



TÜBİTAK 2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI

Başvuru formunun Arial 9 yazı tipinde, her bir konu başlığı altında verilen açıklamalar göz önünde bulundurularak hazırlanması ve ekler hariç toplam 20 sayfayı geçmemesi beklenir (Alt sınır bulunmamaktadır). Değerlendirme araştırma önerisinin bilimsel niteliği, yöntemi, proje yönetimi ve yaygın etkisi başlıkları üzerinden yapılacaktır.

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

2025 Yılı

1. Dönem Başvurusu

2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI
ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

A. GENEL BİLGİLER

Başvuru Sahibinin Adı Soyadı: DENİZ HAVARE

Araştırma Önerisinin Başlığı: VERİ TABANLI GÜNEŞ PANELİ ATIK TAHMİNİ VE GERİ KAZANIM POTANSİYELİ

Danışmanın Adı Soyadı: TUNÇ DURMUŞ MEDENİ

Araştırmanın Yürütüleceği Kurum/Kuruluş: ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ

ÖZET

Araştırma önerisi özetinin (1) bilimsel nitelik; (2) yöntem; (3) proje yönetimi ve (4) yaygın etki hakkında bilgileri kapsamı beklenir. Bu bölümün en son yazılması önerilir.

Bu araştırma, Türkiye'nin enerji dönüşümünde hızla artan güneş enerjisi kapasitesine bağlı olarak, 2030–2050 döneminde ortaya çıkacak fotovoltaik (PV) panel atıklarını veri tabanlı bir yaklaşımla tahmin etmeyi amaçlamaktadır. İç Anadolu Bölgesi pilot alan olarak seçilmiş olup, bölgesel atık yoğunluğu ile ekonomik faaliyet düzeyi arasındaki ilişki incelenecektir. Çalışma, literatürde eksik kalan bölgesel düzeyde PV atık tahminlerini ve geri kazanım potansiyelini analiz ederek, sürdürülebilir atık yönetimine yönelik yenilikçi bir bakış açısı sunmaktadır.

Yöntem olarak, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) verilerinden elde edilen il bazlı kurulu güç değerleri ile Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) verileri bütünleştirilecektir. Panellerin ortalama 25–30 yıllık ömürleri dikkate alınarak, literatürde yaygın kullanılan ömür dağılımı modeli uygulanacak ve il-yıl bazında atık miktarları tahmin edilecektir. Geri kazanılabilir malzeme oranları (cam, alüminyum, silikon, gümüş) üzerinden ekonomik potansiyel hesaplanacak, sonuçlar GIS tabanlı haritalar ve karar destek paneliyle görselleştirilecektir.

Proje üç öğrenci (Deniz Havare, Kardelen Dobrucalı, Elif Nur Aygün) tarafından, Prof. Dr. Tunç Durmuş Medeni danışmanlığında yürütülecektir. Veri bütünleştirme, istatistiksel analiz, görselleştirme ve raporlama aşamaları ekip üyeleri arasında görev paylaşımıyla gerçekleştirilecektir.

Çalışmanın yaygın etkisi, İç Anadolu Bölgesi'nin güneş paneli atık yönetimi planlamalarına veri temelli katkı sağlaması ve döngüsel ekonomi politikalarının uygulanabilirliğini güçlendirmesidir. Ayrıca, proje çıktıları lisans düzeyinde yürütülen ilk bölgesel PV atık tahmini çalışması olarak, ileride yapılacak akademik araştırmalara ve sürdürülebilir enerji yönetimi politikalarına doğrudan referans oluşturacaktır.

Anahtar Kelimeler: Güneş paneli atıkları, geri kazanım potansiyeli, veri tabanı analizi, döngüsel ekonomi, İç Anadolu Bölgesi

1. ARAŞTIRMA ÖNERİSİNİN BİLİMSEL NİTELİĞİ

1.1. Konunun Önemi ve Araştırma Önerisinin Bilimsel Niteliği

Araştırma önerisinde ele alınan konunun kapsamı, sınırları ve önemi ortaya konulur. Araştırma önerisi kapsamında yapılacak çalışmalarla literatürdeki hangi eksikliğin nasıl giderileceği veya hangi soruna nasıl bir çözüm getirileceği ilgili literatüre atıfla açıklanarak araştırma önerisinin bilimsel niteliği ortaya konulur. Araştırma sorusu ve varsa hipotez(ler)i tanımlanır.

Projenin konusu, 12. Kalkınma Planı ve 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi'nde yer alan kritik teknoloji alanları ile öncelikli Ar-Ge ve yenilik konuları ile ilişkili ise, ilişkilendirilme sebebi ve ilgili alana sağlayacağı yararlar açıklanmalıdır.

Güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji dönüşümünde en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji kaynağıdır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun (EPDK, 2025) verilerine göre 2024 yılı itibarıyla Türkiye'nin toplam elektrik kurulu gücünün %59,37'si yenilenebilir kaynaklardan sağlanmakta, güneş enerjisi %17,17 pay ile 19.909 MW kapasiteye ulaşmıştır. Bu kapasitenin önemli bir bölümü İç Anadolu Bölgesi'nde (Konya, Ankara, Kayseri, Kırıkkale vb.) yoğunlaşmaktadır. Ortalama 25–30 yıl ömre sahip fotovoltaik (PV) panellerin 2030'lu yıllardan itibaren ömürlerini doldurmasıyla birlikte, bu bölgede önemli miktarda panel atığı oluşması beklenmektedir.

2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

Ahiler Kalkınma Ajansı (2023) raporuna göre Türkiye’de 2050 yılına kadar yaklaşık 1,7 milyon ton PV panel atığı ortaya çıkacaktır. Ancak bu atıkların bölgesel dağılımı, geri kazanım potansiyeli ve ekonomik etkileri üzerine veri tabanlı analizler oldukça sınırlıdır. TÜBA’nın (2020) “Güneş Enerjisi Teknolojileri Raporu” da artan kapasiteye rağmen geri dönüşüm altyapısına ve döngüsel ekonomi uygulamalarına yönelik çalışmaların yetersiz olduğunu göstermektedir.

Uluslararası literatürde, PV atık akışları Weibull ömür dağılımı modeli kullanılarak tahmin edilmiştir (IRENA & IEA-PVPS, 2016; Xu, Zhang & Zhao, 2018). Panel bileşenlerinin (cam, alüminyum, silikon, gümüş) geri dönüşüm değerleri, ekonomik analizlerle incelenmiştir (Cucchiella et al., 2015; Latunussa et al., 2016). Ayrıca, PV geri dönüşüm süreçlerinin kaynak verimliliği açısından önemi vurgulanmıştır (Gerold et al., 2024; Mirletz et al., 2022). Türkiye’ye özgü çalışmalarda ise, PV geri dönüşümünün kurumsal engelleri (Aşkın, 2022, ODTÜ) ve PV sistemlerin yaşam döngüsü analizi konuları ele alınmıştır (Oğuz & Şentürk, 2019). Ancak, panel atık yoğunluğu ile bölgesel ekonomik faaliyet düzeyi arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu proje, söz konusu boşluğu doldurmayı amaçlayan veri tabanlı bir araştırmadır. İç Anadolu Bölgesi pilot alan olarak seçilerek, TEİAŞ ve EPDK verilerinden elde edilen kurulu güneş enerjisi kapasitesi ile TÜİK’in il bazlı Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) verileri birleştirilecektir. Bu veriler üzerinden panel atık miktarı ile ekonomik faaliyet düzeyi arasındaki ilişki analiz edilerek, 2030–2050 dönemi için PV panel atık tahmini yapılacaktır. Sonuçlar, harita tabanlı bir karar destek paneli ile görselleştirilecek; böylece hem bölgesel atık yönetimine hem de döngüsel ekonomi politikalarına veri temelli katkı sağlanacaktır.

Araştırma sorusu:“İç Anadolu Bölgesi’nde PV panel atık yoğunluğu, ekonomik faaliyet düzeyiyle nasıl bir ilişki göstermektedir?”

Hipotez:PV panel atık yoğunluğu, il bazlı ekonomik faaliyet (GSYH) düzeyiyle pozitif korelasyon göstermektedir.

Proje, 12. Kalkınma Planı (2024–2028)’in “Yeşil Dönüşüm ve Sürdürülebilirlik” ekseninde yer alan “atık geri kazanım oranlarının artırılması ve döngüsel ekonomi uygulamalarının yaygınlaştırılması” hedefiyle; ayrıca 2030 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi’nin “Yeşil Büyüme ve Kaynak Verimliliği” önceliğiyle doğrudan ilişkilidir. Proje çıktıları, Türkiye’nin yenilenebilir enerji yatırımlarının yaşam döngüsünü tamamlayan veri temelli atık yönetimi yaklaşımına bilimsel katkı sağlayacaktır.

1.2. Amaç ve Hedefler

Araştırma önerisinin amacı ve hedefleri açık, ölçülebilir, gerçekçi ve ulaşılabilir nitelikte olacak şekilde yazılır.

Bu araştırmanın temel amacı, İç Anadolu Bölgesi’nde 2030–2050 yılları arasında oluşması beklenen fotovoltaik (PV) panel atık miktarını veri tabanlı olarak tahmin etmek ve geri kazanılabilir malzeme değerini hesaplamaktır. Proje, bölgesel ölçekte panel atık yoğunluğu ile ekonomik faaliyet düzeyi arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak analiz ederek, geri dönüşüm planlamasına ve döngüsel ekonomi politikalarına bilimsel veri sağlamayı hedeflemektedir.

Bu kapsamda çalışmanın **öзgün hedefleri** aşağıda belirtilmiştir:

Veri bütünleştirme: TEİAŞ ve EPDK verilerinden elde edilen il bazlı kurulu güneş enerjisi gücü (MW) ile TÜİK’in il bazlı Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) verilerini birleştirerek veri tabanının oluşturulması.

Atık tahmini: PV panellerin 25–30 yıllık ortalama ömürleri dikkate alınarak, 2030–2050 dönemi için yıllık atık miktarlarının tahmin edilmesi.

Malzeme bileşimi analizi: Literatürde belirtilen oranlara göre (Cucchiella ve ark., 2015) atık bileşenlerinin (cam, alüminyum, silikon, gümüş vb.) ayrıştırılması ve ton bazında geri kazanım potansiyelinin hesaplanması.

Ekonomik ilişki analizi: İl bazlı atık miktarları ile GSYH verileri arasındaki ilişkinin korelasyon analizi (Pearson r) yöntemiyle incelenmesi.

Mekânsal görselleştirme: Elde edilen sonuçların coğrafi bilgi sistemleri (GIS) veya Python tabanlı haritalama (GeoPandas, Folium) araçlarıyla görselleştirilmesi ve karar destek paneli tasarımının oluşturulması.

Araştırma çıktıları, İç Anadolu Bölgesi için yıllara göre PV panel atık miktarını, geri kazanılabilir malzeme değerini ve ekonomik ilişki düzeyini gösteren sayısal veri setleri ile harita temelli bir görsel analiz modeli olacaktır.

2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

Proje sonucunda elde edilecek bilgiler, Türkiye'nin yenilenebilir enerji yatırımlarının döngüsel ekonomi perspektifinde değerlendirilmesi ve bölgesel atık yönetimi politikalarının planlanmasında kullanılabilecek bilimsel bir temel oluşturacaktır.

2. YÖNTEM

Araştırmada uygulanacak yöntem ve araştırma tekniklerinin, amaç ve hedeflere ulaşmaya ne düzeyde elverişli olduğu ilgili literatüre atıf yapılarak ortaya konulur.

Yöntem bölümünün; araştırma tasarımı, bağımlı ve bağımsız değişkenler, istatistiksel yöntemler vb. unsurları içermesi gerekir. Araştırma önerisinde herhangi bir ön çalışma veya fizibilite yapıldıysa bunların sunulması beklenir. Araştırma önerisinde sunulan yöntemlerin çalışma takvimi ile ilişkilendirilmesi gerekir.

Bu çalışma, İç Anadolu Bölgesi'ni pilot alan kabul eden veri tabanlı, nicel bir araştırma tasarımına dayanmaktadır. Amaç; il düzeyinde PV panel atık miktarını tahmin etmek ve ekonomik faaliyet düzeyi (GSYH) ile ilişkisini incelemektir. Veri kaynakları EPDK ve TEİAŞ'ın il bazlı kurulu güç istatistikleri ile TÜİK'in il bazlı GSYH verileridir. Tüm veriler kamuya açık kaynaklardan temin edilecek, tekil yıl-il düzeyinde bütünleştirilecektir.

1. Araştırma Tasarımı ve Değişkenler

Bağımlı değişken(ler): İl bazında tahmin edilen yıllık PV panel atık miktarı (ton).

Bağımsız değişken(ler): İl bazında GSYH (milyon ₺). Tanımlayıcı analizlerde kurulu güç (MW), nüfus ve yıllık yeni kurulumlar kontrol değişkeni olarak izlenecektir.

Zaman aralığı: 2030–2050 dönemi için yıllık projeksiyon.

2. Veri Hazırlama

EPDK/TEİAŞ kurulu güç verileri ile TÜİK GSYH serileri Excel/Python ortamında birleştirilecek; eksik gözlemler için tutarlı yöntemlerle (ileriye/geriye taşıma yerine en yakın yıl uyarlaması) tekilleştirme yapılacaktır. İl adları ve kodları standartlaştırılacaktır.

3. Atık Tahmini

Panellerin ortalama ömrü 25–30 yıl kabul edilerek, literatürde yaygın olan ömür dağılımı yaklaşımı uygulanacaktır (IRENA & IEA-PVPS, 2016; Xu, Zhang ve Zhao, 2018). İl-yıl bazında atık miktarı şu adımlarla elde edilir:

Kurulu güç stoğunun kurulum yılı profili oluşturulur.

Ömür dağılımına göre her kurulum kohortunun yıllık "ömürünü doldurma" olasılığı hesaplanır.

Kohort bazlı atıklar toplanarak il-yıl atık (ton) serisi üretilir.

Not: Türkiye ölçeğinde YSA (ANN) ile kurulu güç projeksiyonu yapan güncel çalışma (Koçkaya, 2025), yöntemin geçerliliğini desteklemektedir. Bu projede, ülke ölçeği yerine il düzeyinde ömür yaklaşımı kullanılacak; böylece bölgesel dağılım ortaya konacaktır.

4. Malzeme Bileşimi ve Ekonomik Geri Kazanım

Atık miktarı, bileşen oranlarına ayrıştırılarak cam, alüminyum, silikon, gümüş gibi malzemeler için tonaj hesaplanacaktır (Cucchiella ve ark., 2015). Literatürdeki birim değerler/Ar-Ge raporları ışığında geri kazanım potansiyeli (₺/ton) tahmini yapılacaktır. (Ahiler, 2023 ön fizibilite bulguları yol gösterici olarak dikkate alınacaktır.)

5. İstatistiksel Yöntem

İl bazında atık (ton) ile GSYH (milyon ₺) arasındaki ilişki:

Önce Pearson korelasyon katsayısı (r) ile ölçülecek,

Gerekirse basit doğrusal regresyon ile eğilim katsayısı raporlanacaktır. İstatistiksel işlemler Python (pandas, scipy), Excel ile yürütülecektir.

6. Mekânsal Görselleştirme

Sonuçlar GIS tabanlı haritalar ile sunulacaktır. QGIS veya Python-GeoPandas/Folium kullanılarak il bazında:

2030–2050 yıllık atık ısı haritaları,

Geri kazanım değeri yoğunluk haritaları üretilecektir.

Bu haritalar, karar vericiler için karar destek paneli mantığında düzenlenecektir.

7. Ön Çalışma ve Fizibilite

Ahiler Kalkınma Ajansı (2023) raporundaki bölgesel bulgular incelenmiş, panel başına geri kazanım aralığı ve malzeme oranları projeye başlangıç parametresi olarak uyarlanmıştır. Bu ön fizibilite, veri erişiminin ve yöntemin uygulanabilirliğinin yeterli olduğunu göstermektedir.

Çalışma Takvimi ile İlişki

Ay 1–3: Veri derleme/temizleme (EPDK-TEİAŞ-TÜİK), il-yıl veri tabanı.

Ay 4–7: Ömür dağılımı ile atık projeksiyonu, malzeme ayrıştırması.

Ay 8–10: Korelasyon/sağlamlık analizleri, ekonomik geri kazanım hesabı.

Ay 11–12: GIS haritalama, sonuç raporu ve karar destek çıktıları.

Uygunluk ve Beklenen Yöntemsel Katkı

Seçilen yöntem, projenin amaç ve hedefleriyle doğrudan uyumludur: atık miktarı ölçülebilir biçimde tahmin edilir, ekonomik faaliyetle test edilebilir ilişki kurulur ve sonuçlar mekânsal olarak gösterilir. Güncel ulusal (Koçkaya, 2025) ve uluslararası (IRENA & IEA-PVPS, 2016; Xu, Zhang ve Zhao, 2018; Cucchiella ve ark., 2015) literatürle tutarlı olması yöntemin bilimsel niteliğini güçlendirmektedir.

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI
ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

3. PROJE YÖNETİMİ

3.1 Çalışma Takvimi

Araştırmada yer alacak başlıca faaliyetler, her bir faaliyetin hangi sürede gerçekleştirileceği, başarı ölçütü ve araştırmacının başarısına katkısı "Çalışma Takvimi" doldurularak sunulur.

ÇALIŞMA TAKVİMİ (*)

| Tarih Aralığı | Faaliyetler** | Kim(ler) Tarafından Gerçekleştirileceği | Başarı Ölçütü ve Araştırmacının Başarısına Katkısı*** |
|-------------------------|--|--|---|
| 15/04/2026 - 15/06/2026 | EPDK, TEİAŞ ve TÜİK verilerinin toplanması, temizlenmesi ve il-yıl veri tabanının oluşturulması | Deniz Havare, Kardelen Dobrucalı, Elif Nur Aygün | Tüm veri kaynaklarının temin edilmesi, eksiksiz veri tabanı oluşturulması (20%) |
| 15/06/2026 - 15/09/2026 | Ömür dağılımı yaklaşımıyla PV panel atık tahminlerinin yapılması ve malzeme bileşenlerinin ayrıştırılması | Deniz Havare, Kardelen Dobrucalı, Elif Nur Aygün | İl bazında 2030-2050 yıllık PV atık tahminlerinin ve malzeme tonajlarının hesaplanması (20%) |
| 15/09/2026 - 15/12/2026 | Atık miktarı ile GSYH ilişkisine dair korelasyon ve regresyon analizlerinin yapılması; ekonomik geri kazanım potansiyelinin hesaplanması | Deniz Havare, Kardelen Dobrucalı, Elif Nur Aygün, Prof.Dr.Tunç Durmuş Medeni | İstatistiksel analiz sonuçlarının elde edilmesi, ekonomik geri kazanım değerlerinin (TL/ton) hesaplanması (30%) |
| 15/12/2026 - 15/03/2027 | Bulguların GIS tabanlı haritalar ile görselleştirilmesi ve proje sonuç raporunun hazırlanması | Deniz Havare, Kardelen Dobrucalı, Elif Nur Aygün, Prof.Dr.Tunç Durmuş Medeni | Mekansal haritaların ve nihai raporun tamamlanarak danışman onayıyla teslim edilmesi (30%) |

(*) Çizelgedeki satırlar ve sütunlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

(**) Literatür taraması, sonuç raporu hazırlama aşamaları, araştırma sonuçlarının paylaşımı, ve malzeme alımı ayrı birer iş adımı olarak gösterilmemelidir.

(***) Başarı ölçütü, ölçülebilir ve izlenebilir nitelikte olacak şekilde nicel veya nitel ölçütlerle (ifade, sayı, yüzde, vb.) belirtilir. Bu sütundaki değerlerin toplamı 100 olmalıdır.

3.2 Risk Yönetimi

Araştırmacının başarısını olumsuz yönde etkileyebilecek riskler ve bu risklerle karşılaşıldığında araştırmacının başarıyla yürütülmesini sağlamak için alınacak tedbirler (B Planı) aşağıdaki Risk Yönetimi Tablosu'nda ifade edilir. B Plan(lar)ının uygulanması araştırmacının temel hedeflerinden sapmaya yol açmamalıdır. B Plan(lar)ına geçilmesi durumunda yöntem değişikliğine gidiliyor ise bu durum detaylandırılmalıdır.

RİSK YÖNETİMİ TABLOSU*

| En Önemli Riskler | Alınacak Tedbirler (B Planı) |
|---|---|
| Atık Tahmin Modeli Veri Eksikliği (Teknolojik) | Modeli basitleştirerek mevcut veri ile tahmin veya uluslararası modellerin sonuçlarını doğrudan uyarlama. |
| GSYH Verilerinin İl Bazında Gecikmesi/Eksikliği (Veri Kalitesi) | Eksik veriler için ortalama bölgesel büyüme oranlarını kullanarak basit tahminde bulunma. |

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI
ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

| | |
|--|--|
| Pearson Korelasyonu Varsayım İhlali (İstatistiksel) | Daha esnek olan bir yöntemle geçiş yapma. |
| GeoPandas/Folium Haritalama Kütüphanesi Uyum Sorunu (Teknik) | Çıktıları standart bir formatta kaydederek, haritalamayı QGIS gibi hazır ve stabil bir masaüstü programda yapma. |

(*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

3.3.Araştırma Olanakları

Bu bölümde projenin yürütüleceği kurum ve kuruluşlarda var olan ve projede kullanılacak olan altyapı/ekipman (laboratuvar, araç, makine-teçhizat, vb.) olanakları belirtilir.

ARAŞTIRMA OLANAKLARI TABLOSU (*)

| Kuruluştaki Bulunan Altyapı/Ekipman Türü, Modeli (Laboratuvar, Araç, Makine-Tecihizat, vb.) | Projede Kullanım Amacı |
|--|---|
| Bilgisayarlar | Uygulama yazılımını geliştirme, veri analizi yapma ve eğitim sürecinde kullanılacak. |
| İnternet ve Veri Tabanı Erişimi | Veri değerlendirme toplantıları, proje planlama oturumları ve model doğrulama çalışmaları için kullanılacaktır. |
| Ağ Altyapısı/Bulut Depolama | Toplanan verilerin güvenli biçimde saklanması, sürüm kontrolü yapılması ve proje ekibiyle paylaşılması. |

(*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

4. ARAŞTIRMA ÖNERİSİNİN YAYGIN ETKİSİ

Araştırma önerisi kapsamındaki çalışmadan elde edilmesi öngörülen çıktılar amaçlarına göre belirlenen kategorilere ayrılarak belirtilir; ölçülebilir ve gerçekçi hedeflere dayandırılır.

| Çıktı, Etki ve Kazanımlar | Öngörülen Çıktı(lar), Etki(ler) ve Kazanım(lar) |
|--|--|
| Bilimsel/Akademik Çıktılar (Ulusal/Uluslararası Makale, Kitap Bölümü, Kitap, Bildiri vb.) | Proje sonunda elde edilen sonuçların, üniversite içi veya bölgesel öğrenci kongresinde bildiri olarak sunulması. Çalışma kapsamında oluşturulan veri tabanı, ömür dağılımı modeli ve atık tahmin sonuçlarının akademik poster veya rapor olarak paylaşılması. Güneş paneli atıkları ve geri kazanım potansiyeline yönelik Türkçe bir özet makale veya teknik rapor taslağı hazırlanması. |
| Ekonomik/Ticari/Sosyal Çıktılar (Ürün, Prototip, Patent, Faydalı Model, Tescil, Görsel/İşitsel Arşiv, Envanter/Veri Tabanı, Çalıştay, Eğitim, Bilimsel Etkinlik vb.) | İl bazlı PV panel atık tahmin veri seti oluşturularak, bölgesel planlamalarda kullanılabilecek bir temel veri kaynağı sağlanması. Geri kazanım potansiyeli analizleriyle İç Anadolu'da döngüsel ekonomi farkındalığının artırılması. Yerel yönetimler veya kalkınma ajansları (ör. Ahiler) için atık yönetimi ve geri dönüşüm planlamasında yol gösterici bir çıktının sunulması. Çalışmanın sonuçlarının çevrim içi görsel panel (harita/rapor formatında) paylaşılması. |

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI
ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

| | |
|---|--|
| Yeni Proje(ler) Oluşturmasına Yönelik Çıktılar (Ulusal/uluslararası Yeni Proje vb.) | Lisansüstü (Yüksek Lisans/Doktora) tez çalışmasına temel oluşturmak. Daha büyük ölçekli ve kurumsal katılımlı TÜBİTAK 1001 projesi için fizibilite ve ön çalışma verisi sağlamak. Elde edilen veri tabanının kullanılarak yenilenebilir enerji atıkları konusunda yeni araştırma konuları (ör. rüzgâr türbini kanatları, batarya geri dönüşümü) için ön fizibilite oluşturulması. Üniversite içi farklı bölümler (enerji sistemleri mühendisliği, çevre mühendisliği, ekonomi) ile disiplinler arası işbirliği zeminlerinin güçlendirilmesi. |
|---|--|

5. BELİRTMEK İSTEDİĞİNİZ DİĞER KONULAR

Sadece araştırma önerisinin değerlendirilmesine katkı sağlayabilecek bilgi/veri (grafik, tablo, vb.) eklenebilir.

Proje kapsamında kullanılacak veriler, TEİAŞ, EPDK ve TÜİK gibi ulusal düzeyde güvenilir kurumların açık veri tabanlarından temin edilecektir. Bu durum, modelin doğruluğunu ve elde edilecek tahminlerin bilimsel güvenilirliğini artıracaktır.

Güneş panellerinin ortalama ömrü literatürde kabul edilen 25–30 yıl aralığında olup, projede bu ömür değerleri farklı kullanım ve bakım koşullarına göre değişken senaryolarla değerlendirilecektir. Böylece atık tahminlerinin gerçekçi ve karşılaştırılabilir olması sağlanacaktır.

Proje çıktılarının harita tabanlı karar destek paneli üzerinden görselleştirilmesi planlanmaktadır. Bu panel, yıllara ve illere göre tahmin edilen güneş paneli atık miktarlarını sunarak, bölgesel atık yönetimi planlamalarına veri temelli bir katkı sağlayacaktır.

Bu çalışma, Türkiye’de güneş paneli atıklarının bölgesel ölçekte veri temelli analizini yapan ilk lisans düzeyindeki çalışma olma niteliğini taşımaktadır. Proje, hem sürdürülebilir atık yönetimi hem de döngüsel ekonomi politikaları açısından değerlendirilerek yenilikçi bir yaklaşım sunacaktır.

6. EKLER

EK-1: DANIŞMAN BİLGİLERİ

Profesör Tunc Medeni, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi İşletme Fakültesi’nde görev yapmaktadır. Bilgi Bilimi alanında doktora derecesini Japonya’daki JAIST’te, yüksek lisans ve lisans derecelerini ise İngiltere ve Türkiye’de tamamlamıştır. e-Devlet ve e-Öğrenme alanlarında önemli uluslararası ve ulusal akademik ve profesyonel deneyime sahip olan Medeni’nin akademik ilgi alanları arasında bilgi yönetimi, yönetim bilgi sistemleri, yönetim geliştirme ve kurumsal dönüşüm gibi konular yer almaktadır.

EK-2: KAYNAKLAR

- Ahiler Kalkınma Ajansı (AHİKA). (2023). Fotovoltaik Panellerin Geri Dönüşümü Fizibilite Raporu (Nihai Rapor V4.4). Kırşehir: Ahiler Kalkınma Ajansı.
- Avrupa Komisyonu. (2023). EU Solar Energy Strategy. Brussels: European Commission.
- Birtürk, Y., & Çeliktas, M. S. (2023). Fotovoltaik Modüllerin Sürdürülebilirliğinde İkarus Sendromu. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi.
- BloombergNEF Global Climatescope. (t.y.). Global Climatescope Dataset. Erişim adresi: <https://www.global-climatescope.org/>
- Cucchiella, F., D’Adamo, I., & Rosa, P. (2015). End-of-life of used photovoltaic modules: A financial analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 47, 552–561.
- Çetin, A. (2021). Güneş Paneli Atık Yönetimi ve Döngüsel Ekonomi Yaklaşımları. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (CSB). (t.y.). İklim Kütüphanesi. Erişim adresi: <https://cevresehiriklimkutuphanesi.csb.gov.tr/SourcePDF/be264357-1216-4461-927a-d1a679a0849a>

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI
ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2023). Ulusal Enerji Dönüşümü ve Yenilenebilir Enerji Stratejisi Raporu. Ankara.
- EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu). (t.y.). Resmî İstatistikleri. Erişim adresi: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-167/resmi-istatistikleri>
- GEPA. (2023). Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü.
- GENSED (Güneş Enerjisi Sanayicileri ve Endüstrisi Derneği). (2025, Ekim 1). Türkiye'nin Kurulu Gücü Eylül Ayı İtibarıyla 121.014 MW'a Ulaştı. Gensed Resmî Basın Duyurusu.
- Global Energy Monitor (GEM). (t.y.). Küresel Enerji Gözlemevi Veri Seti. Erişim adresi: <https://globalenergymonitor.org/>
- Global Energy Observatory. (t.y.). Enerji Tesisleri Veri Seti. Erişim adresi: <https://globalenergyobservatory.org/>
- Goe, M., & Gaustad, G. (2014). Identifying critical materials in photovoltaic modules using screening-level life cycle assessment. *Applied Energy*, 123, 387–396.
- Hız, T. (2024, Ekim 18). Türkiye'de 2030–2035'te Yüksek Miktarda Güneş Paneli Atığı Bekleniyor. Anadolu Ajansı.
- IRENA & IEA-PVPS. (2016). End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Koç-Kaya, D. (2023). Estimation of Turkey's Solar Panel Waste Using Artificial Neural Networks (ANNs). [Tez veya Bildiri].
- Lunardi, M. M., Alvarez-Gaitan, J. P., Bilbao, J. I., & Corkish, R. (2018). A review of recycling processes for photovoltaic modules. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 192, 356–368.
- OECD. (2022). Circular Economy in the Energy Transition. Paris: OECD Publishing.
- Our World in Data. (2024). Global Energy Mix Dataset. Erişim adresi: <https://ourworldindata.org/energy-mix>
- Portallı, A. (2022, Ağustos 10). Güneş Panellerinin Ömrü Ne Kadar? Aydınlatma Portalı.
- Şahin, S., & Yılmaz, B. (2022). Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Mekânsal Analizi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi – A: Uygulamalı Bilimler*, 23(4), 1021–1035.
- Tao, J., & Yu, S. (2015). Review on feasible recycling pathways and technologies of solar photovoltaic modules. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 141, 108–124.
- TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.). (t.y.). Türkiye Elektrik İstatistikleri ve İşletme Cetvelleri. [Resmî İstatistikler].
- TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü. (2022). Fotovoltaik Modül Geri Kazanımı Üzerine Durum Analizi. Gebze: TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu). (t.y.). Bölgesel İstatistikler, Nüfus ve Sanayi Verileri. [Veri Setleri].
- Uluslararası Enerji Ajansı (IEA). (t.y.). Raporlar ve Veri Setleri. Erişim adresi: <https://www.iea.org/>
- World Resources Institute (WRI). (t.y.). Data & Methodology Resources. Erişim adresi: <https://www.wri.org/data>
- Xu, Y., Zhang, L., & Zhao, W. (2018). Forecasting the quantity of end-of-life photovoltaic modules in China. *Renewable Energy*, 128, 565–574.
- Zhang, S., & Kang, Y. (2019). Sustainability Assessment of Photovoltaic Waste Recycling in Developing

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI
ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

Countries. Sustainability, 11(4098), 1–15.

- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). 12. Kalkınma Planı (2024–2028). Ankara.