

Türkiye'de Elektrik Talebinin Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Rolü ve Güneş
Enerjisinin Kullanımındaki Yapısal Sorunların İncelenmesi

Alper KAHRAMANCA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık 2024

The Role of Solar Energy in Meeting Electricity Demand in Türkiye and
Investigation of Structural Problems in the Utilization of Solar Energy

Alper KAHRAMANCA

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Mechanical Engineering

December 2024

Türkiye’de Elektrik Talebinin Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Rolü ve Güneş Enerjisinin Kullanımındaki Yapısal Sorunların İncelenmesi

Alper KAHRAMANCA

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği Uyarınca

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Enerji - Termodinamik Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Haydar ARAS

Aralık 2024

ONAY

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Alper KAHRAMANCA'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Türkiye’de Elektrik Talebinin Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Rolü ve Güneş Enerjisinin Kullanımındaki Yapısal Sorunların İncelenmesi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Haydar ARAS

İkinci Danışman :

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Prof. Dr. Haydar ARAS

Üye: Prof. Dr. Hasan YAMIK

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Çisil TİMURALP

Üye:

Üye:

<p>Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.</p> <p>Prof. Dr.</p> <p>Enstitü Müdürü</p>
--

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Haydar ARAS danışmanlığında hazırlamış olduğum “Türkiye’de Elektrik Talebinin Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Rolü ve Güneş Enerjisinin Kullanımındaki Yapısal Sorunların İncelenmesi” başlıklı Yüksek Lisans tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 27/12/2024

Alper KAHRAMANCA

İmza

ÖZET

İnsan nüfusunun artışı, endüstrideki ilerlemeler, ekonomik büyüme ve gelişen teknolojinin günlük yaşamda artan kullanımına paralel olarak dünyadaki elektrik ihtiyacı hızla artış göstermektedir. Türkiye’de de, hızlı kentleşme ve sanayileşmeyle birlikte elektrik talebinde artış yaşanmış olup, nihai elektrik tüketimi 1990 yılına göre 2 kattan fazla artış göstermiştir.

Türkiye’de enerji ihtiyacı büyük oranda petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların ithal edilmesi ile karşılanmaktadır. Bu durum bir yandan çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere, diğer yandan da enerjide dışa bağımlılığa ve cari açığa artışa neden olmaktadır. Hem bahsedilen bu olumsuz etkiler hem de enerji ihtiyacının büyük bir ivmeyle artışı nedeniyle enerji arzının sürdürülebilir ve çevre dostu kaynaklardan sağlanması, her zamankinden daha önemli hale gelmiştir.

Güneş enerjisi, yenilenebilir ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Türkiye, coğrafi konumu ve yıllık güneşlenme süresinin uzunluğu gibi avantajları nedeniyle büyük bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Türkiye’nin halihazırda güneş enerjisi kurulu gücü 11 Gigawattın (GW) üzerinde olup, bu değer 2050 yılında 52,9 GW’ye ulaşması hedeflenmektedir. Bu hedefe ulaşmak için yıllık 3,5 GW’lik kapasite kurulması gerekmektedir. Enerji depolama teknolojileri, şebeke entegrasyonu ve finansman gibi alanlardaki yapısal sorunlar; Türkiye’de bu sektörün ilerlemesini kısıtlamaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye'nin elektrik talebinin karşılanmasında güneş enerjisinin oynadığı rol ile güneş enerjisinin bu amaç için kullanımında karşılaşılan yapısal sorunlar ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Çalışma, Türkiye'de güneş enerjisinin kullanımını artırmak için gerekli olan yasal ve kurumsal düzenlemelere, finansman eksikliklerine ve teknolojik zorluklara odaklanarak, bu sorunların çözümüne yönelik öneriler geliştirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Elektrik Talebi, Yenilenebilir Enerji, Enerji Politikaları

SUMMARY

The global demand for electricity is increasing rapidly in parallel with the increase in human population, advances in industry, economic growth, and the increasing use of developing technology in daily life. In Türkiye, there has also been an increase in electricity demand with rapid urbanization and industrialization. Final electricity consumption has tripled compared to 1990.

Energy needs in Türkiye are largely met by importing fossil fuels such as oil and natural gas. This situation causes negative effects on the environment and human health, as well as foreign dependence on energy and a high rate of current account deficit. Due to these adverse effects and the rapid increase in energy needs, providing energy supply from sustainable and environmentally friendly sources has become more important than ever.

Solar energy is a renewable and environmentally friendly energy source. Türkiye has a great solar energy potential owing to its geographical location and long annual sunshine hours. Current installed solar power capacity of Türkiye exceeds 11 Gigawatt (GW), and it is aimed to reach 52.9 GW by 2050. To achieve this target, an annual installation of 3.5 GW of capacity is required. Structural problems in areas such as energy storage technologies, grid integration, and financial difficulties hinder the progress of this sector in Türkiye.

In this study, the role of solar energy in meeting Türkiye's electricity demand and the structural challenges encountered in the use of solar energy for this purpose are examined in detail. The study focuses on the legal and institutional regulations, financing deficiencies, and technological difficulties to enhance the use of solar energy in Türkiye and provides solutions to address these issues.

Keywords: Solar Energy, Electricity Demand, Renewable Energy, Energy Policies

TEŞEKKÜR

Bu alışmada değerli yardımlarıyla beni yönlendiren tez danışmanım Prof. Dr. Haydar ARAS'a, tezimin oluşmasındaki katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca, alışmamın tüm aşamalarında desteğini esirgemeyen kıymetli eşim Doç. Dr. Fatma Dilek KAHRAMANCA'ya, sevgili oğlum Ahmet Kerem'e ve eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi destek olan değerli aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. ENERJİ	4
2.1. Enerji İhtiyacı	4
2.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	5
2.2.1. Birincil ve İkincil Enerji Kaynakları	6
2.2.2. Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji	6
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	8
3.1. Dünyada Ve Türkiye’de Enerji Talebi.....	8
3.1.1. Dünyada Elektrik Talebindeki Artışın Nedenleri.....	8
3.1.2. Türkiye’de Nüfus Artışı, Kentleşme ve Sanayileşme	11
3.1.3. Türkiye’nin Enerji Yoğunluğunun Yıl Bazında Değişimi ve Sektörel Dağılımı	13
3.1.4. Türkiye’de Elektrik Enerjisi İhtiyacı.....	16
3.1.5. Türkiye’nin Gelecekteki Enerji Talep Projeksiyonları	19
4. YÖNTEM	21
4.1. Güneş Enerjisi.....	21
4.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi	22
4.2.1. Türkiye’nin Güneş Radyasyonu	22
4.2.2. Aylık Radyasyon Değeri	23
4.2.3. Güneşlenme Süresi	24

İÇİNDEKİLER

Sayfa

4.2.4. Fotovoltaik (PV) Güneş Teknolojileri	25
4.2.5. Türkiye’de Güneş Enerjisinin Mevcut Kurulu Gücü Ve Üretim Verileri.....	26
4.2.6. Çatı ve Cephe Uygulamalı Güneş Enerjisi Yatırımları	27
4.3. Türkiye’de Güneş Enerjisinin Gelişimi ve Politikalar.....	28
4.3.1. Türkiye’nin Enerji Politikası.....	29
4.3.2. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji İle İlgili Mevcut Ulusal Politikası	30
4.3.3. 4628 Sayılı Kanun.....	30
4.3.4. 5346 Sayılı Kanun.....	31
4.3.5. 6094 Sayılı Kanun.....	32
4.3.6. 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu	33
4.3.7. Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği	33
4.4. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımını Teşvik Etmeye Yönelik Uygulanan Destek Mekanizmaları	34
4.4.1. Sabit Fiyat Garantisi.....	34
4.4.2. Lisanssız Üretim Hakkı.....	35
4.4.3. Yenilenebilir Enerji Yatırımlarını Özendirmeye Yönelik Diğer Teşvikler	35
4.5. Güneş Enerjisi Stratejileri ve Hedefleri	37
4.5.1. On ikinci Kalkınma Planı.....	37
4.5.2. Türkiye Ulusal Enerji Planı (TUEP)	38
4.5.3. Ar-Ge Faaliyetlerinin Etkinliği	39
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	42
5.1. Fiziki Sorunlar ve Arazi Tahsisi	42
5.2. Çevresel Tartışmalar	42
5.3. Teknolojik Sorunlar	44
5.3.1. Enerji Depolama Yetersizliği	44
5.3.2. Şebeke Entegrasyonu ve Süreksizlik Sorunu	45
5.4. Ekonomik Sorunlar	45

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
5.4.1. Yüksek Yatırım Maliyetleri	45
5.4.2. Finansman ve Teşvik İhtiyacı	46
5.5. İdari ve Hukuki Engeller.....	46
5.6. Eğitim ve Farkındalık Eksikliği	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması	5
3.1. 2023 yılında ülkelere göre kişi başına düşen elektrik tüketimi	11
3.2. Türkiye'nin yıllara göre nüfus artış hızı	12
3.3. Türkiye'nin yıllara göre toplam enerji tüketimi	13
3.4. Türkiye'nin kurulu gücünün yıllara göre gelişimi.....	14
3.5. 2013 ve 2023 yıllarında birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye kurulu gücü.....	14
3.6. Yıllara göre sektörel nihai enerji tüketimi	16
3.7. Yıllara göre sektörel net elektrik enerjisi tüketimi	17
3.8. Enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları	17
3.9. Türkiye'de elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı.....	18
3.10. Türkiye'nin kurulu gücünün enerji kaynaklarına göre dağılımı.....	18
3.11. Türkiye'de enerji kaynaklarına göre birincil enerji tüketimi.....	19
3.12. Türkiye'de enerji kaynaklarına göre birincil enerji tüketiminin dağılımı	20
4.1. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası	23
4.2. Türkiye'de aylık ortalama radyasyon değerleri.....	23
4.3. Türkiye'nin aylık ortalama güneşlenme süreleri	24
4.4. Türkiye'de fotovoltaik tipi alan için üretilebilecek enerji miktarı	26
4.5. Türkiye'nin güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü	26
4.6. Güneş enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı.....	27
4.7. Değerlendirilebilecek çatı alanları.....	28
5.1. On ikinci kalkınma planı ve ulusal enerji planında yer alan yenilenebilir enerji hedefleri	39
5.2. Yıllara göre 5746 sayılı kanun kapsamındaki Ar-Ge merkezleri sayısı.....	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

Cizelge

Sayfa

3.1. Ülkelerin yıllık elektrik tüketim değerleri	9
3.2. Türkiye'nin yıllara göre nüfus artış hızı	12
3.3. Sektörlere göre toplam enerji tüketimi	15
4.1. Yenilenebilir Enerji Kanunu destekleme mekanizması uygulama fiyatları ile yerli katkı fiyatları ve uygulama süreleri	35

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	Santigrat derece
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt saat
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt saat
m ²	metrekare
MW	Megawatt
MWh	Megawatt saat
TW	Terawatt
TWh	Terawatt saat
W	Watt

Kısaltmalar

Açıklama

AB	Avrupa Birliği
AB-27	Avrupa Birliği'ne Üye Olan 27 Ülke
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
BRICS	Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
EİGM	Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	Güneş Enerjisi Santralleri
GSYİH	Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
HIT-30	High Tech Türkiye-30
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
KDV	Katma Değer Vergisi
LPG	Sıkıştırılmış Petrol Gazı
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
PV	Fotovoltaik
STB	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TETAŞ	Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TUEP	Türkiye Ulusal Enerji Planı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Dünya genelinde yaşanan nüfus artışı, sanayileşme, ekonomik büyüme ve teknolojik gelişmelerle doğru orantılı olarak enerji talebi hızla artmaktadır. Küresel elektrik talebi son 20 yılda iki katına çıkmıştır ve artış trendi devam etmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde elektrik talebinin gelişmiş ülkelere oranla daha hızlı arttığı dikkat çekmektedir. Özellikle elektrikle çalışan ısıtma sistemleri, dijital teknolojiler, elektrikli araçlar ve diğer elektrik temelli çözümler; bu talebi daha da artırmaktadır. Bu artış, enerji arzının sürdürülebilir ve çevre dostu kaynaklardan sağlanmasını her zamankinden daha önemli hale getirmiştir.

Türkiye’de bilhassa elektrik üretiminde petrol ve doğal gaz kullanımına ağırlık verilmesinin, 2003 yılından itibaren enerji ithalatının hızla artmasına yol açtığı ve bu durumun enerji bağımlılığını artıran önemli bir etken olduğu belirtilmektedir (Doğan, 2014). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı’nın 2021 yılı Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu dikkate alındığında Türkiye’nin 2021 yılı itibarıyla ihtiyaç duyduğu petrolün % 92,8’i ve doğal gazın % 99,3’ü ithal edilmektedir. Bu kaynaklarla yapılan elektrik üretimi enerji ithalatına bağımlılığı arttırmakta ve dolayısıyla cari açığa da büyümeye neden olmaktadır (Yıldız, 2017).

Fosil yakıtlara dayalı üretim yöntemleri, sürdürülebilir olmamasının yanı sıra çevresel sorunları derinleştirmekte ve enerji ithalatı maliyetlerini yükseltmektedir. Elektrik talebindeki artışı karşılamanın en sürdürülebilir ve çevre dostu yolu, yenilenebilir enerji kaynaklarının payını arttırmaktır. Çevre dostu bir enerji kaynağı olmasından dolayı Güneş enerjisi, karbon salımını azaltır ve iklim değişikliğiyle mücadelede etkin bir araçtır.

2023 yılı itibarıyla dünya genelinde kurulu güneş enerjisi kapasitesi 1 Terawatt saati (TWh) aşmış, bu da güneş enerjisini rüzgar enerjisiyle birlikte en hızlı büyüyen enerji kaynağı haline getirmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı’nın (IEA) raporlarına göre güneş enerjisinin 2030 yılına kadar enerji üretimindeki en büyük kaynaklardan biri olması beklenmektedir. Çin, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Hindistan ve Avrupa Birliği (AB) güneş enerjisi kurulumlarında lider ülkelerdir. Bu enerji kaynağının daha geniş bir

coğrafyaya yayılması, maliyetlerinin düşmesi ve ilgili teknolojiye erişimin artmasıyla mümkün olacaktır.

Sanayileşen ve nüfusu hızla artan bir ülke olarak Türkiye'nin elektrik talebinde yıllık % 5-7 arasında bir artış yaşanmaktadır. 2023 yılı itibarıyla Türkiye'nin yıllık elektrik tüketimi yaklaşık 375-400 TWh seviyesinde gerçekleşmiş olup bu talep artışı, özellikle sanayi, konut sektörü ve tarımsal sulama gibi alanlarda yoğunlaşmaktadır.

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payını arttırmak, enerji arz güvenliğini sağlamak ve dışa bağımlılığı azaltmak açısından kritik bir öneme sahiptir. Coğrafi konumu itibarıyla Türkiye, güneş enerjisi bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. Yıllık ortalama 3.000 saatlik güneşlenme süresi ve yıllık 150.000 TWh teorik güneş enerjisi potansiyeli, Türkiye'yi bu alanda stratejik bir konuma taşımaktadır. Ancak 2023 itibarıyla Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücünün yaklaşık 10 Gigawatt (GW) seviyesinde olması, bu potansiyelin henüz yeterince değerlendirilmediğini göstermektedir. Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin kullanımı; enerji ithalatına bağımlılığın azaltılması ve cari açığın hafifletilmesi neticesinde Türkiye'nin ekonomik kalkınmasına ve enerji bağımsızlığına yol açarak ülkemize stratejik bir avantaj sağlayabilir. Ayrıca güneş enerjisi, sınırsız potansiyeli ve sürekli gelişen teknolojisiyle enerji arz güvenliğine ve düşük karbon emisyon oranlarına sahiptir. Bu nedenle güneş enerjisi çevre dostu bir enerjidir ve iklim değişikliğiyle mücadelede etkin bir araçtır. Bu özellikleri sayesinde güneş enerjisinin yaygın kullanımı, Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamlarındaki hedeflerine de ulaşmasını destekleyecektir.

Türkiye'de var olan büyük güneş enerjisi potansiyeline rağmen; enerji depolama teknolojileri, şebeke entegrasyonu ve finansman gibi alanlardaki yapısal sorunlar sektörün ilerlemesini kısıtlamaktadır. Bu sorunların çözümüne yönelik öneriler geliştirilmesi, sektörel ilerlemeyi hızlandırabileceği gibi eğitim ve farkındalık çalışmalarının arttırılması da güneş enerjisinin toplumsal kabulünü ve yatırımları teşvik edebilir. Türkiye'nin mevcut güneş enerjisi potansiyelini tam anlamıyla değerlendirmesi, hem ekonomik kalkınma hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından stratejik bir gerekliliktir.

Tüm bu bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı; artan elektrik talebine yönelik güneş enerjisinin katkısını analiz etmek, Türkiye'nin mevcut güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek, Türkiye'deki yasal ve politik çerçeveyi incelemek, ülkede karşılaşılan yapısal sorunlara çözüm önerileri sunmak ve güneş enerjisinin gelecekteki potansiyelini ortaya koymaktır. Bu bağlamda, çalışmada, elektrik talebindeki artışın nedenleri ile güneş enerjisinin bu talebi karşılamadaki rolü ele alınacak, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli mevcut durum ve projeksiyonlar üzerinden incelenecektir. Ayrıca, sektördeki yapısal sorunların çözümüne yönelik öneriler geliştirilecektir. Çalışma, aynı zamanda Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikalarını ve stratejilerini çok boyutlu bir yaklaşımla değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma ile hem akademik hem de uygulamalı alanlara katkı sağlanarak, karar vericiler için yol gösterici bir çerçeve oluşturulması amaçlanmaktadır.

2. ENERJİ

2.1. Enerji İhtiyacı

İnsanoğlunun varoluşuyla birlikte, enerji gereksinimi de doğal bir şekilde meydana gelmiştir (Yelmen ve Çakır, 2011). İnsanoğlu hayatta kalmak için tükettiği gıdalardan, ısınma amacıyla yararlandığı ateşe kadar her alanda enerji kaynaklarına bağımlı olmuştur. Dünya üzerindeki yaşamın temel enerji kaynağı olan güneş, bu nedenle insanlık tarihinde daima önemli bir konuma sahip olmuştur (Sağlam, 2000).

Enerji, genel bir tanımla, iş yapabilme kapasitesi anlamına gelir. Küreselleşme ile birlikte enerji, dünya genelinde kritik bir öneme sahip olmuştur (Boltürk, 2013). Enerji kaynakları, tarih boyunca ülkelerin üretim ve faaliyet kapasitelerini belirlemede etkili bir araç olmuştur ve günümüzde de devletler açısından stratejik önemini korumaya devam etmektedir (Kurt, 2021). Enerji, ekonomik büyümede kritik bir role sahip olup kalkınma programlarının temel taşlarından biridir. Dolayısıyla, özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerji politikaları, sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin temel unsurlarından biri olarak değerlendirilmektedir. (Kahraman, 2010).

Sanayi devrimi ve 1970'li yılların başında yaşanan petrol krizinin sonucu olarak enerji kullanımı, tüm sektörlerin en öncelikli konuları arasında yerini almıştır. 1970'lerdeki petrol krizinde enerji fiyatları üzerine yoğunlaşmış olan temel endişe, son 20 yılda yerini çevresel riskler ve ekosistem bozulmalarına bırakmıştır. İnsan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerinin artması, çevresel sorunların daha da büyümesine yol açmıştır. Küresel enerji tüketimini arttırarak çevresel problemlere zemin hazırlayan bu faktörler arasında hızla büyüyen dünya nüfusu, şehirleşme, sanayileşme, ekonomik kalkınma hedefleri, endüstriyel faaliyetler ve teknolojik ilerlemeler bulunmaktadır (Saner, 2015).

Dünya genelinde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir bölümü hala fosil kaynaklı yakıtlardan (kömür, petrol ve doğal gaz) sağlanmaktadır (Yılmaz, 2012). Teknolojik ilerlemeler ve küreselleşmenin etkisiyle artan enerji ihtiyacı nedeniyle dünya genelinde enerji kaynakları giderek tükenmektedir. Bu durum, alternatif ve yenilikçi enerji kaynaklarının araştırılmasını zorunlu hale getirmiştir. Aynı zamanda, enerji kaynaklarının

azalması bireyleri enerji tasarrufuna daha fazla önem vermeye yöneltmektedir (Boltürk, 2013).

2.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Enerji, kullanışları açısından yenilenemez ve yenilenebilir enerji olarak iki ana kategoriye ayrılır. Yenilenemez enerji kaynakları; fosil kaynaklı enerji ve nükleer enerjiyi kapsamaktadır. Fosil enerji kaynakları kömür, petrol ve doğalgazdır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında ise rüzgar, güneş, hidrolik, biyokütle, dalga ve gel-git enerjileri bulunmaktadır. Ek olarak enerji, Şekil 2.1’de ifade edildiği üzere, dönüştürülebilirliğine göre birincil (primer) ve ikincil (türetilmiş, sekonder) enerji olarak ta sınıflandırılabilir (Kaplan, 2004).

Enerji Kaynakları	
Kullanışlarına Göre	Dönüştürülebilirliklerine Göre
A) Yenilenemez	A) Birincil (Primer)
a) Fosil Kaynaklı	- Petrol
- Petrol	- Doğalgaz
- Kömür	- Kömür
- Doğalgaz	- Nükleer
b) Çekirdek Kaynaklı	- Güneş
- Toryum	- Hidrolik
- Uranyum	- Rüzgar
B) Yenilenebilir	- Biyokütle
- Güneş	B) İkincil (Sekonder)
- Rüzgar	- Mazot, Motorin
- Hidrolik	- Elektrik, Benzin
- Jeotermal	- Kok, Petrokok
- Dalga, Gel-Git	- Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)
- Biyokütle	
- Hidrojen	

Şekil 2.11. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Koç ve Şenel, 2013)

2.2.1. Birincil ve İkincil Enerji Kaynakları

Birincil enerji, doğada kendiliğinden oluşan ve doğrudan kullanılabilen kömür, petrol, doğal gaz, bitkisel ve hayvansal artıklar, güneş, rüzgar, hidrolik enerji ve radyoaktif maddeler gibi kaynaklardan oluşur. İkincil enerji kaynakları ise hava gazı, buhar enerjisi ve elektrik gibi, birincil enerji kaynaklarının işlenmesiyle dolaylı olarak elde edilen enerji türlerini içerir (Saribaş, 2015). İkincil enerji, birincil enerji kaynaklarının fiziksel durum değişikliği yoluyla dönüştürülmesiyle ortaya çıkan bir enerji çeşididir. Bu enerjinin üretilmesi için hem birincil enerji kaynaklarının varlığına ihtiyaç duyulmakta, hem de enerji üretiminin gerçekleştiği termik ve nükleer santraller, petrol rafinerileri gibi bilim ve teknolojiye dayalı altyapı tesisleri için yatırım–yapılması gerekmektedir (Gülay, 2008). Elektrik, hava gazı ve buhar enerjisi, ikincil enerji kaynaklarına örnek olarak gösterilebilir. Diğer ikincil enerji kaynakları arasında mazot, benzin, motorin, petrokok, kok kömürü, ikincil kömür ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) bulunmaktadır (Saribaş, 2015).

İkincil enerji kaynaklarının temel işlevi, üretilen enerjinin depolanmasını ve taşınmasını mümkün kılmaktır. Bu sebeple bu enerji türleri, “enerji taşıyıcıları” olarak da adlandırılmaktadır. Özellikle hidrojen, bir enerji kaynağı yerine, enerji taşıyıcısı olarak değerlendirilmelidir. Bunun sebebi, hidrojenin tek başına değil, özellikle yenilenebilir enerji kaynakları gibi birincil enerji kaynaklarıyla entegre şekilde kullanıldığında sürdürülebilir bir enerji sistemi oluşturabilmesidir (Gülay, 2008).

2.2.2. Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji

Yenilenemeyen enerji kaynakları, günümüzde enerji tüketiminin büyük kısmını oluşturan doğalgaz, kömür, petrol gibi fosil yakıtlar ve toryum, uranyum gibi çekirdek temelli kaynaklardan oluşmaktadır. Bu kaynaklar, milyonlarca yıl önce yaşamını yitirmiş hayvan ve bitki kalıntılarının organik dönüşümüyle meydana gelen yakıt türlerini ifade eder (Kurt, 2021). Yenilenemeyen enerji kaynakları doğada halen bulunan, fakat zamanla yok olacak olan enerji türleridir (Bekar, 2020).

Yenilenebilir enerji, “doğanın evrimsel süreci içinde, kısa bir süre sonra aynı şekilde var olmaya devam edebilen enerji kaynağı” olarak tanımlanabilir. Bu enerji türü,

fosil ve nükleer kaynaklardan farklı olarak tükenmeyen ve doğanın kendiliğinden yenilenebilme özelliği nedeniyle kendini sürekli yenileyebilen bir kaynaktır. Çevreye olan zararları, fosil yakıtlar ve nükleer enerjiye kıyasla çok daha azdır (Erkınay, 2012). rnek olarak, enerjilerini doğadan doğrudan alan güneş, rzgr, biyoenerji, jeotermal ve dalga enerjisi gibi kaynaklar verilebilir (Akova, 2008). Yenilenebilir enerji, doğrudan kullanılabilceği gibi baēka enerji biçimlerine dönüştürülerek de kullanılabilir (Saner, 2015). Uzun yıllar boyunca yapılan araētırmalar, güneş ve rüzgar enerjisinin doğrudan elektrik enerjisine evrilebilmesinin daha pratik olduğunu ortaya koymuētur (Altaē, 1998). Yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel kullanım oranı giderek artmakla birlikte, bu kaynakların toplam enerji tüketimi içindeki payı hala sınırlı kalmaktadır (Akova, 2008).

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

3.1. Dünyada Ve Türkiye’de Enerji Talebi

3.1.1. Dünyada Elektrik Talebindeki Artışın Nedenleri

Elektrik enerjisi ikincil enerji türüne bir örnektir. En önemli enerji türlerinden biri olup, kişi başına düşen elektrik tüketimi ülkelerin gelişmişlik seviyesi göstergelerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Kavak, 2005).

Küresel ölçekteki sanayileşme ile birlikte elektrik talebinde de artış gözlenmiştir. Dünyadaki elektrik tüketimi son 50 yılda sürekli ve 3 katın üzerinde artış göstererek 2023 yılında yaklaşık olarak 27.000 TWh değerine ulaşmıştır (Statista Research Department, 2024). Çizelge 3.1’de bazı ülkelerin 2019’dan 2022’ye kadar olan yıllık elektrik tüketimi milyar kilowatt saat (kWh) cinsinden gösterilmektedir (Country Economy, 2023).

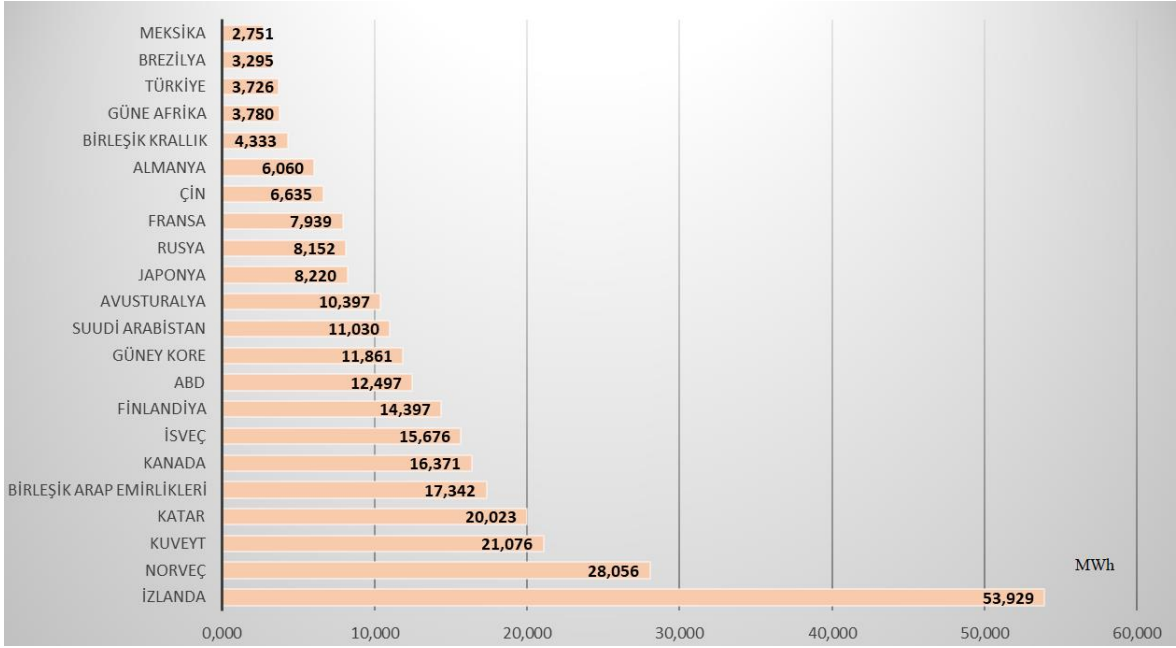
Çizelge 3.1. Ülkelerin yıllık elektrik tüketim değerleri

Ülke	2022 Elektrik Tüketimi (milyar kWh)	2021 Elektrik Tüketimi (milyar kWh)	2020 Elektrik Tüketimi (milyar kWh)	2019 Elektrik Tüketimi (milyar kWh)
Çin	8.539.690	8.109.701	7.385.957	7.096.627
ABD	4.128.177	3.993.954	3.897.899	3.989.378
Hindistan	1.462.874	1.351.558	1.200.934	1.261.080
Rusya	1.025.537	1.028.414	972.534	979.203
Japonya	939.314	935.342	924.496	973.645
Güney Kore	586.766	571.554	555.250	548.159
Brezilya	583.184	569.621	546.807	551.308
Kanada	553.261	533.612	546.935	550.853
Almanya	507.248	521.789	504.380	527.240
Fransa	425.994	447.163	427.841	450.643
Suudi Arabistan	393.213	371.747	358.200	356.917
İran	315.843	302.133	283.736	282.386
Endonezya	312.423	282.122	255.458	259.143
İtalya	298.320	295.792	285.762	283.045
Meksika	296.969	284.649	280.866	298.695
Birleşik Krallık	287.128	297.136	296.969	312.618
Türkiye	280.458	292.292	248.840	268.324
Tayvan	274.029	278.230	266.575	261.223
Vietnam	251.549	237.792	225.946	222.729
Avustralya	250.005	250.879	249.220	245.641

Gayri Safi Yurt İçi Hasılası (GSYİH) 2000 yılından bu yana 15 kat artış gösteren Çin, ABD'nin ardından ikinci büyük küresel ekonomi haline gelmiştir. Çin, milyarlık nüfusunun ve çeşitli üretim endüstrilerinin gelişimini desteklemek için diğer ülkelere daha fazla enerjiye ihtiyaç duymakta olup, 2023 yılında 8.000 TWh seviyesinde elektrik tüketimiyle dünya genelinde en fazla elektrik kullanan ülke olmuştur. ABD 4.000 TWh üzerinde bir elektrik tüketimiyle en çok elektrik tüketen ikinci ülke olurken, Hindistan ise

üçüncü sırada yer almaktadır. Çin ve diğer BRICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika) ülkeleri, kişi başına elektrik tüketimi açısından bakıldığında daha küçük nüfusa sahip gelişmiş ekonomilere kıyasla hala oldukça geride kalmaktadır. Kişi başına düşen GSYİH yüksek olan ülkeler, bireylerine daha yüksek bir ortalama satın alma gücü sunmaktadır. Bu ülkelerde mevcut olan artmış kentleşme, elektrik tüketiminin de artmasına neden olmaktadır. Nüfusu yarım milyondan az olan İzlanda, 2023 yılı itibarıyla, kişi başına ortalama 53,9 Megawatt saat (MWh) elektrik tüketimiyle, dünya genelinde kişi başına en yüksek elektrik tüketimine sahip ülke olmuştur (Şekil 3.1). Bu durum; düşük maliyetli elektrik üretimi, artan ısıtma ihtiyacı ve enerji yoğun endüstrilerin ülkedeki yaygınlığı gibi faktörlerin bir araya gelmesiyle açıklanabilir. İzlanda'nın ardından, Norveç, Katar ve Kanada da kişi başına düşen elektrik tüketiminde en üst sıralarda yer almaktadır (Statista Research Department, 2024).

Bir ülkenin nüfusu ve coğrafi büyüklüğü, toplam elektrik tüketiminde önemli bir rol oynamakla birlikte biraz önce de belirtilen faktörlerin de etkisi nedeniyle toplam tüketimde tek belirleyici neden değildir. 2022 yılında dünya nüfusunun en kalabalık üç ülkesi olan Çin, ABD ve Hindistan, aynı zamanda en fazla elektrik tüketen üç ülke olarak öne çıkmıştır. Bununla birlikte Hindistan, 1,4 milyardan fazla nüfusu ile dünya sıralamasında en büyük nüfusa sahip olmasına rağmen, Çin'in elektrik tüketiminin beşte birinden daha azını kullanmaktadır. Ayrıca, dünya nüfusu sıralamasında beşinci ve altıncı sırada yer alan Pakistan ve Nijerya, en fazla elektrik tüketen ilk 20 ülke arasında yer almamıştır (Statista Research Department, 2024).



Şekil 3.1. 2023 yılında ülkelere göre kişi başına düşen elektrik tüketimi (Statista Research Department, 2024)

Özetle, küresel elektrik tüketimi 2022 yılında 25.500 TWh üzerine çıkarak, on yıl öncesine kıyasla % 30'dan fazla bir artış göstermiştir. 1980 yılı ile karşılaştırıldığında ise bu artış üç katı aşmıştır. Dünya, elektrik üretiminde halen büyük ölçüde fosil yakıtlara bağımlıdır. Yenilenebilir enerji kapasitesinde son 10 yılda beş katlık bir artış yaşanmış olsa da, 2022 yılında kömür ve doğal gaz, dünya genelindeki elektrik üretiminin yaklaşık % 60'ını oluşturmaya devam etmiştir (Statista Research Department, 2024).

3.1.2. Türkiye'de Nüfus Artışı, Kentleşme ve Sanayileşme

Türkiye, dünyanın en kalabalık 18. ülkesidir (Worldometer, 2024). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 1980 yılında yaklaşık 45.736.957 olan Türkiye nüfusu, 31 Aralık 2023 tarihi itibarıyla önceki yıla kıyasla 92.824 kişi artarak 85.372.377 kişi olmuştur (TÜİK, 2024). 1950 yılında binde 28,5 olarak hesaplanan nüfus artış hızı 2023 yılında binde 1,1'e gerilemiştir (Çizelge 3.2). Çizelge 3.2'deki veriler, Türkiye'nin nüfusunun 1950'den 2023'e kadar sürekli bir artış gösterdiğini, ancak nüfus artış hızının özellikle son yıllarda belirgin bir şekilde azaldığını göstermektedir.

Çizelge 3.2. Türkiye'nin yıllara göre nüfus artış hızı (Türkiye İstatistik Kurumu, 2024)

Yıl	Nüfus (milyon)	Nüfus Artış Hızı (%)
1950	20,9	28,5
1960	27,8	28,5
1970	35,6	25,2
1980	44,7	20,1
1990	56,5	21,7
2000	67,8	18,3
2010	73,7	15,9
2020	83,6	5,5
2021	84,7	12,7
2022	85,3	7,1
2023	85,4	1,1

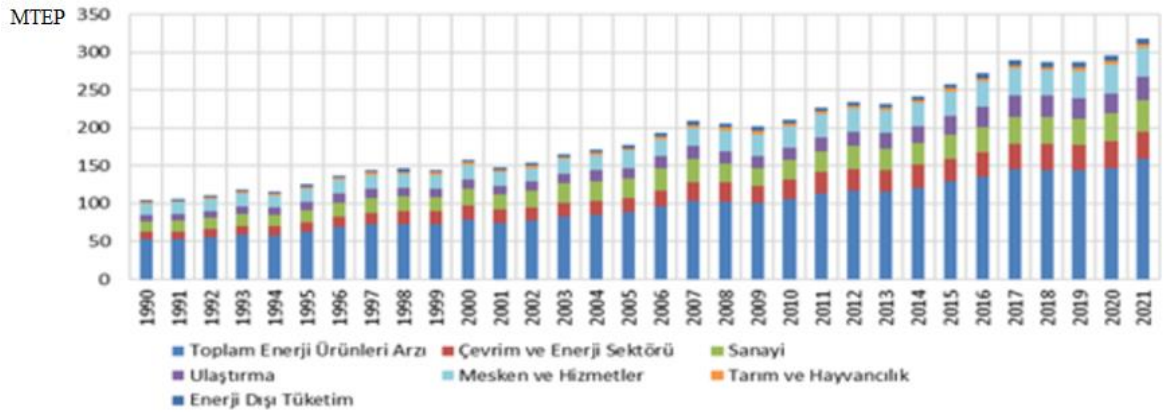
Şekil 3.2'de ise 1927'den 2023 yılına kadar olan Türkiye nüfusu ve nüfus artış hızı gösterilmektedir.

**Şekil 3.2.** Türkiye'nin yıllara göre nüfus artış hızı (Anadolu Ajansı, 2022)

Türkiye'de kentleşmenin tarihsel gelişimi, dünya genelindeki süreçle benzer şekilde iki farklı dönemde ele alınmaktadır. İlk dönem, sanayileşme hamlesinin henüz gerçekleşmediği ve bu nedenle kentleşme düzeyinin oldukça düşük kaldığı 1950 öncesi dönemi kapsamaktadır. İkinci dönem ise, makineleşme ile başlayan ve buna bağlı göç

hareketlerinin tetiklediği sanayileşmenin bir sonucu olarak hızlı kentleşmenin ortaya çıktığı 1950 sonrası dönemi ifade etmektedir (Yılmaz ve Çiftçi, 2011). Sanayileşme ve kentleşme kavramları, birbirlerini karşılıklı olarak etkilerken, yaşandıkları coğrafya üzerinde ekonomik, çevresel ve sosyo-kültürel boyutlarda hem avantajlar hem de dezavantajlar yaratmıştır (Aras, 2022).

Türkiye, hızlı nüfus artışına ve dinamik bir ekonomik kalkınma sürecine sahip ülkeler arasında yer almaktadır. Ekonomik büyüme, enerji talebinde kaçınılmaz bir artışı da beraberinde getirmektedir. Daha konforlu yaşam alanları, ulaşım araçları, modern ev aletleri ve üretim kapasiteleri artan fabrikalar; günlük yaşamda enerji tüketimini önemli ölçüde arttırmıştır (Şekil 3.3). Bu nedenle, enerji verimliliğini sağlayan uygulamalar ve teknolojilerin geliştirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Türkiye'nin dünya pazarındaki rekabet gücünü arttırmak için ekonomiyi büyütecek, yaşam standartlarını iyileştirecek yeterli, kesintisiz ve çevre dostu enerjinin sağlanması, ancak güvenilir ve sürdürülebilir enerji politikalarıyla mümkün hale gelebilir (Kahraman, 2010).

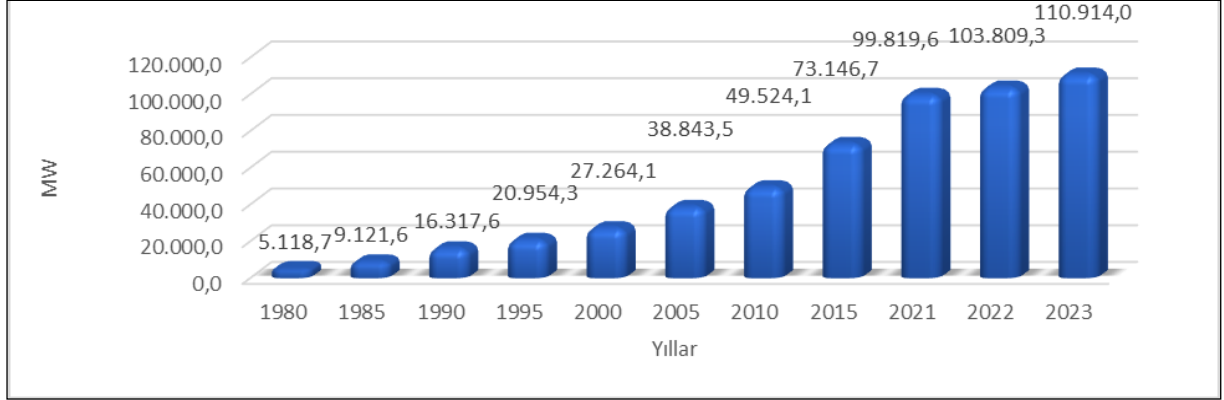


Şekil 3.3. Türkiye'nin yıllara göre toplam enerji tüketimi (Milyon ton eşdeğer petrol (MTEP), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2024 a)

3.1.3. Türkiye'nin Enerji Yoğunluğunun Yıl Bazında Değişimi ve Sektörel Dağılımı

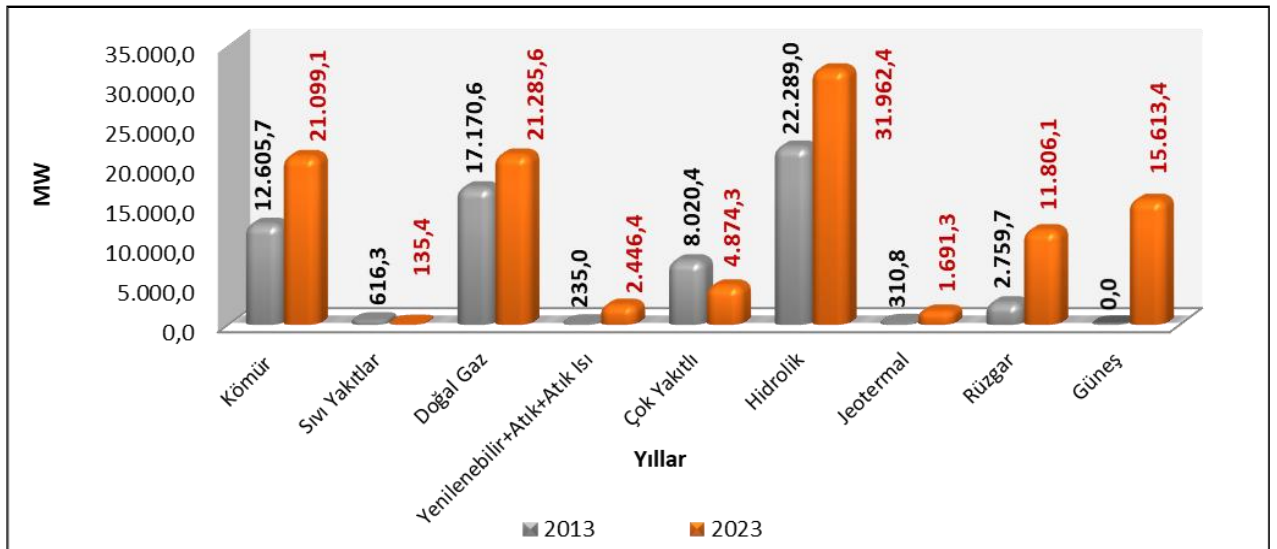
Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) verileri dikkate alındığında Türkiye'nin 1980 yılında 5.118,7 Megawatt (MW) olan enerji kurulu gücü 2021 yılına dek hızlı bir artış göstererek 99.819,6 MW'a ulaşmış; bu artış hızı 2021 ile 2023 yılları

arasında yavaşlamış ve Türkiye'nin enerji kurulu gücü 2023 yılında 110.914 MW olarak kayda geçmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Türkiye'nin enerji kurulu gücünün yıllara göre gelişimi (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, 2023 a)

Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarına göre kurulu gücü dikkate alındığında birinci sırayı hidrolik enerji almaktadır. Kurulu güçteki en büyük artış hızı, güneş enerjisinde gerçekleşmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. 2013 ve 2023 Yıllarında Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye Kurulu Gücü (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, 2023 b)

Toplam enerji tüketimi; girişimlerin nihai kullanım, çevrim süreci ve enerji dışı alanlarda tükettiği enerji kaynaklarının miktarını ifade etmektedir. Sanayi, konut, tarım, ulaştırma, çevrim ve enerji dışı sektörlerin toplam enerji tüketimi, "petrol eşdeğeri"

birimiyle ölçülmektedir. Çizelge 3.3'teki veriler dikkate alındığında Türkiye'nin toplam enerji tüketimi 2021 yılında 159,43 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) olarak kaydedilmiştir. Bu değer, 1990 yılına kıyasla % 204, 2005 yılına göre % 80, 2020 yılına göre ise % 8 oranında bir artışa işaret etmektedir. Aynı yıl, AB'ye üye olan 27 ülkedeki (AB-27) toplam enerji tüketimi bir önceki yıla oranla % 18 artmıştır. Türkiye'de 2021 yılı itibarıyla toplam enerji tüketiminin sektörel dağılımına bakıldığında, en yüksek payın % 26,1 ile sanayi sektöründe ve % 23,9 ile konut ve hizmetler sektöründe olduğu görülmektedir (ÇŞB, 2024 a). Bu paylar çevrim ve elektrik için % 22,3, ulaştırma için % 19,2, enerji dışı için % 4,8 ve tarım için % 3,2 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.3). Sektörel enerji tüketimindeki eğilimler, enerji kullanımında sağlanan iyileşmeleri ve farklı sektörlerin (ulaştırma, sanayi, hizmetler ve hane halkı) enerji tüketiminden kaynaklanan çevresel etkilerini ortaya koymaktadır. Diğer taraftan, enerji tüketimini azaltmayı ve enerji verimliliğini artırmayı hedefleyen politika ve stratejilerin başarısını değerlendirmek için önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

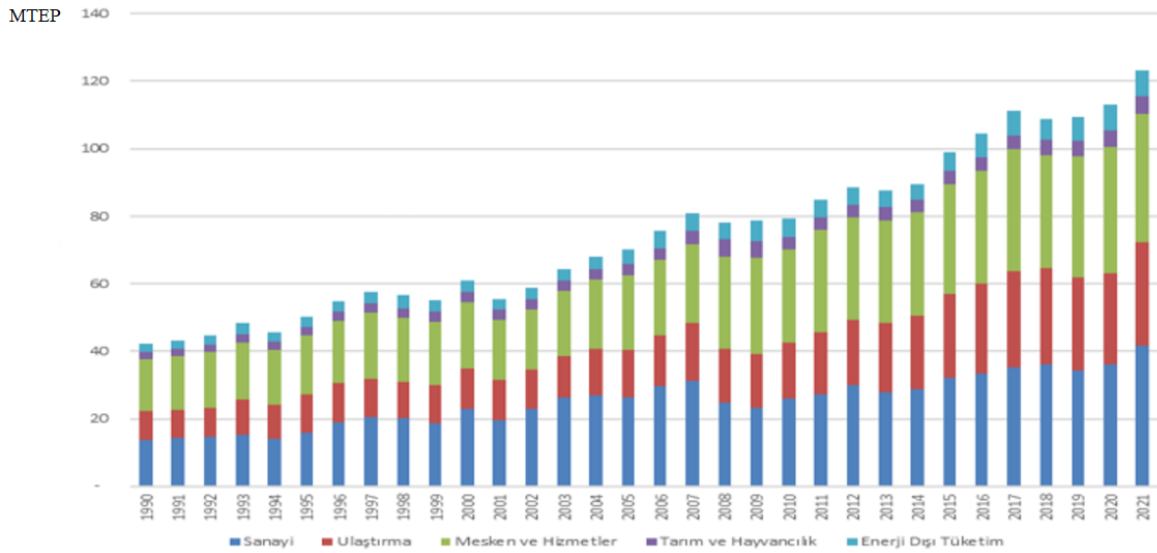
Çizelge 3.3. Sektörlere göre toplam enerji tüketimi (Bin TEP) (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2024 a)

Yıllar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Enerji Ürünleri Arzı	52.465	62.968	79.428	88.672	105.888	129.139	136.229	145.305	143.666	144,21	147,17	159.432
Çevrim ve Enerji Sektörü	10.228	12.442	17.834	18.347	26.048	29.672	31.655	33.522	34.517	33,56	35,47	35.573
Sanayi	13.641	15.986	22.876	26.410	26.077	32.157	33.254	35.329	36.277	34,30	36,26	41.614
Ulaştırma	8.723	11.077	12.007	13.849	16.314	24.936	26.812	28.425	28.452	27,69	26,97	30.562
Mesken ve Hizmetler	15.356	17.514	19.557	22.285	27.762	32.329	33.222	36.013	33.074	35,61	37,23	38.121
Tarım ve Hayvancılık	1.956	2.556	3.073	3.359	3.736	3.932	4.056	4.273	4.381	4,71	4,98	5.129
Enerji Dışı Tüketim	2.543	3.087	3.455	4.089	5.314	5.652	6.989	7.372	6.296	7,08	7,58	7.717

2021 yılında Türkiye'de nihai enerji tüketimi, 1990 yılına kıyasla % 191,3, 2005 yılına kıyasla % 75,9, 2020 yılına kıyasla ise % 9 oranında artarak 123,14 MTEP seviyesine ulaşmıştır (Şekil 3.6). Bu artış, ekonomik büyümeyle ilişkilendirilse de enerji yoğunluğunun düşürülmesi ve enerji verimliliği hedefleriyle desteklenmeden sürdürülebilir

bir kalkınma olarak değerlendirilememektedir. Örneğin, AB-27 ülkelerinde enerji verimliliğindeki artış sayesinde 2010-2019 yılları arasında nihai enerji tüketimi % 9 oranında azalmıştır. 2021 yılı itibarıyla Türkiye’de nihai enerji tüketiminde en büyük payı % 33,8 ile sanayi sektörü, % 31 ile konut ve hizmetler sektörü almıştır.

Bu sektörleri sırasıyla % 24,8 ile ulaştırma, % 4,2 ile tarım-hayvancılık ve % 6,3 ile enerji dışı tüketim takip etmiştir (Şekil 3.6). Aynı dönemde AB ülkelerinde ise nihai enerji tüketiminde % 29 oranla ulaştırma, % 28 oranla konut ve % 26 oranla sanayi başı çekerken, bu sektörleri % 14 ile hizmetler ve % 3 ile tarım-hayvancılık izlemiştir (ÇŞB, 2024 b).



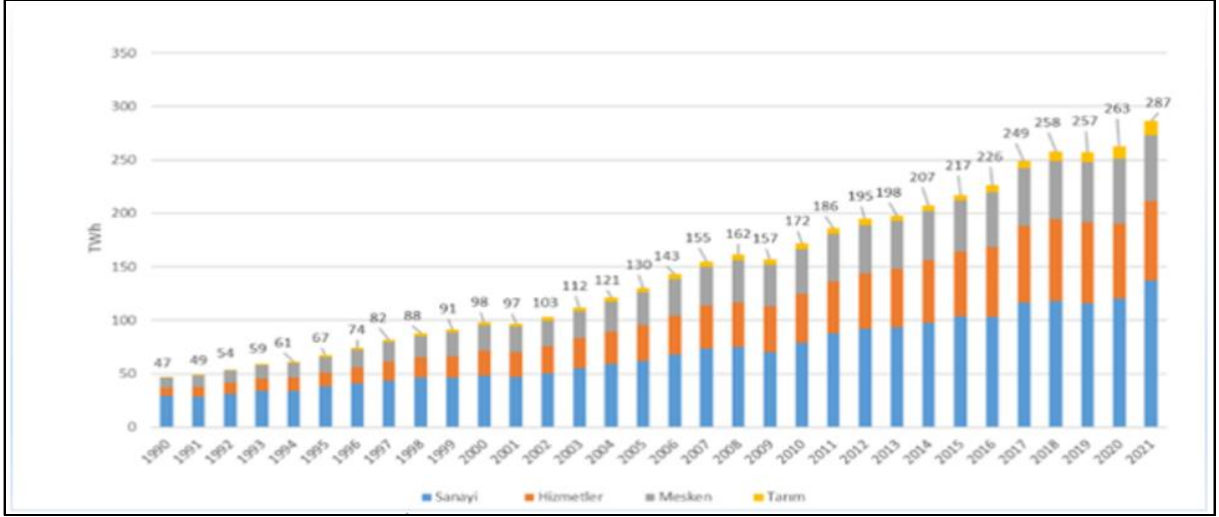
Şekil 3.6. Yıllara göre sektörel nihai enerji tüketimi (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2024 b)

3.1.4. Türkiye’de Elektrik Enerjisi İhtiyacı

Elektrik enerjisi, kullanım kolaylığı ve yaygınlığı nedeniyle gerek Türkiye’de gerekse dünya genelinde en çok kullanılan enerji türüdür. Türkiye’nin elektrik enerjisine olan ihtiyacı; nüfus artışı, kentleşmenin hızlanması, kentlerin genişlemesi ve konut, sanayi, ulaşım gibi sektörlerdeki enerji tüketiminin artmasıyla her geçen gün daha da artmaktadır (Ulusoy, 2019). Elektrik enerjisinde artan bu ihtiyaç, enerji kaynaklarının daha sürdürülebilir ve verimli bir şekilde kullanılması gerekliliğini de ortaya koymaktadır.

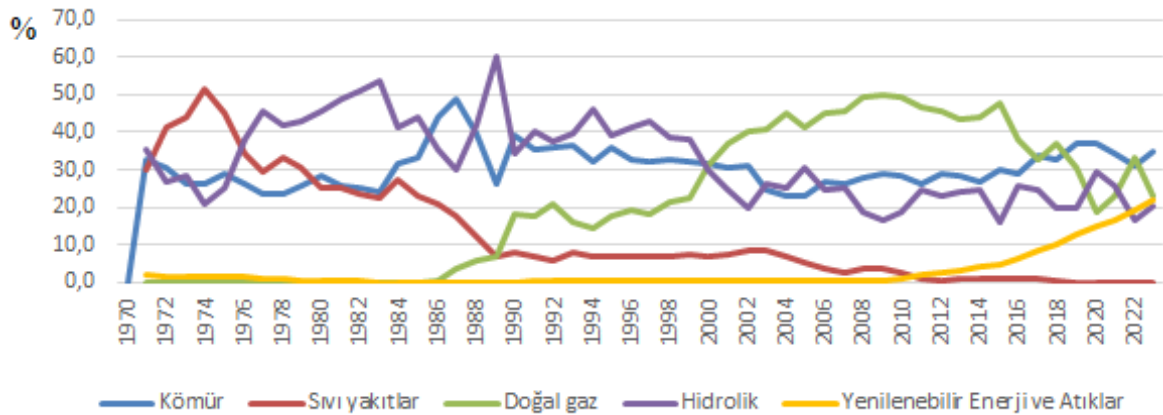
Türkiye’de 2021 yılında sektörlerin net elektrik enerjisi tüketimi, 1990 yılına oranla % 512, 2005 yılına oranla % 120 ve 2020 yılına oranla % 9,1 artarak 286,7 TWh

seviyesine ulaşmıştır. Aynı yıl, elektrik enerjisi tüketiminde en büyük pay % 48 ile sanayi sektörüne, % 26 ile hizmetler sektörüne ait olmuştur. Bu sektörleri sırasıyla % 21 ile mesken ve % 5 ile tarım sektörleri izlemiştir (Şekil 3.7).



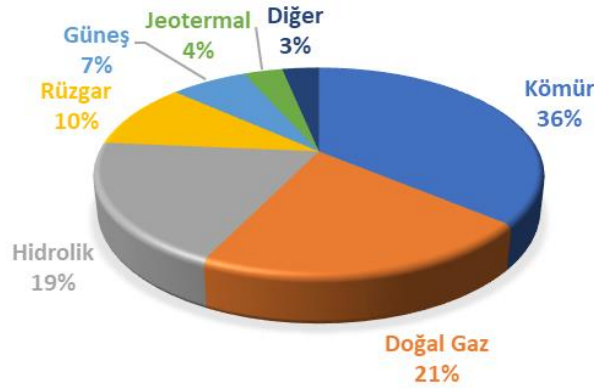
Şekil 3.7. Yıllara göre sektörel net elektrik enerjisi tüketimi (TWh) (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2024 b)

Yenilenebilir enerji kaynakları dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de önem kazanmış ve enerji politikalarında bu kaynaklara olan eğilim artmıştır (Şekil 3.8). Bu durum, enerji dönüşümünün sürdürülebilir kalkınma hedeflerine uygun olarak ilerlediğinin bir göstergesi olarak yorumlanabilir.



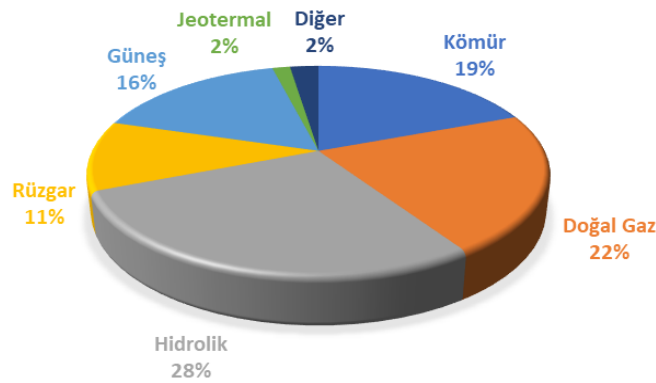
Şekil 3.8. Enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları (Türkiye İstatistik Kurumu, 2022)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verileri dikkate alındığında Eylül 2024 itibarıyla Türkiye'nin kurulu gücü 114.215 MW seviyesine ulaşmıştır. 2023 yılında elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı incelendiğinde (Şekil 3.9); % 36,2'sinin kömürden, % 21'inin doğal gazdan, % 19,3'ünün hidrolik enerjiden, % 10,3'ünün rüzgardan, % 6,7'sinin güneşten, % 3,4'ünün jeotermal enerjiden ve % 3,2'sinin diğer kaynaklardan sağlandığı görülmektedir (ETKB, 2024).



Şekil 3.9. Türkiye'de elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024 a)

Türkiye'nin 2023 yılındaki elektrik tüketimi, bir önceki yıla göre % 1,2 artış göstererek 335,2 TWh seviyesine çıkarken, elektrik üretimi ise % 0,8 artarak 331,1 TWh olarak kaydedilmiştir. Şekil 3.10'da gösterildiği üzere Eylül 2024 itibarıyla kurulu gücün enerji kaynaklarına göre dağılımı değerlendirildiğinde; hidrolik enerji için % 28,2, doğal gaz için % 21,6, kömür için % 19,2, rüzgar için % 10,8, güneş için % 16,4, jeotermal için % 1,5 ve diğer kaynaklar için % 2,4 şeklinde gerçekleşmiştir (ETKB, 2024).

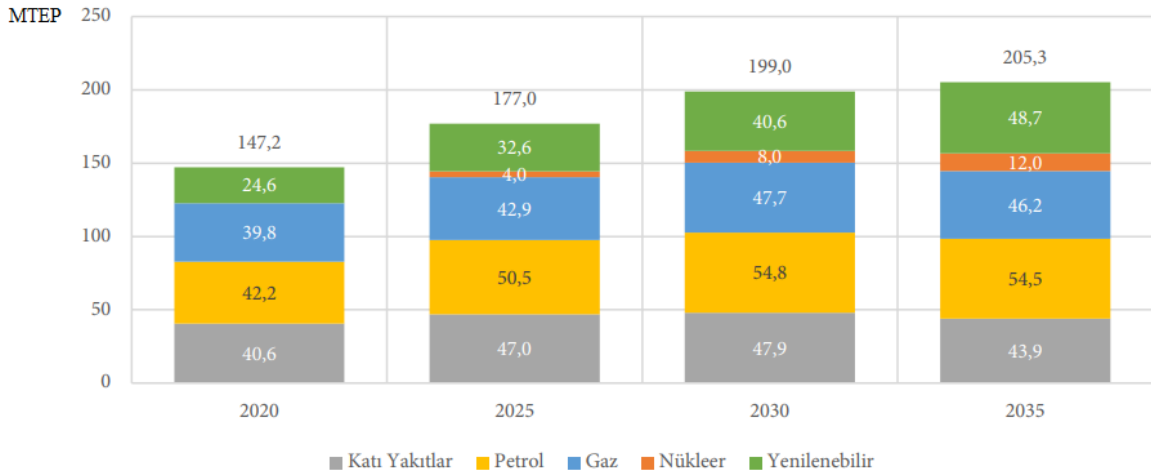


Şekil 3.10. Türkiye'nin Kurulu Gücünün Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024 a)

Aynı dönemde, Türkiye’deki toplam elektrik üretim santrali sayısı, lisansı olmayan santraller de dahil olmak üzere, 31.590’a ulaşmıştır. Bu santrallerin 765’i hidroelektrik, 365’i rüzgar, 69’u kömür, 63’ü jeotermal, 341’i doğal gaz, 29.512’si güneş ve 475’i diğer enerji kaynaklarına dayalı santrallerden oluşmaktadır (ETKB, 2024).

3.1.5. Türkiye’nin Gelecekteki Enerji Talep Projeksiyonları

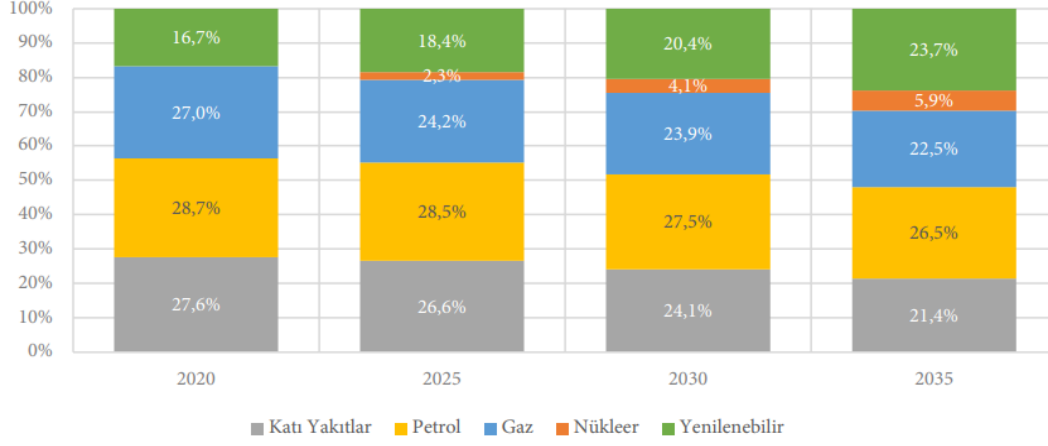
Türkiye Ulusal Enerji Planı’nda (TUEP) yer alan Türkiye’nin geçmiş verileri ve geleceğe yönelik projeksiyonları incelendiğinde; 2020 yılında birincil enerji tüketiminin 147,2 MTEP olarak gerçekleştiği, bu değer 2035 yılına kadar 205,3 MTEP’e yükselmesinin beklendiği görülmektedir (Şekil 3.11). 2000-2020 yılları arasında birincil enerji tüketimi yıllık % 3,1 oranında artış gösterirken, 2020-2035 döneminde bu artış oranının % 2,2 seviyesine gerileyeceği öngörülmektedir. Kişi başına düşen birincil enerji tüketimi ise 2020’deki 1,7 tep/kişi düzeyinden 2035 yılına kadar 2,1 tep/kişi seviyesine çıkacaktır (TUEP, 2022).



Şekil 1.11. Türkiye’de enerji kaynaklarına göre birincil enerji tüketimi (Türkiye Ulusal Enerji Planı, 2022)

TUEP projeksiyonuna göre 2020 yılında birincil enerji tüketimi içinde % 16,7 olan yenilenebilir enerji kaynaklarının payının, 2035 yılı itibarıyla % 23,7’ye ulaşması beklenmektedir. Nükleer enerji ise 2035 yılında toplam tüketim içindeki payını % 5,9’a çıkaracaktır. Fosil yakıtların birincil enerji tüketimindeki payı 2020 yılında % 83,3 iken, bu payın 2035 yılında % 70,4 seviyesine gerileyeceği tahmin edilmektedir. Bu gerilemeyle

birlikte kömürün payının % 21,4, petrolün payının % 26,5 ve doğal gazın payının % 22,5 oranına inmesi öngörülmektedir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Türkiye’de enerji kaynaklarına göre birincil enerji tüketiminin dağılımı (Türkiye Ulusal Enerji Planı, 2022)

TUEP’e göre, Türkiye’nin elektrik tüketiminin 2025 yılında 380,2 TWh, 2030 yılında 455,3 TWh ve 2035 yılında ise 510,5 TWh seviyesine ulaşması beklenmektedir.

TEİAŞ projeksiyonlarına göre ise, Türkiye’nin elektrik enerjisi talebi 2023-2032 dönemini kapsayan 10 yıllık süreçte, düşük senaryoya göre yıllık ortalama % 2,7’lik bir artışla 2032 yılında 400.349 gigawatt saat (GWh) olacaktır. Aynı yıl için baz senaryoda yıllık ortalama % 3,3 artışla 450.754 GWh, yüksek senaryoda ise yıllık ortalama % 3,8 artışla 493.720 GWh’lik bir tüketim tahmin edilmektedir (TEİAŞ, 2023).

Talep artışının fosil yakıtlarla karşılanmaya devam etmesi durumunda, enerji arz güvenliği sorunu sürecektir, sera gazı emisyonları daha da artacak ve ciddi çevresel ve insan sağlığı sorunlarının ortaya çıkması muhtemel olacaktır.

4. YÖNTEM

Araştırmada izlenen yöntem dört ana başlıkta toplanmıştır. İlk olarak, yenilenebilir enerji kaynakları, özellikle güneş enerjisi hakkında yapılmış olan önceki çalışmalar sistematik bir şekilde incelenmiş ve bu çalışmalar ışığında bir veri altyapısı oluşturulmuştur (Doğan, 2014). İkinci olarak, enerji sektörüne ilişkin istatistiksel veriler, sektörel dağılımlar, enerji kaynaklarının tüketim oranları ve güneş enerjisi kapasite artışı üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Üçüncü olarak, enerji depolama, şebeke entegrasyonu ve finansman yetersizlikleri gibi yapısal sorunlar tespit edilmiş, bu sorunlara literatürde önerilen çözümler belirtilmiş ve bu konuda yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Son olarak, Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları uluslararası örneklerle karşılaştırılmış ve bu konuda yerel stratejilerin etkinliği ile iyileştirilmesi gereken alanlar belirlenmiştir.

Bu çalışma ile hem teorik hem de uygulamalı yaklaşımlar önerilerek, enerji sektörünün gelecekteki yönelimleri için yol gösterici olmak amaçlanmaktadır.

4.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, hem çevreye dostu hem de dünyanın mevcut enerji ihtiyacının birkaç katını karşılayabilecek potansiyelde olması nedeniyle alternatif enerji kaynakları içinde önemli bir yere sahiptir (Eskin, 2006). Güneşin çekirdeğindeki füzyon süreci (hidrojenin helyuma dönüşümü) sonucu ortaya çıkan radyasyon enerjisidir. Yaklaşık $3,9 \times 10^{26}$ Watt (W) güce sahip olan Güneş, temiz ve sonsuz bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu devasa enerjinin yalnızca küçük bir kısmı Dünya'ya ulaşmaktadır. Atmosferin dış yüzeyine her metrekare başına yaklaşık 1.367 W enerji düşerken, atmosferin bir bölümü bu radyasyonu emerek, özellikle X ışınları ve ultraviyole ışınlarının bir kısmını ise yansıtmaktadır (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM), 2024).

Fosil yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden kaçınmak isteyen ülkeler, yenilenebilir enerjiye geçişi hızlandırmıştır. Bu çerçevede, güneş enerjisinden elektrik ve ısı üretimi üzerine yapılan çalışmalar artmış ve doğa dostu bir enerji kaynağı olarak kabul gören güneş enerjisinin kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Özellikle 1970'li yıllardan itibaren bu alandaki araştırmalar hız kazanmış ve güneş enerjisi sistemleri hem teknolojik

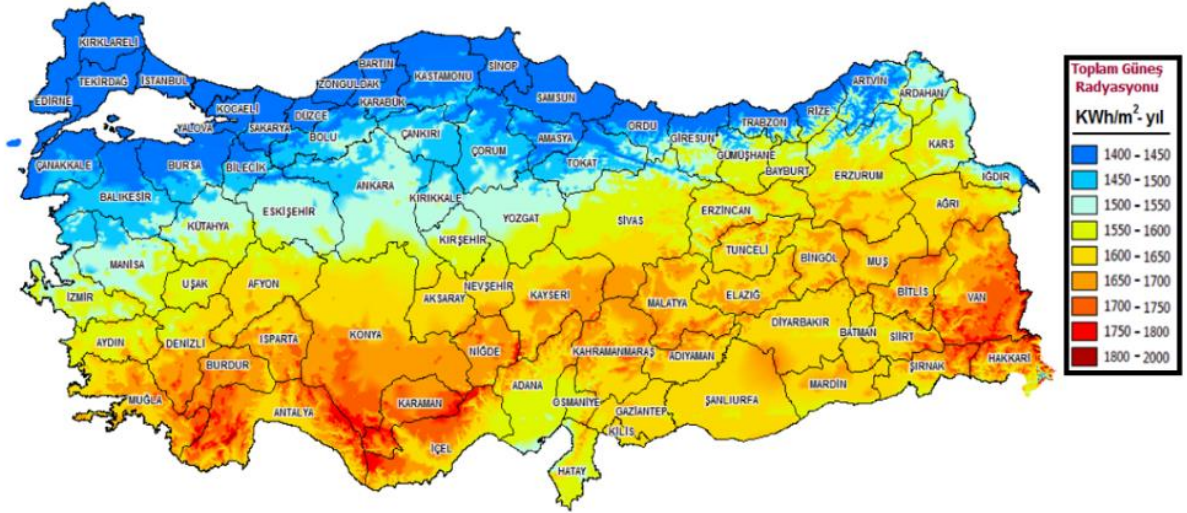
olarak gelişmiş hem de maliyet açısından daha erişilebilir hale gelmiştir. Güneş enerjisi, kurulum sonrası düşük işletme maliyetleri nedeniyle de giderek daha fazla önem kazanmaktadır (EİGM, 2024). Dünya çapında 2023-2028 yılları arasında 2.300 GW yeni güneş enerjisi kapasitesinin devreye girmesi beklenmektedir. Bu kapasitenin yaklaşık 300 GW'nın Avrupa'da, 300 GW'nın ise Amerika'da faaliyete geçmesi öngörülmektedir. Dolayısıyla, güneş enerjisinin küresel yenilenebilir enerji kurulu gücündeki payının %37'den %50'nin üzerine çıkacağı tahmin edilmektedir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB), 2024). 2050 yılına gelindiğinde, dünya çapında enerji ihtiyacının % 15'inin güneş enerjisinden karşılanması hedeflenmektedir (Doğan, 2001).

Sanayi, konutlar ya da bireysel kullanımlar için ihtiyaç duyulan enerji; direkt güneşten sağlanamaz. Bu nedenle, güneş enerjisi çeşitli yöntemlerle dönüştürülerek kullanıma uygun hale getirilir. Güneş ışınlarından faydalanmak amacıyla birçok teknoloji geliştirilmiştir. Güneş enerjisine dayalı teknolojiler, kullanılan yöntemler, malzemeler ve teknolojik seviyeler açısından oldukça çeşitlilik göstermektedir. Bazı teknolojiler güneş enerjisini ışık veya ısı enerjisi olarak doğrudan kullanırken, diğerleri güneşten elektrik üretmeye odaklanır. Güneş enerjisinden elektrik üretiminde genellikle fotovoltaik (PV) sistemlerin, güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürmesi tercih edilmektedir. Güneş enerjisi; doğrudan ya da dolaylı elektrik üretimi, mekan ısıtma ve soğutma, sıcak su temini, sanayide proses ısı enerjisi sağlama ve seraların ısıtılması gibi uygulamalarda kullanılmaktadır (ETKB, 2024).

4.2. Türkiye'de Güneş Enerjisi

4.2.1. Türkiye'nin Güneş Radyasyonu

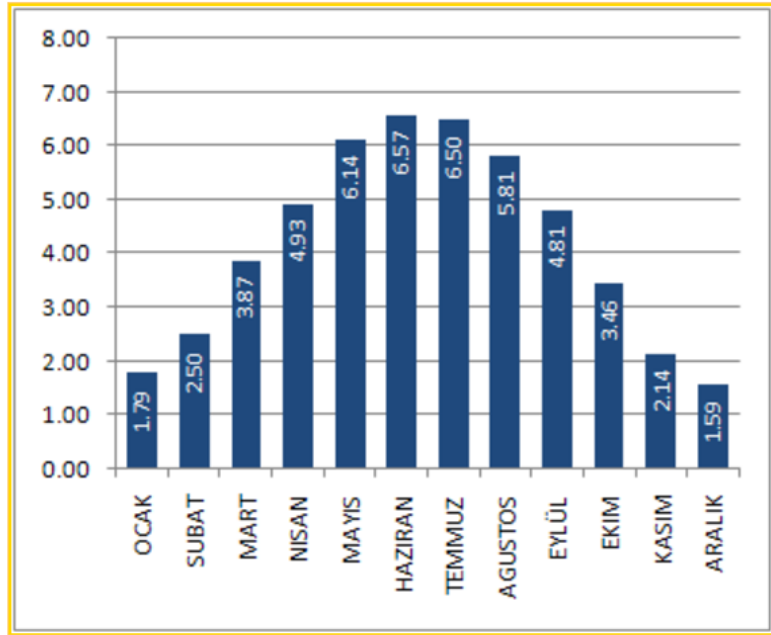
Türkiye, coğrafi konumu dikkate alındığında büyük bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'na (GEPA) göre, ortalama toplam güneşlenme süresi 2.741 saat/yıl olup yıllık ortalama toplam güneş radyasyonu değeri yaklaşık 1.500-1.650 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. GEPA'ya göre Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli ve yıllık ortalama global radyasyon dağılımı Şekil 4.1'de yer almaktadır.



Şekil 4.1. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası) (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024 b)

4.2.2. Aylık Radyasyon Değeri

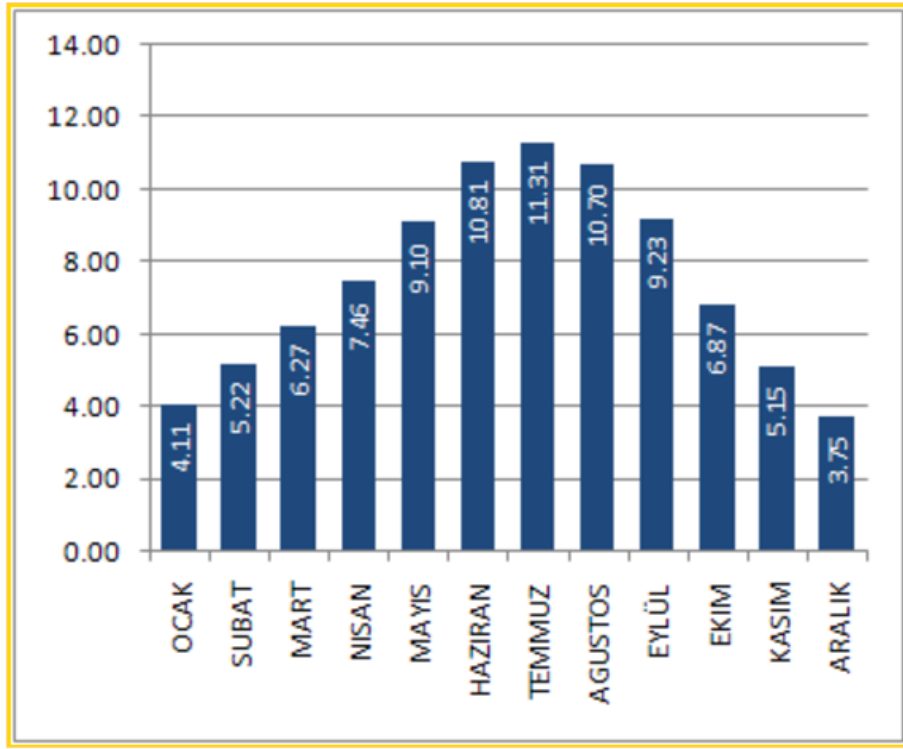
Aylık ortalama radyasyon miktarı Şekil 4.2’de yer aldığı üzere 4-5.5 kWh/m² arasında değişmekte olup en yüksek radyasyon değerleri genellikle yaz aylarında ve Türkiye’nin güney bölgelerinde (örneğin Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde) gözlemlenmektedir.



Şekil 4.2. Türkiye’de aylık ortalama radyasyon değerleri (kWh/m²) (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024 b)

4.2.3. Güneşlenme Süresi

Güneşlenme süresi, bir bölgenin güneş enerjisinden ne kadar verimli yararlanabileceğini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi ortalama 2.700-3.000 saat arasındadır, Şekil 4.3 dikkate alındığında bu değer günlük yaklaşık 7.5-8 saate tekabül etmektedir. Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri en uzun güneşlenme sürelerine sahiptir (yıllık 3 000 saatin üzerinde). Marmara ve Karadeniz bölgeleri ise daha düşük güneşlenme sürelerine sahiptir (2 000-2 200 saat/yıl). Türkiye'nin aylık ortalama güneşlenme süreleri Şekil 4.3'te gösterilmiştir. En yüksek güneşlenme süreleri mayıs-eylül ayları arasında gerçekleşmektedir (ETKB, 2024).



Şekil 4.3. Türkiye'nin aylık ortalama güneşlenme süreleri (saat) (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024 b)

4.2.4. Fotovoltaik (PV) Güneş Teknolojileri

PV teknolojileri, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirmektedir. Türkiye, aşağıda belirtilen özelliklere sahip olması nedeniyle PV kurulumu açısından oldukça avantajlı bir ülkedir;

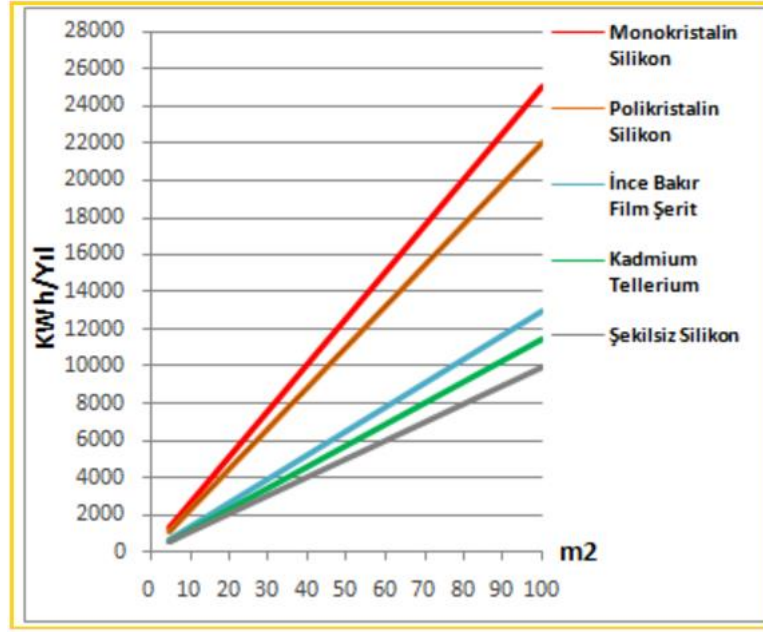
PV Alan Kullanımı:

- 1 MW kapasiteli bir güneş enerji santrali kurulumu için ortalama 1.5-2 hektar alana ihtiyaç duyulur.
- Türkiye'nin geniş arazi potansiyeli (örneğin; tarıma elverişsiz ve boş araziler) PV projeleri için uygundur.

Üretililecek Enerji Miktarı:

- Türkiye'de PV sistemler, her bir kilowatt (kW) kurulu güç başına yıllık ortalama 1.200-1.600 kWh elektrik üretebilmektedir.
- Güneydoğu Anadolu, ülkemizin en yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip bölgesi olarak öne çıkarken, Karadeniz bölgesi bu açıdan en düşük potansiyele sahiptir. Ancak, yine de Karadeniz'deki güneş enerjisi potansiyel değerleri, Almanya'nın en yüksek potansiyel noktalarının üzerindedir (Dinçer vd., 2018).

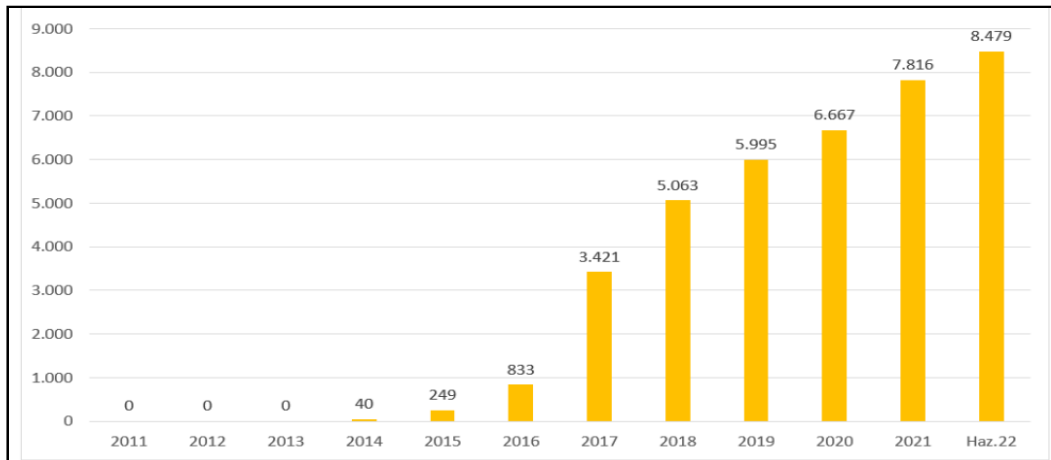
Şekil 4.4, farklı PV güneş paneli türlerinin (monokristalin ve polikristalin silikon, kadmiyum tellerium, ince bakır film şerit ve şekilsiz silikon) yıllık enerji üretimini (kWh/yıl) yüzey alanına (m²) bağlı olarak göstermektedir. Grafik, yüzey alanı arttıkça enerji üretiminin tüm panel türlerinde doğrusal olarak arttığını ifade etmektedir. Ancak panel türlerine bağlı olarak enerji üretim kapasitelerinde önemli farklar oluşmaktadır. Bu durum, güneş paneli seçimi yapılırken verimlilik, maliyet ve kullanım amacına göre değerlendirme yapılması gerektiğini vurgulamaktadır (ETKB, 2024).



Şekil 4.4. Türkiye’de fotovoltaik türlerine göre üretilebilecek enerji miktarı (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024 b)

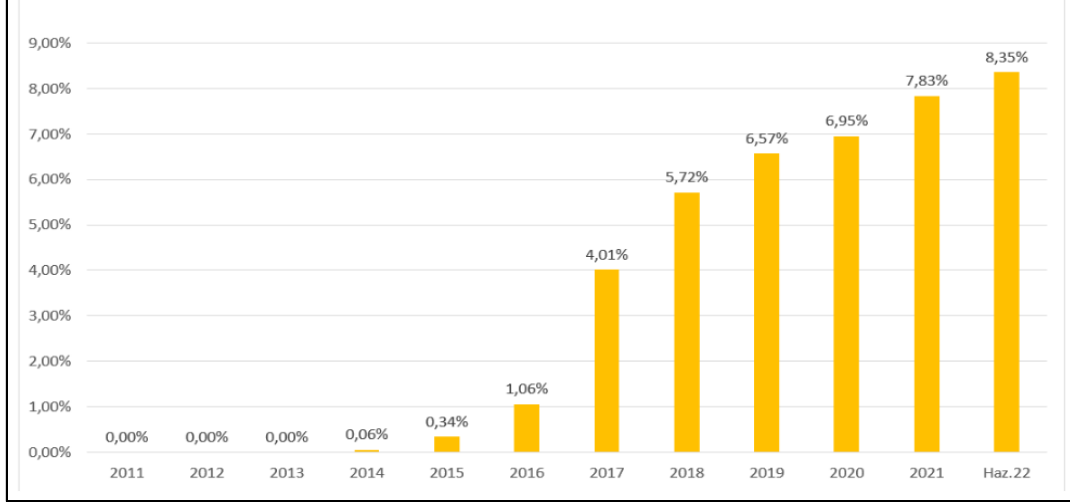
4.2.5. Türkiye’de Güneş Enerjisinin Mevcut Kurulu Gücü Ve Üretim Verileri

Türkiye’de güneş enerjisinin elektrik üretimi portföyüne dahil edilmesi 2014 yılı itibarıyla mümkün hale gelmiştir ve ülkenin güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü bu tarihten itibaren büyük bir ivmeyle artış göstermiştir (Şekil 4.5). Haziran 2022 itibarıyla bu değer, 8.479 MW’tır (ETKB, 2024).



Şekil 4.5. Türkiye’nin güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024 b)

Güneş enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki payı da benzer şekilde 2014'ten bu yana belirgin bir ivme göstererek artmıştır. Haziran 2022 itibarıyla bu oran % 8,35 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Güneş enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024 b)

4.2.6. Çatı ve Cephe Uygulamalı Güneş Enerjisi Yatırımları

TÜİK verilerine göre, Türkiye’de toplam 11,6 milyon yapı bulunmaktadır ve bunların yaklaşık % 87’si konut olarak sınıflandırılmaktadır. Her yıl Türkiye’nin bina envanterine 100.000’den fazla yeni yapı eklenmektedir. Gelecek yıllarda bu yapıların çatı ve cephelerinde önemli miktarda güneş enerjisi yatırımlarının yapılması tahmin edilmektedir (ETKB, 2024). Ülkemizde kullanılabilir çatı alanları Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Değerlendirilebilecek çatı alanları (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024 b)

4.3. Türkiye’de Güneş Enerjisinin Gelişimi ve Politikalar

Enerji ithalatına yüksek oranda bağımlı olan Türkiye, ekonomik büyümeyle birlikte artan enerji ihtiyacı nedeniyle enerji arz güvenliğini sağlamak adına enerji politikalarını çeşitlendirme yoluna gitmiştir. Bu bağlamda, ithal enerji kaynaklarının yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik verilmesi, Türkiye’nin enerji politikalarında kritik bir planlama ihtiyacını doğurmuştur (Kurt, 2021).

Gelecekte enerji arz güvenliğini sağlamak, yalnızca yerli yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranını artırmakla değil, aynı zamanda her sektörde enerji verimliliğini sağlamakla mümkün olacaktır. Sektörler arası entegrasyonun güçlendirilmesi ve yenilenebilir enerji ile enerji verimliliğinin bütünlük bir şekilde kullanılması, bu süreçte kritik öneme sahiptir. Bu doğrultuda, gerekli yasal ve örgütsel düzenlemeler yapılmaya devam edilmektedir (Ulusoy, 2019).

4.3.1. Türkiye'nin Enerji Politikası

Türkiye'nin enerji politikası; ülkenin enerji ihtiyacını ve hedeflenen ekonomik büyümeyi gerçekleştirecek, sosyal kalkınma girişimlerini destekleyecek ve yönlendirecek bir yaklaşımla, zamanında, yeterli, güvenilir, ekonomik koşullarda ve çevresel etkileri göz önünde bulundurarak karşılamayı amaçlamaktadır (Küçükaksoy, 2006).

AB müktesebatı kapsamında Türkiye'nin enerji arzını ve güvenliğini esas alan temel politika ve hedefler aşağıdaki şekilde açıklanabilir (Adaçay, 2014);

- Yerli kaynaklara öncelik vererek kaynak çeşitliliğini sağlamak,
- Serbest piyasa koşullarının tam işlerliğini ve yatırım ortamının iyileşmesini sağlamak,
- Enerji arzı içindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının oranını arttırmak,
- Enerji verimliliğini arttırmak,
- Doğalgaz ve petrol alanlarında kaynak çeşitliliğini sağlamak ve ithalat kaynaklı riskleri azaltacak önlemleri almak,
- Türkiye'nin jeostratejik konumunu etkin bir şekilde kullanıp enerji alanında bölgesel işbirliğini arttırarak ülkeyi enerji terminali ve koridoru haline getirmek,
- Enerji ve tabii kaynaklar alanlarındaki faaliyetlerin çevre dostu bir halde yürütülmesini sağlamak,
- Zaman, maliyet ve miktar açılarından enerjiyi tüketiciler için ulaşılabilir kılmak,
- Tabii kaynakların ülke ekonomisine katkısını arttırmak,
- Endüstriyel ham madde, metal/metal dışı madenlerin üretimlerini arttırarak ülke içinde değerlendirilmesini sağlamak.

Tüm bu politikaların amaçları; enerjiden kaynaklanan bazı olumsuz (ekonomik, çevresel vb.) etkilerin ve dışa bağımlılığın azaltılması ile ülke ekonomisinin rekabet gücünü ve halkın refahını arttırmaktır (Adaçay, 2014).

4.3.2. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji İle İlgili Mevcut Ulusal Politikası

2005 yılında yürürlüğe giren 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunun amacı, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde kullanımını yaygınlaştırarak kaynak çeşitliliğini artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarını ekonomiye kazandırmak, atıkları değerlendirmek, sera gazı emisyonlarını azaltmak, çevreyi korumak ve bu hedefler için gerekli imalat sektörünü geliştirmek şeklinde ifade edilmiştir (18.05.2005 tarihli ve 25819 sayılı Resmi Gazete).

Aşağıda bahsedilen diğer kanun ve yönetmelikler de yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulumu, kullanımı ve teşviki ile ilgili düzenlemeleri içermektedir.

4.3.3. 4628 Sayılı Kanun

4628 sayılı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun (EPDK) Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun, Türkiye'nin elektrik piyasasının serbestleşmesini sağlamak ve rekabetçi bir yapı oluşturmak amacıyla 2001 yılında yürürlüğe girmiştir (03.03.2001 tarih ve 24335 Sayılı Resmi Gazete). Bu kanunun temel amacı; elektriğin kaliteli, yeterli, düşük maliyetli, kesintisiz ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilere sunulmasını sağlamak için rekabetçi bir ortamda özel hukuk kurallarına tabi olarak faaliyet gösterebilecek, mali bakımdan güçlü, şeffaf ve istikrarlı bir elektrik piyasası oluşturmaktır. Bu hedef doğrultusunda bu kanunla enerji arz güvenliğine ilişkin riskleri azaltmak, enerjinin daha verimli bir şekilde üretilip tüketilmesini temin etmek ve serbest piyasa koşullarını oluşturmak amacıyla EPDK faaliyete geçmiştir (AB Bakanlığı, 2014). Kanun; elektrik enerjisinin üretimi, iletimi, toptan ve perakende satışı, dağıtımı, ithalat ve ihracatı, perakende satış hizmeti gibi faaliyetlerle bu alanlarda faaliyet gösteren bütün gerçek ve tüzel kişilerin hak ve yükümlülüklerini kapsamaktadır. Bu kanun, enerji sektöründe önemli reformlar ve yenilikler getirerek piyasanın düzenlenmesi ve geliştirilmesi yönünde temel bir adım olmuştur.

4628 sayılı Kanun ile;

- Bağımsız bir düzenleyici ve denetleyici otorite olan EPDK'nın kurulması sağlamıştır.
- EPDK; piyasanın düzenlenmesi, lisanslama, tarifelerin belirlenmesi ve piyasa aktörlerinin faaliyetlerinin denetlenmesi gibi kritik görevleri üstlenmiştir.
- Kamunun yanı sıra özel sektörün piyasaya katılımı teşvik edilmiştir.
- Elektrik fiyatlarının şeffaf ve maliyet esaslı bir yapıya kavuşturulması için düzenlemeler yapılmıştır.
- Yenilenebilir enerji yatırımları ve özel üretim tesislerinin kurulumu desteklenmiştir.

Sonuç olarak, 4628 sayılı Kanun, Türkiye'nin enerji sektöründe serbestleşme sürecinin temel taşlarından biri olmuştur. Özel sektörün piyasaya katılımını artırarak rekabetçi bir yapı oluşturmuş, tüketicilere daha fazla seçenek sunmuş ve enerji arz güvenliğini güçlendirmiştir. Ayrıca bu kanunla piyasanın düzenlenmesi ve denetlenmesi için bağımsız bir yapının oluşturulması, enerji sektörünün şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkeleri doğrultusunda yönetilmesine olanak tanımıştır.

4.3.4. 5346 Sayılı Kanun

5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun, Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik eden, çevre dostu enerji üretimini artırmayı hedefleyen ve bu alanda mali ve idari kolaylıklar sağlayan bir düzenlemedir. Kanun, yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik ve kaliteli bir şekilde kullanılmasını sağlamış, enerji çeşitliliğini artırmış ve yerli sanayiye destekleyerek sektörde önemli bir dönüşüme katkıda bulunmuştur (18.05.2005 tarihli ve 25819 sayılı Resmi Gazete).

5346 sayılı Kanun ile;

- Yenilenebilir enerji kaynakları tanımlanmış ve güneş, rüzgar, biyokütle (çöp gazı dahil), jeotermal, hidrolik, akıntı enerjisi, dalga ve gel-git gibi kaynaklar kapsam altına alınmıştır.

- Bu kaynakların elektrik üretiminde kullanımının yaygınlaştırılması ve teşvik edilmesi hedeflenmiştir.

Kısaca 5346 sayılı Kanun, Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik eden, çevre dostu enerji üretimini artırmayı hedefleyen ve bu alanda mali ve idari kolaylıklar sağlayan bir düzenlemedir. Kanun; yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik ve kaliteli bir şekilde kullanılmasını sağlamış, enerji çeşitliliğini arttırmış ve yerli sanayiye destekleyerek sektörde önemli bir dönüşüme katkıda bulunmuştur.

4.3.5. 6094 Sayılı Kanun

6094 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, 8 Ocak 2011 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu kanun, 5346 sayılı Kanuna çeşitli yenilikler ve düzenlemeler ekleyerek Türkiye'deki yenilenebilir enerji sektörünü desteklemeyi ve geliştirmeyi amaçlamıştır. 6094 sayılı Kanun ile birlikte;

- Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten tesisler için Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) kapsamında sabit fiyat garantileri düzenlenmiştir. Güneş ve biyokütle enerjisi için 13,3 cent/kWh, rüzgar ve hidroelektrik için 7,3 cent/kWh, jeotermal enerji için ise 10,5 cent/kWh sabit fiyat garantisi getirilmiştir.

- Yerli üretim ekipman kullanan tesisler için sabit fiyat garantisine ek olarak ilave teşvikler sağlanmıştır. Örneğin, güneş enerjisi ile ilgili olarak yerli üretim invertörler için 0,6 cent/kWh, rüzgar türbinlerindeki jeneratörler için 1,0 cent/kWh, jeotermal santrallerdeki buhar türbinleri için ise 1,3 cent/kWh ek ödeme yapılması öngörülmüştür.

- Orman ve hazine arazilerinde yenilenebilir enerji tesislerinin kurulumu için kira, izin, irtifak hakkı ve kullanım bedellerinde % 85 oranında indirim yapılmıştır.

- Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinin, ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektriği dağıtım şebekesine satabilmeleri sağlanmıştır. Bu düzenleme, yenilenebilir enerji üretim tesislerinin finansal sürdürülebilirliğini desteklemiştir.

- Yalnızca güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları değil, biyokütle (çöp gazı dahil) ve dalga enerjisi gibi diğer kaynaklar da teşvik kapsamına almıştır.

Özetle 6094 sayılı Kanun, Türkiye’de yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik etmek için kapsamlı düzenlemeler ve destekler getirmiştir. Sabit fiyat garantileri, yerli ekipman kullanımına yönelik ek teşvikler, arazi kullanımı ve izin ücretlerindeki indirimler gibi yenilikler; yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmayı ve enerji sektöründe yerli üretimi teşvik etmeyi amaçlamıştır. Bu kanun, özellikle finansal ve idari kolaylıklar sağlayarak enerji sektöründeki yatırımların hızlanmasına önemli bir katkı sağlamıştır.

4.3.6. 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu 30 Mart 2013 tarihli ve 28603 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 6446 sayılı Kanunla birlikte, lisans alma ve şirket kurma zorunluluğundan muaf tutulan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinin azami kurulu gücü 500 kW’tan 1 MW’a yükseltilmiş olup, Bakanlar Kurulu kararıyla rekabetin artırılması ve arz güvenliğinin sağlanması amacıyla, bu tür tesislerin kurulu gücünün 5 MW’a kadar arttırılabilmesi düzenlenmiştir.

Söz konusu Kanunla ayrıca,

- Elektrik sektöründe serbest piyasa koşullarını oluşturmak amacıyla piyasa yapısı yeniden düzenlenmiştir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için destek mekanizmaları güçlendirilmiştir.

Özetle 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, Türkiye’nin enerji sektöründe liberalizasyonunu hızlandırmış, özel sektör yatırımlarını teşvik etmiş ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmayı hedeflemiştir. Bu Kanunun yürürlüğe girmesi, elektrik piyasasının daha rekabetçi ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşması için kritik bir adım olmuştur.

4.3.7. Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği

ÇED Yönetmeliği, çevre üzerinde önemli etkisi olabilecek projelerin planlanması, uygulanması ve işletilmesi süreçlerinde çevresel etkilerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve önlenmesine yönelik bir düzenlemedir. ÇED Yönetmeliği, yenilenebilir enerji projeleri dahil tüm enerji projelerini kapsamaktadır. Güneş enerjisi santralleri (GES) için, kurulu gücü 10 MW ve üzeri olanlarda doğrudan ÇED Raporu hazırlanması gerekliken; kurulu

gücü 1 MW-10 MW arasındaki GES'ler, ÇED ön incelemesine tabi tutulmakta ve çevresel etkilerin boyutuna göre karar verilmektedir. Dolayısıyla bu sınıflandırma, proje büyüklüğüne göre çevresel etkilerin detaylı incelenmesine olanak sağlamaktadır.

4.4. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımını Teşvik Etmeye Yönelik Uygulanan Destek Mekanizmaları

Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik eden politikalar 2005 yılında başlatılmış olsa da, bu alana olan yönelim 2010 sonrası yapılan düzenlemelerle önemli ölçüde artmıştır. Yenilenebilir enerji yatırımlarına sağlanan teşviklerin en dikkat çekici olanları arasında lisanssız üretim imkanları, sabit fiyat garantisi ve mali kolaylıklar (örneğin, gümrük vergisi muafiyeti ve Katma Değer Vergisi (KDV) istisnası) bulunmaktadır (Yıldız, 2017).

4.4.1. Sabit Fiyat Garantisi

Türkiye'de, dünyadakine benzer şekilde en çok kullanılan destek mekanizmalarının başında sabit fiyat garantisi yer almaktadır. Bu destek mekanizması; gerçek ve tüzel kişilerin üretim tesislerinde ihtiyaçlarından fazla miktarda ürettikleri elektrik enerjisini elektrik dağıtım sistemine iletmeleri halinde Çizelge 4.1'de yer alan fiyatlardan 10 yıl süreyle faydalanmasını sağlarken, yerli katkı ilavelerinden ise 5 yıl süreyle yararlanmasını sağlamaktadır (Yıldız, 2017).

Çizelge 4.1. Yenilenebilir Enerji Kanunu Destekleme Mekanizması Uygulama Fiyatları ile Yerli Katkı Fiyatları ve Uygulama Süreleri (30 Nisan 2023 tarihli ve 7189 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı)

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi		YEK Destekleme Mekanizması Uygulama Fiyatı (Türk Lirası Kuruş/kWh)	YEK Destekleme Mekanizması Fiyatı Uygulama Süresi (yıl)	YEK Destekleme Mekanizması Taban Fiyatı (YEKDEMTaban) (ABD Doları-cent /kWh)	YEK Destekleme Mekanizması Tavan Fiyatı (YEKDEMTavan) (ABD Doları-cent /kWh)	Yerli Katkı Fiyatı (Türk Lirası Kuruş/kWh)	Yerli Katkı Fiyatı Uygulama Süresi (yıl)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	Rezervuarlı *	144,00	10	6,75	8,25	28,80	5
	Nehir tipi	135,00	10	6,30	7,70	28,80	5
b. Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	Karasal	106,00	10	4,95	6,05	28,80	5
	Deniz üstü	144,00	10	6,75	8,25	38,45	5
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi		202,00	15	9,45	11,55	28,80	5
ç. Büyükölçüye dayalı üretim tesisi	Çöp Gazı / Atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynaklar	106,00	10	4,95	6,05	28,80	5
	Biyometanizasyon	173,00	10	8,10	9,90	28,80	5
	Termal Bertaraf** (Belediye atıkları, bitkisel yağ atıkları, gıda ve yem değeri olmayan tarımsal atıklar, endüstriyel odun dışındaki orman ürünleri, sanayi atık çamurları ile arıtma çamurları)	134,90	10	5,75	8,00	21,58	5
d. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi		106,00	10	4,95	6,05	28,80	5
e. Rüzgar veya güneş enerjisine dayalı üretim tesisi ile bütünlüğe elektrik depolama tesisi ***		125,00	10	5,85	7,15	38,45	10
f. Pompaj depolamalı hidroelektrik üretim tesisi ****		202,00	15	9,45	11,55	38,45	10
g. Dalga veya akıntı enerjisine dayalı üretim tesisi		135,00	10	6,30	7,70	38,45	10

4.4.2. Lisanssız Üretim Hakkı

Lisanssız elektrik üretimi, sabit fiyat garantisi mekanizmasının ardından yatırımcıları yenilenebilir enerji sektörüne çekmek için kullanılan en önemli teşvik ve destek araçlarından biri haline gelmiştir. Lisans alma ve şirket kurma zorunluluğu olmaksızın yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı tesislerin kurulu gücü 500 kW'tan 1 MW'a yükseltilmiştir. Bunun yanı sıra; rekabeti arttırmak ve enerji arz güvenliğini sağlamak amacıyla, bu tesislerin kurulu gücünün Bakanlar Kurulu tarafından 5 MW'a kadar arttırılabilmesi kararlaştırılmıştır (Yıldız, 2017).

4.4.3. Yenilenebilir Enerji Yatırımlarını Özendirmeye Yönelik Diğer Teşvikler

Türkiye, stratejik konumu gereği Avrupa ve Asya arasında bir enerji köprüsü görevini üstlenmektedir. Bu nedenle, mevcut ekonomik büyümeyi sürdürebilmek ve sanayinin enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmek için önemli reformlar gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda Türkiye Vizyon 2023 hedefleri doğrultusunda 2013 yılında

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu yürürlüğe konulmuş ve yenilenebilir enerji yatırımlarının önü açılmıştır. Bu hedefler kapsamında, yerli enerji kaynaklarının teşvik edilmesi ve yenilenebilir enerjinin enerji üretimindeki payının % 30'a çıkarılması öngörülmüştür (IEA, 2016). Bu kanun dışında yukarıda bahsedilen diğer kanunlarla da yenilenebilir enerji alanında pek çok düzenleme ve teşvikler yürürlüğe konulmuştur.

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili teşvikler arasında KDV ve gümrük vergisi muafiyeti gibi mali kolaylıklar bulunmaktadır. Ayrıca, GES'lerin kurulacağı araziler için devlet teşvikleri sağlanmaktadır. Üretilen elektriğin her birim kWh'ı için devlet alım garantisi 0,133 dolar olarak belirlenmiştir (Sezal, 2017).

Sabit fiyat garantileri ve lisanssız üretim teşviklerinin ardından, 2012'de tanıtılan ve Haziran 2012'de yürürlüğe giren 3305 sayılı Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar ile yatırım teşvik programı uygulamaya konulmuştur. Bu program, dört başlık altında destek sağlamaktadır: Stratejik yatırımların teşviki, büyük ölçekli yatırımların teşviki, bölgesel yatırımların teşviki ve genel teşvik uygulamalarıdır (Yıldız, 2017).

Ek olarak, 24 Şubat 2022 tarihli ve 31760 sayılı Resmî Gazete ile yayımlanarak yürürlüğe giren 5209 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı ile tüketime yönelik yenilenebilir enerji santrallerinin daha fazla teşvik edilmesi sağlanmıştır. Bu Karara göre santral yatırımları 1., 2., 3. ve 4. bölgelerde ise 4. bölge teşvikleri ile, 5. ve 6. bölgelerde ise kendi bölgesel teşvikleri ile desteklenmeye başlanmıştır. Türkiye'de Ocak 2022 itibarıyla 7.881 MW kurulu güce sahip olan 8.482 güneş enerjisi santrali varken, bu teşvik sonrası Ağustos 2024 itibarıyla 18.435 MW kapasiteye sahip 29.000'i aşkın santrale ulaşılmıştır.

Bunların dışında Bölüm 4.5.3'te bahsedilecek olan araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri kapsamında da yenilenebilir enerji firmalarına yönelik teşvik ve destekler sunulmaktadır.

4.5. Güneş Enerjisi Stratejileri ve Hedefleri

4.5.1. On ikinci Kalkınma Planı

Türkiye'nin de taraf olduğu ve 22 Nisan 2016'da imzalanan Paris Anlaşması ile ülkeler, iklim değişikliğiyle mücadele için uzun vadeli net sıfır emisyon hedefleri belirlemiştir. Enerji sektörü, küresel sera gazı emisyonlarının büyük bölümünden sorumlu olduğu için bu alandaki dönüşüm kritik önem taşımaktadır.

Türkiye'nin 2024-2028 yıllarını kapsayan 12. Kalkınma Planı'nda, fosil yakıtların yerini yenilenebilir enerji kaynaklarının alması dönüşümün temelini oluştururken, 2025 yılı itibarıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel elektrik üretiminde kömürü geride bırakacağı öngörülmektedir. Ancak bu kaynakların kesintili yapısı, enerji şebekelerinin esnekliğini arttırmayı ve enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Planda, 2018-2022 yılları arasında yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payı % 32,4'ten % 42,4'e yükselirken, yerli kömürden üretimin % 16,5'ten % 15,7'ye gerilediği, ayrıca 5.850 MW kapasiteli yenilenebilir enerji projelerinin tamamlandığı belirtilmektedir. Ek olarak planda, geri dönüşüm tesislerinin yaygınlaştırılması ile kullanım ömrü dolmuş ekipmanların çevresel etkilerinin azaltılarak dögüsel ekonomiye geçişe katkı sağlayacağı yer almaktadır. Enerji arz güvenliğinin güçlendirilmesi, tedarik zincirlerinin çeşitlendirilmesi, meydana gelebilecek yeni sorunlara karşı dayanıklılığın artırılması, net sıfır emisyon hedeflerine ulaşılması gibi birçok konuda var olan küresel zorluk karşısında Ar-Ge ile yenilik faaliyetlerinin kritik önemde olduğu ayrıca vurgulanmakta olup güneş enerjisi alanında önemli hedefler ve stratejiler belirlenmiştir. Plan kapsamında, 2023 sonunda 11.350 MW olan güneş enerjisi kurulu gücünün 2028 yılında 30.000 MW'a çıkarılması hedeflenmektedir (On İkinci Kalkınma Planı, 2023).

4.5.2. Türkiye Ulusal Enerji Planı (TUEP)

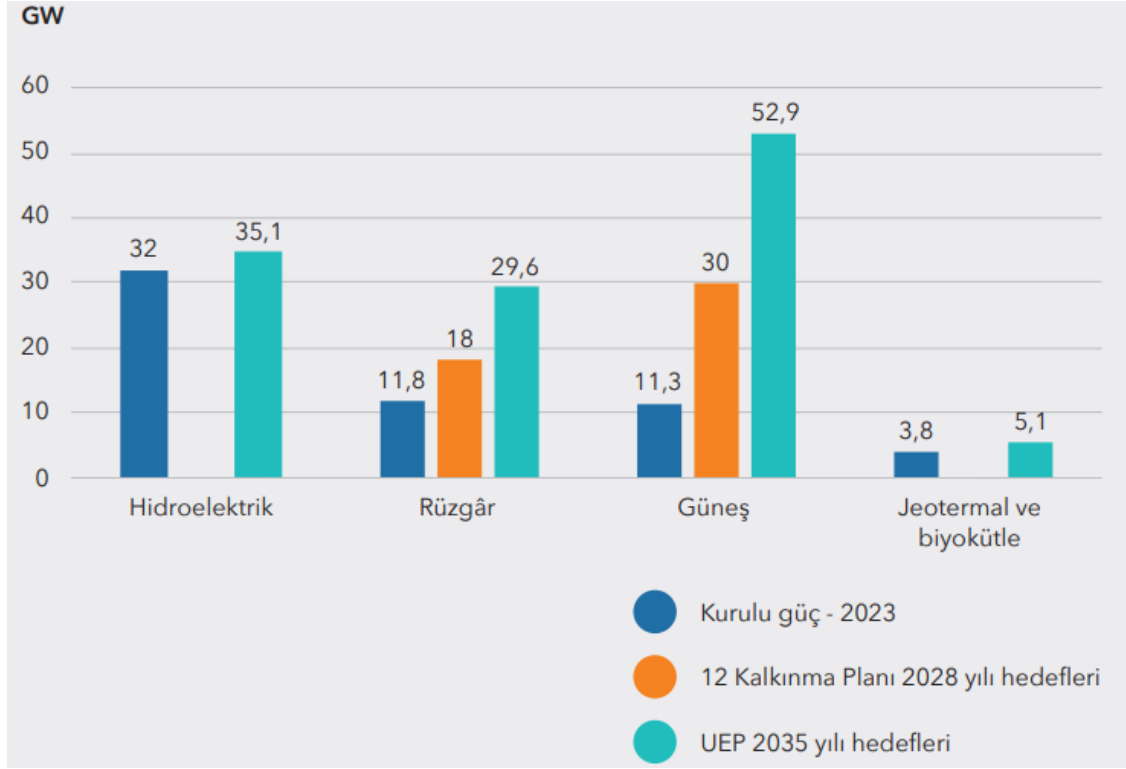
TUEP, yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması ve enerji sektöründe sürdürülebilir bir yapının oluşturulmasını amaçlamaktadır. Bu bağlamda güneş enerjisinin yeri, enerji sepetinde önemli bir pay alacak şekilde planlanmıştır. Plan, 2035 yılına kadar Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücünün önemli ölçüde artırılmasını hedeflemekte ve bu alanda ileriye dönük adımların atılmasını öngörmektedir.

TUEP'e göre 2020 yılında 6,7 GW olan güneş enerjisi kurulu gücünün, 2035 yılında 52,9 GW'a yükseltilmesi hedeflenmektedir. Bu, yaklaşık % 500'lük bir artışı ifade etmektedir.

Bu hedefe ulaşmak için, güneş enerjisi yatırımlarının teşvik edilmesi, yerli üretimin desteklenmesi ve bürokratik işlemlerin azaltılması gibi adımların atılması önem arz etmektedir. Ayrıca; enerji verimliliği stratejileri ve eylem planlarıyla uyumlu politikaların geliştirilmesi, güneş enerjisinin enerji sepetindeki payının artırılmasına katkı sağlayacaktır.

Güneş enerjisinin toplam elektrik üretimindeki payının artırılması, Türkiye'nin enerji arz güvenliğine ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasına katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımı ve ilgili altyapı yatırımlarının gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. TUEP, güneş enerjisinin enerji arz güvenliği, ekonomik kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlik açısından taşıdığı potansiyeli etkili bir şekilde değerlendirme yolunda önemli bir yol haritası sunmaktadır.

2022 yılında yayımlanan TUEP ve 2023 yılında yayımlanan 12. Kalkınma Planı'nda sıfır karbonlu ekonomiye geçiş çerçevesinde belirlenen kısa ve orta vadeli hedefler açıklanmıştır. TUEP çerçevesinde belirlenmiş hedeflere ulaşılabilmesi için 2035 yılına kadar her yıl ortalama yapılması gereken kurulum; hidroelektrik için 0,3 GW, rüzgar için (karasal + deniz üstü) 1,5 GW, güneş için 3,5 GW ve jeotermal ve biyokütle için 0,1 GW'tır (Şekil 4.8).



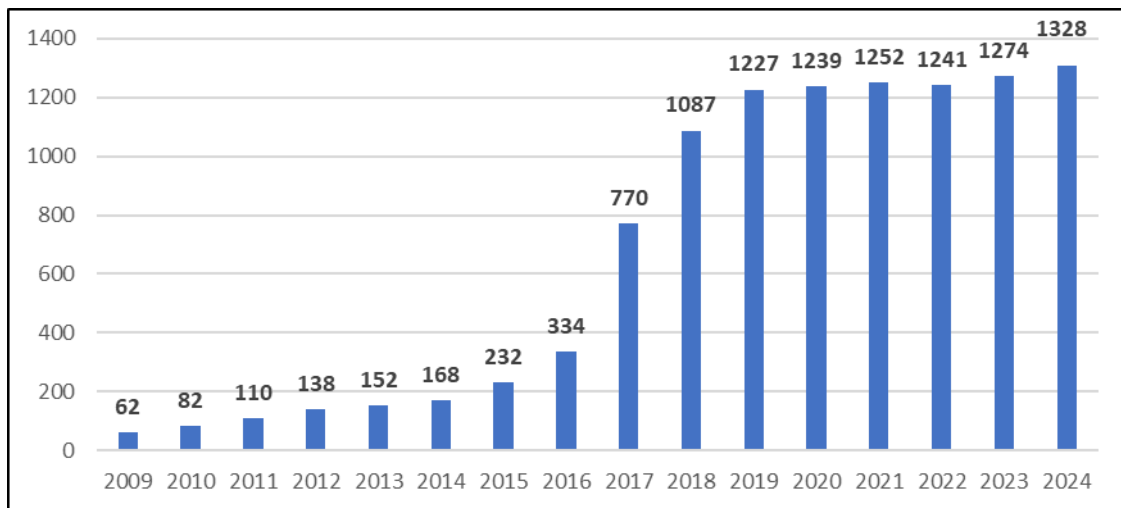
Şekil 4.8. On ikinci kalkınma planı ve ulusal enerji planında yer alan yenilenebilir enerji hedefleri (SHURA Enerji Dönüşüm Merkezi, 2023)

4.5.3. Ar-Ge Faaliyetlerinin Etkinliği

2008 yılında yürürlüğe giren 5746 sayılı Kanun kapsamında işletmelere Ar-Ge merkezi belgesi verilmekte olup 2016 yılında Ar-Ge Reform paketinin yürürlüğe girmesiyle de yine aynı Kanun kapsamında işletmelere Tasarım merkezi belgesi verilmektedir. Ar-Ge ve Tasarım Merkezi olan firmaların yaptıkları Ar-Ge ve tasarım harcamaları vergiden düşülmektedir. Ayrıca firmalar istihdam ettikleri personel için gelir vergisi stopajı, % 50 Sosyal Güvenlik Kurumu primi işveren hissesi desteği ve Ar-Ge personeli olarak desteklenecek programlardan (fizik, matematik, biyoloji, kimya, moleküler biyoloji ve genetik, vb.) mezun personel istihdamı yapılması durumunda hibe maaş desteğinden faydalandırılmaktadırlar. Buna ilave olarak, geliştirilen projeler kapsamında bu merkezler dışındaki çalışmalar ile doktora ve yüksek lisans eğitimi için dışarıda geçirilen süreler de gelir vergisi stopajı desteği kapsamına alınmıştır.

Tüm bunlara ilaveten kanun kapsamında her türlü Ar-Ge, yenilik ve tasarım faaliyetlerine yönelik düzenlenen kağıtlardan damga vergisi alınmamaktadır. Ayrıca Ar-Ge, yenilik ve tasarım projeleri ile ilgili araştırmalarda kullanılmak için ithal edilen eşya, gümrük vergisinden muaf tutulmakta, ek olarak bu kapsamda düzenlenen kağıtlar ve yapılan işlemler ise damga vergisi ve harçtan istisna tutulmaktadır. Ayrıca projeler kapsamında satın alınan makine teçhizat ve ekipmanlar için de KDV istisnası uygulanmaktadır.

Mevcut durum itibariyle Türkiye’de faaliyet gösteren 1.328 Ar-Ge Merkezinden doğrudan PV Güneş Teknolojileri üzerine çalışan az sayıda Ar-Ge Merkezi bulunmakta olup, bu alanda faaliyet gösteren Ar-Ge Merkezlerinin sayısının artmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Yıllara göre 5746 sayılı kanun kapsamındaki Ar-Ge merkezleri sayısı (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2024 a)

Türkiye’de güneş enerjisi sektörünün ilk gelişim aşamalarında, güneş paneli üretimi yoğun bir şekilde desteklenmiş ve arzu edilen üretim kapasitesine ulaşılmıştır. Bu aşamadan sonra Türkiye’nin, güneş enerjisi teknolojilerinde geriye entegrasyon sağlayarak rekabetçiliğini artırması ve arz güvenliğini güçlendirmesi stratejik hedefler arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda, katma değerli güneş hücresi üretiminin artırılmasına yönelik olarak, ingot dilimleme aşamasından veya öncesindeki süreçten başlayan bir üretim kapasitesi oluşturulmuştur. Şu ana kadar 6,45 GW/yıl kapasiteli dört farklı üreticinin

yatırımına STB tarafından destek verilmiş olup, bu tesislerin kısa sürede tam kapasiteyle faaliyete geçmesi beklenmektedir (STB, 2024 b).

Bunun yanı sıra, 2024 yılında STB tarafından High Tech Türkiye-30 (HIT-30) programı duyurulmuş olup, söz konusu program ile öncelikli teknoloji alanlarında yenilikçi ve özel nitelikli projelere kapsamlı destek ve teşvikler sunulmaktadır. Bu çerçevede, proje bazlı yatırım teşvikleri (istihdam destekleri, kurumlar vergisi indirimi, enerji desteği, faiz/kar payı desteği, diğer hibe destekleri ve vergi muafiyetleri), pazar geliştirme destekleri (kamu alım garantisi, gümrük vergisi muafiyeti ve ilgili mevzuatlardan muafiyetler), yatırım yeri tahsisi, finansman desteği ve yüksek düzeyde politika desteği sağlanması planlanmaktadır. HIT-30 programının ilk ve en kritik odak alanlarından biri ise güneş hücresi üretimi olmuştur (STB, 2024 c). Yurt içi ve yurt dışı yatırımcıların güneş hücresine olan ilgisi ile orta vadede katma değerli hücre üretim kapasitemizin 20 GW/yıl seviyesine ulaşabileceği tahmin edilmektedir (STB, 2024 b).

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çevre dostu ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan ve Türkiye'nin büyük potansiyeli olduğu güneş enerjisinin kullanımının yaygınlaştırılmasıyla ilgili çalışmalar yapılmakla birlikte, bu hedefin önünde bazı engeller söz konusudur:

5.1. Fiziki Sorunlar ve Arazi Tahsisi

Güneş enerjisi yatırımları kapsamında, seçilecek saha özellikleri oldukça önemli bir yere ve belli kriterlere sahiptir. Bu da GES'lerin kurulumunda uygun sahaların belirli ölçülerde kısıtlanmasına neden olmaktadır. Tercih edilecek alanların eğiminin % 5'i geçmemesi, çevresinde gölgeleme yaratabilecek herhangi bir yükseltinin bulunmaması, birinci derece fay hatları üzerinde yer almaması ve askeri bölge, sit alanı gibi yasal olarak koruma altındaki alanlara dahil olmaması gerekmektedir. Ayrıca, demiryolu ve karayolundan uzak bir mesafede bulunan, havaalanlarına en az 5 km, kıyı şeridinde ise en az 100 metre uzaklıkta olan ve maden arama sahalarıyla çakışmayan bölgeler öncelikli olarak tercih edilmelidir (World Energy Council, 2009).

Buna ek olarak, iklim ve hava koşulları da santrallerin verimliliği üzerinde doğrudan etkilidir. GES için açık bir gökyüzü, düşük sıcaklık, orta şiddette rüzgar ve temiz bir çevre önemli kriterlerdir. Bunun yanı sıra, seçilecek alanların kar ve dolu gibi şiddetli yağışlara maruz kalmaması da gereklidir (Akkuş, 2010).

Diğer taraftan, GES yatırımlarında; arazi yapısı, arazinin kullanım ve mülkiyet durumu ile arazi fiyatları gibi faktörler, yatırım öncesi dikkat edilmesi gereken konular arasında yer almaktadır (Şenlik, 2017).

5.2. Çevresel Tartışmalar

Güneş enerjisiyle ilgili çevresel boyutlar üzerine yapılan tartışmaların odağında çeşitli faktörler yer almaktadır. Bunlar; yersel kurulumlar için geniş arazilere ihtiyaç duyulması, bu alanlarda yaşayan canlıların olumsuz etkilenme olasılığı, karayollarına yakın bölgelerde ışık yansımaları nedeniyle trafik güvenliğinin tehlikeye girmesi ve güneş

kollektörlerinin üretim ve bertaraf süreçlerinde ortaya çıkabilecek zararlı materyallerdir (Miller ve Gage, 2011).

PV sistemlerin verimliliklerinin arttırılması durumunda, birim enerji üretimi için ihtiyaç duyulan arazi miktarının düşürülebileceği öngörülmektedir. Aynı zamanda, çatı sistemlerinin yaygınlaştırılması, enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesi ve bu çözümlerin inşaat sektörüyle entegre edilmesi sayesinde yersel sistem kurulumlarının azalacağı ifade edilmektedir (Miller ve Gage, 2011).

PV sistemlere ilişkin bir diğer önemli endişe, üretim sürecinde ve PV hücrelerin imalatında kullanılan yarı iletkenlerin insan sağlığı ve çevre üzerinde oluşturabileceği potansiyel tehditlerdir. Örneğin, kadmiyum tellür gibi bileşenlerin kullanımı ve madencilik faaliyetleriyle artan kadmiyum emisyonları, dikkatle ele alınması gereken konular arasındadır. Ayrıca; arsenik bileşikleri, karbon tetraklorit, hidrojen florür, hidrojen sülfür, kurşun ve selenyum gibi diğer zararlı materyaller de PV hücre ve modül üretiminde kullanılan maddeler arasında yer almaktadır. Bu bileşenlerin yangın gibi durumlarda serbest kalabileceğini öne sürülmektedir. Bu nedenle, PV modüllerin üretimi, kullanımı ve bertaraf süreçleri uzmanlık gerektiren bir alan olarak değerlendirilmelidir. Ömrünü tamamlamış PV modüllerin, çevresel etkilerini en aza indirecek şekilde, uygun teknolojik ve ekolojik geri dönüşüm yöntemleriyle bertaraf edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Miller ve Gage, 2011).

GES'lerin kurulumu için dikkate alınması gereken bir dizi kriter bulunmaktadır. Bu bağlamda, yalnızca güneş ışığına erişim ve düz ya da düze yakın bir arazinin varlığı GES kurulumu için enerji potansiyeli sağlamakla birlikte yeterli değildir. Bu kriterler detaylı olarak aşağıdaki şekilde açıklanabilir (Gül vd., 2017; Kum vd., 2019; Şenlik, 2017, Oral, 2020):

- Sıcaklık, güneşlenme süresi ve radyasyon: Panellerin verimli çalışabilmesi için ideal sıcaklık ortalamasının yaklaşık 25 °C seviyesinde olması ve uygun ışınım yoğunluğuna sahip bir alan seçilmesi gereklidir. Buradaki sıcaklık değeri, hava sıcaklığının yanı sıra panellerin aşırı ısınması sonucu meydana gelebilecek verim kaybını da ifade etmektedir.

- Arazi kullanım durumu: Tarım potansiyeli yüksek olan I., II. ve III. sınıf tarım arazileri, mutlak tarım alanları, özel ürün ekimi yapılan alanlar, yerleşim bölgeleri,

ormanlık alanlar ve sulak alanlar gibi yerler, ilgili mevzuat kapsamında GES kurulumuna uygun görülmemektedir.

- Eğim ve bakı: Topografik açıdan düz ya da düze yakın araziler, ve güneşi diğer yönlere göre daha fazla alabilecek eğime sahip sahalar, GES kurulumuna en uygun alanlardır.
- Ulaşım hatlarına olan mesafe: GES ekipmanlarının taşınması için karayolu ya da demiryolu gibi ulaşım ağlarına yakınlık önemlidir. Bu nedenle, ulaşım altyapısına erişim kolaylığı, yer seçiminde belirleyici bir faktördür.
- Korunan alanlara uzaklık: Milli parklar, doğa koruma alanları ve kuş göç yolları gibi çevresel olarak hassas bölgelerden en az 3 ila 30 km uzaklıkta olan alanlar tercih edilmelidir.
- Jeolojik yapı: Deprem, heyelan ya da kaya düşmesi gibi doğal afet risklerinin bulunduğu bölgeler, GES kurulumu için uygun alanlar arasında yer almamaktadır.
- Zemin yapısı ve diğer özellikler: Yeraltı su seviyesi, zemin mukavemeti, toprak direnci gibi faktörler, GES sahasının seçimi açısından kritik öneme sahiptir ve bu unsurların uygun olması gerekmektedir.

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin yoğun olduğu Konya ve çevresi güneş enerjisi teknolojilerin bölgesel ölçekte yaygınlaşmasına elverişli bir zemin sunmaktadır. (Erdil, 2015).

5.3. Teknolojik Sorunlar

Türkiye'de güneş enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılmasının önündeki en büyük engellerden biri teknolojik eksikliklerdir (Yeşil, 2017).

5.3.1. Enerji Depolama Yetersizliği

Güneş enerjisinin saat, gün, ay ve mevsim gibi doğal döngülere bağlı olarak kesintili bir yapıya sahip olması, elektrik enerjisinin depolanmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu bağlamda, enerji depolama teknolojilerindeki eksiklikler, güneş enerjisinin daha verimli ve sürekli kullanılabilir hale getirilmesi konusunda önemli bir

problem oluşturmaktadır (Akkuş, 2010) ve bu alanda halen ciddi teknik zorluklar bulunmaktadır (Çukurçayır ve Sağır, 2008).

5.3.2. Şebeke Entegrasyonu ve Süreksizlik Sorunu

Güneş gibi sürekliliği olmayan enerji kaynaklarının şebeke entegrasyonu, çözüme ihtiyaç duyulan önemli bir sorundur. Bu nedenle, artan yenilenebilir enerji üretiminin elektrik şebekesine entegrasyonuna dikkat edilmesi gerekmektedir (Delihanlar vd., 2020). Güneş enerji sistemlerinin kurulumu sırasında elektrik şebekelerine ve iletim hatlarına olan yakınlık, maliyetler üzerinde belirleyici bir faktördür. Bu nedenle santrallerin ulusal şebekeye yakın bir konumda kurulması, maliyeti azaltacak en önemli yaklaşımlardan biridir.

Sonuç olarak, enerji depolama ve şebeke entegrasyonu alanlarında yapılacak yenilikler, güneş enerjisinin daha sürdürülebilir ve etkin bir şekilde kullanılmasına katkı sağlayabilir. Bu tür altyapı yatırımlarının devlet tarafından desteklenmesi, yatırımcıların ilgisini artıracak bir unsurdur (Akkuş, 2010).

5.4. Ekonomik Sorunlar

5.4.1. Yüksek Yatırım Maliyetleri

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin maliyet açısından değerlendirilmesi, özellikle özel sektör dışındaki kuruluş temsilcileri tarafından dikkatle ele alınmaktadır. Bu temsilciler, yenilenebilir enerji teknolojilerinin hala gelişmekte olması nedeniyle ekipman maliyetlerinin yüksek olduğunu ve tüm yatırımın başlangıçta tek seferde yapılmasının, yatırımın geri dönüş süresini uzatan bir etken olduğunu belirtmektedirler. Bu yüksek başlangıç yatırım maliyetleri, güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu için en önemli ekonomik engellerden biri olarak öne çıkmaktadır.

Günümüzde güneş enerjisinden, büyük oranda güneş pilleri aracılığıyla faydalanılmaktadır. Dolayısıyla güneş enerjisi teknolojisi büyük ölçüde PV sistemlerle eş anlamlı hale gelmiştir (Uzunoğlu vd., 2001). Ancak, bu alanda karşılaşılan temel

sorunlardan biri güneş pillerinin yüksek maliyetidir. Güneş pili üreticilerinin öncelikli hedefi, maliyeti 50 cent seviyesine kadar düşürmektir. Bu hedefe ulaşılması durumunda, güneş enerjisi teknolojileri, elektrik ve doğalgaz sektörleriyle rekabet edebilir bir düzeye gelecektir. Güneş pili maliyetlerinin azalması, bireylerin kendi enerjilerini üretme olanağını artırarak enerji kavramına yeni bir boyut kazandırabilir. Bu hedefe ulaşılabilmesi, "mevcut teknoloji düzenini dönüştüren bir yenilik" olacaktır (Parfit, 2005).

5.4.2. Finansman ve Teşvik İhtiyacı

PV enerji üretimi, diğer enerji kaynaklarına kıyasla ekonomik olarak henüz tam anlamıyla rekabetçi değildir. Ancak yapılan araştırmalar ve teknolojik gelişmeler, maliyetlerin zamanla düşürülmesine katkı sağlamıştır. Bu alandaki öncü ülkeler arasında yer alan ABD, Almanya ve Japonya, her yıl yaklaşık bir milyar dolarlık yatırım yaparak PV teknolojilere yönelik araştırma ve geliştirme çalışmalarını desteklemektedir. Türkiye’de konuyla ilgili olarak daha önceki yıllara kıyasla yatırım ve destekler artmış olmakla birlikte, sektörün gelişimi açısından daha fazla desteğe ihtiyaç duyulmaktadır.

5.5. İdari ve Hukuki Engeller

Yatırımcıların yenilenebilir enerji projelerine yönelmelerindeki en büyük engellerden biri, bürokratik işlemlerden kaynaklanan zorluklardır. Lisans alma ve tesis kurma sürecinde bir girişimcinin birçok kurumdan belge temin etmesi ve bu kurumların talep ettiği şartları yerine getirmesi gerekmektedir. Bu durum, süreçlerin karmaşıklaşmasına ve yatırımcılar için ciddi bir zaman kaybına neden olmaktadır (Kayışoğlu ve Diken, 2019).

Hali hazırda var olan GES’lerin büyük çoğunluğu, lisanssız olarak kurulmuştur. Türkiye’de lisanslı GES’lerin toplam kurulu güç içindeki payı yalnızca % 0,21 olup, lisanslı GES’lerin toplam GES kapasitesi içindeki oranı ise % 3 (174 MW) düzeyindedir (TEİAŞ, 2019; EPDK, 2020). Lisanssız GES’lerin tercih edilmesinin temel nedenleri arasında prosedürlerin daha kısa sürmesi ve şirket kurma zorunluluğunun olmaması gibi avantajlar yer almaktadır. Bu faktörler, yatırım süreçlerinin daha hızlı gerçekleşmesini sağlamaktadır (Oral, 2020).

5.6. Eğitim ve Farkındalık Eksikliği

Teknik bilgi eksikliği, yenilenebilir enerji yatırımlarında yanlış yönlendirmelere ve bu enerji teknolojileriyle elektrik üretiminin tüm ayrıntılarının tam anlamıyla kavranamamasına neden olmaktadır. Bu durum; yenilenebilir enerji kaynağına özgü kesintili ve stabil olmayan elektrik üretim özelliklerinin göz ardı edilmesinin yanı sıra ekipman tedarikinden kurulum süreçlerine, üretimden son kullanıcıya enerji aktarımına kadar tüm aşamaların yeterince anlaşılabilmesi gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu tür olumsuz deneyimler, yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygınlaşmasını önemli ölçüde engellemektedir.

Kurumsal faktörler açısından değerlendirildiğinde, özellikle derneklerin yürüttüğü lobi faaliyetleri, sektörün büyümesini destekleyen önemli bir unsurdur. Bu tür lobi faaliyetleri, paydaşların bir araya gelerek ortak bir akıl oluşturmasına olanak sağladığından, sektörün sağlam temeller üzerinde gelişmesine katkıda bulunmaktadır. Sektörün büyümesi ile lobi faaliyetleri arasındaki ilişki çift yönlüdür; sektör geliştikçe lobi faaliyetleri artarken, lobi faaliyetlerinin artması da sektörel gelişimi hızlandırmaktadır. Ancak bu süreç, bireysel hareketlerden ziyade toplumsal bir yaklaşımla desteklenmelidir. Öte yandan, kurumsal faktörler arasında yenilenebilir enerji teknolojilerinin yayılmasını engelleyen en önemli unsur, kurumlar arası koordinasyon eksikliğidir (Erdil, 2015).

Komşu etkisi, yenilenebilir enerji kurulumunda deneyim sahibi kişi veya kuruluşların tecrübelerinin örnek alınması olarak tanımlanabilir ve hem olumlu hem de olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Ancak, olumlu deneyimlerin etkisi, bu teknolojilerin benimsenmesini ve yaygınlaşmasını da teşvik edecektir. Bununla birlikte, yatırım süreçlerinde belirsizliğe yol açan faktörler, yenilenebilir enerji teknolojilerinin yayılmasını olumsuz yönde etkilemektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji, dünya genelinde ekonomik kalkınmanın en temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmekte ve sürdürülebilir büyüme için hayati önem taşımaktadır. Fosil yakıt rezervlerinin azalması ve bu kaynakların insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri, ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye teşvik etmektedir. Fosil yakıt kullanımına getirilen kısıtlamalar ve yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi, hem çevresel sürdürülebilirliği sağlamak hem de enerji arz güvenliğini arttırmak adına önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Türkiye, sahip olduğu çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları ile bu alanda büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak, mevcut enerji potansiyelini yeterince değerlendirememesi ve enerji ihtiyacını büyük ölçüde dış kaynaklardan karşılaması, enerji bağımlılığı sorununu beraberinde getirmekte ve ekonomik performansı olumsuz yönde etkilemektedir.

Enerji fiyatlarının yüksekliği ve sanayide enerji kullanımına ilişkin maliyetlerin rekabet gücünü düşürmesi, Türkiye'nin yenilenebilir enerji yatırımlarına daha fazla odaklanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, 2005 yılında yürürlüğe giren 5346 sayılı Kanunu ve bu çerçevede oluşturulan YEKDEM, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payını artırmak adına önemli bir dönüm noktası olmuştur. Güneş enerjisi, Türkiye'nin yenilenebilir enerji portföyünde stratejik bir öneme sahiptir ve bu potansiyelin etkin kullanımı, yerli ve milli imkanların geliştirilmesi ile mümkün olacaktır. Bununla birlikte, güneş enerjisi yatırımları önünde, yukarıda da bahsedildiği gibi çeşitli yapısal sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunların çözümüne yönelik aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

1. Altyapı ve Teknolojik Gelişim: Güneş enerjisi sistemlerinin şebekeye entegrasyonu için gerekli altyapı yatırımları hızlandırılmalıdır. Yeni trafo merkezleri ve iletim hatları inşa edilerek enerji iletim kapasitesi artırılmalıdır. Ayrıca, enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesi ve maliyetlerinin düşürülmesi sağlanmalıdır.

2. Yerli Üretim ve Ar-Ge: PV sistemlerin kurulumu için gerekli ekipman ve yazılımların yerli üretimi teşvik edilmeli, üniversite-kamu-özel sektör işbirliği ile Ar-Ge faaliyetleri artırılmalıdır. Bu, yatırım maliyetlerini azaltarak dışa bağımlılığı azaltacaktır.

3. Bürokratik Süreçlerin Sadeleştirilmesi: Lisanslama, arazi tahsisi ve diğer idari işlemlerdeki bürokratik süreçler sadeleştirilerek yatırım süreçlerindeki bürokratik engeller kaldırılmalıdır. Bu sayede, yatırımların hızlı bir şekilde gerçekleşmesi sağlanacaktır.

4. Finansman ve Teşvik Mekanizmaları: Yenilikçi finansman modelleri oluşturularak, küçük ölçekli bireysel uygulamalardan büyük ölçekli projelere kadar her seviyede projeye destek sağlanmalıdır. Devlet teşvikleri, ekonomik sürdürülebilirlik temelinde yapılandırılmalıdır.

5. Farkındalık ve Eğitim: Yenilenebilir enerjiye ilişkin kamuoyunda farkındalık artırılmalı, sektöre yönelik teknik bilgi eksikliği giderilmelidir. Bu kapsamda, eğitim programları ve tanıtım çalışmaları genişletilmelidir.

6. Çevresel Sürdürülebilirlik: Güneş enerjisi yatırımları, çevresel etkiler göz önünde bulundurularak planlanmalıdır. Kullanılan malzemelerin geri dönüşüm süreçleri etkin bir şekilde yönetilmeli, çevre dostu uygulamalar teşvik edilmelidir.

7. Yerel Potansiyelin Değerlendirilmesi: Türkiye'nin farklı bölgelerinde mevcut güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi için bölgesel destek mekanizmaları geliştirilmelidir. Özellikle Konya Ovası gibi yüksek güneşlenme potansiyeline sahip alanlar yatırım ve teşvik için önceliklendirilebilecek alanlar arasındadır.

8. Sektörler Arası Koordinasyon: Yenilenebilir enerji yatırımlarının planlama, uygulama ve izleme süreçlerinde kurumlar arası iletişim ve iş birliği artırılmalıdır. Bu bağlamda, yatırımların daha etkin bir şekilde yürütülmesi için merkezi bir koordinasyon birimi oluşturulmalıdır.

Yukarıdaki önerilerin hayata geçirilmesi, Türkiye'nin enerji üretiminde güneş enerjisinin payını artıracak, ülkenin enerji bağımlılığını azaltarak ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır. Bu süreç, Türkiye'nin yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşması ve bölgesel enerji pazarında daha güçlü bir konuma gelmesi açısından da kritik bir öneme sahiptir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Adaçay, F. (2014), *Türkiye İçin Enerji ve Kalkınmada Perspektifler*, Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt: 6 Sayı: 2, 87 – 103. Erişim: (<https://aksarayibd.aksaray.edu.tr/tr/pub/issue/22547/240967>), Erişim Tarihi: 16.11.2024
- Altaş, İ. H. (1998), *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye'deki Potansiyel*, Sayı 45, 58-63, Erişim: https://www.ihaltas.com/downloads/publications/3e_98_02_PV_01.pdf, Erişim Tarihi: 15.11.2024
- Akkuş, M. S. (2010). *Türkiye'nin Enerji Kaynakları Ve Alternatif Bir Kaynak Olarak Rüzgâr Ve Güneş Enerjisinin Değerlendirilmesi*, [Yüksek Lisans Tezi Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü]. Selçuk Üniversitesi. <https://acikerisim.selcuk.edu.tr/items/55eef249-d720-4463-9191-5c571531b37d>
- Akova, İsmet. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. 1.Baskı. Ankara: Nobel Basımevi.
- Anadolu Ajansı, (2022). Türkiye'nin yıllara göre nüfus artışı ve nüfus artış hızı. Erişim: (<https://www.aa.com.tr/tr/info/infografik/31352>), Erişim Tarihi: 16.11.2024
- Aras, B. (2022). *Türkiye'de Kentleşme Ve Sanayileşmenin Çevre Ve Sağlık Üzerindeki Etkileri: Ekonometrik Bir Analiz*, [Yüksek Lisans Tezi Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi. <http://adudspace.adu.edu.tr:8080/jspui/bitstream/11607/4732/1/B%C3%BCnyamin%20Aras.pdf>
- Avrupa Birliği Bakanlığı, (2014). *Avrupa Birliği Sürecinde Enerji Fırlı*, Erişim: (<https://www.ab.gov.tr/files/sepb/yayinlarveraporlar/enerjikitap.pdf>), Erişim Tarihi: 03.10.2024
- Bekar, N. (2020). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye'nin Enerji Jeopolitiği*, Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi, Sayı:1, 37-54, Erişim: (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tsbder/issue/53350/709200>), Erişim Tarihi:10.11.2024
- Boltürk, E. (2013). *Elektrik Talebi Tahmininde Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması*, [Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. İstanbul Teknik Üniversitesi. <https://polen.itu.edu.tr/items/c87767a9-01b6-407b-8c02-f1a01f041cdd>
- Country Economy, (2023). Comparison: Electricity consumption, Erişim: (<https://countryeconomy.com/energy-and-environment/electricity-consumption>), Erişim Tarihi: 10.11.2024

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (a), (2024). Sektörlere Göre Toplam Enerji Tüketimi. Erişim:(<https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sektorlere-gore-toplam-enerji-tuketimi-i-85800>), Erişim Tarihi: 26.11.2024
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (b), (2024). Sektörlere Göre Nihai Enerji Tüketimi. Erişim: (<https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sektorlere-gore-nihai-enerji-tuketimi-i-85804>), Erişim Tarihi: 26.11.2024
- Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği, Resmi Gazete, Sayı: 31907, 27.07.2022
- Çukurçayır, M.A., Sağır, H. (2008). *Enerji Sorunu, Çevre Ve Alternatif Enerji Kaynakları*, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı: 20, 257 - 278, Erişim: (<https://dergipark.org.tr/pub/susbed/issue/61796/924262>), Erişim Tarihi: 12.11.2024
- Delihasanlar, E., Yaylacı, E. K., Dalcalı, A. (2019). *Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli, Mevcut Durumu, Teşvikleri, Kurulum Maliyeti Analizi-Karabük İli Örneği*, Electronic Letters on Science & Engineering, Volume: 15 Issue: 1, 12 – 20, Erişim: (<https://dergipark.org.tr/en/pub/else/issue/47861/590789>), Erişim Tarihi: 04.10.2024
- Dinçer, İ., Alma, M. H., Arcaklıoğlu, E., Bayazıtıoğlu, Y., Hepbaşlı, A., Kakaç, S., Kaygusuz, K., Midilli, A., Sarı, A., Sarıçiftçi, N. S., Şahin, B., Turan, R. (2018). *Tüba-Güneş Enerjisi Teknolojileri Raporu*, Erişim: (<https://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/T%C3%9CBA-G%C3%BCne%C5%9F%20Enerjisi%20Teknolojileri%20Raporu.pdf>), Erişim Tarihi: 18.10.2024
- Doğan, E. (2014). *Türkiye'de Cari Açık Sorunun Yapısal Nedenleri ve Ekonomik Etkileri*. [Yüksek Lisans Tezi Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=hrIUWkOTCY8BKqj5QMnNyQ&no=xMKRNTzj8R0lCn5DFA_Weg
- Doğan, M. (2001). *Sanayileşme ve Çevre Sorunları*, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu TMMOB, s.245-251.
- Elektrik Piyasası Kanunu, Kanun No: 6446, Resmi Gazete, Sayı: 28603, 30.03.2013.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (a), (2024). Bilgi Merkezi – Elektrik. Erişim: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik#:~:text=2023%20y%C4%B1l%C4%B1nda%20elektrik%20%C3%BCreti%20mimizin%20%36,si%20di%C4%9Fer%20kaynaklardan%20elde%20edilmi%C5%9Ftir>. Erişim Tarihi: 22.11.2024

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (b), (2024). Bilgi Merkezi – Güneş. Erişim: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> Erişim Tarihi: 13.11.2024
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, (2024). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. Erişim: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>, Erişim tarihi: 02.12.2024
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), (2020). *Elektrik Piyasası Sektör Raporu*. Ankara: EPDK Yayını.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun Teşkilat Ve Görevleri Hakkında Kanun, Kanun No: 4628, Resmi Gazete, Sayı: 24335, 03.03.2001
- Erdil, E. (2015). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Elektrik Üretimi Piyasasının Oluşumu: Rüzgar ve Güneş Enerjisi Bağlamında Türkiye Örneği*, TÜBİTAK tarafından desteklenen 114K070 numaralı proje kapsamındaki araştırma raporu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, s126. Erişim: <https://open.metu.edu.tr/handle/11511/49849>, Erişim Tarihi: 01.11.2024
- Erkınay P.U., (2012), *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgar Enerjisinin Türkiye’de Binalarda Kullanımı Üzerine Bir İnceleme*, [Yüksek Lisans Tezi Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=H6SOiQrxqrGHJvPXZoLVGw&no=rHx61LpiqkIsW4T_ZYG7mA
- Eskin, N. (2006), *Türkiye’de Güneş Enerjisi Araştırma ve Geliştirme*, Tesisat Mühendisliği Dergisi Sayı: 91, s. 74-82, Erişim: https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/e230522657ecdc5_ek.pdf, Erişim Tarihi: 01.11.2024
- Gül, A., Karakoç, A. & Rehimbeyli, S. (2017) *Mekânsal Planlama Alan Kullanım Kararlarında Güneş Enerji Santrallerinin Yer Seçimi Kriterleri*. 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES) Kongresi Bildiriler Kitabı (s.895-904)
- Gülay, A. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği ve Avrupa Birliği ile Karşılaştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü]. ProQuest. <https://www.proquest.com/docview/2957139803?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Dissertations%20&%20These>

KAYNAKLAR DİZİNİ

- International Energy Agency, (2016). *Energy Policies of IEA Countries, Turkey*, Erişim: <https://www.iea.org/reports/energy-policies-of-iea-countries-turkey-2016-review>, Erişim Tarihi: 06.11.2024
- Kahraman D., (2010). *Güneş Enerjisi Kaynaklı Elektrik Üretiminin Teknik - Ekonomik Analizi ve Yöresel Uygulaması*, [Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurumu. <https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/388268/yokAcikBilim388609.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- Kahraman, G. (2019). *Türkiye’de Kentleşmenin Enerji Tüketimi ve Karbon Salınımı Üzerine Etkisi*. Cilt: 9 Sayı: 3, 1559 – 1566, <https://doi.org/10.21597/jist.548294>
- Kaplan, E., (2004). *Tekstil sektöründe maliyet unsurları-enerji maliyetlerinin genel değerlendirilmesi*, [Yüksek Lisans Tezi Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id= 5tnFnFlXxHfEvk5ffBaKA&no=GxkFTOYIBveFj2t_HsTeHQ
- Kavak, K. (2005), *Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*, Uzmanlık Tezi, Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Yayın No: DPT/2689
- Kayısoğlu, B., Diken, B. (2019). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kullanımının Mevcut Durumu ve Sorunları*. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, Cilt: 15 Sayı: 2, 61 - 65, Erişim: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tarmak/issue/52226/682863>, Erişim Tarihi: 22.11.2024
- Koç, E., Şenel, M. C. (2013). *Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme*, Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt:54, Sayı:639, ss:32-44. Erişim: (https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/a8c16d2696b35f9_ek.pdf), Erişim Tarihi:18.08.2024
- Kum, G., Sönmez, M.E. & Karabaş, M. (2019). *Gaziantep İlinde Güneş Enerjisi Potansiyelinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi (AHP) İle Belirlenmesi*. Coğrafya Dergisi, 39, 61-72
- Kurt, I. H. (2021). *Türkiye’nin Enerji Arz Güvenliğinin Siyaseti Ve Yenilenebilir Enerjinin Rolü*, [Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü]. ProQuest.<https://www.proquest.com/docview/2616967088?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Dissertations%20&%20These>
[s](https://www.proquest.com/docview/2616967088?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Dissertations%20&%20These)

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Küçükaksoy, İ., (2006), *Türkiye'nin Enerji Politikası ve Enerjide Özelleştirme Üzerine Bir İnceleme: Tüpraş Örneği*, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11 (2),361-378. Erişim: (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/sduiibfd/issue/20838/223326>) Erişim Tarihi: 18.10.2024
- Miller, C. A. Gage, C. L. (2011). "Potential Adverse Environmental Impacts of Greenhouse Gas Mitigation Strategies", F.T. Princiotta (ed.), *Global Climate Change-The Technology Challenge*, Advances in Global Change Research 38, DOI 10, 1007/978-90-481- 3153-2_12, Springer, pp.377- 415
- On İkinci Kalınma Planı, (2023). Resmi Gazete, Sayı: 32356, 01.11.2024
- Oral, M. (2020). *Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Ve Pv Uygulamalarının Yerel Ölçekte Değerlendirilmesi: Karabük İli Örneği*. International Journal of Geography and Geography Education, Sayı: 42, 482 – 503, <https://doi.org/10.32003/igge.743513>
- Parfit, Michael. (2005). "Alternatif Enerji", National Geographic, Ağustos- 2005, ss.76-106
- Sağlam, Ş. (2000). *Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Kullanım Alalarının İncelenmesi*, [Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. ProQuest. <https://www.proquest.com/docview/2583080248?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB), (2024 a). *İstatistik Bilgiler*. Erişim: <https://www.sanayi.gov.tr/istatistikler/istatistik-bilgiler>, Erişim Tarihi: 22.11.2024
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB), (2024 b). *Ges Teşviklerinde Yerlilik Oranı Artırıldı*. Erişim: <https://www.sanayi.gov.tr/medya/haber/ges-tesviklerinde-yerlilik-orani-artirildi>, Erişim Tarihi: 12.11.2024
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB), (2024 c). *High Tech Türkiye-30 (HIT-30)*. Erişim: <https://hit30.sanayi.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 20.11.2024
- Saner, H. S. (2015). *Türkiye'de Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi Ve Çevresel Etkileri: Karapınar Ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri Örneklerinin Değerlendirilmesi*, [Yüksek Lisans Tezi Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü]. Ankara Üniversitesi Akademik Arşiv Sistemi. <https://dspace.ankara.edu.tr/items/40135ad7-279e-4f4a-be42-cb1bccfd96b4>
- Sarıbaş, E. (2015). *Türkiye'deki enerji kaynakları ve izlenen enerji politikaları*. [Yüksek Lisans Tezi Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurumu. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/670125>

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Sezal, L. (2017), *Evaluation of the Solar Energy Investments in Turkey from Behavioral Finance*, The Journal of International Social Research, 10(51), 1117–1125
- Shura, (2023). *Türkiye Enerji Dönüşümü Görünümü 2023*, Erişim: (<https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2024/04/ozet.pdf>), Erişim Tarihi: 02.11.2024
- Statista Research Department. (2024). Net electricity consumption worldwide in select years from 1980 to 2022. <https://www.statista.com/statistics/280704/world-power-consumption/>, Erişim: 20.11.2024
- Şenel, M. C., (2012). *Rüzgar Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları-Dinamik Davranış*. [Yüksek Lisans Tezi Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=F6dNf5DXU2ZeYGNMbiX YXA&no=gpNn-oaKAJrnM1nuOO_sgA
- Şenlik, İ. (2017). *Güneş Enerji Santrallerinin Yer Seçimi*. Elektrik Mühendisliği Dergisi, 462, 94-98
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) (a), (2023). Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri. Erişim: (<https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>). Erişim Tarihi: 17.10.2024
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) (b), (2023). *Türkiye Brüt Elektrik Üretiminin Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Aylık Dağılımı*. Erişim: (<https://www.teias.gov.tr/tr-TR/aylik-elektrik-uretim-tuketim-raporlari>), Erişim Tarihi:24.11.2024
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2024). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları 2023. Erişim: (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2023-49684>). Erişim Tarihi: 18.11.2024
- Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, (2021). *Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı 2021 yılı Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu*. Erişim: (<https://www.tpao.gov.tr/file/2206/2021-petrol-ve-dogal-gaz-sektor-raporu-861629db02eb5624.pdf>), Erişim Tarihi: 13.10.2024
- Türkiye Ulusal Enerji Planı (TUEP), (2022). Erişim: (https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye_Ulusal_Enerji_Plan%C4%B1.pdf), Erişim Tarihi: 09.11.2024
- Ulusoy, C. (2019). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımındaki Gelişmeler; Güneş Enerji Sistemleri Ve Finansman Modelleri*. Cilt: 6 Sayı: 13, 65 – 84, Erişim: (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/assam/issue/44925/559304>). Erişim Tarihi: 23.10.2024

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Uzunoğlu, M., Yüksel, R., & Ok, M. (2001). *Güneş Enerjisi ve Kullanım Alanları*, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB, 12-13 Ekim 2001, Kayseri, s. 89-95
- World Energy Council, (2009). *Dünya'da Ve Türkiye'de Güneş Enerjisi*. Erişim: (<https://dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2017/10/GUNES.pdf>). Erişim Tarihi: 20.11.2024
- Worldometer. (2024). Countries in the world by population (2024). <https://www.worldometers.info/world-population/population-by-country/>, Erişim: 22.11.2024
- Yelmen, B. Çakır, M. T. (2011). *Yeşil Enerji Kaynakları ve Teknolojileri*. Erişim: (https://www.emo.org.tr/ekler/1334053b9217604_ek.pdf), Erişim Tarihi: 12.09.2024
- Yıldız, E. (2017). *Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Uygulama: Güneş Enerji Santrali Ve Rüzgâr Enerji Santrali Kuruluş Maliyetleri*, [Yüksek Lisans Tezi Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=uvWjxZdLwujVEA5Ltm aPYw&no=oljvSoUi9hNhvcmcI3QPag>
- Yılmaz, E., Çiftçi, S. (2011). *Kentlerin Ortaya Çıkışı Ve Sosyo-Politik Açından Türkiye'de Kentleşme Dönemleri*. Cilt: 10 Sayı: 35, 252 - 267, Erişim: (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/esosder/issue/6149/82577>), Erişim Tarihi: 22.10.2024
- Yılmaz, M. (2012). *Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi*, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* 4(2), 33-54 (2012). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/aucevrebilim/issue/40104/477061> https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000064
- Yenilenebilir Enerji Kanunu Destekleme Mekanizması Uygulama Fiyatları ile Yerli Katkı Fiyatları ve Uygulama Süreleri, 30 Nisan 2023 tarihli ve 7189 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı, Resmi Gazete, Sayı: : 32177, 01.05.2023
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, Kanun No: 6094, Resmi Gazete, Sayı: 25819, 08.01.2011
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Kanun No: 5346, Resmi Gazete, Sayı: 25819, 18.05.2005

KAYNAKLAR DİZİNİ

Yeşil, H. (2017). Enerjide Bağımlılık Kader Değildir. Erişim: (http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=118559&tipi=2&sube=), Erişim Tarihi: 09.11.2024