.

Endüstriden kaynaklanan hava kirliliği esas olarak yanlış yer seçimi ve atık gazların yeterli teknik tedbirler alınmadan havaya bırakılması sonucu meydana gelmektedir. Halen, İstanbul-İzmit arası, Bursa, Adapazarı, Samsun, Murgul, İzmir, Adana-Tarsus bölgesi, Karadeniz Ereğlisi, Karabük, Bartın, Horeke ve Kırıkkale, endüstriden kaynaklanan hava kirliliğine büyük ölçüde sahne olmaktadır. Bazı bölgeler burada bulunan tek bir endüstrinin meydana getirdiği yoğun kirliliğe maruz kalmakta, bazı endüstri bölgelerinde ise birçok endüstrinin emisyonları bileşik bir kirlilik yaratmaktadır.

Endüstri emisyonları, üretimde kullanılan maddelerin atmosfere atılmasından dolayı endüstri türüne bağlı özel bazı kirlilikler yaratmakla birlikte, endüstriyel kirliliğin en önemli kaynağı, tesislerde kullanılan yakıttan gelen kirleticilerdir. Bu sebeple endüstrilerin kirletici potansiyeli, bazı özel haller dışında, kullanılan yakıt miktarına bağlıdır. Ayrıca, endüstrilerin çevreye etkilerini baca yüksekliğine bağlı olarak iki ölçekte düşünmek gereklidir. Bacaları alçak olan endüstrilerden atılan kirleticiler tesis yöresinde yoğun kirliliğe sebep olmakla birlikte, etkileri tesisen uzaklaşıkça hızla azalmaktadır. Buna karşılık son yıllarda lokal kirlilik problemlerine çözüm olarak yapılan yüksek bacalardan atılan kirleticiler ise, daha uzak mesafelerde kirliliğe sebep olmaktadır.

Örneğin baca yüksekliği 150 m. olan bir tesisen atılan kirleticiler, yüzeye, tesisen 5-15 km uzakta ulaşmaktadır. Bacaların yüksek yapılmasın kirlilik problemlerini çözmeyip sadece uzaklara taşıdığı kabul edilmektedir. Son yıllarda dünyada lokal kirlilik problemlerinin azalıp, asit yağmurları gibi bölgesel problemlerin artması, yüksek baca uygulamasının gelişmiş ülkelerde 1970'li yılların başından beri uygulanmasından kaynaklanmıştır.

Türkiye'de çevre kirliliğine sebep olan endüstri türleri; termik santraller, gübre, demir-çelik, şeker, çimento, petrokimya, kağıt, metal endüstrisi ve diğer endüstriler olarak sıralanabilir.

### Hava Kalitesi İndeksi

Modern yaşamın getirdiği şehirleşmenin bir sonucu olan hava kirliliği, yerel ve bölgesel olduğu kadar küresel ölçekte de etki alanına sahiptir. Hava kirliliğinin insan sağlığına önemli etkileri olması sebebiyle, hava kalitesi konusuna tüm dünyada büyük önem verilmektedir. Hava kirliliği problemlerini çözmek ve strateji belirlemek için, bilimsel topluluk ve ilgili otoritenin her ikisi de atmosferik kirletici konsantrasyonlarını izlemek ve analiz etmek konusuna odaklanmışlardır.

Ulusal Hava Kalitesi İndeksi, EPA Hava Kalitesi İndeksini ulusal mevzuatımız ve sınır değerlerimize uyarlayarak oluşturulmuştur. 5 temel kirletici için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bunlar; partikül maddeler (PM10), karbon monoksit (CO), kükürd dioksit ( $\text{SO}_2$ ), azot dioksit ( $\text{NO}_2$ ) ve ozon ( $\text{O}_3$ ) dur.

EPA Hava Kalitesi indeksi aşağıda verilmiştir.

Hava Kalitesi İndeksi (AQI) Değerler	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
<i>Hava Kalitesi İndeksi bu aralıkta olduğunda..</i>	<i>..hava kalitesi koşulları..</i>	<i>..bu renkler ile sembolize edilir..</i>	<i>..ve renkler bu anlamda gelir.</i>
0 - 50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51 - 100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alıhımadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101- 150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151 - 200	Sağiksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201 - 300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301 - 500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

İndeks oluşturulurken kirletici konsantrasyonlarının zamana bağlı olarak değişen sınır değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 6- Hava Kalite İndeksi Karşılaştırma Tablosu**

Hava Kalitesi İndeksi	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	PM10
1 (çok iyi)	0-50	0-45	0-1,9	0-35	0-25
2 (iyi)	51-199	46-89	2,0-7,9	36-89	26-69
3 (yeterli)	200-399	90-179	8,0-10,9	90-179	70-109
4 (orta)	400-899	180-299	11,0-13,9	180-239	110-139
5 (kötü)	900-1499	300-699	14,0-39,9	240-359	140-599
6 (çok kötü)	>1500	>700	>40,0	>360	>600

### Aksaray'da Hava Kalitesi

İlde hava kalitesinin kontrolü konusunda İlümüzde bulunan hava istasyonumuz [www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr) adresinden anlık olarak takip edilmektedir. İlümüzde bulunan hava kalitesi ölçüm istasyonumuz partikül madde ve SO<sub>2</sub> olmak üzere iki parametre bazında ölçüm yapabilmektedir. Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonumuz aşağıdaki haritada görüldüğü gibi il merkezinde bulunmaktadır.



### Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliği

Son yıllarda Aksaray İli sanayileşmede atağa kalkmıştır. E-90 karayolunun ilimizden geçmesi her türlü sanayi kuruluşuna elverişli düz arazi varlığı, nüfus yoğunluğunun sağladığı iş gücü imkâni ve ulaşım rahatlığı Aksaray İli'nde sanayiinin gelişmesine neden olmuştur.

İlümüzde esas sanayileşme ise, 1989 yılında il olmasından sonra başlamış ve Aksaray Organize Sanayi Bölgesi'nin faaliyete geçmesiyle 1997 yılından sonra hız kazanmıştır. İlde otomotiv, otomotiv yan sanayi, tekstil, gıda, süt ve süt ürünleri, kimya ve plastik sanayi, metal ve makine sanayi ile toprak ve madene dayalı irili ufaklı birçok işletme faaliyete geçmiş birçoğu da Organize Sanayi Bölgesi'nde de dâhil olmak üzere yatırıma devam etmektedir. Ayrıca il merkezinde 3 adet Ortaköy İlçesi'nde de 1 adet olmak üzere toplam 4 adet sanayi sitesi amacına ulaşmıştır. Sanayi il merkezinde toplanmış olup, Ortaköy İlçesi'nde birkaç yem ve süt fabrikası bulunmasına karşın diğer ilçelerde sanayi tesisi bulunmamaktadır. İlümüzde Organize Sanayi Bölgesi'nin kurulması ile sanayide planlı döneme girilmiştir. Organize Sanayi Bölgesi E-90 Karayolu üzerinde yer almaktadır.

Aksaray Organize Sanayi Bölgesi'nde halen 2500'ün üzerinde işçi istihdam ediliyor. Bu sayının, bölgede faaliyet gösteren tesislerin tam kapasiteye ulaşması ve inşaati devam eden tesislerin üretmeye geçmesiyle birlikte istihdam sayısının 10.000'i (onbin) aşması hedeflenmektedir. Bölgemizde otomotiv, otomotiv yan sanayi, tarım alet makinaları ve plastik sanayinde birçok dış ülkeye ihracat yapan firmalar mevcuttur.

İlümüz 5084 Sayılı Yatırımların ve İstihdamın Teşviki Kanunu kapsamına alınmış olması mevcut Organize Sanayi Bölgesi'nde yatırımların hızlı bir şekilde gerçekleşmesine ve I. Organize Sanayi Bölgesi'nin % 100 doluluk oranına ulaşması sebebiyle, Aksaray OSB'nin bitişliğinde bulunan 373 hektarlık alanda OSB'nin genişleme alanı olarak belirlenerek hızla çalışmalara başlanmıştır. Bu çalışmalar neticesinde kurumlardan gerekli izinler alınarak genişleme alanının imar planı hazırlanmıştır. 373 hektarlık genişleme alanı ile ilgili alt yapı proje ihalesi Bakanlığımızca yapılmıştır.

İlimiz Organize Sanayi Bölgesi'nde 2011 yılı sonu itibarı ile 133 firma üretime geçmiş, 41 firma inşaat aşamasında, 65 firma ise proje aşamasındadır.

2005 Mart ayından itibaren Aksaray Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyette bulunan tesisler doğalgaz kullanmaya başlamıştır.

Ayrıca; İlimizde, 2011 yılında Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin ve Lisanslar Hakkında Yönetmelik kapsamında yapılan çalışmalar neticesinde 13 firmaya Hava Emisyonu konulu Geçici Faaliyet Belgesi, 8 firmaya da Hava emisyonu konulu Çevre İzni verilmiştir.

Aşağıda Aksaray Organize Sanayi Bölgesine ait bir fotoğraf verilmiştir.



İlimizde sanayileşme il merkezinde yoğunlaşmıştır. İlimiz Ortaköy İlçesi'nde yem ve süt işletmeleri yoğunlukta iken, konfeksiyon ve granit imalatı yapan işletmelerde bulunmaktadır. Ayrıca Ortaköy İlçesi'nde 250 işyeri bulunan Küçük Sanayi Sitesi yapı kooperatifii Bakanlığımız kredi desteği ile tamamlanarak amacına ulaşmıştır.

İlimiz Sarıyahşi İlçesi'nde 2 adet mermer blok çıkarma işletmesi bulunmaktadır. Bunlardan biri çıkarılan mermeri plaka haline dönüştürmektedir.

İlimiz Eskil İlçesi'nde 2 adet ham Ayçiçek yağı üreten tesisi 2 adet yem fabrikası bulunmaktadır. Ayrıca Eskil ilçemizde yapımı devam eden bir adet KSS Yapı Kooperatifii bulunmaktadır.

İlimiz Gülağaç ilçesinde bir adet kum çakıl-micir işleme tesisi bulunmaktadır. Gülağaç KSS Yapı Kooperatifinin Bakanlık Kredi desteği yapımı konusunda yer seçim çalışmaları sürdürülmektedir.

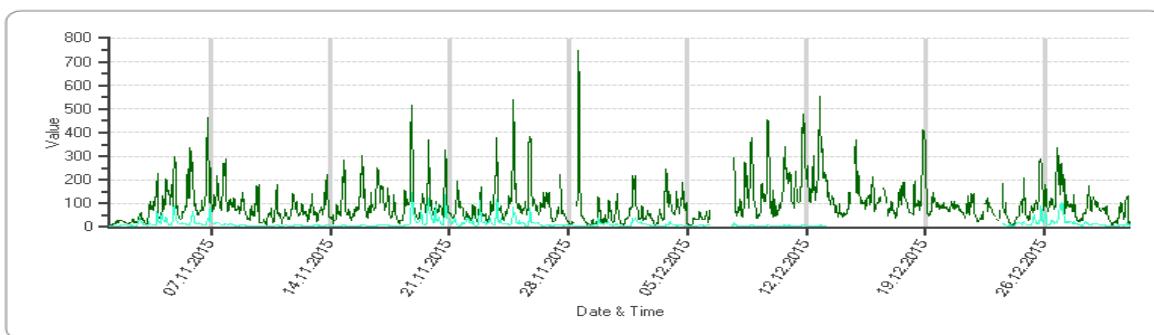
İlimiz Güzelyurt İlçesi'nde bir adet blok mermer çıkarma tesisi bulunmaktadır. Aşağıda Organize Sanayi Bölgesinde kullanılan fosil kökenli yakıt miktarı ve cinsine ait veri grafiği bulunmaktadır.

### **Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Hava Kirliliği**

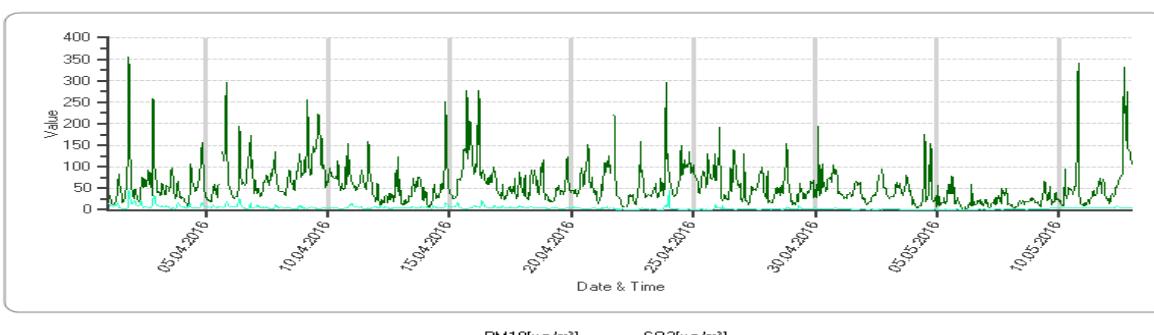
Yakıtlar dışında hava kirliliğine neden olan diğer bir etken de trafikten kaynaklanan emisyonlardır. Egzoz gazlarından kaynaklanan kirlenmenin giderilmesi için ilde bulunan motorlu kara taşıtlarında egzoz emisyon ölçümü yapılmaktadır. Egzoz emisyon ölçümünde Karbon monoksit, Karbondioksit, Hidrokarbon ve oksijen ölçümü yapılmaktadır. Ölçümlerde, dizel ve benzinli motorlar için iki adet egzoz gazı analiz cihazı ile yazıcılar kullanılmaktadır. İlimizde egzoz emisyon ölçümü yetki verilen istasyonlar tarafından yapılmaktadır. Mevcut durumda 11 noktada egzoz gazı ölçüm istasyonu bulunmaktadır.

Aşağıda Aksaray iline ait kış ve yaz ayları olmak üzere iki adet grafik verilmiştir:

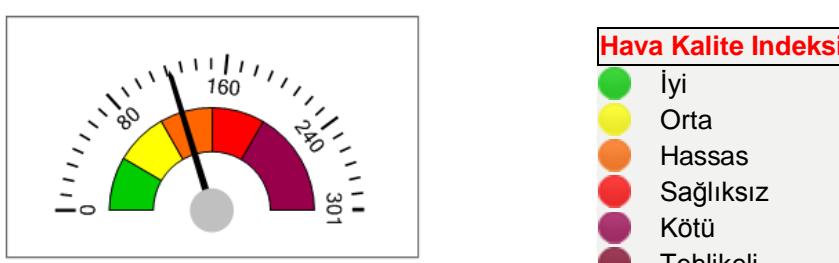
Istasyon:Aksaray Periyodik:01.11.2015 00:00 - 31.12.2015 00:00 Rapor Türü:AVG



Istasyon:Aksaray Periyodik:01.04.2016 00:00 - 13.05.2016 00:00 Rapor Türü:AVG



Aksaray iline ait nisan Mayıs ayları dinamik tablosu:



**Hava Kalitesi İndeksi : 122**

**Kirleticiler :NO2,O3,CO,SO2,PM 10**

**Etkin Kirletici : PM 10**

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Şehrin yerleşim planlamasında, hava sirkülasyonunu sağlayacak boşluk alanlar oluşturması sağlanmalı, rüzgarın şehir içinde akışını engelleyecek yapılaşma düzeneğine engel olunmalıdır.

Bireysel araçlar yerine toplu taşıma araçlarının kullanımı yaygınlaştırılmalı, şehir içinde en yoğun ulaşım akımının olduğu güzergahlar için en verimli toplu taşıma araçları kullanılmalıdır.

Kent içinde orman alanlarının ve yeşil alanların yaygınlaştırılması sağlanmalıdır.

Toplam enerji tüketiminde fosil yakıt kullanımı miktarı azaltılmalı, temiz enerji kaynakları kullanımı artırılmalı, bununla ilgili üniversite sanayi firmaları işbirliği ile kullanılabilir ve ekonomik teknolojik ürünlerin geliştirilmesi sağlanmalı ve bu ürünlerin kullanılması teşvik edilmelidir.

Altyapısı olmayan bölgelerde de doğalgaz kullanımını sağlayacak altyapı çalışmaları hızlandırılmalıdır.

Sanayi kuruluşları ve işletmelerin emisyon kaynaklı "Çevre İzin" lerinin alınması sağlanmalıdır. "Çevre İzni" olmayan tesislerin çalışmasına izin verilmemelidir.

Motorlu araçların egzoz emisyonlarının standartlara uygun halde trafiğe çıkışları sağlanmalıdır.

Hava kalitesi ölçüm istasyonlarının sayıları artırılmalıdır.

**ISBN- 978-605-83522-0-9**



9 786058 352209

