



Fırat-Dicle Havza Koruma Eylem Planı Çerçevesinde Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinin Karasu Nehrinin Su Kalitesi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Zeynep Eren^{1*}, Fatih Kaya²

¹Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 25240 Erzurum

²Eptisa Mühendislik Ltd. Beyaz Zambaklar Sokak 25/3 – Çankaya 067000 Ankara

E-posta: zeren@atauni.edu.tr, fatihkaya_85@hotmail.com

Gönderim 26.11.2019; Kabul 04.05.2020

Özet: Bu çalışmada, Fırat-Dicle havzasının bir alt havzası olan Karasu havzasında Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (AB SÇD) uyum sürecinde ülkemizde başlatılan Havza Koruma Eylem Planlarının (HKEP) ilki olan kentsel atıksu yönetiminin Erzurum ili sınırlarında doğan Karasu Nehri'nin su kalitesi üzerinde etkisi incelenmiştir. Erzurum ili kentsel atıksuları 2016 yılına kadar arıtılmadan Karasu Nehri'ne deşarj edilmekteydi ve havzada su kalitesi izleme çalışmaları DSİ tarafından yürütülmekteydi. 2016 yılından itibaren Erzurum AAT'nin devreye alınması ile Erzurum ili kentsel atıksuları arıtılarak Pulur Çayının Karasu nehrine döküldüğü noktanın hemen üzerinde tek bir noktadan deşarj edilmeye başlanmıştır. Çalışma kapsamında DSİ tarafından Karasu Nehri üzerinde ve Karasu Nehri'nin kollarından olan Pulur Çayı üzerinde bulunan istasyonlardan alınan numune analiz sonuçları, Erzurum AAT giriş ve çıkış sularının analiz sonuçları ve bu tez kapsamında Karasu Nehri, Pulur Çayı ve arıtma tesisi deşarj noktası aşağısından alınmış numunelerin analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda kentsel atıksuların AAT'nde BOİ₅, KOİ, AKM, TN gibi ana kirlilik parametrelerinde %90'ın üzerinde bir verimle arıtıldıktan sonra Karasu'ya deşarj edilmesinin nehir su kalitesini korumaya yardımcı olduğu görülmüş, su kalitesinin korunması için atıksu arıtma tesislerinin gerekliliği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Erzurum Karasu Nehri, Havza Yönetimi, Su Kalitesi, Arıtma Tesisleri

The Evaluation of Water Quality in Karasu River Within the Framework of River Basin Protection Action Plan

Received 26.11.2019; Accepted 04.05.2020

Abstract: This study covers the effect of urban wastewater treatment management, which is the first river basin protection action of EU WFD adaptation process, on the water quality of Erzurum-sourced Karasu River. Erzurum's urban wastewater used to be discharged directly to the Karasu River until the year 2016. Monitoring work on the water quality of basin is conducted by State Hydraulic Works. Erzurum Wastewater Treatment Facility has started to operate since 2016 and the generated wastewater started to be discharged at one point just above the mouth of Karasu River where it meets the Pulur Stream after the treatment process. This study aims to provide the evaluation of the analysis results of water samples taken by the monitoring stations of State Hydraulic Works (DSI), the analysis results of inflow and outflow of Erzurum Wastewater Treatment Plant and the analysis results of samples taken from below the discharge point of Karasu River, Pulur Stream and treatment plant in the scope of this study. As the result of this evaluation, it is revealed that discharging the urban wastewater to Karasu River after increasing 90% of pollution parameters such as BOD₅, COD, TSS and TN is helpful to the protection of water quality and the importance of the wastewater treatment facility to water quality protection is once again emphasized.

Key Words: Erzurum Karasu River, Basin Management, Water Quality, Treatment Plant

GİRİŞ

Göller, nehirler ve yeraltı suyu akiferleri gibi tatlı su kaynakları, insan ve toplumların yaşamı için hayati öneme sahiptir. Bu tatlı su kaynakları birçok ekosistemi içerisinde barındırmanın yanı sıra içme ve kullanma suyu, tarım, sanayi, balıkçılık ve turizm gibi sektörler için de temel oluşturmaktadır. Bununla birlikte, dünyadaki tüm tatlı su kaynakları içerisindeki sadece yüzde %2,5'lik kısmın insan tüketimi için uygun olduğu göz önüne alındığında suyun kıt bir kaynak olduğu görülmektedir. Ayrıca, nüfus artışı, kentleşme hızı, yoğun sanayileşme ve nüfusa bağlı olarak artan tarımsal faaliyetler nedeniyle su arzına olan talep 1950'li yıllardan itibaren çarpıcı bir şekilde artmaktadır. Artan bu talep ile yüzey su kaynakları azalırken, tatlı su kaynakları içerisinde baskın bir kaynak olan yeraltı suyunun ise

* İlgili E-posta/Corresponding E-mail: zeren@atauni.edu.tr

akiferlerden çekilme oranlarının sürdürülebilir kullanımının azaldığı görülmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar küresel iklim değişikliğinin de su kaynakları üzerinde önemli bir stres yarattığını ve su kaynaklarını tehdit ettiğini göstermiştir. Dünya Meteoroloji Örgütünün 2002 yılında yayınladığı bir rapora göre; Türkiye'nin 1990 yılında sahip olduğu 3070 m³/kişi-yıl su potansiyeli, mevcut kullanım ile 2050 yılında 1240 m³/kişi-yıl'a; üç farklı geçici iklim modeli senaryolarına göre ise 700-1910 m³/kişi-yıl'a düşeceğini belirtmektedir. Bu nedenle, hem su kaynaklarının etkin yönetimi hem de su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için doğadaki hidrolojik döngünün bütünlük bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Su kaynaklarının ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan en etkili yönetimi ise suyun doğal sınırlarını ifade eden havza planlaması ve yönetimi ile mümkün olmaktadır ^[1,2]. Sürdürülebilir olmayan su yönetimi ve uygulamaları doğal hidrolojik döngülerin kırılmasına sebep olmaktadır. Türkiye'deki ortalama yıllık yağış hacmi 501 milyar m³'tür. Bunun toplam 112 milyar m³'ü kullanılabilir su olup, mevcutta 40 milyar m³'ü kullanılmaktadır. 2023 yılında kullanılabilir rezervin tamamının kullanılması planlanmaktadır. Dolayısıyla su aslında stratejik bir kaynak olarak değerlendirilmelidir ^[3]. Sürdürülebilirlik ve yoksullukla mücadelenin en önemli bileşeni olduğundan su kaynaklarının doğal sınırları içerisinde yönetimi zorunlu hale gelmiştir, çünkü artan dünya nüfusu ile birlikte artan talep su mevcudiyeti üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bu nedenle su sorunu sadece gelişmekte olan ülkeleri değil, gelişmiş ülkeleri de yakından ilgilendiren bir konudur ^[4]. Bugün dünyada 844 milyon insanın yani dünya nüfusunun 9'da 1'inin temiz su kaynaklarına erişemediği belirtilmektedir. Sürdürülebilir Kalkınma Derneği (SKD Türkiye), Dünya Ekonomik Forumu 2019 yılı Küresel Riskler Raporu'nda, en olası 10 risk içerisinde olma sırasına göre su krizinin 9. sırada yer aldığını belirtmektedir ^[5]. Bu nedenle su kaynaklarının etkili yönetimi kaçınılmaz bir durum oluşturmıştır.

Su yönetimini, 1970-1980 arasındaki ilk dönemde halk sağlığını koruma önceliğine, 1990'lı yıllardaki ikinci dönemde, kirliliğin ve nihayet üçüncü ve son dönem olan 2000'li yıllar ve sonrasında Su Çerçeve Direktifine (SÇD) ayıran AB; SÇD'ni yeni su politikası olarak tanımlayıp bir nehir havzası ölçeğinde suyu yöneterek, bütünlük yönetim ve sürdürülebilir su kullanımı konularına önem vermeye başlamıştır. Yaşamın vazgeçilmez kaynaklarından biri olan su kaynakları üzerindeki artan riskler nedeniyle Avrupa Parlamentosu ve Konseyi su kaynaklarının yönetimi için "Su Politikası Alanında Topluluk Faaliyeti için bir Çalışma Çerçevesi Oluşturan" 2000/60/EC sayılı ve 23 Ekim 2000 tarihli Su Çerçeve Direktifini (SÇD) çıkarmıştır. Bu direktifin temel amacı, yüzey, kıyı, yer altı ve geçiş sularının korunması için bir çerçeve oluşturmaktır. Avrupa Birliği (AB) üyelik sürecinde bir ülke olan Türkiye, Su Mevzuatını zorunlu olarak AB SÇD ile uyumlu hale getirmiştir. Temel amacı bir havzadaki tüm su kaynaklarını bütüncül bir şekilde yönetmek olan bu direktif, ülkemizde su yönetimi ile ilgili uyum ve uygulama çalışmaları sırasında esas alınmaktadır ^[6, 7].

Su Yönetimi ve Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (AB SÇD)

Su sorunlarının yerel, bölgesel, ulusal ve hatta uluslararası düzeylerde diğer ekonomik, sosyal, çevresel, yasal ve politik konularla gittikçe daha fazla bağlantılı hale gelmesi nedeniyle, su yönetiminin tek bir bağımsız kurum tarafından ele alınması zordur. Bu durum karar verme sürecinde ilgili tüm konuların dikkate alındığı entegre su kaynakları yönetimini gerektirmektedir. Böyle bir entegre yaklaşım yalnızca tedarik yönetimi değil aynı zamanda talep yönetimi, halkın katılımı, çevresel, ekolojik, sosyo-ekonomik yönler ve sürdürülebilirlikten oluşmaktadır. 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından ilk kez sürdürülebilir kalkınma kavramını tanıtan "Ortak Geleceğimiz Raporu", başlıca çevre sorunlarına ve bunların nasıl giderileceğine dair kapsamlı bir bakış sağlamak için yayınlanmıştır. Brutland Raporu aynı zamanda su kaynaklarının da ilk kez havza bazında sürdürülebilir korunmasını gündeme getirmiştir. Rapora göre, sürdürülebilir kalkınmanın, su kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri, su havzasının korunması ve yeterli kalitede su temininin en aza indirmesi gerektiği belirtilmiştir ^[8]. 2001'de Bonn'da düzenlenen "Uluslararası Tatlı Su Konferansı" nda ise nehir havzalarının su kaynakları yönetimi için temel referans çerçevesi olarak kabul edilmesi gerektiği belirtilmiş ve su kaynakları yönetimi için mevcut yasal sistemin iyileştirilerek Nehir Havzası Kanununun oluşturulması gerektiğine vurgu yapılmıştır ^[9]. Nehir havzasının su yönetimi için uygun çerçeve olarak kabul edilmesi ile AB de kendi SÇD'ni hazırlayarak, tüm Avrupa nehir havzalarında kaynakların daha tasarruflu ve daha adil ve sürdürülebilir kullanımını teşvik etmek için yol gösterici bir klavuz oluşturmıştır. Bu direktif ile AB üye ülkelerinin Nehir Havza Bölgelerini (NHB) tanımlayarak,

2009 yılına kadar Nehir Havzası Yönetim Planlarını (NHYP) hazırlayacakları ve tüm havzalar için NHYP'lerini oluşturacakları öngörülmüştür ^[10].

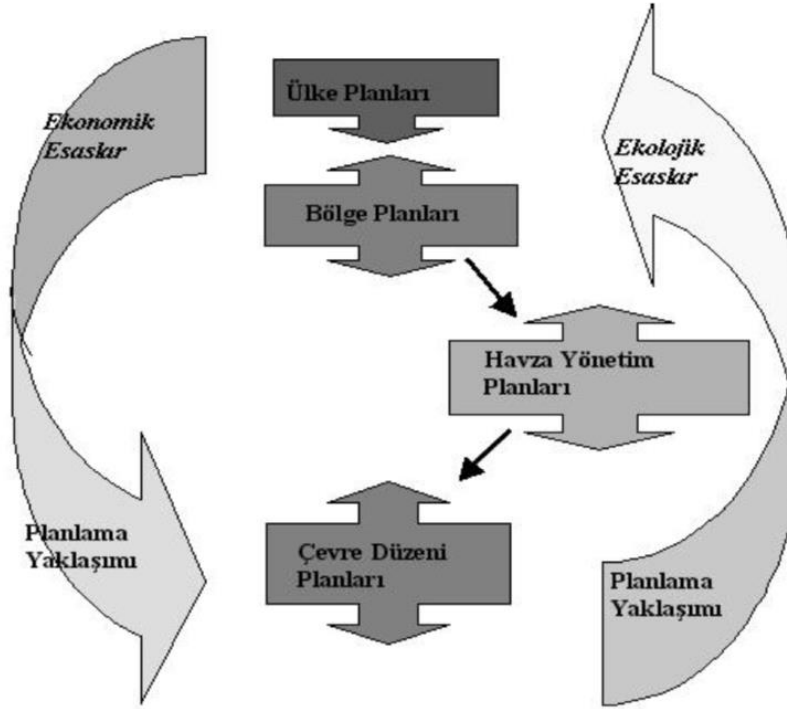
Üye ülkelerin bu direktif doğrultusunda su kaynaklarını yönetmeleri gerekirken; üye olmak isteyen ülkelerin ise su kaynakları yönetim mevzuatlarını bu direktif doğrultusunda geliştirmeleri gerekmektedir. Yüzeysel, yeraltı ve geçiş sularının korunması ve iyileştirilmesi için bu direktif bir çerçeve oluşturmaktadır. Bu çerçevenin gerekliliği olarak su kaynakları havza bazında planlanmalı ve yönetilmeli, bu amaçla direktif NHYP'nın ilkelerini belirlemektedir. AB su mevzuatının anayasası olarak kabul edilen SÇD, Avrupa'daki her türlü su kütlesinin korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı için bütüncül bir yaklaşım oluşturmayı amaçlayan AB su politikası için yeni bir çerçeve getirmiştir. Bu nedenle, Direktif, su ile ilgili farklı sektörler için ayrı politikalar geliştirmek yerine tek bir yasal çerçeve oluşturmaktadır. Direktifin ana kavramları; entegre su yönetimi, nehir havzası bölge yaklaşımı, nehir havzası planlaması, kalite standartları ve emisyon limit değerlerinin entegre yaklaşımı, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi, ekolojik kalite, halkın katılımı, bilgi ve danışma, ekonomik analiz, finansal araçlar, ve geri kazanılabilir maliyet yaklaşımıdır ^[11]. Direktifin ana hedefleri:

- Su kaynaklarının daha az bozulmasını sağlamak
- Su ekosistemi çevresini korumak ve geliştirmek
- Uzun vadeli su korunmasına bağlı olarak sürdürülebilir su kullanımını desteklemek
- Yeraltı suyu kirliliğini azaltmak
- Kuraklık ve taşkınların etkilerini azaltmaktır.

Direktifin yeniliklerinden biri, ilk kez Avrupa düzeyinde yeraltı suyu ve yüzey suyunun entegre yönetimi için bir çerçeve sağlamasıdır. SÇD böylelikle tüm yeraltı ve yerüstü suların korunmasını ve iyileştirilmesini hedeflemektedir. SÇD'ne göre su sistemleri ülke sınırlarına bağlı kalmayan nehir havzaları bazında yönetilmelidir. Suyun ülke, sektör gibi başlıklara ayrılmadan herkesin konusu olduğunu ve hassasiyetini vurgulayan SÇD, suyun adil ücretlendirilmesi, sürdürülebilirliği ve uluslararası işbirliği ilkelerini benimsemiştir ^[12]. Avrupa Konseyi ve Parlamentosunun yayınladığı direktiflerin vurguladığı havza yönetimi; havzaların doğal sınırları içinde kalan su ve diğer kaynaklar ile birlikte havza sınırları içerisindeki sosyo-ekonomik hayatları birlikte değerlendiren, sürdürülebilirlik çerçevesinde geliştirilen bir yönetim modeli olarak değerlendirilmiştir ^[13].

Nehir Havza Yönetim Planları (NHYP)

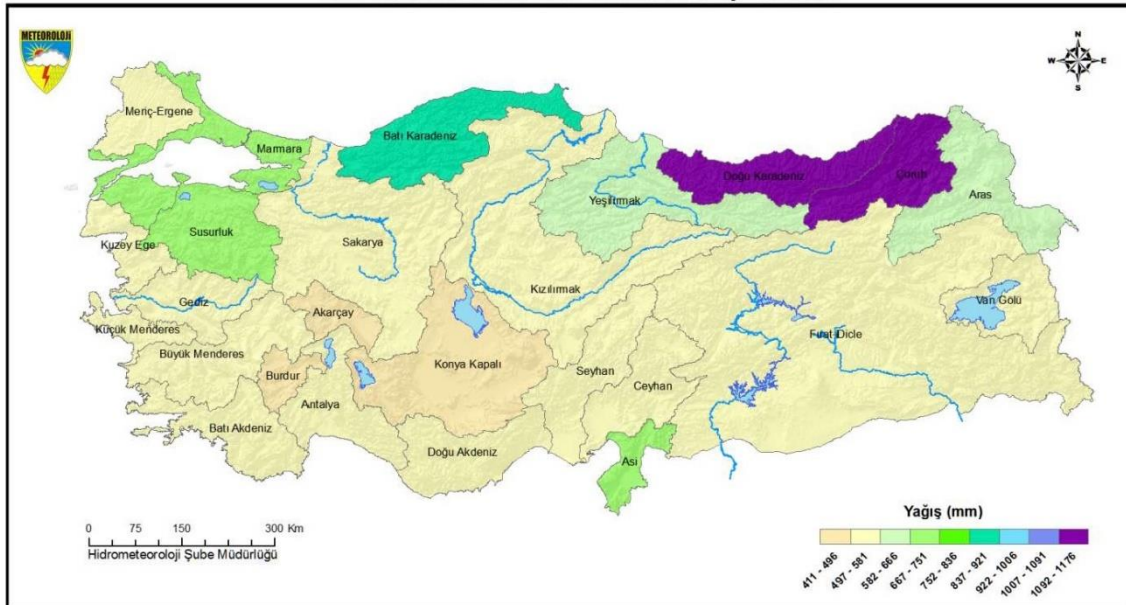
Havza, bütün doğal kaynakları ile birlikte doğal sınırlar içindeki alan olarak tanımlanırken, bu sınırlar içindeki tüm kaynakların korunmasını ve iyileştirilmesini sağlayacak sistem de havza yönetimi olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, doğal sınırlar içinde kalan su, toprak ve bitki örtüsü ile bunların değişimine sebep olan antropojenik faaliyetleri de değerlendiren doğal kaynak yönetimi havza yönetimidir ^[14]. Sırtlardan geçtiği varsayılan su ayırım çizgileri ile sınırları oluşan, yüzeyde biriken yağmur sularının akar sular vasıtası ile aynı göl veya denize ulaştığı bölgeye nehir havzası adı verilir. Nehir havzalarına düşen yağış akış formuna geçebilecek miktara ulaştığında direk veya dolaylı yollarla gölleri ve denizleri beslemektedir. Düşen yağışın toprak tarafından emilen kısımları ise yeraltı sularını besler ve nihayetinde yeraltından göllere veya denizlere ulaşmaktadır. Bir veya birden fazla nehir havzalarının, ulaştığı deniz ve göller ile birlikte meydana getirdiği geniş ölçekli bölge ise "Nehir Havza Bölgesi (NHB)" olarak tanımlanmaktadır. Nehir havzasının sularını deniz veya göle ulaştıran kollarına bağlanan daha küçük akarsu ve göller için toplama alanlarına ise "alt havza" adı verilmektedir. SÇD, her bir NHB için hedefleri ve gerekli önlemleri tanımlamak için "Nehir Havzası Yönetim Planları (NHYP)" ve "Önlemler Programı" hazırlanmasını gerektirmektedir. NHYP'nın hazırlanmasında, nehir havzası düzeyinde kırsal kalkınma, tarım, sanayi, ormancılık ve doğa koruma projelerinin entegrasyonu gerekecektir ^[15]. Tüm nehir havzalarının kendine has özellikleri olduğundan, her NHYP sürecinin öncelikleri, ilgili nehir havzasının doğal ve sosyo-ekonomik durumuna ve yerel halkın değer ve faydalarına bağlı olmalıdır. NHYP'nın bileşenleri ise şöyle sıralanabilmektedir; havzanın özellikleri, önemli antropojenik faaliyetlerin baskısının ve etkisinin özeti, korunan alanların belirlenmesi ve haritalanması, izleme ağlarının haritası, çevresel hedefler listesi, ekonomik analizin özeti, tedbirler programının özeti, kamuya açık bilgi ve danışma önlemlerinin özeti, yetkili makamların listesi, halktan arka plan bilgisi ve yorumları elde etmek için irtibat noktaları ve prosedürlerden oluşmaktadır (Şekil 1) ^[16, 17].



Şekil 1. AB Su Çerçeve Direktifi Açısından Nehir Havza Yönetim Planlaması Esası.

TÜRKİYE'DE SU YÖNETİMİ

Türkiye'nin yerleştiği coğrafya dünyanın yarı kurak bölgesinde bulunmaktadır. Yeryüzüne düşen yağışın dünya ortalaması yıllık 852 mm civarında iken Türkiye'de bu değer 623 mm'dir. Bölgelerimizin yıllık yağış ortalamaları da çok farklılık göstermektedir. Bazı bölgeler 3000 mm civarı yağış alırken bazı bölgelerde bu değer 250 mm'den daha azdır. Bu sebeple, ülkemizdeki su kaynakları yönetimi geçmişte olduğu gibi bugün de çok önemlidir ve artan su talebi açısından değerlendirildiğinde ise gelecekte önemi çok daha fazla olacaktır. Ülkemizde mevcut şartlar çerçevesinde yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yapılan araştırmalara göre 112 milyar m³'dür. Bu değer yaklaşık %85'ini oluşturan 95 milyar m³'lük kısmının ülkemiz sınırları içerisinde doğan akarsulardan, 3 milyar m³'lük kısmının ülkemiz sınırları dışından giriş yapan akarsulardan ve 14 milyar m³'lük kısmının ise yeraltı sularından oluştuğu varsayılmaktadır. Ülkemizde kullanılabilir su potansiyelinin kişi başına düşen kısmı yaklaşık 1.500 m³/yıl'dır. Bu değer dünya ortalaması ve diğer ülkeler ile mukayese edildiğinde su zengini olmayan ülkeler arasında yer aldığımız görülmektedir. Bu sebeple gelecek nesillere yeterli miktarda ve sağlıklı durumda su aktarılabilmesi için ülkemizdeki su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı gerekmektedir [18, 19]. Bu amaçla, ülkemizde her türlü kullanım için su kaynakları potansiyelinin korunması, suyun en iyi kullanımının sağlanması, kirliliğin önlenmesi ve kirliliğin kaynağında su kalitesinin iyileştirilmesi için 2008 yılında eski Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından havza korunmasına yönelik çalışmalar başlatılmıştır. Bunun için, su kalitesine, kirlilik kaynaklarına, korunan alanlara ve içme suyu kaynaklarına göre 25 hidrolojik havza önceliklendirilmiş (Şekil 2) ve diğer havzalara göre yüksek önceliğe sahip olan 5 nehir havzası (Akarçay, Meriç-Ergene, Gediz, Sakarya ve Van) için Havza Koruma Eylem Planı (HKEP) hazırlanmıştır [20].



Şekil 2. Havza bazlı yağış haritası.

AB SÇD'nin gereği olarak hazırlanan HKEP, NHYP yaklaşımıyla benzer niteliklere sahiptir. İkinci adım olarak, 2009-2010 yılları arasında 11 havza için (Marmara, Susurluk, Kuzey Ege, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Burdur, Konya, Ceyhan, Seyhan, Kızılırmak, Yeşilırmak) "Havza Koruma Eylem Planı Hazırlama Projesi" hazırlanmıştır. Son olarak, 9 havza için (Antalya, Doğu Akdeniz, Batı Karadeniz, Fırat-Dicle, Doğu Karadeniz, Batı Akdeniz, Çoruh ve Aras) HKEP'nin hazırlanması ve 5 havza için HKEP'nin revize edilmesi çalışmaları 2011 yılında Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün koordinasyonunda başlamış, 2013'te sona ermiştir. Yapılan çalışmalara göre, ülkemizde tüm havzalardaki ortalama yıllık akış miktarı 186 milyar m³'tür. Devlet Su İşleri (DSİ) verilerine göre bu miktarın yaklaşık üçte biri, ülkemizin doğusunda yer alan ve en büyük yüzölçümüne sahip olan Fırat-Dicle havzasına aittir [21, 22].

Havza koruma eylem planları (HKEP)

HKEP hazırlama projesinin amacı, havza sınırları içerisinde yer alan mevcut yüzey, yeraltı ve kıyı sularının miktarlarının, özelliklerinin ve kirlilik durumunun ve havzadaki kentsel, endüstriyel, tarımsal, ekonomik vb. faaliyetlere bağlı olarak oluşan baskı ve etkilerinin tespit edilmesi; havzada bulunan mevcut su kaynaklarının miktarı ve kullanım potansiyeli ile, havza bazında tespit edilen kirlilik kaynaklarının ve yüklerinin ayrıntılı olarak analizinin yapılması; su kalitesi haritalarının oluşturulması; çevresel altyapı durumunun tespit edilmesi; havzanın korunması, kirliliğin azaltılması ve iyileştirilmesi için kısa, orta ve uzun vadede tedbirlere yönelik çalışmaların ve plan, program, önceliklendirmelerin yapılarak hazırlanmasıdır ^[23]. HKEP kapsamında, endüstriyel, tarımsal ve ekonomik faaliyetlerin bir sonucu olarak yüzey, yeraltı suyu ve kıyı suyunun miktar, özellik ve kirlilik seviyelerinin yanı sıra bu kaynaklar üzerindeki baskı ve etkilerin belirlenmesi amacıyla su kalitesi haritaları oluşturmak, nehir havzalarının korunması ve kirliliğin azaltılması için kısa, orta ve uzun vadede önlem programlarının hazırlanması hedeflenmiştir ^[24]. Bu eylem planlarının 2013 yılında tamamlanması ile, NHYP'nin hazırlanma sürecine temel teşkil edecektir. HKEP, NHYP'nin temeli olarak ifade edilebilir. HKEP'nin ana amacı su kalitesini korumaktır. Ülkemizde bulunan 25 Nehir havzasının su kaynaklarının potansiyeli, kentsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlere bağlı olarak oluşmuş kirlilik analizi ve tespit edilen baskı ve etkilerin olumsuzluğunun giderilmesi için öncelikli önlemlerin tespit edilmesi HKYP'nin amaçlarındandır. NHYP, ekolojik ve biyolojik konuların yanı sıra kimyasal ve hidromorfolojik durumların daha kapsamlı değerlendirilmesinde Havza Koruma Eylem Planlarından (HKEP) farklıdır. Ek olarak, HKEP, objektif belirleme, ekonomik analiz ve sürekli izleme gibi diğer bazı konuları içermemektedir. Bu eksikliklerin giderilmesi için, tamamlanan HKEP'nin, NHYP'ye dönüştürülmesi planlanmaktadır. Türkiye'nin AB'nin Çevre Müktesebatına ilişkin strateji belgesinde, 2023 yılına kadar tüm eylem planlarının NHYP'ye dönüştürüleceği öngörülmektedir. İlk adım olarak

2014 yılında “Havza Koruma Eylem Planlarının Nehir Havzası Yönetim Planlarına Dönüştürülmesi Projesi” başlatılmıştır [14, 25].

AB SÇD’nin Türkiye’de Uygulanabilirliği

Nüfus artışı ile paralel olarak gelişen tarım ve sanayi faaliyetleri su ihtiyacını artırmış, aşırı tüketim neticesinde yeraltı su seviyelerinde düşüklere sebep olmuştur. Bunun sonucunda havza bazlı su kaynakları yönetimi daha fazla önem kazanmıştır. Sosyo-ekonomik gelişmeler ile birlikte sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için havza bazlı su kaynakları yönetimi alanında ilerlemeler kaydedilmiştir. SÇD’nin de bir gereği AB’ye aday ülke olarak Türkiye, su kaynakları yönetimi alanındaki mevzuatlarını AB mevzuatları ile uyumlaştırmaya başlamış, nehir havzalarının entegre yaklaşım ile yönetilmesi adına adımlar atmıştır. Daha önceleri sadece suyun nerede ve ne kadar olduğu önem taşıırken artık suyun miktarının kalitesi ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği kabul edilmiştir, bu iki unsuru ilgilendiren tüm etkenler çalışmalara dahil edilmiştir. Ülkemizde AB politikaları çerçevesinde bir yönetimin oluşturulabilmesi için öncelikle, havza bazındaki yönetimin anlayışının yerleşmesi, buna bağlı olarak, idari ve yasal yapının düzenlenerek uyum sağlanması ve bütünleştirilmesi, havza sınırlarının belirlenmesi ve havza özelliklerine göre yönetmelikler oluşturulması gerektiği ifade edilmiştir [26]. AB SÇD doğrultusunda, ülkemizde 17.10.2012 tarih ve 28444 sayılı “Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği” yayınlanmıştır. Yayınlanan bu yönetmeliğin amacı, yüzeysel sular ve yeraltı sularının miktar, fiziksel, kimyasal ve ekolojik kalite açısından bütüncül bir yaklaşım ile korunması ve NHYP’nin hazırlanmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir. Yönetmelik, denizler hariç, kıyı suları dahil olmak üzere yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarının yer aldığı havzaların korunması ve NHYP’nin hazırlanmasına ilişkin usul ve esasları kapsar. Bu yönetmelik ile bütün havzalar için NHYP’nin HKEP esas alınarak Bakanlıkça hazırlanacağı belirtilmektedir. NHYP’na esas teşkil edecek ulusal havza master planları ilk kez 1956-1982 yılları arasında DSİ Genel Müdürlüğü tarafından, sosyal ve ekonomik kalkınma için gerekli olan farklı su taleplerini karşılamak amacıyla bir havzada su kaynaklarının potansiyelini ve kalitesini, toprak kaynaklarını ve suyun kullanım ve talebini araştırmak amacıyla hazırlanmıştır. Bu planlar, evsel, endüstriyel, sulama ve enerji üretimi faaliyetleri gibi toplumun farklı su taleplerini karşılayacak yöntemlerin belirlenmesine ve aşırı miktarda su tüketen faaliyetleri önleyerek su tüketim seviyesini belirleyen arazi kullanımına yönelik çözümleri içermektedir. Bu kapsamda, 10 havza için (Sakarya, Susurluk, Konya, Van, Seyhan, Meriç-Ergene, Akarçay, Ceyhan, Büyük Menderes ve Antalya) su havzası ana planlarının güncellenmesi çalışmaları başlatılmıştır. DSİ Genel Müdürlüğü 2010-2014 yıllarını kapsayan sonraki stratejik plan döneminde, geri kalan 15 havza için su havzası ana planları hazırlanmıştır. Bu ana planlar, NHYP’nin hazırlanması ve uygulanması süreci için önemli veri kaynağı teşkil etmektedir [27].

Türkiye böylelikle AB SÇD doğrultusunda bütüncül bir yaklaşımla yeraltı suyu ve yüzey suyunun miktar ve kalitesinin planlanması ve korunmasına ilişkin usul ve esasların belirlenmesi ilkelerini hayata geçirmiştir. NHB’nin belirlenmesi eylemiyle ilgili olarak, Orman ve Su İşleri Bakanlığı’nı yetkili makam olarak kabul etmiştir. Bu kapsamda 2012 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Kalkınma Bakanlığı, Hazine Müsteşarlığı, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, yerel yönetimler, eğitim ve araştırma kurumlarının katılımıyla bir Ulusal Havza Yönetim Stratejisi ve Eylem Planı hazırlanmıştır. “Ulusal Havza Yönetim Stratejisi” nin (UHYS) amacı, geçim desteği ve gelir yaratma ile ilgili orta ve uzun vadeli kararlar ve yatırım programları ile nehir havzalarının ve doğal kaynakların korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı için rehberlik sağlamaktır. Vizyonu, nehir havzalarında uzun süredir devam eden çevresel bozulmayı durdurmak, arazi, su ve orman kaynaklarının verimliliğini ve kalitesini korumak ve arttırmak, havzalardaki fauna ve florayı korumak ve iyileştirmek, ekosistemin bütünlüğüne zarar vermeyen kullanıcılar ve düşük gelirli kırsal nüfusun refah ve yaşam kalitesini artırmak ve havza hizmetlerini en üst seviyeye çıkarmaktır. Sürdürülebilirlik, katılım, işbirliği, etkililik, verimlilik, çevre bilinci, şeffaflık, hesap verilebilirlik, erişilebilirlik, ulusal kalkınma politikalarına ve diğer ulusal strateji belgelerine uygunluk, uluslararası anlaşmalardan kaynaklanan yükümlülüklerin yerine getirilmesi ve maliyetlerin ve faydaların adil bir şekilde paylaşılması ana prensip olarak kabul edilmiştir. Belirlenen sorumluluklar çerçevesinde, her kurum ilgili kurumsal hedefler için ayrıntılı bir eylem planı hazırlayacak ve uygulayacaktır. Bu kapsamda, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, ulusal su planı hazırlamak, tüm su havzası ana planlarını revize etmek ve tüm HKEP’yi tamamlamak ve bunları 2023 yılına kadar NHYP’ye dönüştürmekle görevlidir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) tarafından 2016 yılında yayınlanan Avrupa Birliği Çevre Entegre Uyum Stratejisi (UÇES) (2016-2023) raporuna göre NHYP'nin öncesinde HKEP'nin hazırlanması gerekmektedir. Daha sonra "Havza Koruma Eylem Planlarının Nehir Havza Yönetim Planlarına Dönüştürülmesi Projesi" uygulanmıştır. Projenin Amacı (2000/60/EC) sayılı Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve diğer ilgili direktiflerle uyumlu şekilde HKEP'lerin NHYP'ye dönüştürülmesi çalışmasını gerçekleştirilmesi ve bu süreçte ulusal kapasitenin geliştirilmesidir. HKEP 2014'ten sonra NHYP şeklinde güncellenmiştir ^[28, 29].

Bu bağlamda havzaların mevcut durumu ve çevresel altyapısı arazi çalışmaları ile belirlenerek güncellenmiş, kirlilik yükleri ve su kalitesi sınıflandırılmış, kentsel atıksu arıtma planlamaları yapılmış, elde edilen bulgular ışığında çevresel sorunlar ve çözüm önerileri çalışılarak her havza için 15 eylem planlanmıştır. Bu eylemlerin ilki kentsel atıksu yönetimidir. Bu kapsamda, havza üzerinde baskı oluşturan tüm yerleşimler için kentsel atıksu kaynaklı kirliliklerin azaltılması çalışmaları yapılmıştır. Kentsel atıksu altyapı yönetimi, kentsel yerleşimlere ait kanalizasyon durumu ve kolektör hattının tamamlanması ve iyileştirilmesi, atıksu arıtma tesisleri (AAT) ile ilgili yer seçimi, fizibilite ve çevresel etki değerlendirme (ÇED) raporlarının hazırlanması, uygulama projeleri ve ihale dokümanlarının hazırlanması, inşaatların yapılarak tesislerin işletmeye alınmaları ve akabinde izleme ve denetim dâhil tüm faaliyetleri kapsamaktadır. Planlanan kentsel AAT'ler için proses seçimi gerçekleştirilirken, tesisin hizmet vereceği nüfus büyüklüğü, tesise bağlı olacak yerleşim biriminin atıksu toplama alanının yaygınlığı ve atıksu deşarj noktası çeşitliliği, tesise bağlanacak yerleşim biriminin idari yapısı, iklim yapısı gibi hususlar göz önünde bulundurulmuştur. Nehir havzalarının su kalitesinin korunmasında AAT etkisi oldukça önemlidir. Bu nednele bu çalışmada, AB uyum sürecinde olan ülkemizdeki 25 nehir havzasından biri olan Fırat-Dicle Havzasının bir alt havzası olan Karasu Havzasının su kalitesinin, SÇD kapsamında belirlenmiş Havza Koruma Eylem Planları (HKEP) eylemlerinden ilki olan kentsel atıksu yönetimi ile değişimi incelenmiştir. Bu amaçla Erzurum'da 2015 yılında faaliyete geçen Erzurum Büyükşehir Belediyesi Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinin faaliyetinden önceki ve sonraki dönemlerde Karasu nehrinin su kalitesi verileri karşılaştırılmıştır. Karasu nehri üzerinde yapılmış sınırlı sayıda çalışmadan dolayı tez kapsamında ayrıca nehir üzerinde DSI'nin ölçüm yaptığı ölçüm istasyonlarından da su numuneleri alınarak analiz edilmiş ve sonuçların değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

DENEYSEL YÖNTEM

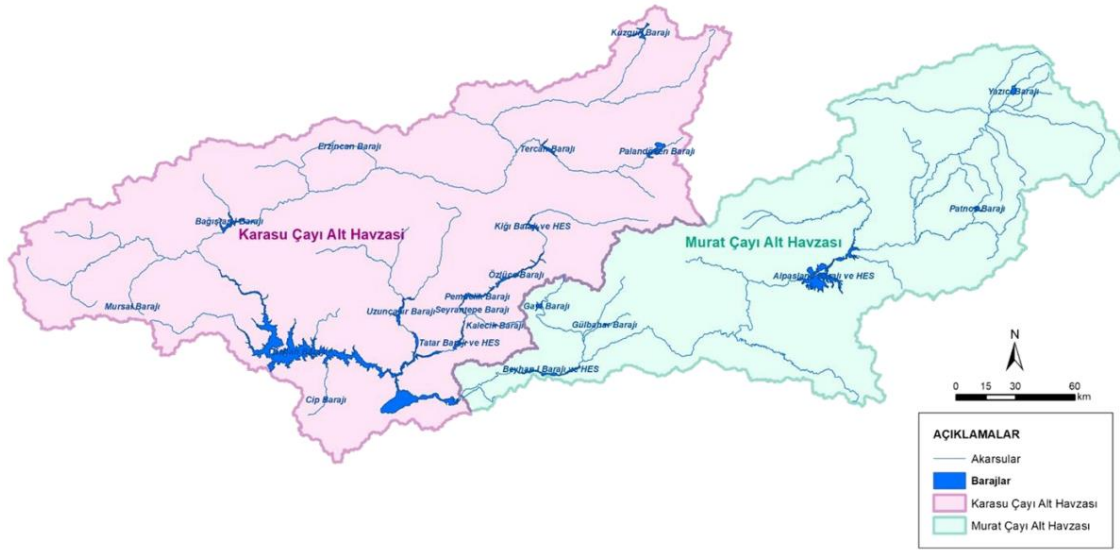
Fırat-Dicle Havzası (Fırat-Dicle Basın)

Türkiye'de bulunan 25 adet hidrolojik havzadan en büyüğü olan Fırat-Dicle havzasının toplam ülke potansiyelinin yaklaşık %28'ine sahip olduğu belirtilmektedir. Fırat ve Dicle nehirleri Türkiye'nin doğusunda doğmakta ve sınır aşır Basra Körfezi'ne dökülmektedir. Fırat nehrinin kaynağını Ağrı'da doğan Murat ve Erzurum'da doğan Karasu nehirleri oluşturur. Dicle nehrinin kaynağını ise Elazığ yakınlarındaki Maden çayı ve Diyarbakır'daki Bırkleyn çayı oluşturur. Basra'nın 64 km yukarısında Fırat Nehri ile Dicle Nehri birleşerek "Şattülrap" ismini alır ve Basra Körfezi'ne dökülür. Murat ve Karasu nehirlerinin birleşiminden sonra Fırat adını alan nehir Dicle nehri ile birleşinceye kadar 1230 km'si Türkiye'de, 710 km'si Suriye'de ve 1060 km'si Irak'ta olmak üzere yaklaşık 3000 km uzunluğa ulaşmaktadır. Fırat-Dicle havzası 17 alt havzadan oluşmaktadır ve bunların 6 tanesi Türkiye sınırları içerisinde ^[30].

Karasu alt havzası (Karasu River Basin)

Karasu Alt Havzası, Fırat-Dicle havzasının kuzeyinde yer alır ve adını Fırat Nehri'nin de ana kollarından olan Karasu Nehri'nden alır. Erzurum ilinde bulunan Dumlu Dağı eteklerinden doğan Karasu nehri 1890 m rakımlı Erzurum ovasının tek akarsuyudur. Erzurum ili Ilıca ilçesinde Pulur çayı ile birleşerek ovayı terk eder. Karasu Nehri'nin Erzurum ili içindeki drenaj alanı 1642 km² ve ortalama akımı 4,304 m³/sn dir ^[31]. Karasu Alt Havzası volkanik kütlelerden oluşan dağlık alanlarla çevrilidir. Erzurum ovasının kuzeyinde 2500-3000 m yüksekliğe sahip Dumlu Dağı, güneyinde 2700-3000 m yüksekliğe sahip Palandöken Dağları, doğusunda Kargapazarı Dağı ve batısında Daphan Ovası vardır ^[32]. Karasu Alt Havzası Doğu Anadolu Bölgesinin kuzey bölümünde yer alır (Şekil 3). Erzurum, Erzincan ve Tunceli İlleri Karasu Alt Havzası içinde yer almaktadır. Erzurum İlının Aziziye (Ilıca), Çat ve Aşkale İlçeleri Karasu Alt Havza sınırları içinde kalmaktadır. Karasu Alt Havzası karasal iklime sahiptir. Sert bir kış iklimine sahip olan havzada kar yağışı kış iklimi boyunca hakimdir. Dört mevsim boyunca gece-gündüz sıcaklık farkları daima yüksektir. Yıllık ortalama sıcaklık 10°C ile -5°C arasında

değişmektedir. Yılın en sıcak dönemi Temmuz ve Ağustos aylarında görülmektedir. En soğuk ay ise Ocak ayıdır. Aylık ortalama yağışın en fazla olduğu dönem Mayıs ayıdır [33].



Şekil 3. Karasu Alt Havzası.

Karasu nehri kaynağından tarım alanlarına ulaşınca kadar kirlenmemiş durumda olup, tarım alanları ve yerleşim birimlerinden geçerken endüstriyel ve evsel atıklarla kirlenmektedir. 2008 yılında yapılmış bir çalışmaya göre, il sınırları içerisinde bulunan bir adet organize sanayi bölgesine ait arıtma tesisi bulunmadığı belirtilmektedir. Kentsel atıksuların da doğrudan Karasu nehrine deşarj edildiği bu dönemlerde Karasu nehrinin başlıca kirlilik kaynaklarının şeker fabrikası, mezbahaneler, tarımsal faaliyetler, kentsel atıksular ve diğer kirleticiler olduğu belirtilmiştir. Erzurum ovasında yeraltı suyu kirliliğine neden olan ana kirleticilerin ise tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar, evsel atıkların toplandığı foseptik çukurlarından gelen sızıntılar, Karasu nehri ve sulama kanallarından yeraltı suyu beslenimi, endüstriyel faaliyet alanları, katı atık sahası ve deşarj suları olarak belirtilmiştir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine (2004) göre; ÇO, T, pH, BOİ₅, TÇM, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, O-PO₄⁻³, SO₄⁻², Na⁺, Cl⁻ parametrelerine göre yüzey sularını kirlenmesi açık olarak görülmekte; kentsel atıksuların Karasu'ya deşarj edildiği noktaların 4. sınıf su kalitesinde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca mezbahanelerden deşarj edilen suların ve havzadaki tarım faaliyetlerinin yeraltı suyu kalitesini düşürdüğü belirtilerek, atıksu arıtmanın gerekliliğine vurgu yapılmış, sanayi bölgesine, fabrikalara, mezarlıklara, yoğun tarımsal ve hayvansal faaliyetlerin sürdürüldüğü bölgelere yakın olan kuyulardan su temini yapılmaması gerektiği belirtilmiştir [34].

Erzurum Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi (Erzurum WWTP)

Erzurum Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi (AAT) finansmanının %85'i Avrupa Birliği, %6'sı TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın hibesi ve %9'u da Erzurum Büyükşehir Belediyesi katkıda bulunmasıyla yapılmıştır. Tesis, biyolojik çamurdan biyogaz üreterek ihtiyacı olan enerjinin önemli bir kısmını kendi bünyesinde üreten ve Türkiye'de yapılan en modern AAT'den biri konumundadır. Erzurum Biyolojik AAT, Biyolojik Proses Havuzlarında max. 130.000 m³/gün atıksu debisini ve Tablo 1'deki kirlilik yüklerini arıtabilecek biçimde dizayn edilmiş ve inşaatı tamamlanmıştır. Erzurum Biyolojik AAT 444.934 kişilik evsel nüfusa ve 56.700 kişilik endüstriyel nüfusa göre dizayn ve inşa edilmiştir (Tablo 1-2) Proses hesapları ATV-DVWK-Standartlarına (ATV 131-E) karbon ve azot giderimine dayalı bir aktif çamur prosesi olarak boyutlandırılması yapılmıştır. Tesis, Ilıca/Aziziye ilçesine bağlı Kuşçu Köyü mevki, Ferah mahallesinin bitişiğinde, Karasu nehri ve Pülür çayının kuzeyinde yer almaktadır. Erzurum şehir merkezinde toplanan atıksu yaklaşık 15 km'lik ve 1200 mm çapında kanalizasyon hattıyla getirilip 2400 mm çapında 300 m beton boru ile tesise ulaştırılmaktadır [35].

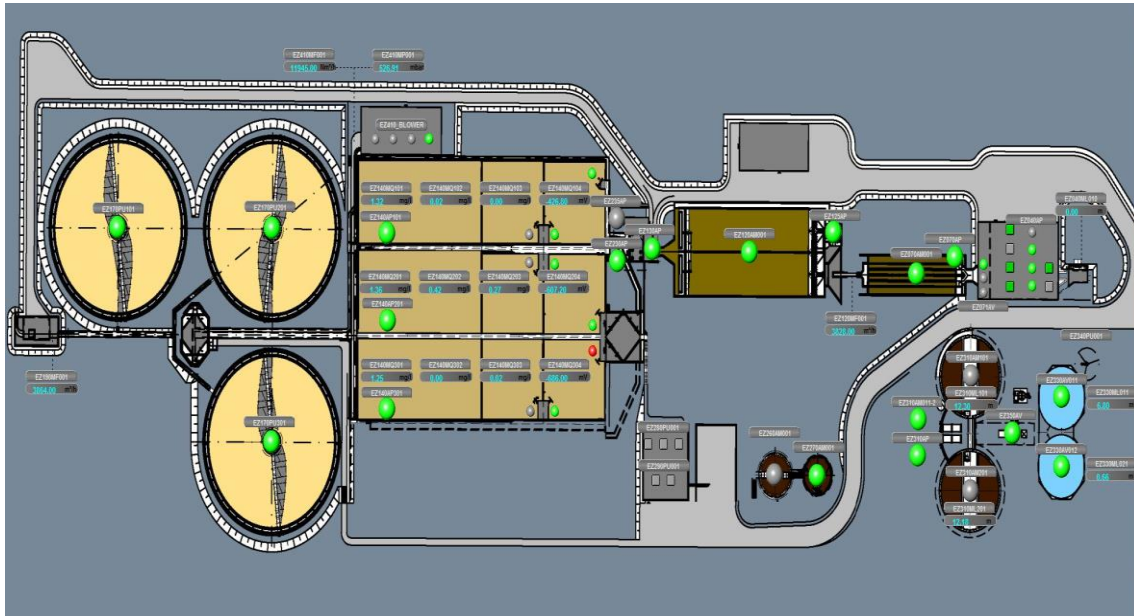
Tablo 1. Erzurum Biyolojik AAT giriş suyu dizayn parametreleri.

Parametreler	Birim	Dizayn Değerleri	S.K.K.Y. (Tablo 21.4) (24 Saatlik Kompozit Numune)
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOI	mg/lt	631	90
Biyolojik Oksijen İhtiyacı, BOI ₅	mg/lt	321	25
Askıda Katı Madde, AKM	mg/lt	343	35
Toplam Nitrojen Azotu, T-N	mg/lt	54	10
Toplam Fosfor, T-P	mg/lt	13	-
pH	-	6-9.5	6-9.5

Tablo 2. Erzurum Biyolojik AAT debi (kapasite) değerleri.

Debi	Birim	2025 Yılı	2040 Yılı
Minimum (Ort. Kuru Hava)	m ³ /h	1658	2210
Maximum (Yağışlı hava)	m ³ /h	5434	7265
Günlük ortalama (Max. Kuru)	m ³ /h	2602	3468

Erzurum Biyolojik AAT'nin görünümü ise Şekil 4'te verilmiştir ^[34].

**Şekil 4.** Erzurum AAT şematik görünümü.

Metot

Karasu alt havzası üzerindeki en büyük noktasal kirlilik kaynağı şehre ait atıksuların AAT sonrası deşarjıdır. Havza üzerinde bulunan tek ve en büyük sanayi olan Aşkale Çimento A.Ş.'nin kendi paket arıtımı mevcuttur. Bunun dışında yer alan Organize Sanayi Bölgesi atıksuları ve diğer küçük sanayi kuruluşlarının atıksuları AAT'ye bağlanmıştır. Havza üzerinde bulunan küçük yerleşim yerleri de dahil tüm yerleşim birimlerinin atıksuları AAT'ye bağlıdır. Bu nedenle çalışma kapsamında AAT giriş çıkış atıksu parametrelerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi önem taşımaktadır. HKEP kapsamında Karasu nehrinin su kalitesinin korunması için inşa edilen ve 2016 yılında faaliyete geçirilen Erzurum Büyükşehir Belediyesi kentsel AAT'nin su kalitesi üzerindeki etkisini incelemek için öncelikle, AAT faaliyete geçmeden önce Karasu alt havza bölgesinde su kalitesini izlemekle sorumlu tek kuruluş olan DSİ Genel Müdürlüğü'nün su kalite analiz sonuçları incelenmiştir. DSİ'nin su kalitesi izleme istasyonları 2015 yılında kapatılmıştır. Bu nedenle talep edilen veriler istasyonlar kapatılmadan önceki son 3 yıla ait verilerdir (2013-2015). İstasyonların ikisi AAT'nin faaliyetinden önce kentsel atıksuların deşarj edildiği

ana noktanın üzerinde diğeri ise 5 km aşağısındadır. Daha sonra Erzurum Büyükşehir Belediyesi ESKİ Genel Müdürlüğü bünyesinde faaliyete geçirilen kentsel AAT'nin faaliyete geçtiği 2017 yılı ile 2019 yılı Haziran arası dönemde tesis giriş çıkış atıksu parametrelerine ulaşılmıştır. Son aşamada ise DSİ'nin su kalitesini belirlemek amacı ile 2015 yılına kadar ölçüm yaptığı Karasu ve Pulur çayları üzerinde bulunan numune alma noktaları (1. Nokta ve 2. Nokta) ile AAT deşarj noktası sonrası 5. km'de belirlenen bir noktada (3. Nokta) su numuneleri alınarak su kalite parametrelerinin bugünkü değerleri ölçülmüştür. Çalışmada analiz edilecek su numunesi alma noktalarının DSİ'nin 2015 yılına kadar kullandığı su numune istasyonları ile aynı noktalarda olmasına dikkat edilmiştir (1. Nokta ve 2. Nokta). Ancak özellikle AAT faaliyete geçmeden önce ham kentsel atıksu deşarjının yapıldığı noktanın hemen aşağısında DSİ'nin ölçüm yaptığı yakın bir istasyon bulunmamaktadır. DSİ su kalitesini izlemek için ham atıksu deşarjının yapıldığı noktanın 5 km aşağısında bir noktadan numune alarak su kalite parametrelerini belirlemiştir. DSİ'nin su kalite parametrelerini ölçmek için belirlediği istasyonlar Şekil 5'te gösterilmiştir. Ayrıca AAT faaliyete geçmeden önce ham atıksu deşarjının yapıldığı nokta ve AAT deşarj noktaları birbirlerine yakın olup arada 150-200 m mesafe bulunmaktadır. AAT deşarj noktası Karasu ve Pulur çaylarının birleştiği noktanın hemen üst kısmında yer almaktadır. Dolayısı ile AAT'nin deşarj noktası sonrası yaklaşık 2 km'lik bir alanda, çıkış suyu karışma mesafesi de dikkate alınarak 3. Nokta belirlenmiştir. Bu nokta AAT'nin deşarjının Karasu üzerindeki etkisini belirlemede daha büyük önem taşımaktadır. Çünkü deşarjdan 5 km sonra seyrelmenin de etkisini dikkate almak gerekecektir. Belirlenen bu 3 noktadan alınan su numunelerinde BOİ, KOİ, TAKM, pH, ÇO ve iletkenlik olmak üzere toplam 6 parametre ölçülmüştür. Ölçümler Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölüm laboratuvarlarında ve AAT tesisi laboratuvarlarında standart metodlara uygun ^[36] olarak yapılmıştır. Ayrıca doğrulama için akredite bir laboratuvar olan Erzurum Halk Sağlığı Laboratuvarında da BOİ, KOİ ve TAKM analizlerinin bir kısmı yapılmıştır. Su alma noktalarından alınan numunelerin kış şartlarından etkilenmemesi ve doğru sonuçlar vermesi için numuneler Mayıs ayı itibari ile alınmaya başlanmıştır. DSİ de bu istasyonlarda Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarında ölçümler yapmıştır. Numuneler 2 saatlik kompozit numunelerdir ve AAT görevlileri tarafından numune alma koşullarına uygun alınarak +4°C'de saklanarak analiz edilmiştir.



Şekil 5. DSİ numune alma istasyonları

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

DSİ'den 2012-2015 yılları arasındaki veriler istasyon bazında BOİ, ÇO, pH, TKM, sıcaklık ve TN değerleri olarak elde edilmiştir. DSİ tarafından yayınlanan Akım Gözlem Yıllığı Cilt-1 (2015) içeriğinden elde edilen verilere göre Karasu Nehri ve Pulur Çayı'na ait debi bilgileri de çalışmaya dahil edilmiştir ^[18]. Bu çalışmada 1. Nokta olarak ifade edilen numune alma noktası istasyon 21-08-00-008 ve 2. Nokta olarak ifade edilen istasyon 21-08-00-009'dir. 21-08-00-107 numaralı istasyon daha önce

de belirttiğimiz gibi ham atıksu deşarj noktası ve AAT çıkış deşarj noktasının yaklaşık 5 km aşağısında bulunduğu için arıtma tesisinin önemi belirtmek adına bir karşılaştırma yapmak faydalı olmayacaktır. Çünkü DSI'den elde edilen verilerde 5 km aşağıda nehir suyu düşük organik kirliliğe sahip olup BOİ değeri 1-2 mg/L'dir. Bu duruma seyrelme etkisinin yol açtığı açıktır. DSI'nin ölçüm yaptığı Mayıs, Temmuz ve Eylül ayları dikkate alındığında en çok yağış alan Mayıs ayı kirlilik parametre değerlerinin düşük olduğu ve seyrelmenin etkili olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle bu çalışma için kullanılacak numune alma noktası AAT deşarj noktasının yaklaşık 2 km aşağısında yer almaktadır. Bu noktada DSI'nin yaptığı ölçüm bulunmamaktadır. Dolayısı ile AAT faaliyeti öncesi durum ile bir karşılaştırma yapılamamıştır.

Elde edilen veriler ışığında AAT faaliyete geçmeden önce Karasu Nehri ve Pulur Çayı üzerinde ham evsel atıksu deşarjından kaynaklı büyük bir kirlilik yükü oluşmadığı düşünülebilir. Ancak AAT kurulmadan önce Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından Erzurum Büyükşehir Belediyesi için hazırlanan bir raporda özellikle ham atıksu deşarj noktalarında yapılmış su kirlilik parametreleri için oldukça yüksek değerler elde edilmiştir ^[37]. Bu raporda; Ilıca kollektör noktası ve AAT faaliyeti öncesi Karasu nehrine ham atıksu deşarjının yapıldığı nokta olmak üzere 2 farklı noktadan atıksu numuneleri alınmıştır. Bu numunelerin alındığı noktaların yaklaşık yerleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu noktalardan Ilıca kollektör adı verilen noktanın, DSI'nin ölçüm yaptığı 21-08-00-008 ve 21-08-00-009 numaralı istasyonlara yakın bir nokta olduğu görülmektedir. Ilıca kollektör, Erzurum AAT'ye giren atıksu olup 1 numaralı noktadan alınmıştır. Ham atıksu ve Karasuyun birleştiği noktadan yaklaşık 250 metre sonrada 2 numaralı noktadan da karışım numunesi alınmıştır. Raporda belirtilen numunelerin analiz sonuçlarına göre özellikle organik kirlilik yükleri dikkate alındığında Karasu nehri su numunelerinin atıksu deşarj noktalarında oldukça yüksek kirlilik yükü taşıdığı görülmüştür. BOİ değerleri Ilıca kollektör için 225 mg/L BOİ ve ham atıksu deşarj noktası için 197 mg/L olarak belirtilmiştir. Ancak rapor kapsamında deşarj noktalarının 2 km aşağısında alınmış su numuneleri bulunmamaktadır. Bu rapor arıtma tesisi faaliyete geçmeden önce yayınlanmıştır.



Şekil 6. Ilıca kollektör (1) ve ham atıksu deşarj noktasında (2) Karasu nehrinin numunelerinin alındığı noktalar.

1997 yılında Erzurum Karasu nehrinde matematiksel modelleme kullanılarak BOİ₅, KOİ, ÇO, azot gibi parametrelerin nehir boyunca değişmelerini gösteren bir çalışma yapılmıştır. Çalışma nehrin 1700 metrelik kısmını kapsamaktadır. Yapılan modelleme çalışması neticesinde Karasu nehrindeki kirliliğin kanalizasyon ve mezbaaha atıksularının deşarj edilmesi ile arttığı ortaya çıkmıştır. Çalışma ile

deşarj noktasından yaklaşık 2 km sonrasında tam karışımın gerçekleştiği sonucuna varılmıştır [38]. Bu sebeple bu çalışmada belirlenmiş numune alma noktalarından birisi tesisin 2 km aşağısındadır.

Erzurum Biyolojik AAT'nin 2017-2019 yılları arasında yayınlanmış giriş ve çıkış atıksu parametreleri incelendiğinde ise tesis BOİ gideriminde ortalama olarak %90'ın üzerinde arıtma verimine sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca %100'e yakın TN giderimine ve yine %90'ın üzerinde AKM giderimine sahiptir. Bu arıtma verimleri ile AAT'de yıllık 11.000 ton çamurun tutulduğu ve Karasuya her yıl 11.000 ton çamurdeşarjının engellendiği belirtilmiştir.

DSİ istasyonlarının 2015 yılında kapatılmış olmasından dolayı AAT'nindeşarj yaptığı akarsuların su kalitesine ait güncel veriler bulunmamaktadır. Bu nedenle AAT faaliyetinden sonra Karasu nehrinin su kalitesini değerlendirmek için DSİ'nin ölçüm yaptığı aylara da karşılık gelecek şekilde Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında toplam 3 kez numune alınarak su kalite parametreleri çalışma kapsamında analiz edilmiştir (Şekil 7). Analiz noktalarının ikisi DSİ istasyon noktaları olup AAT üst noktasında yer almakta ve 3. ise AATdeşarj noktasının 2 km aşağısında yer almaktadır.



Şekil 7. Çalışma kapsamında kullanılan su numunesi alma noktaları.

Numunelerde pH, iletkenlik, ÇO, BOİ, KOİ ve TAKM parametreleri izlenmiştir. Analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Elde edilen sonuçları DSİ verileri ile karşılaştırmak çok anlamlı olmayacağı için, Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünün 2014 yılında ölçtüğü analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Buna göre AAT faaliyete geçmesinden sonra Karasu nehri üzerinde ortalama %70-85 arası bir iyileşme sağlandığı ifade edilebilir. AAT üst ve alt noktalarındaki ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında ise tesisin Karasu nehri üzerinde bir kirlilik yükü bulunmadığı görülmektedir. Haziran ayı sonuçlarına bakıldığında tesis üst noktalarında Karasu ve Pulur çayı BOİ değerleri sırasıyla 28.22 ve 18.53 mg/L olurken AAT alt noktasında BOİ değerinin 34.18 mg/L'ye yükseldiği görülmektedir. AAT yetkilileri Haziran ayında tesis ızgaralarından birini bakıma almalarından dolayı bir kısım suyun by-pass yapıldığı ifade edilmiştir. Bu yükselme bile AAT'nin Karasu nehrinin su kalitesi üzerindeki önemini ortaya koymaktadır. Yapılan analizlerde BOİ değerlerinin yüzey su kalitesine göre yüksek değerlerde olması, bölgedeki tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden gelen yayılı yüklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca AAT'nin son 3 yıldır faaliyette olduğu göz önünde bulundurulursa Karasu nehrine geçmiş yıllarda yapılan ham atıksudeşarjının bölgede hala bir kirlilik etkisine sahip olduğu, nehrin kendi kendini temizleme sürecinin devam ettiğini gösterebilmektedir. Haziran ayında yapılan analiz sonuçlarından tesis çıkışında BOİ normal değerlere göre yüksek çıkmıştır, sebebi AAT kaba ızgara ünitelerinden birinin bakımda olmasından dolayı yapılan tahliyeden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Mayıs ayı ile Temmuz ayının analiz sonuçlarına bakıldığında ise Mayıs ayında DSİ verilerine göre debinin daha yüksek olmasına rağmen seyrelmesi gereken parametreler Temmuz ayına nazaran yüksek çıkmıştır. Sebebinin Mayıs ayındaki yüzeysel akış sebebi ile tarım arazilerinden ve hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı kirlilik yüklerinin akarsulara taşınması olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 3. Karasu nehri su kalite parametreleri analiz sonuçları.

	Parametreler	Pulur Çayı 21-08-00-008	Karasu 21-08-00-009	Tesis Çıkış Sonrası 21-08-00-107	Birim
MAYIS	pH	7.55	7.65	7.55	
	İletkenlik	43.7	32.5	45	µs/cm
	Çözülmüş oksijen	7.18	5.29	6.2	mg/L
	Kimyasal oksijen ihtiyacı	82	94	97	mg/L
	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	56	65	61	mg/L
	Toplam askıda kadı madde	18	21	24	mg/L
HAZİRAN	pH	7.43	7.56	7.51	
	İletkenlik	1200	419	500	µs/cm
	Çözülmüş oksijen	7.01	5.57	5.43	mg/L
	Kimyasal oksijen ihtiyacı	42.9	47.82	53.32	mg/L
	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	28.22	18.53	34.18	mg/L
	Toplam askıda kadı madde	5	27.5	10	mg/L
TEMMUZ	pH	7.64	7.84	7.81	
	İletkenlik	1410	360	460	µs/cm
	Çözülmüş oksijen	6.70	5.60	6.10	mg/L
	Kimyasal oksijen ihtiyacı	43.71	17.49	28.76	mg/L
	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	29.11	11.72	18.65	mg/L
	Toplam askıda kadı madde	10.5	14	20.5	mg/L

Bu sonuçlar DSİ debi ölçüm sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde, yılın en yüksek debili döneminde AAT debisinin %3,4 oranında karışıma katkısının olduğu görülmektedir (Tablo 4). Bu durumda Karasuyun ham atıksu deşarjından kaynaklı kirlilik yükü düşük olmakla beraber, yüzeysel akış ile tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan yayılı yüklerle birleştiğinde nehrin su kalitesini etkileyeceği düşünülmektedir. Diğer yandan, debilerin düşük olduğu dönemi değerlendirdiğimizde ise, kentsel atıksu debisinin toplam debinin %20,12'sini oluşturduğu hesaplanmış ve yüzeysel akış kaynaklı kirlilik yükü ihmal edilse bile yayılı yüklerden gelen kirlilik yükü ile birlikte ham atıksu deşarjının nehir su kalitesi üzerinde önemli etki oluşturacağı belirlenmiştir. Bu nedenle su kalitesi ölçüm istasyonlarının sayısının artırılması ve kirlenici parametrelerin tamamının ölçülmesi gerekmektedir. Atıksu arıtma tesislerinin varlığının havzalardaki atık su kalitesinde olumlu rol oynadığı Marmara Havzası için yapılan çalışmada da benzer şekilde ifade edilmiştir ^[39].

Tablo 4. 2015 yılı Karasu nehri DSİ debi ölçümleri ile AAT debisinin karşılaştırılması.

	Mayıs, En Yüksek Debi (m ³ /sn)		Ekim, En Düşük Debi (m ³ /sn)	
Karasu	19.80	67.35%	2.25	45.27%
Pulur	6.56	22.31%	1.06	21.33%
AAT	1.00	3.40%	1.00	20.12%
Diğer kaynaklar	2.04	6.94%	0.66	13.28%
TOPLAM (Karasu Demirgeçit)	29.40	100%	4.97	100%

SONUÇLAR

Bu çalışmada, HKEP çerçevesinde Türkiye’de bulunan 25 hidrolojik havzadan biri olan Fırat-Dicle Havzasının bir alt havzası olan Karasu Havzasının korunması kapsamında 2016 yılında faaliyete geçen Erzurum Büyükşehir Belediyesi Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinin havzadaki su kalitesinin

korunmasına katkısını ortaya koymaktadır. AAT'nin faaliyette olduğu yaklaşık üç yıllık sürede Karasu nehri üzerinde büyük bir kirlilik yükü engellenmesine rağmen, son 20 yıllık dönemde hızla gelişen ve büyüyen, böylelikle atıksu debisi ile kirlilik yükü sürekli artan Erzurum ili göz önüne alındığında Karasu nehrinin doğal rehabilitasyon sürecinin devam ettiği görülmektedir. Ancak özellikle debi ölçümleri ve kirlilik yükleri dikkate alındığında AAT'nin Karasu nehrinin su kalitesini korumadaki katkısının oldukça büyük olduğu görülmektedir. AAT'nin yüksek verimle işletilmesine rağmen su kalitesindeki değişkenlik tarımsal ve hayvancılık kaynaklı yayılı kirlilik yüklerinin su kalitesi üzerindeki etkisinin yüksek olduğunu göstermektedir. DSİ'nin kapatılan izleme istasyonları vasıtasıyla belirlediği su kalite ölçümlerinin özellikle AAT faaliyete geçtikten sonra daha da önemli olduğu düşünülmektedir. Böylelikle havzada diğer kirlilik yükleri tespit edilerek kaynağı belirsiz bu deşarjların önlenmesi için tedbirler alınması kolaylaşacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] WWW, 2014. Türkiye'nin Su Riskleri Raporu (12.09.2018).
- [2] IPCC, 2001. TAR Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Hydrology and Water Resources. <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg2/> (12.03.2020).
- [3] Ormansu, 2013. Ormancılık ve Su Şurası, <http://sura.ormansu.gov.tr/sura/> (25.10.2018).
- [4] Hakyemez, C., 2019. SU: Yeni Elmas. Ekonomik Araştırmalar.
- [5] SKD Türkiye, 2019. Dünya Ekonomik Forumu (WEF) 2019'un Ardından, <http://www.skdturkiye.org> (23.03.2020).
- [6] EC, 2019. European Commission on Environment, Introduction to the EU Water Framework Directive (10.04.2019).
- [7] Meriç, B.T., 2004. Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 28 (1), 27-38.
- [8] BM, 2019a. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.
- [9] BM, 2019b. Report of International Conference on FreshWater: Water – A key to sustainable development.
- [10] AB, 2000. "Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy", Official Journal 22 December 2000 L 327/1. Brussels: European Commission.
- [11] Kanatlı, M., 2008. Havza Planlamasında Sürdürülebilir Kırsal Kalkınma ve Önemi, TMMOB, 2. Su Politikaları Kongresi, s. 297-308.
- [12] Akkaya C., Efeoğlu A., Yeşil N., 2006. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye'de Uygulanabilirliği. TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- [13] Burak, S., 2006. Su Kaynaklarında Sürdürülebilir Yaklaşım 'Talep Yönetimi'. TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- [14] Erol, A., 2006. Su Kaynaklarının Korunmasında Havza Yönetimi İlkelerinin Önemi. TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- [15] Savenije, H., 2002. Training Program under the project on "The Implementation of EU Water Framework Directive in Turkey". The Netherlands.
- [16] Kibaroglu, A., Sağsen, G., Kaplan, Ö. ve Sümer, V., 2006. Türkiye'nin Su Kaynakları Politikasına Kapsamlı Bir Bakış: Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve İspanya Örneği. TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- [17] Coşkun, A. A. (2010). "AB Su Çerçeve Direktifi Açısından Türk Hukukunda Nehir Havza Yönetim Planlaması", Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1, pp. 43- 55.
- [18] DSİ, Toprak Su Kaynakları <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> (21.10.2019).
- [19] Ormansu, 2013. Ormancılık ve Su Şurası, <http://sura.ormansu.gov.tr/sura/> (25.10.2019).
- [20] Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018 Yılı Yağış Değerlendirmesi, 2018.
- [21] Ulusal Havza Yönetim Stratejisi, 2014-2023.
- [22] Acar, R., 1992. Karasu Havzasındaki Taşkın Analizleri, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- [23] Alpaslan, A. H.; Ataç, A.; Yeşil, N. (2007) "River basin management plans in Turkey during the accession period to European Union", State Hydraulic Works, International Congress on River Basin Management, Proceeding, Antalya, 148-166.

- [24] Kibaroglu,A., Sağsen,İ., Kaplan,Ö., Sümer,V. 2006 Türkiye’ nin Su Kaynakları Politikasına Kapsamlı Bir Bakış: Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve İspanya Örneği,TMMOB Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı, Cilt 1, Ankara, s.184-194.
- [25] DPT, 2001. Su Havzaları, Kullanımı ve Yönetimi Öze İhtisas Komisyonu Raporu, Sekizinci Beş yıllık kalkınma Planı.
- [26] Karadağ, A.A., 2006. Avrupa Birliği Su Politikaları Çerçevesinde Türkiye'deki Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi, S. 210-219. TMMOB Su Politikaları Kongresi.
- [27] Özönat, 2013. Integrated River Basin Management: A Case Of Buyuuk Menderes River Basin, MS Thesis, METU, Ankara.
- [28] CŞB, 2015. Atıksu Arıtımı Eylem Planı (2015-2023). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- [29] Dalkılıç,Y., Harmancıoğlu, N., 2008. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifinin Türkiye’de Uygulama Olanakları TMMOB, 2. Su politikaları Kongresi, s.415-424.
- [30] Onüçyıldız, M., Abdurmohsin, M.S., Büyükkaracıgan, N., 2016. Fırat-Dicle Havzası ve Irak Su Yapıları. Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi, 12.
- [31] Acar, R., 1992. Karasu Havzasındaki Taşkın Analizleri, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- [32] Sönmez, A., Hisar, O., Yanık, T., 2012. Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Tespiti ve Su Kalitesine Göre Sınıflandırılması, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.
- [33] Polat, S., 2003. Karasu Havzasının Hidrojeomorfolojik Etüdü, İstanbul, (Basılmamış Doktora Tezi).
- [34] Kali, N. 2008. Erzurum Ovası Su Kalitesi ve Kirliliğinin Tespiti, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- [35] ESKİ, 2016. Erzurum büyükşehir belediyesi, Eski genel müdürlüğü, Arıtma Tesisleri Daire Başkanlığı, Erzurum biyolojik atıksu arıtma tesisi Tanıtım el kitabı.
- [36] Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 14 th Edition, 1975, APHA, AWWA, WPCF.
- [37] Yıldız, E., Değirmenci, N., ÇMB, 2014. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Analiz Raporu.
- [38] Oğuz, E., 1997. Erzurum Karasu Nehri Kirlilik Parametrelerinin Matematik Modellemesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- [39] Garipağaoğlu, N., 2016. Marmara Havzası’nda Kentleşme - Atık Su İlişkileri e Alıcı Ortam Üzerindeki Etkileri, Marmara Coğrafya Dergisi, Sayı: 34, ss: 147-159.