

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KAMUDA
YAYGINLAŞTIRILMASI:
ESKİŞEHİR TEPEBAŞI BELEDİYESİ ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

Betül ERŞAN

Eskişehir 2023

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KAMUDA
YAYGINLAŞTIRILMASI:
ESKİŞEHİR TEPEBAŞI BELEDİYESİ ÖRNEĞİ**

Betül ERŞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İşletme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erol KUTLU

**Eskişehir
Anadolu Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Temmuz 2023**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Betül ERŞAN'ın “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kamuda Yaygınlaştırılması: Eskişehir Tepebaşı Belediyesi Örneği” başlıklı tezi 17.07.2023 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca toplanan İşletme Anabilim Dalında, yüksek lisans tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Prof. Dr. Erol KUTLU

Üye : Doç. Dr. Hakan ULUCAN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Zeki YILMAZ

ÖZET

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KAMUDA YAYGINLAŞTIRILMASI: ESKİŞEHİR TEPEBAŞI BELEDİYESİ ÖRNEĞİ

Betül ERŞAN

İşletme Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Temmuz, 2023

Danışman: Prof. Dr. Erol KUTLU

Evlerimizin ısınması, aydınlatılması, sosyal ihtiyaçlarımızın karşılanması, üretim, taşımacılık gibi çeşitli sektörlerin ana girdisi olan enerji, ülkelerin kalkınması, ekonomik büyümenin ve refah seviyesinin göstergelerinden biri olup, modern dünyanın hayati bir parçasıdır. Enerji talebinin her geçen gün artması ile sürdürülebilir enerji kaynaklarının öneminin arttığı ve özellikle dışa bağımlı olan ülkeler için enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesinin hayati önem taşıdığı belirtilmektedir. Son yıllarda artan nüfus, ekonomik gelişmeler, enerji ihtiyacının artması ve iklim değişikliği gibi nedenler ile yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim hızlanmıştır.

Bu çalışmada; enerji kavramı, yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları incelenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarını kamuda yaygınlaştırılması için Türkiye'nin çeşitli şehirlerde gerçekleştirilen uygulamalar ve Eskişehir Tepebaşı Belediyesi'nin örnek uygulamaları değerlendirilmektedir. Yerel yönetimlerin sürdürülebilir enerji politikalarının oluşturulmasında ve uygulanmasında ne tür bir rol üstlenebileceği incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Türkiye, Enerji, Yenilenebilir enerji, Yerel yönetim, Tepebaşı belediyesi

ABSTRACT

PROMOTION OF RENEWABLE ENERGY RESOURCES IN THE PUBLIC SECTOR: ESKİŞEHİR TEPEBAŞI MUNICIPALITY PRACTICES

Betül ERŞAN

Department of Business Administration

Anadolu University, Graduate School of Social Sciences, July 2023

Supervisor: Prof. Dr. Erol KUTLU

Heating and lighting of our homes, production, and transportation sectors, as well as our social needs are all among the inputs of energy, which is a vital part of the modern world and one of the indicators of a country's development, economic growth, and welfare. With the exacerbated demand for energy, the importance of sustainable energy sources has increased. It is emphasized that diversification of energy sources is extremely important, especially for countries dependent on foreign energy sources. In recent years, the increased population, economic development, greater energy demand, and climate change, accelerated the focus towards the renewable energy sources.

In this study, the concept of energy as well as both renewable and non-renewable energy sources are examined. It also looks at the applications carried out in various cities of Turkey for the promotion of renewable energy sources in the public sector and evaluates the exemplary practices of Tepebaşı Municipality in Eskişehir. The study explores the role that local governments can play in creating and implementing sustainable energy policies.

Keywords: Turkey, Energy, Renewable energy, Local government, Tepebaşı municipality.

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezimin tamamlanmasında büyük katkıları bulunan, her şeyden önce motivasyonumu her zaman yüksek tutmamı sağlayan sevgili danışman hocam Prof. Dr. Erol KUTLU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bana akademik bilgi ve tecrübesiyle yol göstererek bu tezin gerçekleşmesine katkı sağladı.

Tezimde yer alan verilerin toplanmasında, Eskişehir Tepebaşı Belediyesi çalışanlarına teşekkür etmek istiyorum. Kendileri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kamuda kullanımını yaygınlaştırmak adına yaptıkları çalışmaları paylaşarak, tezimin ana konusuna ışık tuttular.

Ayrıca, beni ilgim olan her alanda koşulsuz destekleyen ve yanımda olan sevgili aileme, yaşadığım ülke olan Abhazya'da her ihtiyacıma koşan ve tez sürecimde bana göstermiş olduğu anlayış ve destek için canım arkadaşım Angie PATARAYA'ya ve ailesine teşekkür etmek istiyorum. Sabırları ve destekleri sayesinde, tezimi tamamlamak için gerekli olan motivasyonu her zaman sağladılar.

Umarım, bu tezim hem akademik açıdan hem de uygulama alanında yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması konusunda farkındalık yaratmaya yardımcı olur.

17/ 07/2023

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak bütün ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....

Betül ERŞAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
GÖRSELLER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. ENERJİ KAYNAKLARI.....	2
2.1. Enerji Kavramı.....	3
2.2. Enerji Kaynakları.....	4
2.2.1. Yenilenemeyen enerji kaynakları	5
2.2.1.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynaklarının Dünyada ve Türkiye’deki Genel Durumu	11
2.2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları	13
2.2.2.1. Güneş enerjisi.....	16
2.2.2.2. Rüzgâr enerjisi	18
2.2.2.3. Jeotermal enerji	22
2.2.2.4. Hidrolik (hidroelektrik) enerjisi.....	25
2.2.2.5. Biyokütle enerji.....	27
2.2.2.6. Dalga gel-git enerjisi.....	31
2.2.2.7. Hidrojen enerjisi	33
3. TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI (YEK).....	36
3.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi.....	41
3.2. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi	45
3.3. Türkiye’de Jeotermal Enerjisi.....	50

3.4. Türkiye’de Hidrolik Enerjisi	56
3.5. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi	61
3.6. Türkiye’de Dalga ve Gelgit Enerjisi	63
3.7. Türkiye’de Hidrojen Enerjisi	65
4. TÜRKİYE’DE KAMUSAL ALANLARDA YENİLENEBİLİR ENERJİ UYGULAMALARI	68
5. ESKİŞEHİR TEPEBAŞI BELEDİYESİNİN YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ UYGULAMALARI	82
5.1. Tepebaşı İlçesi Genel Görünümü	82
5.2. Eskişehir Tepebaşı Belediyesi ve YEK Uygulamaları.....	83
5.2.1. Düşük karbon ayak izi için enerji etkin bina	84
5.2.2. Tarımda güneş enerjili sulama (TARGES).....	85
5.2.3. Yakakayı ve Gündüzler güneş enerjili hayvansal sulama uygulamaları	86
5.2.4. Sakintepe Soğuk Hava Deposu	87
5.2.5. Mustafa Kemal Atatürk Su Sporları Merkezi	88
5.2.6. Melih Savaş Yaşam Köyü- REMOURBAN	89
5.2.7. Güneş enerjili cep telefonu şarj istasyonları	93
6. SONUÇ	94

KAYNAKÇA

ÖZGEÇMİŞ

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ve Kaynakları	15
Tablo 2.2. Jeotermal Kaynakların Kullanım Alanları.....	23
Tablo 3.1. Kurulu Gücün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (MW),2021	38
Tablo 3.2. Güneş Enerjisinin ve Güneşlenme Sürelerinin Bölgelere Göre Dağılımı	41
Tablo 3.3. Türkiye'nin Coğrafi Bölgelerinde Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli	47
Tablo 3.4. Türkiye'de Kurulu Gücü En Yüksek İlk 10 JES (MW)	56
Tablo 3.5. HES Potansiyel Durumu.....	58
Tablo 3.6. Türkiye Biyokütle Enerjisi Hakkında Genel Bilgiler	62
Tablo 3.7. Türkiye'nin Dalga Yoğunluğu.....	64
Tablo 4.1. Dokuz Eylül Üniversitesi Güneş Enerjisi Projesi Teknik Detayları.....	74
Tablo 4.2. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kullanan Bazı Havalimanları.....	76
Tablo 4.3. Çalışmada İncelenen 30 Büyükşehir Belediyesi.....	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	05
Şekil 2.2. Kaynağa Göre Birincil Enerji Tüketim Oranları.....	12
Şekil 2.3. Türkiye’de Kaynağa Göre Enerji Tüketim Oranları	13
Şekil 2.4. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanım Oranları.....	15
Şekil 2.5. Kıtaların Kurulu Güneş Enerjisi Kapasitesi, GW	18
Şekil 2.6. Rüzgâr Potansiyelinin Dağılımı	20
Şekil 2.7. 2020 Yılı Yeni Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi ve İlk Beş Pazarın Payları.....	21
Şekil 2.8. Kurulu Jeotermal Enerji Kapasitesi, 2020.....	24
Şekil 2.9. Enerji Kaynağına Göre Yenilenebilir Enerji Üretimi.....	26
Şekil 2.10. Biyokütle Çevrim Yöntemleri.....	30
Şekil 2.11. Hidrojen Üretim Yöntemlerine Göre Hidrojen Enerjisi Renkleri.....	34
Şekil 3.1. Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi ve İthalat Bağımlılığı	36
Şekil 3.2. Türkiye’de YEK Kullanımının Yıllar İçerisindeki Gelişimi.....	37
Şekil 3.3. Kurulu Gücün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı, 2021	39
Şekil 3.4. Türkiye’de Kurulu Gücün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Gelişimi (2011-2021)	40
Şekil 3.5. Türkiye Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı, Şubat 2023	40
Şekil 3.6. Türkiye Güneşlenme Süreleri.....	42
Şekil 3.7. Türkiye Güneş Enerjisinin Yıllara Göre Kurulu Gücü	43
Şekil 3.8. Güneş Enerjisinin Türkiye Kurulu Güç İçerisindeki Oranı, Haziran 2022	43
Şekil 3.9. Güneş Enerjisi Hedef-Gerçekleşme Karşılaştırması (MW)	45
Şekil 3.10. Rüzgâr Enerjisi Kurulu Güç Rakamları	48
Şekil 3.11. RES’lerin Bölgelere Göre Oranları	48

Şekil 3.12. RES’lerde Yıllık Elektrik Üretimi ve Oranı.....	49
Şekil 3.13. Rüzgâr Enerjisi Hedef-Gerçekleşme Karşılaştırması (MW).....	50
Şekil 3.14. Jeotermal Enerji Kurulu Gücünün Ülkelere Göre Dağılımı (MW).....	51
Şekil 3.15. Dünyada İlk 10’da Yer Alan Ülkelerin Jeotermal Kurulu Gücü.....	52
Şekil 3.16. Jeotermal Enerjinin Türkiye’de Kullanım Alanları.....	54
Şekil 3.17. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kurulu Güç (MW)	55
Şekil 3.18. Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Jeotermal Enerji Oranı	55
Şekil 3.19. Hidrolik Enerjisine Dayalı Kurulu Güç (MW).....	57
Şekil 3.20. Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Hidrolik Enerjisi Oranı.....	58
Şekil 3.21. Küçük Ölçekli HES’lerin Oranı	60
Şekil 3.22. Hidrolik Enerji Hedef-Gerçekleşen Kurulu Güç Değerleri (MW).....	60
Şekil 3.23. Biyokütle ve Atık Isının Kurulu Gücü	62
Şekil 3.24. Biyokütle ve Atık Isının Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı.....	63
Şekil 3.25. Jeotermal ve Biyokütle Enerjilerinin Hedef-Gerçekleşme Karşılaştırması (MW)	63
Şekil 3.26. Türkiye’deki Hidrojen Ekonomisinde İzlenecek Yol Haritası.....	67

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 2.1. Fotovoltaik Paneller	17
Görsel 2.2. Fotovoltaik Panel Uygulama	17
Görsel 2.3. Rüzgâr Türbini	19
Görsel 2.4. Jeotermal Sistemin Oluşum Modeli	22
Görsel 2.5. Biyokütle Dönüşüm Süreçleri	28
Görsel 3.1. Türkiye GEPA	42
Görsel 3.2. Türkiye Rüzgâr Atlası	46
Görsel 3.3. Türkiye’de Bulunan Jeotermal Kaynaklar Haritası	53
Görsel 3.4. Türkiye’deki HES’lerin Dağılımı	59
Görsel 4.1. Kütahya Çavdarhisar Devlet Hastanesi	70
Görsel 4.2. Denizli İli Kale İlçesi Devlet Hastanesi	71
Görsel 4.3. İstanbul Yeditepe Üniversitesi Güneş Panelleri	72
Görsel 4.4. İstanbul Boğaziçi Üniversitesi Kilyos Sarıtepe Kampüsü (BÜRES)	73
Görsel 4.5. Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Kampüsü Fotovoltaik Panelleri	74
Görsel 4.6. Şanlıurfa Akçakale İlçesi GES	78
Görsel 4.7. Gürsu Belediyesi GES	79
Görsel 4.8. Eskişehir Beylikova Belediyesi GES	80
Görsel 5.1. Eskişehir Tepebaşı Belediyesi İlçe Sınırları Haritası	82
Görsel 5.2. Eskişehir Tepebaşı Belediyesi Hizmet Binası GES	85
Görsel 5.3. TARGES	86
Görsel 5.4. Yakakayı Köyü Güneş Enerjili Sulama Uygulaması	87
Görsel 5.5. Sakintepe Soğuk Hava Deposu	88
Görsel 5.6. Mustafa Kemal Atatürk Su Sporları Merkezi	89

Görsel 5.7. Tepebaşı Belediyesi Melih Savaş Yaşam Köyü	90
Görsel 5.8. Elektrikli Otobüs ve Bisikletler.....	91
Görsel 5.9. Tepebaşı Belediyesi Güneş Enerjisi Santrali İzleme Portalı	92
Görsel 5.10. Güneş Enerjili Cep Telefonu Şarj İstasyonu	93

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BEBKA	: Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı
BOREN	: Bor Araştırma Enstitüsü
BP	: British Petroleum
CO₂	: Karbondioksit
ÇHC	: Çin Halk Cumhuriyeti
DEPA	: Deniz Enerjisi Potansiyeli Atlası
DSİ	: Devlet Su İşleri
EIA	: Energy Information Administration
EPIA	: Avrupa Fotovoltaik Endüstri Birliği
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
GÖRSEM	: Görme Engelliler Dayanışma Derneği
Gton	: Graviton
GW	: Giga Watt
GWh	: Giga Watt saat
GWEC	: Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi
H₂S	: Hidrojen Sülfür
HES	: Hidrolik Enerji Santrali
IEA (UEA)	: International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
IRENA	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
JES	: Jeotermal Enerji Santrali
KED	: Kömür Eşdeğeri
kW	: Kilo Watt
kWh	: Kilo Watt Saat
kWp	: Kilo Watt Peak
LED	: Light Emitting Diode
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol

MW	: Mega Watt
Mwe	: Mega Watt elektrik
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Birliği
PWC	: Price Waterhouse Coopers Denetim Firması
REMOURBAN	: Regeneration Model for Accelerating The Smart Urban Transformation
REN21	: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
RES	: Rüzgâr Enerji Santrali
SETAV	: Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı
ŞBB	: Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi
TARGES	: Tarımda Güneş Enerjili Sulama
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim-İletim A.Ş.
TEMSAN	: Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş.
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TSKB	: Türkiye Sınai Kalkınma Bankası
TTKGM	: Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü
TUSAŞ	: Türk Uçak Sanayii Anonim Ortaklığı
TÜBA	: Türkiye Bilimler Akademisi
TÜLOMSAŞ	: Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayi A.Ş.
TÜREB	: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
TWh	: Tera Watt saat
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
UNIDO	: Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları

1. GİRİŞ

Evrenin kendi var oluşunun başlangıcı enerji ile gerçekleşmiştir. Zamanla enerjinin değişik formları olan ışık, kütle, hareket, ısı, ses, kimyasal ve nükleer enerji de ortaya çıkmıştır. İnsanlar da var oldukları günden bu yana, hayatta kalmak için çeşitli vitamin ve protein gibi enerji sağlayan yiyeceklere ihtiyaç duymuştur. Ateş, rüzgâr, su ve evcilleştirilen hayvanların güçlerini kullanarak hayatta kalmaya çalışmışlardır (İnan, vd. 2018).

Enerji, modern dünya için artık hayati öneme sahip temel bir kaynaktır. Enerji, evlerimizin ısınması ve aydınlatılması, sosyal birtakım ihtiyaçlarımızın karşılanması, üretim, taşımacılık gibi alanlarda kullanılan, modern dünyanın hayati bir parçasıdır. Aynı zamanda ekonomik büyümenin, refah seviyesinin de göstergelerinden biridir. Ülkelerin kalkınması, enerji kaynaklarının üretimi, dağıtımı ve tüketimi, ileri teknolojiler ile gelişmiş üretim süreçlerinin varlığı ve enerjinin verimli kullanımı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla enerji, ekonomik ve sosyal kalkınmanın olmazsa olmaz unsurlarından biridir.

Her ne kadar enerjinin büyük çoğunluğu fosil yakıtlar olarak da adlandırılan konvansiyonel enerji kaynaklarından sağlansa da her geçen gün yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmakta, ülkeler gerekli politik adımları ve teşvik mekanizmalarını devreye almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş, enerjinin geleceği ve sürdürülebilirlik için önemli bir adımdır.

Diğer yandan, günümüz dünyasının güncel sorunları arasında yer alan karbon salınımı, küresel ısınma ve yaşanan çevre felaketleri sonucu uluslararası alanda çeşitli anlaşmalar, programlar uygulanmaya başlanmıştır. 2015 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) kapsamında kabul edilen Paris İklim Anlaşması ile küresel ısınma seviyesi 2⁰C'nin altında tutmayı ve hatta mümkünse 1,5⁰C'de tutmayı hedeflenmektedir. Yeşil Mutabakat ise Avrupa Birliği'nin 2019 yılında uygulamaya aldığı bir girişim olup sürdürülebilir bir ekonomik dönüşümü teşvik etmeyi hedeflemektedir. 2050 yılına kadar karbon nötr bir ekonomiye geçme ve sürdürülebilirlik alanında geniş kapsamlı politikaları içeren Yeşil

Mutabakat çevresel ve iklimsel sürdürülebilirlik konularını güçlendirmeyi hedeflemektedir. Hem Paris İklim Anlaşması hem de Yeşil Mutabakat yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmekte ve fosil yakıtlara dayalı enerji üretiminin azaltılmasını hedeflemektedir.

Bu çalışmanın amacı, enerji kavramını, yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynaklarını, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarını, potansiyelini ve politikalarını inceleyerek kamuda yenilenebilir enerji politikaları ve uygulamalarını Eskişehir Tepebaşı Belediyesi örneği üzerinden değerlendirmektir.

2. ENERJİ KAYNAKLARI

Günümüz toplumlarında enerjinin önemi, ekonomik gelişmişlik ve sosyal refah göstergelerinden biri olarak kabul edilmesiyle yakından ilgilidir. Tarih boyunca birçok medeniyet toprak elde etmek kadar enerji kaynaklarına da sahip olmak için büyük mücadeleler vermişlerdir (Gülay, 2018).

Dünya, enerji kaynakları açısından oldukça zengin bir gezegendir. Ancak, bu kaynakların temel dayanağı güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelir ve insanlar tarafından doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılır. Örneğin, rüzgâr türbinleri ve dalga enerjisi güneş enerjisi sayesinde çalışır. Ancak, fosil yakıtlar olarak bilinen kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji gibi enerji kaynakları yeryüzündeki sınırlı rezervleri dolayısıyla tükenir. Bu kaynaklar konvansiyonel ya da yenilenemez enerji kaynağı olarak tanımlanırlar.

Enerji kaynaklarının çeşitliliği ve verimlilikleri birbirinden farklıdır. Bu nedenle karşılaştırma yapabilmek için eşdeğerlik birimleri kullanılır. Eski zamanlarda kömürün kullanımı çok yaygın olduğundan kömür eşdeğeri (KED) adı verilen bir birim geliştirilmişti. Kömürün yerine petrolün daha çok kullanılmaya başlamasıyla petrol eşdeğeri adı verilen karşılaştırma birimi kullanılmaya başlanmıştır.

TEP (Ton Petrol Eşdeğeri) : 10^7 Kcal

KEP (Kilogram Petrol Eşdeğeri) : 10.000 Kcal

2.1. Enerji Kavramı

Kelime kökeni olarak Yunanca “energon” sözcüğünden türeyen enerjide; en iç, ergon ise iş anlamında gelmekte ve bir cisim ya da sistemdeki iş yapma kabiliyeti olarak ifade edilmektedir (Bahar, 2005). Sözcük anlamı iç-iş şeklinde tanımlanan enerji, günümüzde daha çok makinelerin, günlük yaşamımızı kolaylaştıran araçların iş oluşturabilmesi için gerekli kaynak olarak ifade edebileceğimiz bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Bartık, 2018).

Termodinamikte enerji, “bir etki meydana getirebilme kapasitesi, kabiliyeti” olarak ifade edilir (Spurgeon, Flood, 2002). Bir başka tanım ise ünlü Alman Matematikçi Leibnitz’e aittir. Leibnitz enerjiyi, “canlı kuvvet (vis viva)” olarak ifade etmiş ve hareket halindeki bir insanın hızı ile ağırlığı arasında matematiksel bir ilişki kurarak açıklamıştır (Goel, 2005). Bir cismin iş yapabilme yeteneğine en basit anlamda enerji olarak adlandırmak mümkündür. Doğada birçok enerji çeşidi mevcuttur. Ve fizik kanunlarına göre var olan enerji yok ekilemez, var olan bir enerji de yoktan var edilemez. Ancak enerji form değiştirebilir (Yılmaz, 2018). Teknik olarak değerlendirildiğinde enerji, iş yapma kapasitesine sahip bir fiziksel özelliktir ve madde ve alanlar tarafından taşınabilir.

Enerji, ekonomik büyüme ve sosyal gelişme için hayati öneme sahip bir kaynaktır. Sanayileşme ve nüfus artışı, enerji talebinde sürekli bir artışa neden olmuştur. Bu durum, enerji kaynaklarını verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yönetme ihtiyacını ön plana çıkarır (Koç vd., 2018).

Günümüzde her alanda ilerlemenin en önemli göstergelerinden birisi enerjidir (Gülay, 2008). Genel olarak ülkelerin ekonomik ve sosyal kalkınmışlıkları, gelişmişlikleri ve refah seviyelerinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Enerji ekonomideki tüm sektörlerin ana girdisi olması nedeniyle ülkelerin sosyal, kültürel ve ekonomik gelişiminde en önemli etkenlerden biridir (Genç, 2022). Enerjinin kullanımı, endüstriyel üretim, ulaşım, evsel kullanım ve elektrik üretimi gibi birçok alanda önemlidir. Ancak, enerjinin kullanımı aynı zamanda çevresel etkilere ve kaynakların tükenmesine neden olabilir. Bu nedenle, enerjinin sürdürülebilir şekilde

üretilmesi ve kullanılması giderek daha önemli hale gelmektedir.

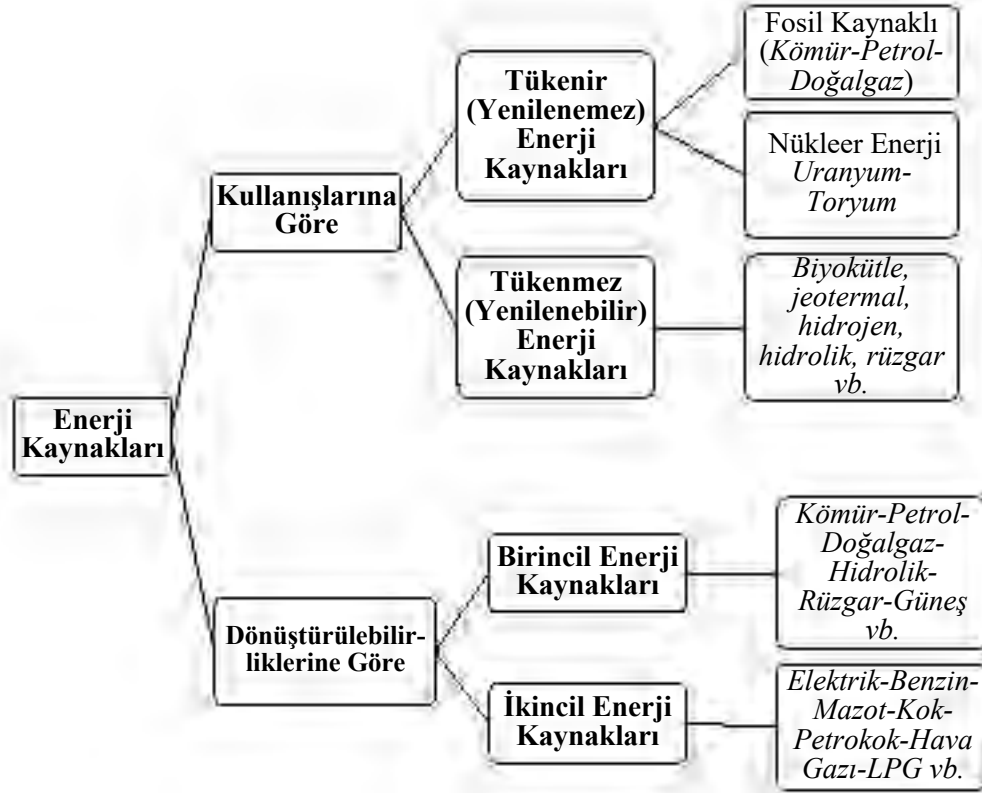
2.2. Enerji Kaynakları

İnsanlığın başlangıcı ile enerji de ortaya çıkmıştır. Enerji kullanımı tarihinde, insanların önce fiziksel çaba ve hayvan gücünden yararlandıkları, ardından ateşin keşfiyle odun ve kömürün kullanıldığı görülür. Buhar enerjisi endüstriyel mekanizasyonu sağlayarak enerji kullanımını daha verimli hale getirdi ve endüstri devrimine yol açtı (Keleş, vd, 2009).

Ateşin keşfedilmesi ile ilk enerji kaynağımız olan odundan sonra kömür, petrol, doğal gaz gibi konvansiyonel enerji kaynakları hayatımıza girmiştir. Bu kaynakların yenilenemez oluşu ve bir süre sonra tükenecek olması sebebiyle alternatif kaynak arayışlarına gidilmiştir. Güneş, rüzgâr, hidrolik vb. enerji kaynakları bu alternatif kaynak olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Modern dünyada enerji, gündelik hayatımızı devam ettirebilmek için tüm canlılar için vazgeçilemez bir kaynak olup çok çeşitli enerji kaynağı bulunmaktadır. Şekil 2.1’de verilen bilgilere göre enerji kaynakları kullanım şekillerine ve dönüştürülme özelliklerine göre ikiye ayrılır. Kullanım şekline göre tükenir ve tükenmez, dönüştürülme özelliğine göre de birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Birincil enerji kaynakları ham maddesi olarak petrol, kömür, doğal gaz, yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerjiyi içerirken, ikincil enerji kaynakları bu kaynaklardan üretilen elektrik, benzin, kok, hava gazı gibi çeşitleri içerir (Pekmezci, 2020).

Şekil 2.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması



Kaynak: Koç vd., 2018

Enerji kaynakları ticari ve ticari olmayan olarak iki kategoriye ayrılır. Ticari olanlar, modern endüstriyel ekonominin ihtiyacını karşılayan petrol, doğal gaz, hidrolik ve nükleer enerji gibi kaynaklardır. Ticari olmayanlar ise geleneksel sektörde kullanılan odun, hayvan atıkları ve tarımsal atıklardır. Ekonomiler büyüdükçe ticari enerji kaynaklarına olan talep artarken, ticari olmayan enerji kaynaklarına olan talep azalmaktadır (Bilginoğlu, 1991).

2.2.1. Yenilenemeyen enerji kaynakları

Yenilenemeyen diğer adıyla tükenir enerji kaynakları, genellikle fosil yakıtlar olarak adlandırılır. Oluşumları ise milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan kalıntılarının toprak altında yavaş yavaş dönüşmesi ile meydana gelir. Bu süreç içerisinde genellikle yüksek basınç ve sıcaklık koşulları gereklidir.

Yenilenemeyen enerji kaynakları doğada fosil olarak bulunan, zamanla tükenen ve alternatif kaynaklara göre doğaya zararlı kimyasallar salan enerji kaynaklarıdır. Doğada mevcut rezervlerin dışında keşfedilmeyi bekleyen rezervlerin olduğu bilinse de bir gün bu kaynakların da biteceği göz önüne alınmalıdır (Tasnak, 2019). Yenilenemeyen enerji kaynakları aslında tükenir enerji kaynaklarıdır ve belli bir rezerv düzeyi olan ve gelecek süreçte tükeneceği öngörülen enerji kaynaklarını ifade etmektedir (Koç vd., 2018). Dünyamızdaki petrol rezervlerinin 40 yıl, doğalgaz rezervlerinin 67 yıl ve kömür rezervlerinin 227 yıl sonra tükeneceği bilim insanları tarafından ifade edilmektedir. Yeni aramalarla bulunan ve bugüne değin ekonomik olmadığı gerekçesiyle değerlendirilmeyen sahaların kullanıma açılması vb. gelişmelerle mevcut rezervlerin sonuna doğru yaklaşılmaktadır (Eniş, 2006).

Günümüzde fosil enerji kaynakları, alternatiflerine göre, ucuz olması, ticaretinin kolay olması gibi nedenlerle enerji üretiminde devletlerin ilk tercihlerini oluşturmaktadır. 2022 yılı fosil yakıtların küresel enerji tedarikindeki payı on yıllardır ısrarlı bir şekilde yaklaşık yüzde 80 gibi yüksek bir oranda seyretmektedir (Uluslararası Enerji Ajansı-UEA, World Energy Outlook Raporu, 2022).

Tükenir enerji kaynakları yenilenemeyen ve dünya rezervlerinin belirli bir miktarı olduğu için bir gün tükenebilecek enerji kaynaklarıdır ve dört ana kategoriye ayrılır. Bunlar kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer enerjidir.

i. Kömür: Kömür, bitki kalıntılarının yüksek basınç ve sıcaklık ile dönüşümünden oluşur. Kömür, çok eski yıllarda karalarda ilk olarak görülmeye başlayan bitkilerin, tortul kayalarda zamanla gömülerek sıkışması ve değişime uğrayarak kömür kıvamına gelmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Kömürün en önemli özelliği, mineral yakıtlar arasında ilk defa kullanılan fosil enerji kaynağı olmasıdır (Gülay, 2008). Yeraltı madenlerinden çıkarılan fosil yapılı enerji kaynağı kömür, oksijen, karbon, hidrojen gibi organik ve inorganik kimyasal maddeler barındıran maden çeşididir (Tasnak, 2019). Rezervi diğer yenilenemez kaynakları göre daha fazla olduğundan, kullanımda daha çok tercih edilmesine neden olmaktadır.

Kömür ısı ve enerji kaynağı olarak 18. yüzyılda kullanılmaya başlanmıştır. Günümüze kadar ısı enerji olarak odun ve kömürden faydalanılmasıyla birlikte, kömür asıl önemini sanayi devrimi ile kazanmıştır. Özellikle buhar makinesinin icadıyla endüstriyel devrimin olmazsa olmaz girdilerinden biri haline gelmiştir (Tugal, 2014). 18. yüzyılda İngiltere'de buhar makinesinin icadı, enerji kullanımında ve insanlık tarihinde büyük bir dönüm noktası olarak kabul edilir. Buhar pompası, daha fazla kömür damarına erişilerek kömür üretimini artırdı. James Watt'ın buhar makinesi icadı, kinetik enerjiyi kömür kullanarak elde etme ve bu enerjiyi ilk önce dokuma fabrikalarında ve daha sonra kömür ocaklarında kullanma imkanını sağladı. Bu gelişme, kömür ve demir açısından zengin olan ülkede demir-çelik sanayinin hızla gelişimine yol açtı (Açıkalın, 2018).

Kömür, yüzlerce yıl boyunca enerji kaynağı olarak kullanılan fosil kökenli bir yakıttır. 19. yüzyılda sanayi devrimini tetiklemiş ve 20. yüzyılda elektrik çağını başlatmıştır. Kömür, 1960'lı yıllara kadar dünyanın birincil enerji kaynağı olmuş, bu dönem sonrasında yerini petrole bırakmıştır. Ancak elektrik üretimindeki önemi anlaşıldığında, kömür yeniden dünya enerji gündeminde önemli bir konuma gelmiştir. Bunun yanı sıra, petrol ve doğal gaz gibi diğer fosil yakıtların yanı sıra nükleer ve yenilenebilir enerji kaynakları da önemli bir rol oynamaktadır. Ancak bu alternatif enerji kaynaklarının hiçbiri mükemmel değildir ve uzun vadeli temin güvencesi sağlamamaktadır (TTKGM, 2022).

Dünya kömür rezervlerinin büyük bir bölümü Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde bulunmaktadır. UEA verilerin göre 1985 yılından bugüne en büyük kömür üreticisi ülke ise Çin Halk Cumhuriyeti (ÇHC)'dir. ÇHC dünya kömür üretiminin yüzde 47'sini sağlamaktadır ve aynı zamanda dünya kömürünün yarısından fazlasını tüketmektedir (Özgen, 2017).

Kömür bir dizi uygulamada kullanılır. Günümüzde elektrik üretiminde, ısınmada, demir-çelik, çimento sanayinde ve kimyasal üretim süreçlerinde kullanılır (<http-1>).

ii. *Petrol*: Latince petra (kaya) ve oleum (yağ) kelimeleri ile ortaya çıkan “petrol” kelimesi, kaya yağı anlamına gelir. Hidrokarbonlardan oluşan ve farklı miktarlarda kükürt, nitrojen ve oksijen içeren bir bileşimdir. Doğada maddenin üç halinde de bulunabilir.

Petrol, öncelikle yer altındaki bitki ve canlı kalıntılarının milyonlarca yıl süren bir süreç sonucunda dönüşmesi ile oluşan fosil bir yakıttır. Deniz altındaki organik maddelerin çürüyerek birikmesi ve sıcaklık-basınç etkisiyle kimyasal dönüşüm geçirmesi sonucu petrol oluşur. Petrol, dünyadaki enerji tüketiminin büyük bir kısmını karşılar ve ayrıca çeşitli sanayi ürünlerinin üretiminde de kullanılır. Bu yönüyle petrol, global ekonominin temel taşlarından biridir (http-2).

Petrol, yer kabuğunun altındaki organik maddenin zamanla, yüksek basınç ve sıcaklık altında dönüşmesi sonucunda oluşan sıvı hidrokarbon bileşiğidir. Bu doğal kaynak, ham petrol olarak adlandırılır ve henüz işlenmemiş haliyle hamdır. Rafinerilerde ham petrol, çeşitli işlemlerle, hayatımızın birçok alanında kullandığımız ürünlere dönüştürülür. Bu ürünler arasında benzin, mazot, jet yakıtı, ısıtma yağı ve kimyasal maddeler yer alır. Bu da petrolün neden dünya ekonomisinde bu kadar kritik bir rol oynadığını göstermektedir. (http-3).

Petrol, modern dünyada enerji kullanımının en büyük kısmını oluşturmaktadır. Sanayi devriminden bu yana hidrokarbonların enerji kaynağı olarak kullanımı yaklaşık 1400 kat gibi büyük ölçüde artmıştır. 500 binden fazla ürünün üretiminde doğrudan veya dolaylı olarak yer aldığından, petrol dünya imalat sektörünü büyük ölçüde etkilemektedir. Petrol, elektrik ve ısı üretiminde, ulaşım, hammadde ve tarım sektörlerinde büyük bir paya sahiptir ve bu alanlarda ikame edilmesi zor bir enerji kaynağıdır (Yalçın Erik, Koşaroğlu, 2016). Özetle petrol, ulaşım, endüstri, tarım, ısıtma, elektrik üretimi ve çeşitli kimyasal ürünlerin üretimi için kullanılır.

Dünya üzerinde petrol rezervlerinin en fazla olduğu ülkeler genellikle Orta Doğu’da yer almaktadır. Petrol rezervlerine sahip ülkeler arasında Venezuela, Suudi Arabistan, İran, Kanada ve Irak yer almaktadır.

iii. *Doğal gaz:* Yerin altında bulunan ve çoğunlukla metan gazından oluşan fosil bir yakıttır. İçerisinde küçük miktarlarda etan, propan, bütan ve hidrokarbon gazları da olup kokusuz ve renksiz bir gazdır. Milyonlarca yıl önce ölen bitki ve deniz canlılarının kalıntılarının yüksek sıcaklık ve basınç altında kimyasal olarak değişmesi sonucu oluşur.

Doğal gaz genellikle petrol rezervlerinin üzerinde bir gaz tabakası halinde bulunur ve bu nedenle petrol sondajı esnasında çıkarılır. Doğal gaz genellikle petrol çıkarıldıktan sonra istenmeyen bir yan ürün olarak kabul edilirdi ve genellikle yerinde yakılırdı. Bu yüzden petrol kuyularının etrafında alevler görülürdü. Ancak, günümüzde doğal gazın enerji kaynakları arasındaki önemli konumu nedeniyle, bu yakma işlemi yerine doğal gazın ekonomik ve çevresel açıdan daha faydalı bir şekilde kullanılması tercih edilir hale gelmiştir.

Doğal gaz, eski zamanlardan bu yana bilinen ve kullanılan bir enerji kaynağıdır. İlk kez M.S. 221-263 yıllarında Çin'de tuz kurutma işinde kullanıldı ve 17. yüzyılda İtalyanlar tarafından ısıtma ve aydınlatma amaçlı olarak kullanıldı. 1815 yılında ABD'de üretim sektöründe ilk doğal gaz kullanımı gerçekleşti. İlk ticari gaz işletmeciliği ise 1820'de New York'ta W. Hart tarafından yapıldı. İlk boru hatları ile gaz taşıma işlemi ise 1883 yılında ABD'de gerçekleşti (Akpınar ve Başbüyük, 2011).

Dünya genelinde, doğal gaz rezervleri en fazla olan ülkeler Rusya, İran, Katar, Türkmenistan ve Amerika Birleşik Devletleri'dir. 2019 yılında bu ülkeler arasında en yüksek doğal gaz üretimi Amerika Birleşik Devletleri tarafından gerçekleştirilmiştir ve onu sırasıyla Rusya, İran, Katar, Çin ve Kanada izlemiştir. 2019 yılı sonunda, dünya genelinde toplam doğal gaz rezervinin 198,8 trilyon metreküp olduğu belirlenmiş ve aynı yıl içerisinde bu rezervlerden 4 trilyon metreküp doğal gaz üretildiği kaydedilmiştir (<http-4>).

Doğal gazın kullanımı oldukça yaygın ve çeşitlidir. Evlerde ısıtma amacıyla kullanılabilirken, endüstriyel alanlarda da enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, doğal gazın sıvılaştırılması ile elde edilen doğal gaz LNG de taşımacılık ve depolama amaçlı kullanılmaktadır.

iv. *Nükleer Enerji*: Nükleer kavramı İngiliz dilinde “nucleus” kelimesinin sıfatlandırılmış halidir. Nükleer, çekirdeksel ve çekirdekle ilgili anlamına gelmektedir (Kaya, 2012). Atomun çekirdeğinden elde edilen bir enerji çeşididir.

Dünya’da yıllarca büyük tartışmalara neden olan nükleer enerji; “bir atom çekirdeğinin bölünmesi veya radyoaktif bozunumu sonrası, kütlelerin toplamı farkından dolayı açığa çıkan bir enerji olarak ifade edilmektedir”. Kurulu nükleer enerji, bölünme sonucu açığa çıkan bu enerjiden kontrollü ve sürekli olarak elektrik enerjisinin üretildiği sistemlerdir. Burada kullanılan yakıt, doğal veya zenginleştirilmiş şekildeki uranyum maddesidir (Tombakoğlu, 2006).

Bu enerji füzyon, fisyon ya da yarılanma reaksiyonlarından biri ile oluşmaktadır. Füzyon, atom parçalarının birleşme reaksiyonu esnasında ortaya çıkan enerji olup güneş patlamaları buna örnek olurken, fisyon reaksiyonu atom çekirdeğinin parçalara ayrılması esnasında ortaya çıkan enerjidir. Günümüzde nükleer santrallerde kullanılan teknolojiler fisyon tepkimeleridir. Yarılanma ise çekirdeğin parçalanarak daha kararlı bir yapıya dönüşmesidir.

Çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunan bu enerjinin dünyada en yaygın kullanım alanı elektrik üretimidir. Ayrıca tıp, tarım, askeri araçlar, uzay çalışmaları, gıda güvenliği, çeşitli sanayi dalları ve tüketici ürünlerinin geliştirilmesi ve üretiminde de kullanılmaktadır.

Nükleer enerji kullanımında en yüksek orana sahip ülke Fransa’dır. Fransa’nın elektrik enerjisi ihtiyacının yüzde 70’i nükleer enerjiden karşılanmaktadır. ABD, Rusya, Japonya, Güney Kore gibi ülkeler de nükleer enerjiden faydalanmaktadırlar. Bu ülkeler nükleer enerji kullanımında ileri teknolojilere sahip olmanın yanı sıra, nükleer güvenlik, atık yönetimi ve nükleer silahların yayılmasının önlenmesi gibi konularda da öncülük yapmaktadırlar. Nükleer enerjinin çevresel etkileri ve nükleer kazaların olası sonuçları nedeniyle, nükleer enerjinin sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi hala tartışmalı bir konudur.

2.2.1.1. Geleneksel (yenilenemeyen) enerji kaynaklarının dünya ve Türkiye'deki durumu

Son elli yılda nüfus artışı, sanayileşme, şehirleşme ve küreselleşme ile birlikte enerji talebi artmış ve sürdürülebilirlik konusu öncelikli hale gelmiştir. Gelişmekte olan ülkelerin enerji gereksinimi arttıkça, dünya enerji talebinin önümüzdeki yıllarda da artacağı öngörülmektedir (Gülay, 2018).

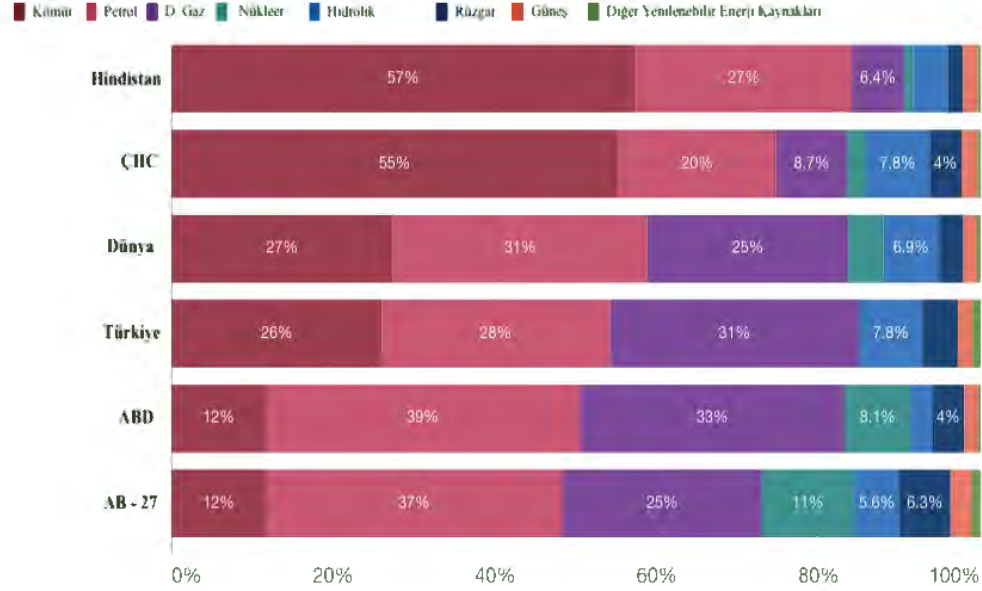
Geleneksel enerji kaynakları dünya için uzun yıllar boyunca enerji kaynaklarının ana kaynağı olmuştur. Ancak, rezervlerin sınırlı olması ve çıkarılmasının giderek daha zor ve pahalı hale gelmesi gibi birkaç faktörün yanı sıra hava kirliliği, sera gazı emisyonları gibi çevre üzerindeki olumsuz etkileri de bilinmektedir. Bu sebeplerden ötürü güneş, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir kayma söz konusu olsa da geleneksel enerji kaynakları hala dünya enerji karışımının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Örneğin, petrokimya endüstrisi, plastik ve diğer ürünler üretmek için ham petrolü kullanır, elektrik üretiminde de kesintisiz olma özelliği ile geleneksel enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha verimli olduğu düşünülmektedir. Fosil yakıtların kullanımı, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, düşük maliyetleri ve erişilebilirlikleri nedeniyle yüksek seyretmektedir.

Çevre kirliliği ve iklim değişikliği kaygıları, teknolojik gelişmeler ve Covid-19 salgını gibi sorunlar enerji tüketiminde ciddi azalmalara neden olmuştur. Ancak, Çin, Hindistan ve Endonezya gibi hızla büyüyen ekonomilerin devasa enerji ihtiyaçları, kömür ve petrol gibi klasik enerji kaynaklarının hala önemini koruduğunu göstermektedir. Petrol, 2018'de de dünya birincil enerji arzında en fazla paya sahip enerji kaynağı olurken, aynı dönemde kömür ikinci ve doğal gaz üçüncü sıradaki yerini korumuştur (SETA, 2021).

BP (British Petroleum)'nin 2022 yılı verilerinden faydalanılarak hazırlanmış olan şekil 2.2.'de görüldüğü üzere dünyada kaynağa göre birincil enerji tüketim oranlarında yenilenemeyen yakıtların tüketimi ilk sıralarda yer almaktadır. Dünya ortalaması yüzde 27 kömür, yüzde 31 petrol, yüzde 25 doğal gaz olup yenilenemeyen enerji kaynakları tüketimi yaklaşık yüzde 83

olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 2.2. Kaynağa Göre Birincil Enerji Tüketim Oranları



Kaynak: [http-5](#)

Yenilenemeyen enerji kaynakları, yani fosil kaynaklı yakıtların 2020 yılında yüzde 83,4 olan payı, mevcut politikaların sürdürülmesi halinde ağırlığını korumaya devam edecektir (Türkiye'nin Enerji Görünümü 2022, TMMOB).

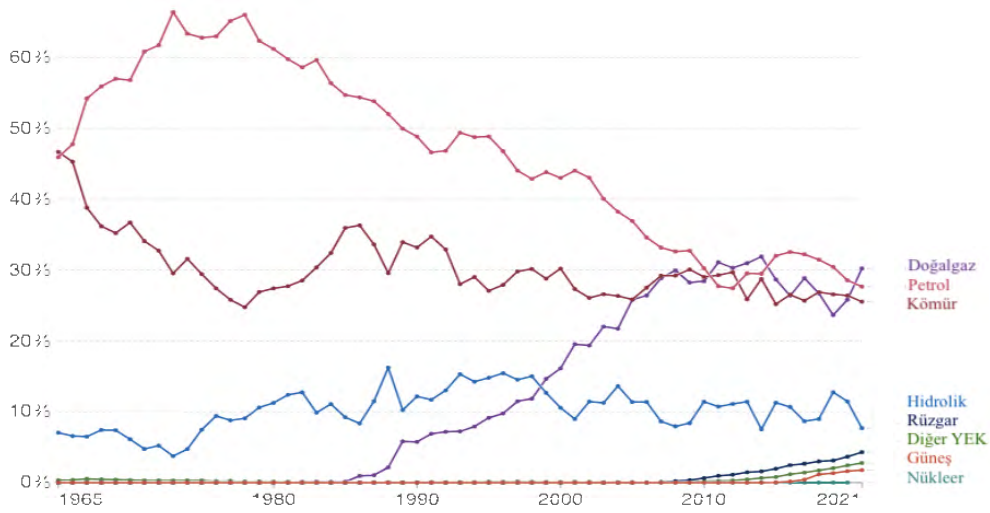
Dünya genelinde kullanılan enerji kaynakları karışımı, coğrafya, doğal kaynakların mevcudiyeti ve ekonomik ve politik faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Örneğin zengin petrol rezervlerine sahip ülkeler petrolü birincil enerji kaynağı olarak sıkça kullanırken, güneş veya rüzgâr kaynakları bol olan ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirme konusuna öncelik verebilir.

Türkiye'deki enerji kaynaklarına göre tüketim oranları şekil 2.3.'te verilmiştir. Ülkemizde de dünya ile paralel seyretmektedir. Dünyada petrol tüketimi birinci sıradayken Türkiye'de petrolün yerini doğal gaz almıştır, bunu sırasıyla petrol ve kömür izlemektedir. Türkiye'de petrol ve doğal gaz rezervleri yetersiz olduğu için yenilenebilir, alternatif kaynaklardan yeterince faydalanılmamış ve enerji verimliliği çalışmaları etkin yürütülememiştir. Bu nedenle, birincil enerji arzının dörtte üçü dışa bağımlıdır (Yılankırkan ve

Doğan, 2020).

ETKB'ye göre 2020 yılında Türkiye'de yenilenemeyen enerji kaynakları enerji arzının yaklaşık yüzde 68'ini oluşturuyor ve birincil kaynaklar kömür, doğal gaz ve petrol. Dünya ile paralel olarak Türkiye'de de yenilenemeyen enerji kaynakları talebin karşılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu enerji kaynaklarının faydaları arasında güvenilirlik, satın alınabilirlik ve erişilebilirlik yer alırken, dezavantajları arasında çevresel etkileri, iklim değişikliğine katkıları ve sınırlı rezervleri gösterilebilir.

Şekil 2.3. Türkiye'de Kaynağa Göre Enerji Tüketim Oranları



Kaynak: <https://ourworldindata.org/grapher/share-energy-source-sub>, http-6

2.2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları

Kendini yenileyebilen ve dünyanın var olduğu andan itibaren varlığını koruyup gelecek nesillere aktarılabilen enerji kaynaklarına yenilenebilir enerji kaynakları adı verilir (Bayram, 2020). Sürdürülebilir enerji, doğal süreçlerdeki enerji akışından elde edilen enerjidir ve enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha hızlı bir şekilde kendini yenileyebilir (İnan, vd., 2018).

Fosil kaynaklı enerji kaynakların dünya enerji arzındaki üstünlüğüne rağmen son yıllarda tüm dünyanın çevre kirliliği, küresel ısınma, enerji bağımlılığı ve güvenliği gibi konularda farkındalığının artması alternatif enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Çevre ve hava kirliliğinin artması, yaşam

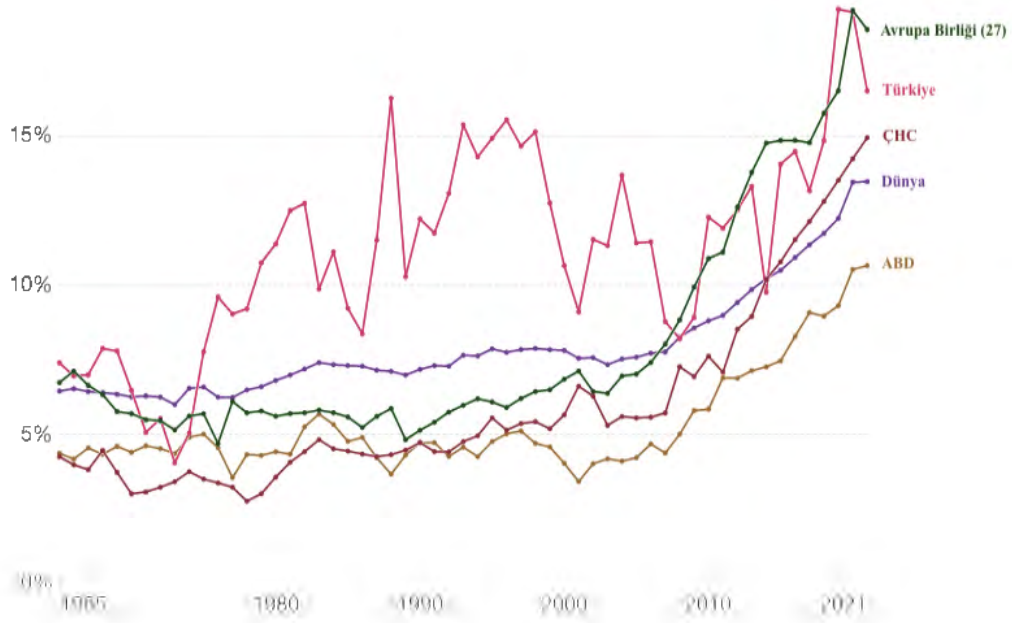
kalitesini etkilediği için daha temiz yakıtlara yönelme ihtiyacı fosil yakıtlar içinde en fazla hava kirliliğine yol açan kömür ve petrol konusunda yeni trendleri ortaya çıkarmıştır. Avrupa ülkeleri, Paris İklim Antlaşması çerçevesinde sera gazı salınımı hedeflerine ulaşmak için kömür ve kömüre dayalı elektrik üretimine son verme politikaları geliştirmiştir, bu da kömür üretiminde azalmalara neden olmuştur (SETA, 2021).

Başta Avrupa Birliği (AB) ülkeleri olmak üzere aslında dünyanın birçok ülkesi yukarıda sayılan sebeplerden ötürü son yıllardaki enerji yatırımlarını alternatif enerji kaynaklarına çevirerek “temiz enerji” stratejisini ön plana çıkarırken fosil kaynaklı enerji kaynaklarının kullanımını azaltma stratejisini benimsemiştir.

Temiz enerji kaynakları olarak da bilinen yenilenebilir enerji kaynakları son yıllarda giderek daha popüler hale gelmiştir. Bunun nedenleri arasında dünyada yaşanan küresel iklim değişikliği, Rusya-Ukrayna savaşı sürecinde enerji güvenliği ve arzının öneminin bir daha ortaya çıkışı, yenilenebilir enerjinin dışa bağımlılığı azaltması, çevreye zararlı karbon gazlarının salınımının azaltılması, yerli kaynaklar olduğundan ithalata gerek duyulmaması ve doğal olarak yenilenmesi bu avantajların arasında gösterilebilir. Yenilenebilir enerji teknolojileri geliştikçe fiyatların düşmesi ve istihdam yaratması açısından değerlendirildiğinde ekonomik olarak da avantajlara sahiptir.

Aşağıda şekil 2.4.’te verilen bilgilere göre dünyadaki yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerji içerisindeki payı son yıllarda gittikçe artmaktadır. 2000’li yıllarda yüzde 7 civarındaki yenilenebilir enerji kullanım oranı 2021 yılına gelindiğinde yüzde 13’lerin üzerine çıkmıştır. Yukarıda belirtilen nedenlerin de etkisi ile dünyadaki enerji eğilimi konvansiyonel enerji kaynaklarından yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru olduğundan bu rakamın önümüzdeki yıllarda daha da artması beklenmektedir.

Şekil 2.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanım Oranları



Kaynak: <http-7>

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik, biyokütle, dalga ve hidrojen bulunur. Güneş, bu kaynakların çoğunun doğrudan veya dolaylı ana kaynağıdır ve fosil yakıtların da güneş enerjisinin şekil değiştirmiş halleri olduğu söylenebilir. Bu nedenle, güneş enerjisi dünyanın en önemli enerji kaynağı olarak kabul edilebilir (SETA, 2017).

Tablo 2.1. Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ve Kaynakları

Yenilenebilir Enerji Çeşitleri	Enerjinin Kaynağı
Güneş Enerjisi	Güneş
Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr
Jeotermal Enerji	Yer Altı Suları
Hidrolik Enerji	Nehir ve Akarsular
Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler
Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler

Kaynak: SETA, 2021

2.2.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş yeryüzündeki en güçlü enerji kaynağıdır. Diğer enerji kaynakları doğrudan ya da dolaylı olarak güneş enerjisinin etkisi altındadır. Örneğin, güneşten gelen ısı rüzgârın esmesine neden olur, biyokütle enerjisi için kullanılan ağaçların ve diğer bitkilerin büyümesine katkıda bulunur.

Günümüzde güneş enerjisi bilindiği gibi teknolojik yeniliklerle güneş ışığından enerji elde edilip ve depolanmasına dayalı kaynaktır. Güneş enerjisi insanlığın başlangıcından bu yana ısınma, aydınlatma, elektrik enerjisi gibi ihtiyaçlar için kullanılmıştır. Güneş enerjisi sistemleri, bu tarihten sonra teknolojik olarak ilerlemiş ve maliyetleri düşmüştür. Ayrıca çevre dostu bir enerji kaynağı olarak daha yaygın hale gelmiştir (Yazıcı, 2022).

Güneş çekirdeğindeki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi ile füzyon süreci sonunda açığa çıkan ısıma enerjisi olan güneş enerjisi, doğal bir füzyon reaktörüdür ve dünyadan 330000 kat daha büyüktür. Güneş fosil enerji kaynaklarına göre temiz ve çevre dostu bir enerji kaynağı olmasının yanında enerji arzı açısından sonsuz bir enerji kaynağıdır (Deniz, 2018).

Güneş enerjisi insanoğlunun tarihi kadar eski bir enerji kaynağıdır. M.Ö.400'lü yıllarda Sokrat tarafından evlerin güney cephesine cam yerleştirilerek gösterilmiştir. Arşimet, M.Ö. 250'de güneş enerjisini toplayarak 40 metre uzaktaki gemileri yaktığı kaydedilirken, Galileo'nun merceği 1600'lü yıllarda güneş enerjisi teknolojisinde önemli bir ilerleme sağlamıştır. 1725'te Belidor, güneş enerjisiyle çalışan su pompasını icat etmiştir (Bayram, 2020).

Güneş enerjisi ilk olarak ısı enerjisi olarak kullanılırken, fotovoltaiik panellerin icadı sayesinde elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaya başlandı. Ayrıca, güneş ışınlarından elektrik üretimi ilk kez 1954 yılında Bell Telefon Laboratuvarı'nda Pearson Chapman ve Fuller tarafından başarıldı (Tasnak, 2019).

Görsel 2.1. Fotovoltaik Paneller



Kaynak: <http-8>

Görsel 2.2. Fotovoltaik Panel Uygulama



Kaynak: <http-8>

Güneşten gelen radyasyonun yüzde 18’lik kısmı atmosferi ısıtmak için kullanılırken, yüzde 35’lik kısmı bulutlar ve yeryüzü aracılığıyla uzaya tekrar yansıtılmaktadır. Geriye kalan yüzde 47’lik dilim ise yerkürenin ısınması için ısıya dönüştürülmektedir (Kılıç, 2015).

Fotovoltaik PV sistemler ile güneşten gelen enerji güneş termik enerjisine ve güneş kaynaklı ısı sistemlerine çevirebilen gelişmiş bir teknolojidir. Yoğunlaştırılmış sistemler ise doğrudan güneşten gelen enerjiyi yüksek sıcaklıklara yükselterek ısı enerjisine dönüştürür. Bu ısı sonrasında elektrik enerjisine dönüştürülür (Deniz, 2018).

Avrupa Fotovoltaik Endüstri Birliği (EPIA) ve Greenpeace tarafından yayınlanan bir rapora göre 2040 yılına kadar dünya enerji ihtiyacının yüzde 26’sı güneş enerjisinden sağlanarak 2 milyondan fazla kişiye istihdam yaratacağı düşünülmektedir (<http-9>).

Yeryüzünde kurulan ilk güneş enerjisi santrali 19 megawatt (MW) kurulu gücü ile ABD sınırları içerisinde olup 1970 yılında kurulmuştur. Güneş enerjisinin maliyetinin de verimli olması için güneş ışınlarını iyi alabilen büyük alanlara ihtiyaç vardır (Çepik, 2015).

Şekil 2.5. 2021 yılında BP istatistiklerine dayanılarak hazırlanmış kurulu güneş enerjisinin gigawatt (GW) cinsinden kapasiteleridir. Asya kıtası 501,58 GW ile başı çeken kıtadır. ÇHC yaklaşık 306 GW ile Asya kıtasının öncü ülkesidir. Sırasıyla Avrupa ve Kuzey Amerika güneş enerjisine yatırım yapan ve bu enerji kaynağını daha fazla kullanan kıtalar olarak öne çıkmaktadır.

Şekil 2.5. Kıtaların Kurulu Güneş Enerjisi Kapasitesi, GW



Kaynak: <http-7>

2.2.2.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr, yatay hava akımlarıdır ve atmosferdeki yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru oluşurlar. Bu basınç alanları, yüzeylerin farklı zamanlarda ve hızlarda ısınması ve soğumasından kaynaklanır. Rüzgârın şiddeti, basınç yüzeyleri arasındaki farka bağlıdır (Polat, 2016).

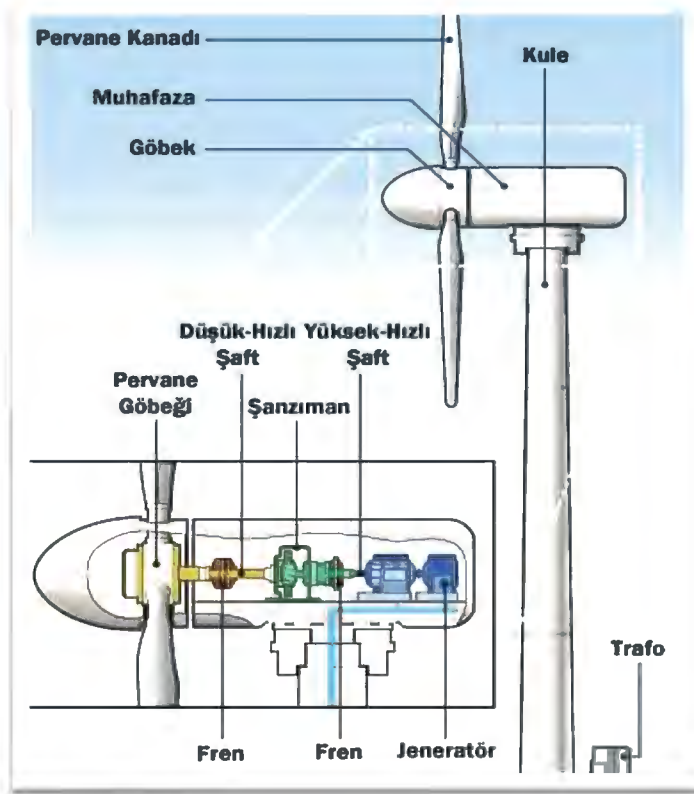
Rüzgâr enerjisinin kullanımı milattan önceki dönemlere kadar uzanmaktadır. Gemileri yüzdürmek, tahıl öğütmek, hayvanların su gereksiniminin sağlamak, su pompalamak gibi işlemlerinde kullanılan rüzgâr enerjisi günümüzde ise daha çok rüzgâr enerjisi santralleri (RES) aracılığıyla elektrik elde etmek için kullanılmaktadır.

Yel değirmenleri ilk olarak Türkler tarafından 640 yılında üretildi ve Haçlı Seferleri sırasında Avrupa'ya geçti. Avrupalılar, Doğuluların dikey sistem yel değirmenlerini geliştirerek yatay sistem yel değirmenleri yapmıştır. Danimarkalı Profesör Paul La Cour, 1891 yılında rüzgâr enerjisinden ilk elektrik enerjisi üretimini gerçekleştirmiştir (Özgener, 2002).

RES'lerde rüzgâr enerjisinden enerji elde edebilmek için rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır. Türbin pervane kanatlarına, pervane göbeğine ve pervane miline sahip olan sistemdir. Türbinlerle kinetik enerji mekanik

enerjiye ve elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Özgener, 2022).

Görsel 2.3. Rüzgâr Türbini



Kaynak: <http-11>

Rüzgâr enerjisinin avantajları arasında yenilenebilir özelliğe sahip olması, taşıma sorunu olmaması ve enerji üretimi için çok yüksek teknoloji gerektirmeyen, dış ülkelere bağımlılığı azaltan ve yerli kaynaklarla üretimin yapılmasına imkân tanıyan bir enerji kaynağı olması vardır. Çevre kirliliği de oluşturmayan rüzgâr enerjisi atmosferde bolca bulunmaktadır (Şenel ve Koç, 2015). Temiz bir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi doğal bir kaynaktır ve çevreye zararlı gaz salınımı yapmaz, düşük işletme maliyetine sahiptir. Rüzgâr enerji santrallerinde kullanılan rüzgâr türbinleri fosil yakıtlı santrallere göre daha ekonomiktir.

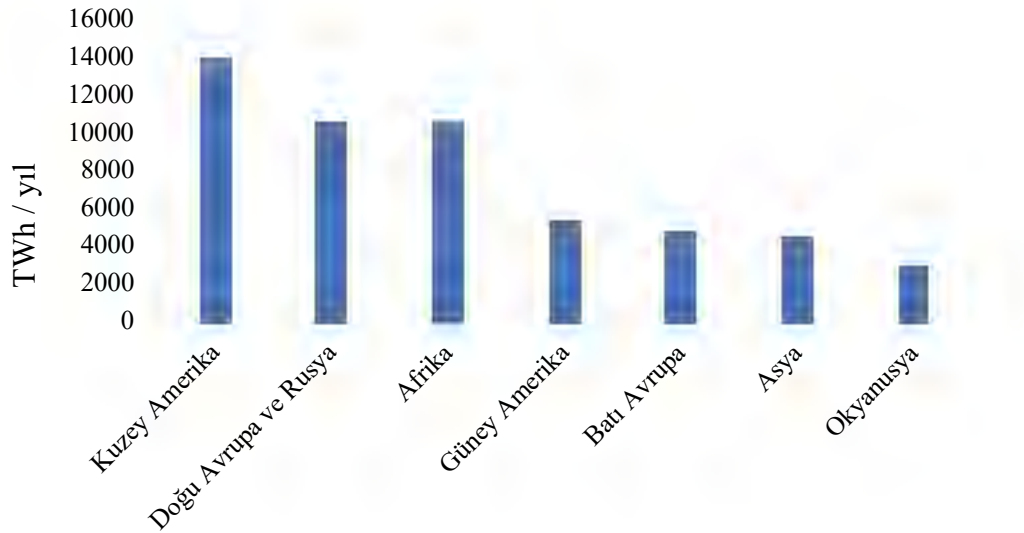
En önemli çevresel etkisi gürültüdür. Bu yüzden yerleşim alanlarının uzağına veya rakım farklılıkları nedeniyle gürültünün az hissedileceği yerlere kurulumu yapılmalıdır. Bir diğer etkisi ise kuş ölümlerine sebebiyet vermesi gösterilmektedir ama çok büyük boyutlarda olmadığı da bilinmektedir. Bir

başka dezavantajı ise elektrik üretiminde kesikli bir düzen olmasıdır, yani rüzgarların düzenli olmamasından dolayı elektrik üretimi sürekli değildir, ayrıca yüksek ilk yatırım maliyetine sahiptir.

Çevresel perspektiften ele alındığında, rüzgâr enerjisi alanlarının çeşitli kuş geçiş rotalarına, kuş habitatlarına ve duraklama bölgelerine yakın yerlere inşa edilmemesi esas alınmalıdır. Bu bağlamda, ekolojik incelemelerin eksiksiz olarak gerçekleştirilmesi büyük önem taşır. Öte yandan, son dönemlerde Danimarka ve Almanya gibi ülkelerde rüzgâr enerjisinin canlılar üzerindeki etkisinin nasıl ve hangi yönde olduğuna ilişkin endişeler artış göstermektedir ve bu nedenle bu konuda araştırmalar yürütülmeye başlanmıştır (Polat, 2016).

Rüzgâr enerjisi kapasitesi konusunda yapılan global araştırmalar, en fazla rüzgar enerjisi potansiyeline sahip olan kıtalar/bölgelerin sıralamasını Kuzey Amerika, Doğu Avrupa ve Rusya, Afrika, Güney Amerika, Batı Avrupa, Asya ve Okyanusya şeklinde belirlemiştir. Bu bilgiler, Şekil 1.7'de daha detaylı bir şekilde sunulmuştur. Bu verilere dayanarak, Kuzey Amerika, Doğu Avrupa ve Rusya ile Afrika'nın, dünya rüzgâr enerjisi potansiyelinin yüzde 66'sını elinde bulundurduğunu belirtmek mümkündür.

Şekil 2.6. Rüzgâr Potansiyelinin Dağılımı

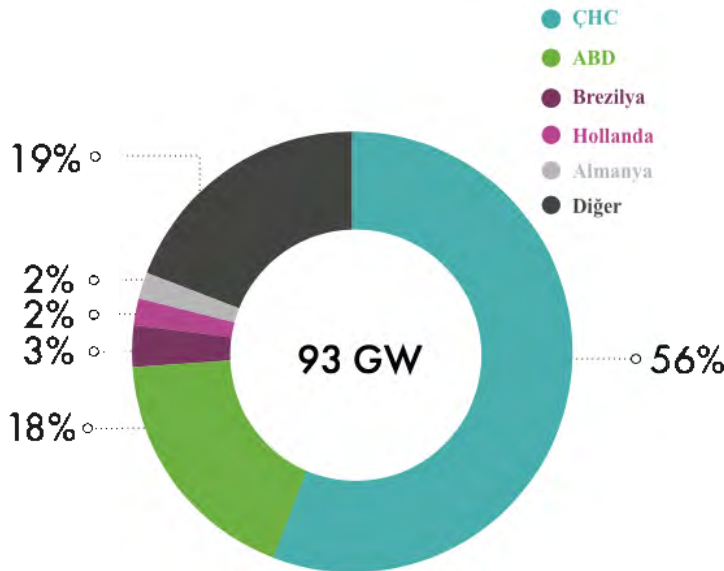


Kaynak: Şenel ve Koç, 2015

2021 Global Rüzgâr Raporu'na göre, Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi (GWEC) tarafından belirlenen verilere dayanarak, 2020 yılı, yılda yüzde 53'lük bir artışla rüzgâr enerjisi endüstrisi için tarihindeki en verimli yıl oldu. Hem küresel tedarik sürecini hem de proje işlemlerini aksatan zorlu bir dönemde, 93 GW'ın üzerinde rüzgâr enerjisi kurulumu, rüzgâr sektörünün sarsılmaz dayanıklılığını göstermiştir. Bu 93 GW'lık yeni kurulum, toplam dünya rüzgâr enerjisi kapasitesini 743 GW'a yükseltti ve bu durum yılda 1,1 milyar tonluk CO2 azaltımını ifade eder (http-10). Şekil 1.8.'de rapora göre derlenen verilere aracılığı ile RES'lerin yeni kurulumlarında dünyanın ilk beşi Çin, ABD, Brezilya, Hollanda ve Almanya olduğunu söyleyebiliriz.

Rüzgâr enerji santrallerinin iki çeşidi vardır, bunlar kara üzerinde (onshore) ve deniz üstü (offshore) RES'lerdir. Dünyada 2020 yılında onshore enerji üretim 707.4 GW, offshore enerji üretimi 35.3 GW olarak gerçekleşmiştir. Onshore enerji üretiminde sırasıyla ÇHC, ABD ve Almanya ilk 3'te yer alırken, offshore enerji üretiminde ÇHC, Birleşik Krallık ve Almanya ilk 3'te yer almaktadır.

Şekil 2.7. 2020 yılı Yeni Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi ve İlk Beş Pazarın Payları



Kaynak: http-10

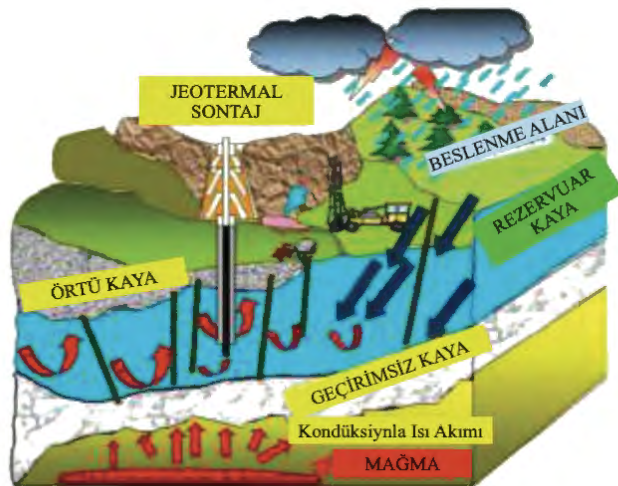
2.2.2.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, Dünya'nın iç sıcaklığından kaynaklanan bir enerjidir. Bu enerji, yer kabuğunun derin bölgelerinde basınç altında toplanmış olan sıcak sıvı (buharlaşmış su, gaz) ve sıcak, kuru kaya formlarındaki termal enerji şeklinde ifade edilir (Koç ve Kaya, 2015). Ayrıca, "kızgın kuru kayalar (dry hot rocks)" isimli, herhangi bir akışkan içermeyen ve temelde ısısından faydalanan bir kaynak da günümüzde jeotermal enerji sağlayıcısı olarak kabul edilmektedir (Gülay, 2018).

Jeotermal enerji teriminin kelime anlamı yeryüzünün ısı enerjisidir. Dünyanın merkezinde yaklaşık 4200 °C 'ye ulaşan magma faaliyetleri, jeotermal enerjinin kaynağını oluşturur. Tektonik hareketler sonucu oluşan çatlak ve kırık noktalardan süzülen meteorik sular, derinliklerde ısındıktan sonra gözenekli ve geçirgen olan kayaç içinde birikir. Geçirgen olmayan bir örtü kayaç tarafından kaplanan ve genellikle yeryüzüne ulaşamayan rezervuar kayaca hapsolmuş jeotermal sıvı, sondaj çalışmaları aracılığıyla yüzeye getirilir (Zaim ve Çavşi, 2018).

Jeotermal enerjinin oluşum süreci şematik olarak görsel 2.4'te gösterilmiştir. Yeryüzünde yakın bölgelerde sıcak su ve buhar doğrudan kullanılırken, daha derin bölgelerde ise öncelikle sondaj yöntemi ile erişim sağlanması gerekmektedir.

Görsel 2.4. Jeotermal Sistemin Oluşum Modeli



Kaynak Zaim ve Çavşi, 2018

Jeotermal enerjinin özellikleri arasında güneş ışınlarının olmadığı yerlerde bile kullanabiliyor olması, mevsimlerden bağımsız olması, çeşitli hava koşullarına bağımlı olmaması, üretimi sırasında atmosfere zararlı gaz salınımının çok az miktarda olması ve kaynakların sınırsızlığı sayılabilir. Ayrıca, diğer fosil yakıtlar gibi işlenmesi ve taşınması için yoğun enerji gerektirmez ve bölgesel bir enerji kaynağı olduğundan bulunduğu yerde bölgesel kalkınma için önemli bir fırsat sunar. Jeotermal enerjinin dezavantajları arasında ise yüksek maliyetleri, coğrafi olarak sınırlı kullanım alanları, su kaynaklarının tüketimi ve sıcak su kaynaklarının kuruması gibi faktörler gösterilebilir.

Jeotermal enerjinin geçmişi, antik Roma döneminde termal banyolar için doğal sıcak suyun kullanılmasıyla başlar. ABD'de ilk kez 1891'de Idaho'da ve daha sonra 1900'de Oregon'da ev ısıtması için kullanılmıştır. 1904'te İtalya'nın Larderello kentinde ilk defa jeotermal kuru buhardan enerji elde edilerek elektrik üretimi gerçekleştirildi. Ticari anlamda ilk kuru buhar jeotermal enerji kullanımı, elektrik üretimi için 1960'ta ABD'nin Kaliforniya eyaletinde gerçekleşti. 1969'da ise Fransa'da büyük şehirlerin ısıtılmasında jeotermal enerjinin kullanımına başlandı (http-12).

Tablo 2.2. Jeotermal Kaynakların Kullanım Alanları

	°C		
DOYMUŞ BUHAR ↑ ↓ SICAK SU ↑ ↓	200	Elektrik enerjisi üretimi	Elektrik Enerjisi Üretimi
	180	Yüksek yoğunluklu çözeltinin buharlaşması, Amonyum emilimi ile soğutma	
	170	Hidrojen sülfid yolu ile ağır su eldesi, diatomitlerin kurutulması	
	160	Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması	
	150	Bayer's yolu ile alüminyum eldesi	
	140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (Konservcilikte)	
	130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi	
	120	Temiz su eldesi, tuzluluk oranının artırılması	
	110	Çimento kurutulması	
	100	Organik madde kurutma (Yosun, et, sebze vb.), yün yıkama	Isıtma
	90	Balık kurutma	
	80	Ev ve sera ısıtma	
	70	Soğutma	
	60	Kümes ve ahır ısıtma	
	50	Mantar yetiştirme, Balneolojik banyolar (Kaplıca Tedavisi)	
	40	Toprak ısıtma, kent ısıtması (Alt sınır) sağlık tesisleri	
	30	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisleri	
	20	Balık çiftlikleri	

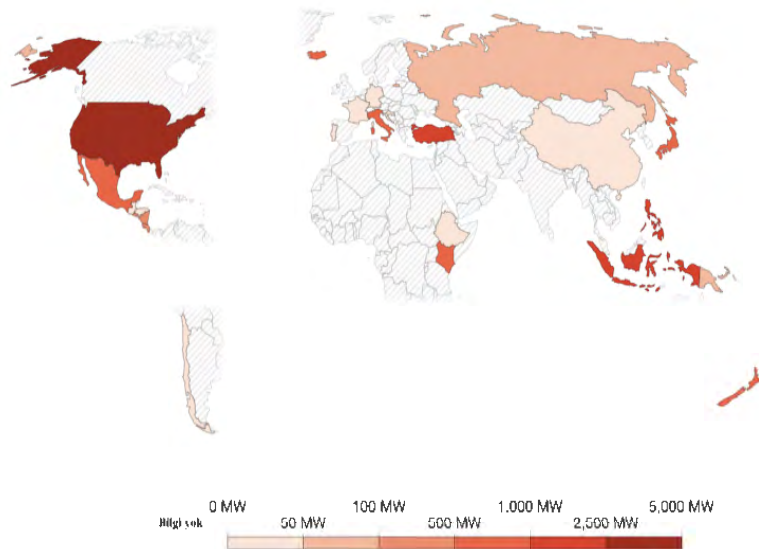
Kaynak: Yener, 2020

Günümüzde de jeotermal enerji genellikle konutların ısıtılması, endüstriyel ısı ihtiyaçları, elektrik üretimi, sıcak su ihtiyacı, termal turizm, sera ve sağlık alanında kullanılmaktadır. Rüzgâr, yağmur, güneş gibi meteoroloji olaylarından bağımsızdır. Yıl boyunca üretimi devam eder. Çok az da olsa çevreye hidrojen sülfür salar. Ancak diğer enerji kaynaklarına göre çevreye verdiği kirlilik miktarı çok daha düşüktür (Bilge, 2021). Yukarıda tablo 2.2.'de jeotermal akışkanının sıcaklık değerine göre kullanım alanları özetlenmiştir. Tabloya göre 120 santigrat derece ve üzeri akışkanlar elektrik üretimi için idealken, bu sıcaklığın altındaki yer alan akışkanlar genellikle ısıtma sistemleri için kullanılmaktadır.

Milyonlarca yıl öncesinde, jeolojik aktiviteler sonucunda dünya üzerinde çeşitli jeotermal bölgeler oluşmuştur. Bu bölgeler, geniş bir coğrafi alana yayılmıştır ve yüksek ısı kapasitesiyle enerji kullanımında değerli bir alternatif sunmaktadır (Gülay, 2018).

Jeotermal enerji kapasitesi en verimli kıtalar; Asya-Pasifik ve Amerika kıtalarıdır. Jeotermal enerjinin 2020 yılı MW cinsinden kümülatif kurulu güç haritası şekil 2.8.'de BP'nin 2021 Dünya Enerjisinin İstatistiksel İncelemesi raporundaki rakamlara göre hazırlanmıştır. Rapora göre ABD 2587 MW, Endonezya 2131 MW, Filipinler 1928 MW ve Türkiye 1613 MW ile ilk sıraları oluşturmaktadır.

Şekil 2.8. Kurulu Jeotermal Enerji Kapasitesi, 2020



Kaynak <http-7>

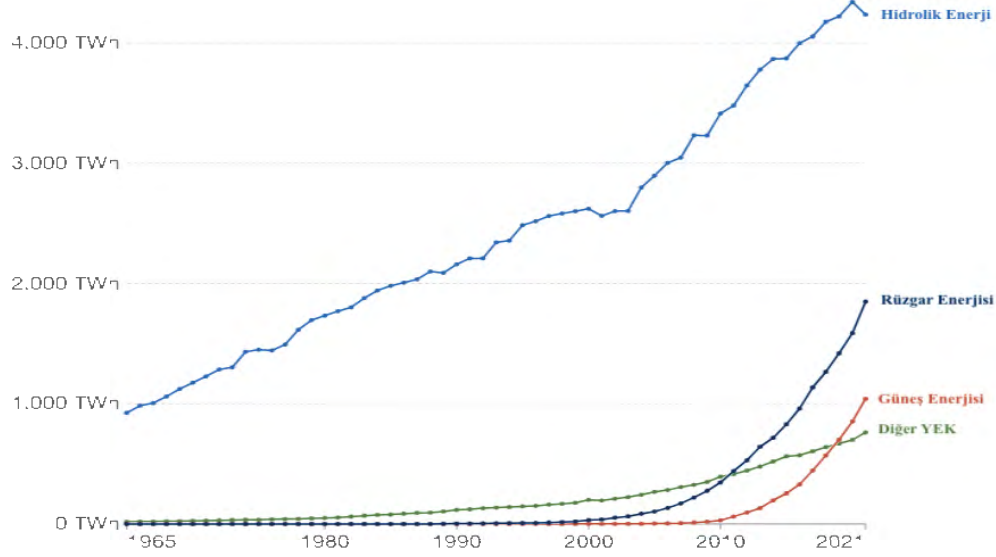
Jeotermal enerji ile yapılan küresel elektrik üretiminin oranı sadece yüzde 0,04'tür. Ancak Uluslararası Enerji Ajansı'nın (UEA) tahminlerine göre bu oranın 2050 yılına kadar yüzde 3,5'a çıkması beklenmektedir. Bu durum, jeotermal enerjiye yapılan yatırımların yetersiz olduğunu ve bu enerji kaynağının potansiyelinin tam olarak kullanılmadığını göstermektedir. (Kaya, vd., 2018).

2.2.2.4. Hidrolik Enerji

Hidroelektrik enerji, suyun hareketi ve yer çekimi etkisiyle oluşan enerji türüdür. Basitçe ifade etmek gerekirse, hidroelektrik enerji, suyun enerjisini elektrik enerjisine dönüştürme sürecidir. Ekonomik faktörlerden dolayı, diğer yenilenebilir enerji türlerine kıyasla daha uygun maliyetli olan hidroelektrik enerji, dünya genelinde en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynağıdır (SETAV, 2017). Şekil 2.9. enerji kaynağına göre yenilenebilir enerji üretimi grafiğinde BP'nin Dünya Enerjisi İstatistiksel İncelemesi ve veri temelli analizler kullanarak küresel elektrik üretiminde temiz enerji kaynaklarına dönüşüm üzerine çalışmalar gerçekleştiren bir düşünce kuruluşu olan EMBER'in verilerinden yararlanarak hazırlanmıştır. Hidrolik enerji 1965'li yıllarda dahi var olan yenilenebilir bir enerji kaynağı olup, günümüze kadar hızla üretimini artırmış ve en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji türü olmuştur.

Tarih boyunca su ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla su toplama teknikleri geliştiren insanlık, özellikle su kaynaklarının az olduğu bölgelerde daha büyük su depolama yapıları oluşturmuştur. Günümüzde bu yapılar arasında en önemlisi ve yaygını barajlardır (Akdoğan, 2018).

Şekil 2.9. *Enerji Kaynağına Göre Yenilenebilir Enerji Üretimi*



Kaynak: <http-13>

Hidroelektrik enerji üretiminin hedefi, nehirler üzerine kurulan barajlar aracılığıyla suyu depolamak ve bu birikmiş suyun potansiyel enerjisini kullanarak bir türbin aracılığıyla elektrik enerjisi üretmektir. Bu süreçte, hidroelektrik enerji santralleri (HES) önemli bir rol oynar (Koç ve Kaya, 2015).

Hidroelektrik santraller uzun ömürlüdür, düşük bakım ve işletme maliyetleri vardır. Yakıt gideri olmayan bir enerji türü olduğundan hidrolik enerji tercih sebebidir. Fosil yakıtlara kıyasla gücünü suyun gücünden aldığından çok daha temiz bir enerji kaynağıdır. Asit yağmurları, karbon salınımı gibi atmosfer kaynaklı kirleticileri üretmez. Yaklaşık yüz yıldır kullanıldığından teknolojisi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en gelişmiş olanıdır. Böylelikle daha düşük maliyetli ve daha verimli olmaktadır.

Her ne kadar çevreye dost enerji kaynağı olarak kabul edilse de bazı dezavantajları da bulunmaktadır. HES'lerin kurulumu sırasındaki baraj inşaatları ve işletme sürecinde de suyun akım hızı ve debisinde yaşanan değişimler, su altı yaşam alanlarını ve balık popülasyonlarına zarar verebilir. HES'in kurulacağı bölgedeki ağaç ve ormanların tahrip edilmesi ile erozyona sebebiyet verebilir. Baraj yapıları betondan yapılır ve yapının arkasında biriktirilen büyük miktardaki su, bulunduğu alanın su altında kalmasına ve dolayısıyla bulunduğu bölgenin ekolojik dengesinin bozulmasına yol

açmaktadır (Gülay, 2018).

Hidroelektrik enerji, elektrik üretimini ekonomik ve güvenilir bir şekilde sağlayarak ülkelerin sosyo-ekonomik ilerlemesine destek olur ve kalkınmayı olumlu bir şekilde tetikler. Bu enerji formunun üretiminde, yerel ve yenilenebilir kaynakların çevreye zarar vermeden kullanılması önemlidir (Tasnak, 2019).

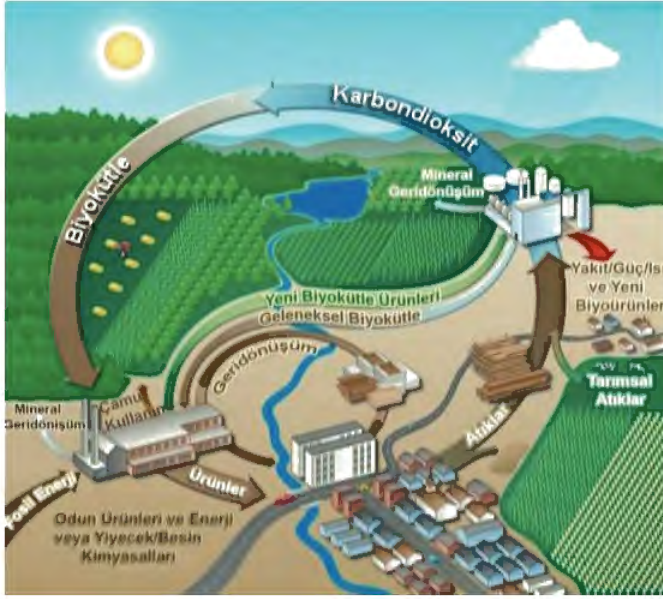
Hidrolik enerji üretimi alanında en büyük üretici 312,7 GW'lık üretim kapasitesi ve dünya üretim toplamındaki yüzde 28'lik payıyla Çin Halk Cumhuriyeti'dir. Bu ülkeyi Brezilya, Kanada, ABD takip etmektedir. Orta Doğu ülkelerinden hiçbiri bu alanda hatırı sayılır bir konuma sahip değildir. Orta Doğu'nun iklim özellikleri bunun ana sebebidir. Orta Doğu ülkeleri arasında hidrolik enerji üretiminde Türkiye 27,3 GW'lık üretim kapasitesi ile lider konumdadır (Yazıcı, 2022).

2.2.2.5. Biyokütle Enerjisi

İnsanlar biyokütle enerjisini, yemek pişirmek veya sıcak tutmak için ilk kez odun ateşi yaktıklarından beri kullanmışlardır. Biyokütle enerjisi, sanayi devrimi ile birlikte kömür kullanımı yaygınlaşmadan önce tüm insanlığın kullandığı ve en çok tercih edilen yenilenebilir enerji kaynağı idi. Günümüzde ise biyokütle, elektrik jeneratörlerinde ve diğer makinelerde yakıt olarak kullanılmaktadır (Süslü, 2021).

Biyokütle enerjisi, geleneksel ve çağdaş olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. İlk kategori, görsel 2.5'te belirtildiği gibi, geleneksel ormanlardan elde edilen yakacak odun ve bitki ve hayvan atıklarını (örneğin, tezek) içerir. Diğer kategori ise, enerji ormancılığı ve orman-ahşap endüstrisi atıkları, tarımsal bitki atıkları, kentsel atıklar ve tarıma dayalı endüstriyel atıkları içeren modern biyokütle enerjisidir (Gezer, 2013).

Görsel 2.5. Biyokütle Dönüşüm Süreçleri



Kaynak: Kapluhan, 2014

Biyokütle enerjisi, dünya genelinde giderek daha fazla dikkat çeken ve önem kazanan bir enerji kaynağıdır. Biyokütle, tarım atıkları, orman sektörü organik atıkları gibi bitkisel ve hayvansal atıkların da dahil olduğu organik materyallerin çeşitli yöntemlerle enerji üretimi için kullanılmasına dayanan yenilenebilir enerji türüdür.

Enerjinin ana kaynağını biyo çözünürlüğü olan bitkisel ve hayvansal ürünler teşkil etmektedir. Bu kaynakların gerekli işlemlerden geçirilmesi ile biyo yakıt, ısı ve elektrik elde edilir (Yazıcı, 2022).

Biyokütle enerji kaynakları geniş bir yelpazeye sahip olup, çeşitli sektörlerde ve yerlerde bulunabilir. Bu kaynaklar doğal yollarla elde edilen tarımsal ve hayvansal atıkların yanı sıra, enerji bitkileri, diğer atıklar ve algler gibi alternatif kaynakları da içerir. Biyokütle kaynaklarının genel sınıflandırılması tarımsal, hayvansal, orman, kentsel ve endüstriyel atıklar şeklinde yapılabilir (http-15).

Biyokütle kaynakları için çeşitli örnekler aşağıda sıralanmıştır.

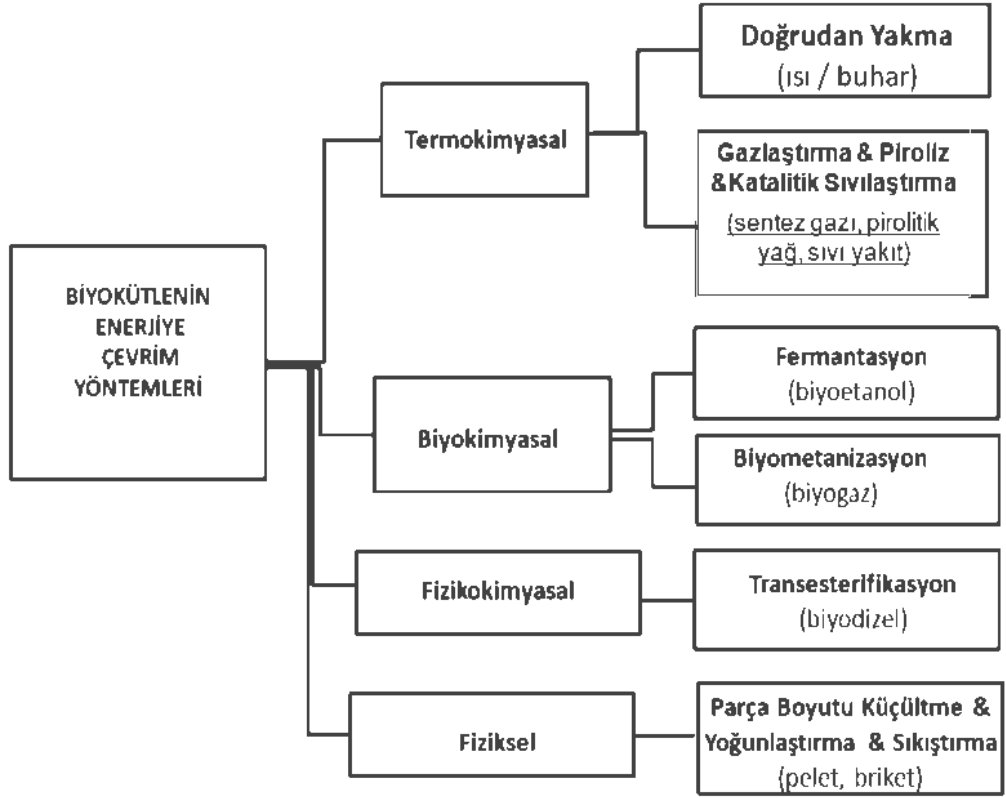
- Ayçiçek ve soya gibi yağlı tohumlu bitki türleri,
- Buğday, patates ve pancar gibi içinde şeker ve nişasta bulunan bitkiler,

- Ketan, kenevir vb. elyaf içeren bitki türleri,
- Bezelye vb. protein içeren bitki türleri,
- Saman, kök vb. tarımsal ve bit atıkları,
- Enerji bitki türleri, çeşitli ağaç türleri gibi orman atıkları,
- At, koyun gibi hayvan gruplarının dışkıları,
- Mezbahaneden kaynaklanan atıklar
- Biyolojik kökenli endüstri atıkları, belediye atıkları ve artıma çamurları da biyokütlenin kaynakları arasındadır.

Biyokütle enerjisi, fotosentez ile enerji depolayan ve organik madde oluşturan canlı organizmaların dönüşümü yoluyla elde edilir. Biyokütle kaynaklarından aşağıda şekil 2.10.'da verilen çevrim yöntemleri uygulanarak farklı yakıt türleri üretilebilmektedir. Biyokütle kaynakları, farklı dönüşüm teknikleri kullanılarak enerjiye dönüştürülür. Bu teknikler aracılığıyla biyogaz, biyodizel, biyoetanol ve sentetik gaz gibi ürünler elde edilir. Bu ürünler ise çeşitli alanlarda, örneğin ısıtma, elektrik üretimi ve taşımacılık sektöründe kullanılabilir (<http-15>).

Biyokütle enerjisinin kullanımı, çeşitli avantajları ile öne çıkar. Bu avantajlar arasında karbon salınımlarının azaltılması, iklim değişikliğine karşı pozitif etki yaratılması, atık yönetimine katkı sağlaması ve enerji tüketimindeki dışa bağımlılığın azaltılması bulunmaktadır. Bunların yanı sıra, biyokütle çeşitli dönüşüm teknikleri ile farklı enerji türlerine dönüştürülebilmektedir. Ayrıca, biyokütle enerjisi yerel olarak üretilebilir ve işlenebilir, bu da yerel ekonomiye ve istihdama olumlu etki yapar (<http-15>).

Şekil 2.10. Biyokütle Çevrim Yöntemleri



Kaynak: <http://14>

Biyokütlenin dezavantajları arasında aşağıdaki maddeleri sayabiliriz:

- Enerji yoğunluğu ve verimliliği fosil yakıtlara göre daha düşük,
- Biyoyakıt verimliliğini artırmak için fosil yakıtlara ihtiyaç duyulur,
- Bazı atıkların kullanımı sırasında metan gazı oluşur,
- Biyoenerji üretimine alan açmak için ormanlar tahrip edilebilir.

Dünyada biyokütle enerjisine sahip ülkeler, enerji üretimi için tarım ve orman atıklarını kullanarak enerji dönüşüm süreçlerini desteklemektedir. Bu ülkeler, biyokütle enerjisi sektörünü teşvik etmek ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek amacıyla çeşitli politikalar ve teşvikler de uygulamaktadır. Bu politikaların amacı biyokütle enerjisi üretiminin artırılması ve enerji portföyünde daha sürdürülebilir ve daha enerji dostu seçeneklerin sunulması içindir.

IEA'nın projeksiyonlarına göre, 2050 yılında biyoenerji üretimi bugünkü seviyesinin üç katına çıkabilir. Bu durum, biyokütle enerjisinin dünya elektrik üretiminin yüzde 7,5'ini veya ulaşımda kullanılan yakıtın yüzde 27'sini sağlama kapasitesine ulaşabileceği anlamına gelebilir (SETAV, 2017).

Dünya genelinde enerji bitkileri yetiştiriciliği ve biyoyakıt üretimi büyük önem kazanmıştır. Özellikle 2015 yılında imzalanan Paris İklim Antlaşması niyet beyanlarında, küresel iklim sıcaklık değişiminin 2 °C ve altında tutma sözünün verilmiş olması, tüm ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına ve özellikle biyokütle enerjisine yönlendirmiştir. Ayrıca gelişmiş ülkeler birincil enerji tüketiminde biyoyakıt kullanımını artırmak ve fosil yakıtların yerini zamanla yenilenebilir enerji kaynaklarının almasını sağlamak için adımlar atmaktadır. Brezilya, biyokütlenin geniş çaplı kullanımında önde gelen bir örnektir. Burada yaklaşık 5 milyon araç, 1989'dan bu yana yakıt olarak benzin yerine şeker kamışından elde edilen saf biyoetanol veya benzin/etanol karışımını kullanıyor. İsveç, toplam enerjisinin yüzde 16'sını, Avusturya ise yüzde 13'ünü biyokütleden sağlamaktadır (TÜBA, 2022).

2.2.2.6. Dalga ve Gelgit Enerjisi

Dalga enerjisi, deniz ve okyanus gibi su kaynaklarından gelen dalgalardan elde edilen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Bu enerji kaynağı, dünya yüzeyinin yaklaşık yüzde 70'ini kaplayan su kütlesinin hareketi sayesinde üretilir.

Dalga enerjisi bol miktarda bulunan ve Avrupa'da yaygın olarak kullanılan bir enerji kaynağıdır. Ancak, henüz diğer gelişmiş enerji kaynaklarına kıyasla yeni bir teknoloji olması nedeniyle tam anlamıyla gelişmemiştir. Deniz dalgalarının yoğun enerjisi, diğer yenilenebilir kaynaklardan daha yüksek seviyededir. Ayrıca, güvenli ve kesintisiz bir kaynaktır, sürekli olarak elde edilebilir (Polat, 2016).

Dünya'da dalga enerjisinde Güney Kore 2011 yılında faaliyete geçen 254 MW üretim kapasiteli Sihwa tesisi ile lider durumdadır. Fransa, Avustralya, İngiltere, İskoçya, Hindistan, Portekiz, ABD bu alana yatırım yapan diğer ülkelerdir (Yazıcı, 2022).

Dalga enerjisinin avantajları arasında sera gazı salınımı gibi bir zararı yoktur ve yenileme süresi gibi bir durumu söz konusu olmayan bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Kıyı şeritlerinin üretime elverişli olması çoğu ülkeye bu enerjiden faydalanma imkânı verir. Dezavantajlarını ise ilk yatırım maliyetinin yüksekliği, deniz ekosistemine zarar verme olasılığı, dalga enerji tesislerinin hayli gürültülü çalışan sistemler olması ve gürültü kirliliği oluşturması gibi maddeler oluşturur.

Gel-git enerjisi, okyanus akıntılarından kaynaklanan suyun kinetik ve potansiyel enerjisinin elektrik üretiminde kullanılmasıdır. Bu enerji, Ay'ın yüzde 68 ve Güneş'in yüzde 32 oranında Dünya'yı çekmesi sonucu oluşur. Bu çekim kuvveti, okyanuslardaki su seviyesinin yükselerek sahillerin iç kısımlarına doğru hareket etmesine neden olur. Daha sonra su seviyesinin alçalmasıyla geri çekilir. Bu düzenli ve günlük iki kez tekrarlanan olaya "gelgit" denir (Tasnak, 2019).

İlk modern gelgit enerjisi üretim tesisi 1966 yılında Fransa'da kurulan La Rance Gelgit Enerji Üretim Tesisi'dir. Tesis 240 MW üretim kapasitesi ile günümüzde aktif konumdadır. İlk enerji tesisinin kurulmasından günümüze önemli bir süre geçmesine rağmen aşağıda sıralamış olduğumuz dezavantajları sebebiyle gelgit enerjisi, süreç içerisinde önemli bir enerji üretim kalemi konumuna gelememiştir (Yazıcı, 2022).

Gel-git enerjisinin dezavantajları (Yazıcı, 2022):

- Gelgit enerjisi üretim tesislerinin bakım maliyetleri düşük olsa da ilk kurulum maliyetleri oldukça yüksektir. Deniz suyunun paslandırıcı etkisinden korunmak amacıyla tesis inşasında paslanmaz malzemeler (örneğin paslanmaz çelik) kullanılmalıdır. Ayrıca deniz içerisinde kurulum yapmanın zorluğu maliyetleri artıran bir başka unsurdur.
- Bu üretime elverişli kıyı alanlarının sayısı çok fazla değildir. Yüksek hacimli gelgitlere sahip olmayan kıyılar bu tesislerin kurulması için elverişli değildir.
- Gelgit enerjisi üretimi günlük gelgit sayısı ile yani günlük iki sefer ile kısıtlıdır.
- Gelgit enerjisi üretim tesisleri bulundukları bölgelerde deniz yaşamına ve

balıkçılığa zarar vermektedirler.

- Gelgit enerjisi üretimine imkân tanıyan kıyının, enerji tüketim merkezleri olan şehirlere uzak olması durumu ek bir şebeke maliyetinin doğmasını beraberinde getirebilmektedir.

Gel-git enerjisinin avantajları (Yazıcı, 2022):

- Karbon salınımına sebebiyet vermeyen bir enerji üretim kalemidir.
- Gelgit zamanları bilindiğinden istikrarlı bir üretim sağlar.
- Hidro enerjide olduğu şekli ile yağış oranına veya başka bir tür iklim değişkenine bağımlılık gel git enerjisi üretiminde söz konusu değildir.
- Bu alandaki üretim tesislerinin bakım maliyetleri benzer büyüklükteki diğer enerji yatırımlarına kıyasla daha düşük olabilmektedir.
- Tesislerin çalışmasında bir başka enerji tipi desteğine ihtiyaç duyulmamaktadır. Tesisler ilk kurulumu sonrası çok uzun süreler hizmet vermektedir.

2.2.2.7. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen gazı, havadan 14 kat daha hafif olup tamamen güvenli ve en bol bulunan gazdır. Bu gaz serbest halde bulunmadığından, dünya genelinde daha çok su formunda bulunur. Bu nedenle, tüm su kaynakları potansiyel hidrojen kaynaklarıdır (Bayram, 2020). Rengi, kokusu ve tadı olmayan hidrojen ametaldir. Dünyada en yaygın olarak bulunan hidrojen atomunda bir proton ve bir elektron olup oldukça yanıcıdır (http-16).

Hidrojen, fosil yakıtlar, su ve biyokütlelerden sentetik olarak üretilen bir yakıttır. Üretimi sırasında birçok teknolojiye dayanır. Üretimi tamamlandıktan sonra hidrojen, boru hatları ve tankerler aracılığıyla uzak mesafelere taşınır. (Deniz, 2018).

Hidrojen, doğal bir yakıt kaynağı olmamasına rağmen, su, biyokütle, nükleer ve hidrokarbon gibi kaynaklardan üretilerek bir enerji taşıyıcısı olarak depolanabilir ve yakıt hücrelerinde elektrik ve ısı üretmek için kullanılabilir. Bu nedenle, hidrojen için Ar-Ge faaliyetleri hız kazanmaktadır (http-17).

Üretim yöntemine göre hidrojen enerjisi renk kodlarıyla isimlendirilir. Şekil 2.11’de verilen renk kodlaması ve sera gazı salımı, üretim aşamasında da oluşabilen etkileri gözler önüne sermektedir. Yeşil hidrojen, suyun elektrolizi yoluyla yenilenebilir kaynaklı elektrik kullanılarak üretilir ve sera gazı emisyonu sıfıra yakındır. Sarı hidrojen, suyun elektrolizi yoluyla nükleer enerji kullanılarak elde edilir ve sera gazı emisyonu sıfıra yakındır. Mavi hidrojen, buhar metan reformasyonu ve karbon yakalama depolama yöntemleri kullanılarak üretilir ve sera gazı emisyonu düşüktür. Turkuaz hidrojen, piroliz yoluyla yan ürün olarak üretilir ve düşük sera gazı emisyonuna neden olur. Gri hidrojen ise doğal gaz kullanılarak buhar metan reformasyonu yoluyla elde edilir ve ne yazık ki yüksek sera gazı emisyonuna neden olur.

Şekil 2.11. Hidrojen Üretim Yöntemlerine Göre Hidrojen Enerjisi Renkleri



Kaynak: <http-17>

Dünyada tüketilen hidrojenin neredeyse tamamı fosil yakıtlar olan kömür ve doğal gazdan karşılanmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın "Hidrojenin Geleceği" raporuna göre, 2018 yılında gerçekleşen 73,9 milyon tonluk saf hidrojen talebinin yanı sıra, yaklaşık 45 milyon ton hidrojen diğer gazlardan ayrıştırılmadan önce, demir-çelik sektörü ve metan üretimi gibi

diğer endüstrilerde kullanılmıştır (http-17). Hidrojenin bu şekilde kullanımı, çevresel etkileri azaltmak ve enerji sektörünün sürdürülebilirliğini artırmak için önemli bir adımdır.

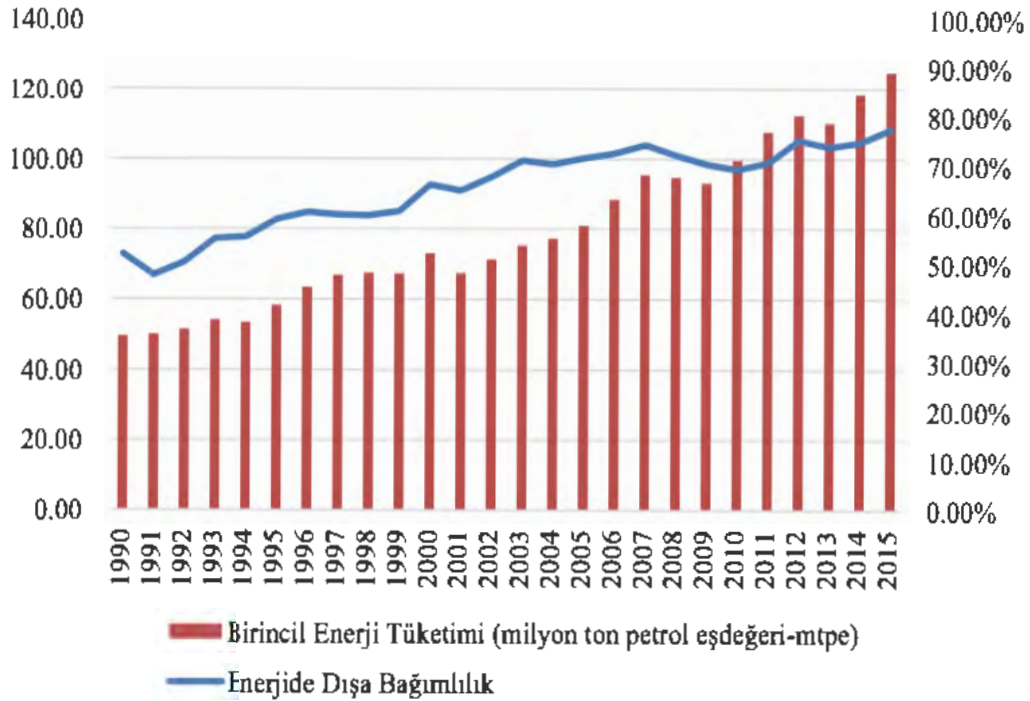
Dünyanın en büyük hidrojen üreticisi ve kullanıcısı olan Çin, hidrojen teknolojilerine yatırım yaparak, karayolu araçlarından, endüstriyel uygulamalara kadar, birçok alanda hidrojenin kullanımını yaygınlaştırmayı hedeflemektedir. Çin'de, 1000 yakıt hücresi elektrikli otobüs ve Ballard yakıt hücresi 2200 ticari kamyon faaliyet göstermektedir (http-18). Bu, hidrojenin çevre dostu bir alternatif olarak benimsenmesine yönelik küresel bir trendin bir parçasıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı hidrojen üretiminin artması, hidrojenin gelecekte daha yaygın olarak kullanılmasını sağlayacaktır. Bu, enerji sektörünün sürdürülebilirliğini artıracak ve çevresel etkileri azaltacaktır.

3. TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Avrupa ve Asya arasında yer alan Türkiye, büyüme odaklı ekonomisi, gelişen sanayisi ve her geçen yıl artan nüfusu sebebiyle artan enerji talebi yaşamaktadır. Teknolojik ilerlemelerin enerji üretim ve tüketim alışkanlıklarını büyük ölçüde değiştirdiği, Türkiye'nin de enerji talebinin büyük çoğunluğunu fosil yakıtları kullanarak karşıladığını düşünürsek, ülkenin enerjide dışa bağımlı olduğunu söyleyebiliriz (Şenoğlu vd., 2022).

Türkiye'nin yıllık toplam ithalatının yaklaşık dörtte biri enerji ithalatından oluşuyor ve bu enerji ithalatı, Türkiye'nin enerji ihtiyacının dörtte üçüne karşılık geliyor. Bu yüksek dışa bağımlılık, Türkiye'deki yetersiz petrol ve doğal gaz rezervleri, yenilenebilir kaynakların yeterince kullanılmaması ve enerji verimliliği çalışmalarının etkin yürütülememesinden kaynaklanıyor (Yılankırkan ve Doğan, 2020).

Şekil 3.1. Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi ve İthalat Bağımlılığı



Kaynak: Akdoğan, 2018

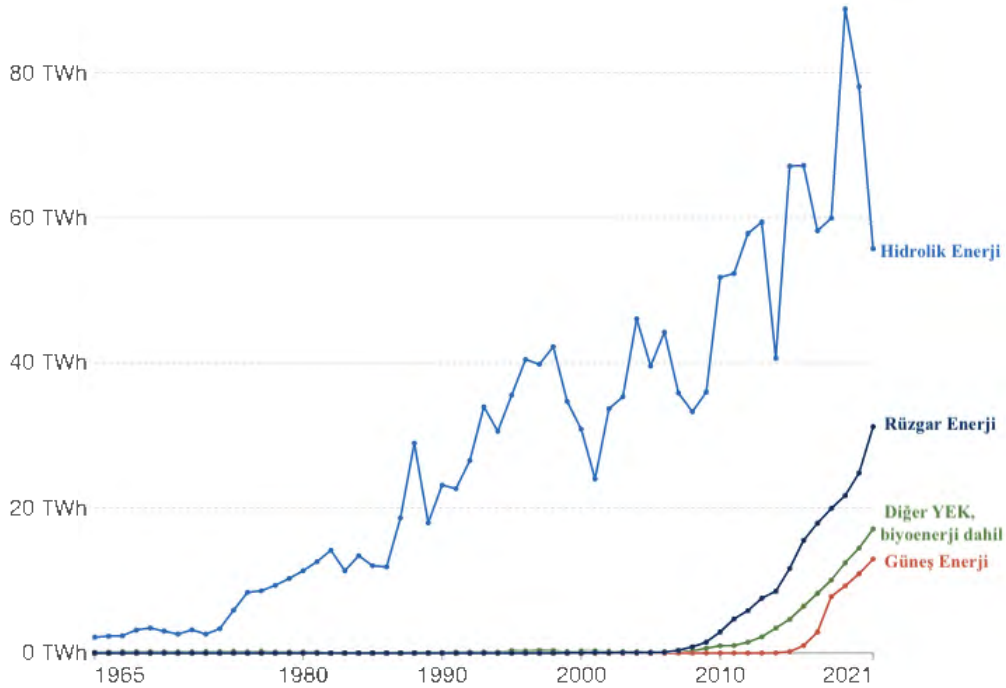
Şekil 3.1.’de de görüleceği üzere 1990-2015 yılları arasında Türkiye’nin birincil enerji talebi artmaktadır. Ancak bu talebin büyük bir kısmı

Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını artıran ithalat ile karşılanmaktadır (Akdoğan, 2018). Enerjinin ithal ediliyor olması Türk ekonomisinin öne çıkan problemlerinden biridir.

Dünya sürdürülebilir bir gerçekliğe adım atarken, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç şimdiye kadar hiç olmadığı kadar önemli bir hale gelmiştir.

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından önemli bir potansiyele ve çeşitliliğe sahiptir. Coğrafi konumu nedeniyle önemli bir güneş enerjisi potansiyeline, yer şekilleri özellikleri nedeniyle de ciddi sayılacak hidrolik enerji ve rüzgâr enerjisi potansiyeline hakimdir. Jeotermal enerjide ise dünya potansiyelinin yaklaşık yüzde 8'ine sahiptir (Koç ve Kaya, 2015). Şekil 3.2.'de BP'nin verilerine dayanarak oluşturulmuş, Türkiye'nin YEK kullanımının yıllar içerisindeki değişimi verilmiştir. Hidrolik enerji çok uzun yıllardır kullanılan ve son yıllarda yeni yatırımlar ve teşviklerin de desteğiyle en fazla kullanılan yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Şekil 3.2. Türkiye'de YEK Kullanımının Yıllar İçerisindeki Gelişimi



Kaynak: <http-7>

Türkiye Elektrik İletim A.Ş.'nin web sayfasında yer alan verilerinden kullanılarak aşağıdaki tablo 3.1. ve şekil 3.3. meydana getirilmiştir. Paylaşılan verilere göre 2021 yılı Türkiye'nin toplam kurulu gücü 99.819,60 MW olarak gerçekleşmiştir. Toplam kurulu gücün yaklaşık yüzde 53,33'ü yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır. Geriye kalan 46,67'lik kurulu güç ise yenilenemeyen enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Toplam kurulu güçte, doğal gazın payı yüzde 21,54, linyit kömürünün payı yüzde 10,01, ithal kömürün payı yüzde 8,86, taş kömürü ve asfaltitin payı yüzde 0,81 olarak gerçekleşmiştir.

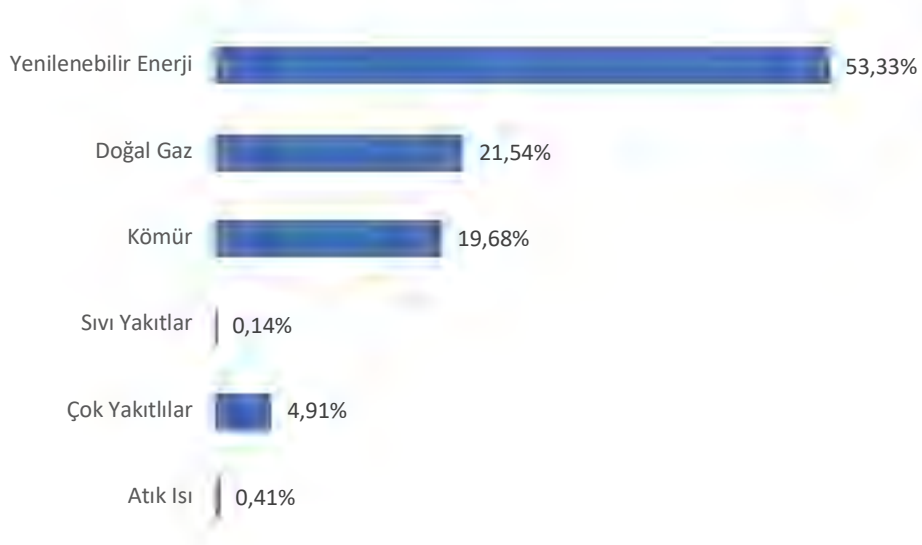
Yenilenebilir enerji kaynaklarının dağılımı ise 2021 yılı kurulu güç içerisinde hidrolik enerji yüzde 31,55, rüzgâr enerjisinin yüzde 10,63, güneş enerjisinin yüzde 7,83, ve jeotermal enerjinin ise yüzde 1,68 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 3.1. Kurulu Gücün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (MW), 2021

	MW	%
İTHAL KÖMÜR	8.840,30	8,86
TAŞ KÖMÜR+ASFALTİT	812,5	0,81
LİNYİT	9.988,70	10,01
SIVI YAKITLAR	135,4	0,14
ÇOK YAKITLILAR	4.897,80	4,91
ATIK ISI	408,3	0,41
DOĞAL GAZ	21.502,50	21,54
YENİLENEBİLİR ATIK+ATIK	1.642,70	1,65
RÜZGAR	10.607,00	10,63
GÜNEŞ	7.815,60	7,83
BARAJLI	23.280,40	23,32
D.GÖL VE AKARSU	8.212,20	8,23
JEOTERMAL	1.676,20	1,68
TOPLAM	99.819,60	100

Kaynak: <http-19>, TEİAŞ

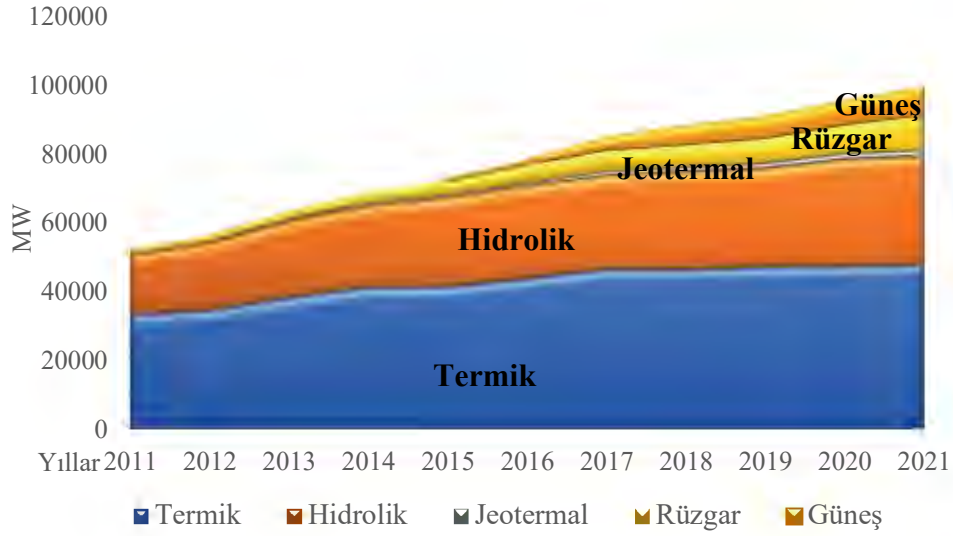
Şekil 3.3. Kurulu Gücün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı, 2021



Kaynak: *http-19, TEİAŞ*

Türkiye’deki kurulu gücün birincil enerji kaynaklarına göre son on yıllık gelişimine baktığımızda yenilenebilir enerji kaynaklarının ön plana çıktığını görüyoruz. Şekil 3.4.’te verilen 2011-2021 yılları karşılaştırması yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr ve güneş enerjisinde bir atılım yapıldığını, termik santrallerin payının az da olsa azaldığını gözlemliyoruz. 2011 yılında Türkiye’nin toplam kurulu gücü içerisindeki payı yüzde 3,27 olan rüzgâr enerjisi 2021 yılında yüzde 10,63’e, 2011 yılında yüzde sıfır olan güneş enerjisi 2021 yılında yüzde 7,83 olarak gerçekleşmiştir.

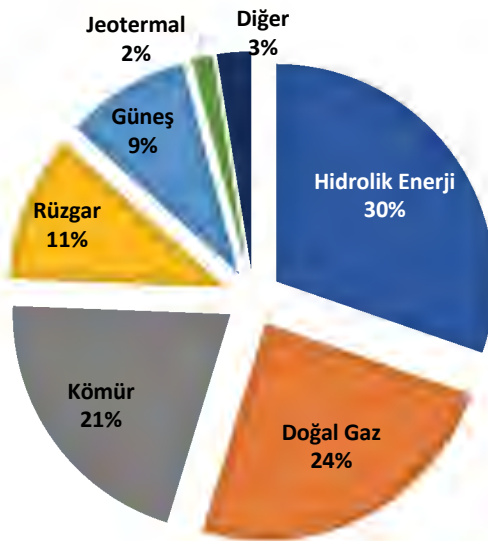
Şekil 3.4. Türkiye’de Kurulu Gücün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Gelişimi (2011-2021)



Kaynak: <http-19>, TEİAŞ

ETKB’nin 2022 yılı verilerine göre, Türkiye’nin elektrik üretiminin yüzde 34,6’sı kömürden, yüzde 22,2’si doğal gazdan, yüzde 20,6’sı hidrolik enerjiden, yüzde 10,8’i rüzgârdan, yüzde 4,7’si güneşten, yüzde 3,3’ü jeotermal enerjiden ve yüzde 3,7’si diğer kaynaklardan elde edilmektedir. Şubat 2023 itibariyle Türkiye’nin kurulu gücü 104.136 MW’a ulaşmıştır. Kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı Şekil 3.5’te gösterilmektedir.

Şekil 3.5. Türkiye’de Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı, Şubat 2023



Kaynak: ETKB’nin verileri kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

3.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi

Türkiye’nin dünyadaki konumu 36-45 kuzey paralellerinin arasında yer alması nedeniyle zengin güneş ışığına sahiptir ve bu sebeple güneş enerjisini geliştirme açısından önemli bir potansiyele sahiptir.

Güneşlenme süresi, bir bölgede güneşin gökyüzünde görüldüğü süreye denir ve Türkiye’de ortalama güneşlenme süresi 2640 saat olup günlük yaklaşık 7,2 saat güneşlenme süresine denk gelmektedir.

Türkiye, İspanya dışındaki tüm Avrupa ülkelerinden daha fazla güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. 1 m² alandan yılda ortalama 1000-1450 kWh güneş enerjisi elde edilebilir ve bu enerjinin dağılımı bölgelere göre değişir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi en yüksek potansiyele sahipken, Karadeniz Bölgesi en düşük potansiyele sahiptir. Tablo 3.2.’de bölgelere dağılımı görebiliriz.

Tablo 3.2. Güneş Enerjisinin ve Güneşlenme Sürelerinin Bölgelere Göre Dağılımı

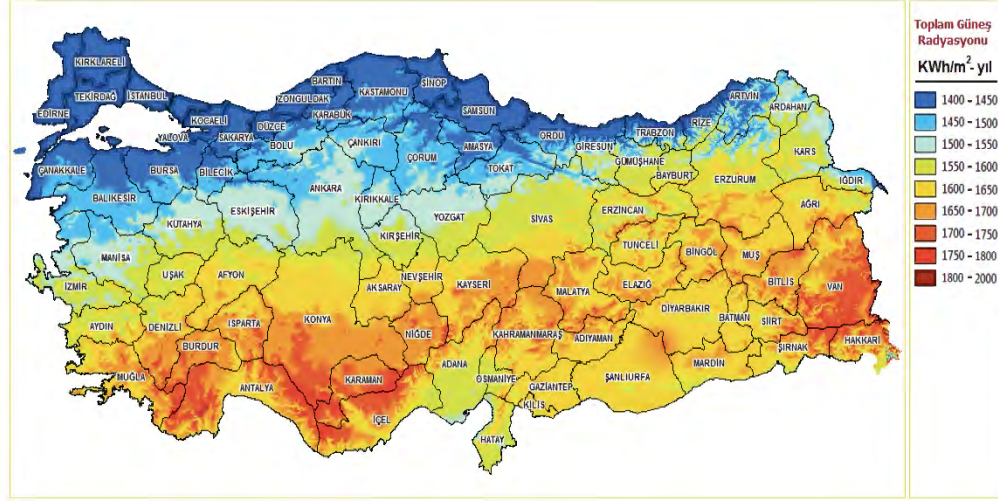
Bölgeler	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² - yıl)	Güneşlenme Süresi (saat / yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Kaynak: Koç ve Kaya, 2015

Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) görsel 3.1.’de verilmiştir. Mavi bölgelerin güneş radyasyonunun az olduğu bölgeleri gösterdiği, koyu maviden kırmızıya doğru güneş radyasyonunun arttığı ve Türkiye'nin güneş radyasyonu açısından zengin bir ülke olduğu belirtilmektedir. Güneş radyasyonunun güneyden kuzeye doğru azaldığı da vurgulanmaktadır (Çiftçi,

2015).

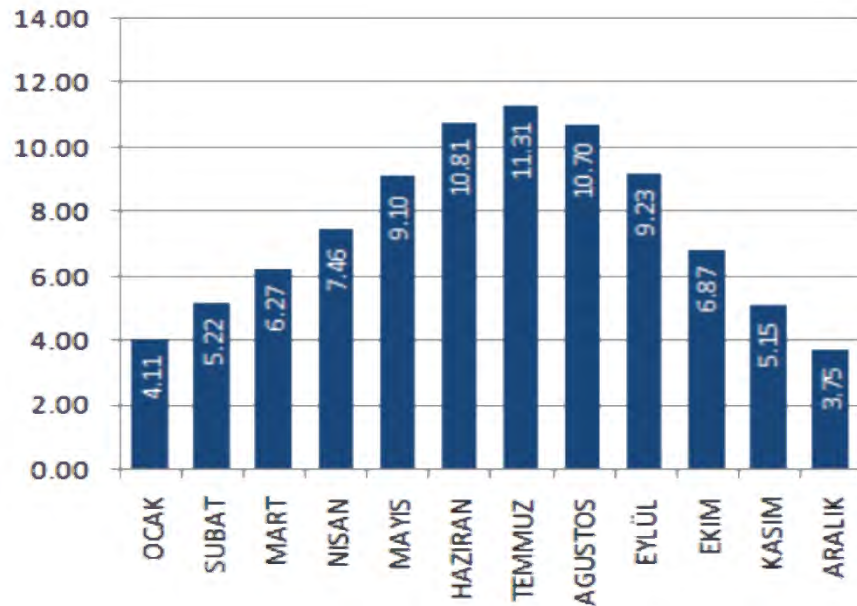
Görsel 3.1. Türkiye GEPA



Kaynak: *http-20, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü*

Şekil 3.6’da aylar bazında Türkiye’nin güneşlenme süreleri verilmiştir. Buna göre Türkiye’nin güneşlenme süresinin en fazla olduğu ay temmuz olup 11,31 saat, en düşük olduğu ay ise aralık olup 3,75 saat olarak gerçekleşmektedir.

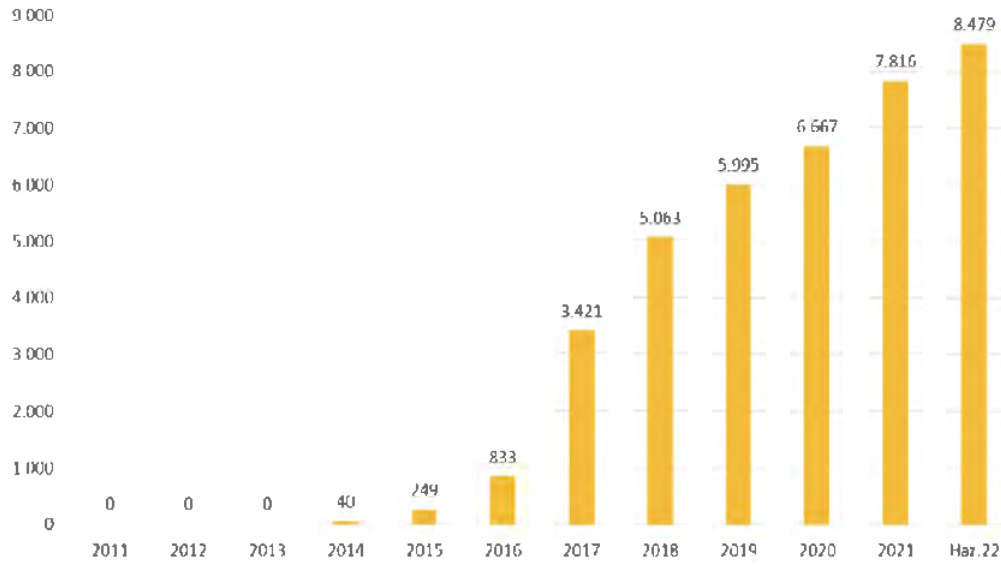
Şekil 3.6. Türkiye Güneşlenme Süreleri



Kaynak: *http-20, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü*

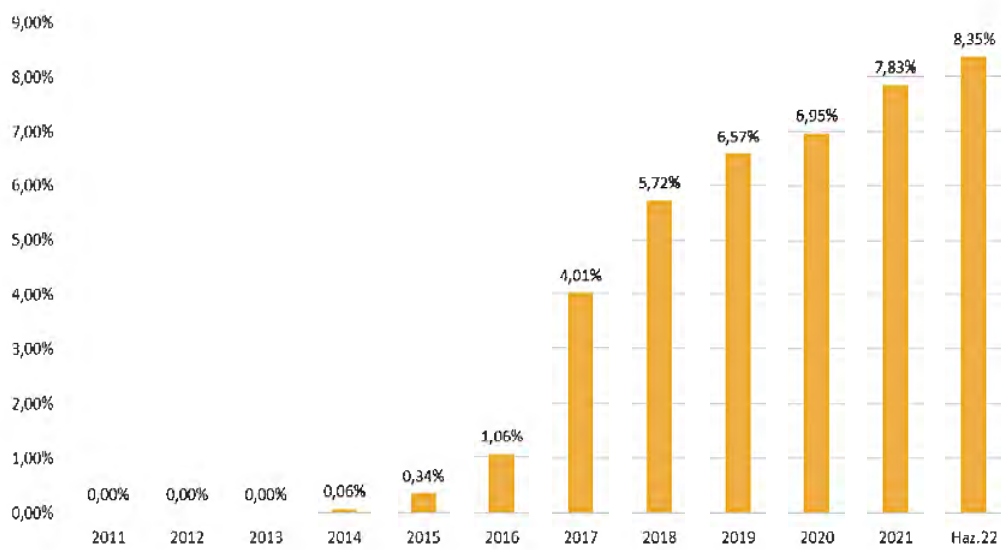
TEİAŞ verilerine göre güneş enerjisinin Türkiye 2021 yılı kurulu güç içindeki payı yüzde 7,83 ile 7.815,60 MW olarak gerçekleşmiştir. ETKB'nin internet sitesindeki son verilere göre oluşturulmuş şekil 3.7 ve 3.8'de Haziran 2022'de güneş enerjisi 8.479 MW ile yaklaşık yüzde 8,35'lik bir pay ile kurulu güç içerisindeki payını artırmaya devam etmektedir.

Şekil 3.7. Türkiye Güneş Enerjisinin Yıllara Göre Kurulu Gücü



Kaynak: <http-20>

Şekil 3.8. Güneş Enerjisinin Türkiye Kurulu Güç İçerisindeki Oranı, Haziran 2022



Kaynak: <http-20>

Güneş enerjisi sistemleri, Türkiye'de son yıllarda giderek daha fazla kullanılmaya başlanmaktadır. Özellikle binalarda kullanılan suyun ısıtılması ve ısıtma ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisi sistemleri destek olmaktadır. Bunun yanı sıra yüzme havuzları, çeşitli tesisler, bitkilerin kurutulması ve elektrik üretimi gibi alanlarda da güneş enerjisi kullanımı artmaktadır (http-21).

Türkiye, 2014 yılına kadar sadece konutlarda ve sanayide sıcak su elde etme, kurutma vb. amaçla kullanılan güneş enerjisinde dünya ikincisiyken, son 5 yılda özellikle güneşten elektrik enerjisi elde etme alanında hızlı bir gelişme göstermiştir. IRENA'nın verilerine göre 2020 yılı itibarıyla Türkiye, toplam yenilenebilir enerji kurulu gücünde dünya 12. sırasında yer almaktadır ve güneş enerjisinde dünya 16. Sırasındadır (Büyükbozkırlı, 2022).

Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'na (GEPA) göre, ülkenin 56.000 MW'lık bir güneş enerjisi kapasitesi bulunmaktadır. Bu kapasite, eğer tam anlamıyla kullanılırsa, yılda ortalama 380.000 GWh elektrik enerjisi üretebilir. Ancak, bu büyük potansiyel rağmen Türkiye'nin güneş enerjisinden tam olarak yararlanamadığı görülmektedir (Koç ve Kaya, 2015). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2019-2023 Stratejik Planı'nda, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik gücünün toplam kurulu güce oranının yüzde 65'e yükseltilmesi ve 2023'te 10 GW güneş enerjisi kurulu gücüne ulaşılması hedefleniyor (Büyükbozkırlı, 2022).

Güneş enerjisi, Türkiye'de yüksek potansiyeli, kullanım kolaylığı ve yenilenebilir, çevre dostu özellikleri sayesinde diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha hızlı bir şekilde yaygınlaşmaktadır. Fakat güneş panelleri, inverter, montaj ekipmanı gibi gerekli düzenlemelerden dolayı yüksek kurulum maliyetleri, verimlilik oranları gibi bazı ekonomik ve teknolojik zorlukları vardır (Kılıç, 2015).

Aşağıda verilen şekil 3.9. ETKB'nin 2019-2023 Stratejik Planı'nda yer alan hedefler ile gerçekleşen kurulu gücü karşılaştırmaktadır. Buna göre, güneş enerjisi kurulu gücü için belirlenen hedefler gerçekçi olup hedefler her yıl aşılmıştır. Her geçen yıl artan hedefler ise devletin yenilenebilir enerji yönetiminde hem gerçekçi hem de teşvik edici hedefler koyduğunu göstermektedir.

Şekil 3.9. Güneş Enerjisi Hedef-Gerçekleşme Karşılaştırması (MW)



Kaynak: ETKB verilerinden faydalanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Türkiye, zengin güneş kaynakları ve artan elektrik talebi ile güneş enerjisi pazarında önemli bir büyüme potansiyeline sahiptir. Devletin yenilenebilir enerji gelişimine desteğini artırarak devam ettirmesi, güneş enerjisi teknolojilerinde daha ileri gelişmeler ve maliyetlerdeki düşüş ile güneş enerjisi Türkiye'nin enerji portföyünde büyük bir paya sahip olabilir. Böylelikle hem dışa bağımlılığı azaltıp hem de iklim değişikliğinin etkilerini hafifleterek daha sürdürülebilir bir gelecek için gerekli adımlar atılabilir.

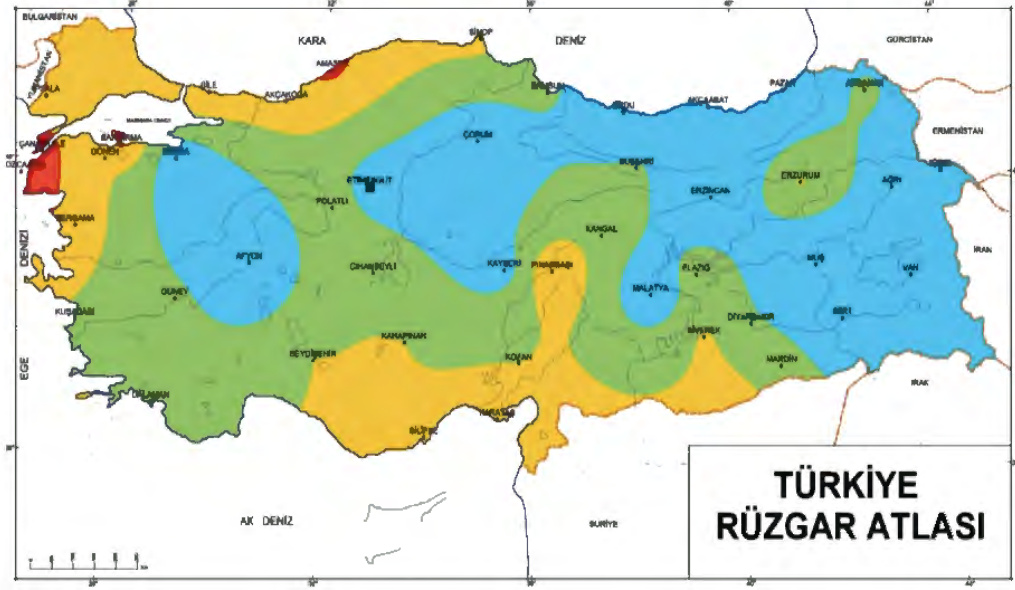
3.2. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi

Coğrafi konumu ve rüzgâr kaynakları bakımından avantajlı bir konuma sahip olan Türkiye, rüzgâr enerjisi için önemli bir potansiyele sahiptir. Teknik rüzgâr enerjisi potansiyeli yaklaşık 48.000 MW olarak tahmin edilmektedir. Özellikle Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz bölgelerinin yüksek rüzgâr potansiyelli bölgeler olduğu düşünülmektedir.

Türkiye'nin rüzgâr enerjisi yolculuğu, 1986 yılında İzmir'in Çeşme ilçesindeki Altın Yunus Tesisleri'nde kurulan ilk rüzgâr türbini ile başladı. Bu 55 kW'lık türbin, Türkiye'deki ilk rüzgâr enerjisi üretim birimidir. Türkiye'nin ilk uluslararası rüzgâr türbini de yine Çeşme'de, Germiyan köyünde 1998 yılında hayata geçirildi.

Rüzgâr enerjisi sektöründe bir diğer önemli kilometre taşı da 1998 yılında Alaçatı'da kurulan ve 12 rüzgâr türbininden oluşan Türkiye'nin ilk rüzgâr çiftliği olan ARES'dir. Bu gelişmeler, Türkiye'nin rüzgâr enerjisi sektöründe attığı emin adımları göstermektedir (Tekinay, 2022).

Görsel 3.2. Türkiye Rüzgâr Atlası



Kaynak: *http-23, Meteoroloji Genel Müdürlüğü*

Rüzgâr enerjisi, özellikle denizde daha etkili ve güçlü bir enerji kaynağıdır. Bunun en önemli nedeni, yüzey pürüzlülüğünün arazinin yüzey pürüzlülüğünden daha az olmasıdır. Bunun yanı sıra Ülkemiz coğrafyasına bakıldığında topografik açıdan birçok alanda dağlık araziler olduğu görülmektedir. Bu engebelerin rüzgârın yönü ve gücü üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle deniz suyunda rüzgâr yönünün değişmesine neden olacak bir engebe olmadığı için mevcut bölgelerdeki rüzgâr hızları karadakilerle kıyaslandığında daha etkilidir (Özek, 2022).

Görsel 3.2.'de Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı güncel verilerle oluşturulmuş Türkiye Rüzgâr Atlası verilmiştir. Haritaya göre sarı renkle gösterilmiş alanlar Türkiye'nin yüksek rüzgâr gücü potansiyeline sahip bölgeleridir. Bunlar başta Marmara bölgesi olmak üzere, Ege'nin batı ve kuzeybatı bölgeleri, Karadeniz'in batı sahil bölgeleri ile Akdeniz bölgesinin güney bölgeleridir. Aşağıdaki Tablo 3.3.'te bölgelerin detaylı yıllık ortalama

rüzgâr hızları ve rüzgâr yoğunlukları verilmiştir. Tabloya göre de Marmara, Ege ve Güney Doğu Anadolu bölgeleri Türkiye'nin rüzgâr enerjisi bakımından potansiyeli yüksek bölgelerindendir. Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyelinin, hali hazırda elektrik üretimi yapan otuz altı barajın yaklaşık on katı olduğu bilinmektedir (İlkılıç, 2016).

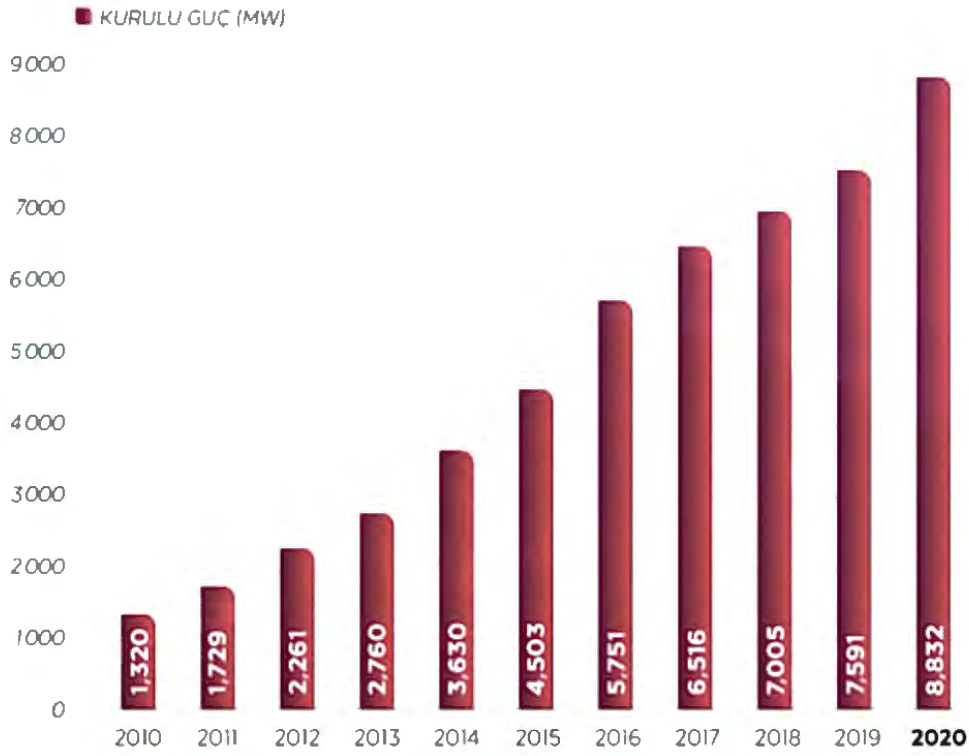
Tablo 3.3. Türkiye'nin Coğrafi Bölgelerinde Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Bölge	Yıllık ortalama rüzgâr hızı (m/s)	Yıllık ortalama rüzgâr yoğunluğu (W/m ²)
Marmara Bölgesi	3.29	51.91
Ege Bölgesi	2.65	23.47
Akdeniz Bölgesi	2.45	21.36
İç Anadolu Bölgesi	2.46	20.14
Karadeniz Bölgesi	2.38	21.31
Doğu Anadolu Bölgesi	2.12	13.19
Güney Doğu Anadolu Bölgesi	2.69	29.33
Ortalama	2.58	25.82

Kaynak: İlkılıç, 2016

Enerji sektöründe Türkiye'de RES'ler ile son yıllarda yatırımların ve teşviklerin artması ile sayıları artmaktadır. 2010 yılında 1.320 MW olan kurulu güç 2020 yılına gelindiğinde 8.832 MW olarak gerçekleşmiştir. 2022 yılının yarısında rüzgâr enerjisi kurulu gücü 10.976 MW olup, toplam kurulu güce içindeki oranı yüzde 10,81'e dayanmıştır (http-22). Şekil 2.10'da 2010-2020 yılları arası RES'lerin kurulu güç dağılımı verilmiştir.

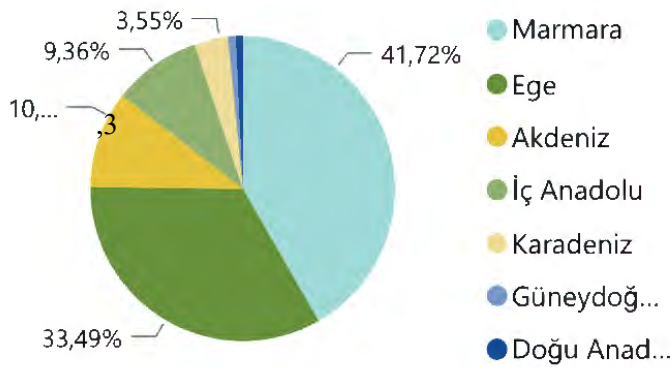
Şekil 3.10. Rüzgâr Enerjisi Kurulu Güç Rakamları



Kaynak: <http-25>

TÜREB verilerine göre toplam 273 adet rüzgâr enerji santrali bulunmaktadır. Bu santrallerin bölgesel dağılımı şekil 3.11.’de TÜREB verilerinden düzenlenen grafikte verilmiştir. Buna göre, Marmara bölgesi yüzde 41,72 ile birinci sırada yer alırken, yüzde 33,49 ile Ege bölgesi ikinci, yüzde 10,3 ile Akdeniz bölgesi üçüncüdür.

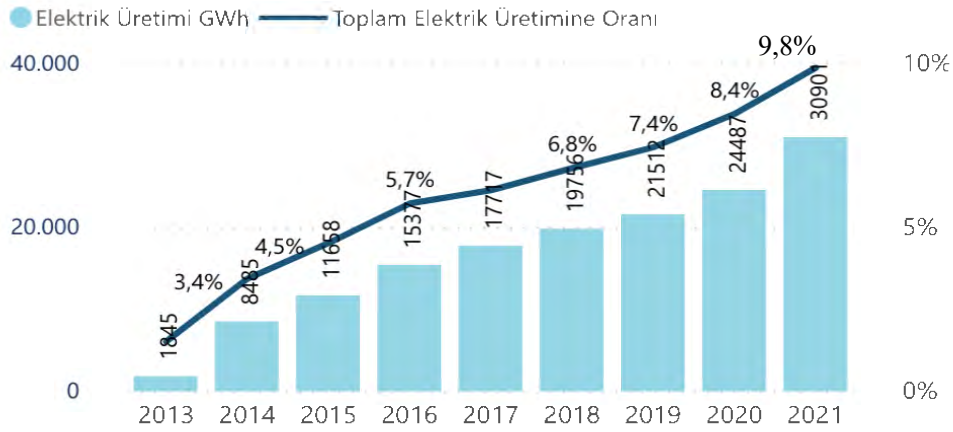
Şekil 3.11. RES’lerin Bölgelere Göre Oranları



Kaynak: <http-24>, TÜREB

2023 yılı şubat ayı sonu itibariyle 104.136 MW'a ulaşan Türkiye'nin kurulu gücünün yaklaşık yüzde 11'i rüzgâr enerjisinden gelmektedir. Şekil 3.12.'de Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB)'nin verilerine göre RES'lerden elde edilen elektrik enerjisi, Türkiye'ni toplam elektrik ihtiyacının yaklaşık yüzde 9,8'i 2021 yılında karşılanmıştır. 2013 yılından itibaren rüzgâr enerjisinin toplam elektrik üretimi içerisindeki payı artarak devam etmiştir.

Şekil 3.12. RES'lerde Yıllık Elektrik Üretimi ve Oranı



Kaynak: <http-24>, TÜREB

Şekil 3.13.'te verilen ve ETKB'nin yayınladığı 2019-2023 Stratejik Plan'da rüzgâr enerjisi için verilen hedefler 2018 yılı için gerçekleştirilememiş fakat sonrasındaki yıllarda hedeflere ulaşılmıştır. Belki yanlış konulan hedefler ya da gerekli teşvik ve yatırımın olmaması 2018 yılı için hedeften sapılmasına neden olmuş olabilir. 2022 yılı gerçekleşen değer yılın ilk altı ayına aittir ve buna rağmen yılın hedefi gerçekleşmiştir.

Şekil 3.13. Rüzgâr Enerjisi Hedef- Gerçekleşme Karşılaştırması (MW)



Kaynak: ETKB verilerinden faydalanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Rüzgâr enerjisi, sürekli ve tükenmez bir kaynak olması nedeniyle en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak kabul edilir. Hem Türkiye'de hem de dünya genelinde rüzgâr türbinlerinin kurulu gücü yıldan yıla artış gösteriyor ve sürekli yeni rüzgâr santralleri ve türbinler inşa ediliyor. Bu ivmeyle, 2030 yılına kadar rüzgâr enerjisi santrallerinin (RES) kurulu gücünün bugünkü kapasitenin üç katına çıkacağı tahmin ediliyor. Bu durum, rüzgâr enerjisinin hem küresel enerji piyasasında hem de Türkiye'deki enerji sektöründe önemli bir rol oynayacağını gösteriyor (Özek, 2022).

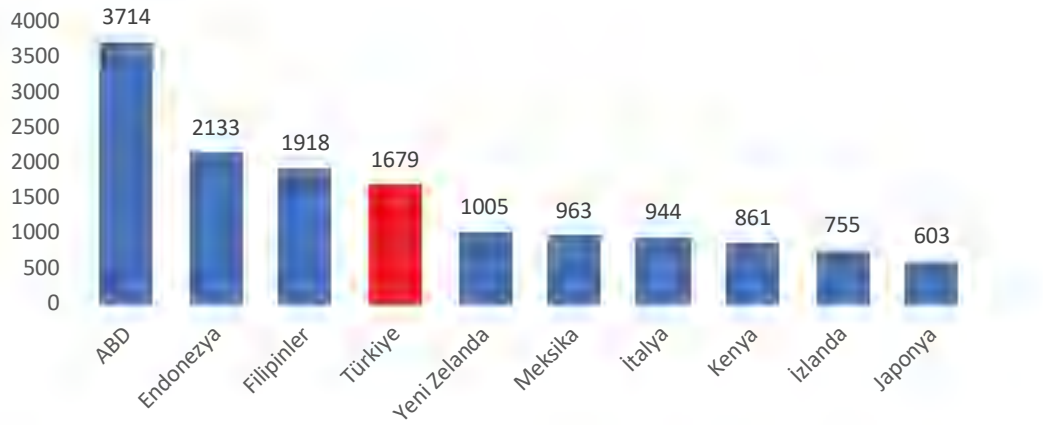
3.3. Türkiye’de Jeotermal Enerji

Zengin ve çeşitli coğrafi yapıya sahip olan Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli fazla bir ülkedir. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan jeotermal enerji, elektrik üretimi, ısınma, tarım ve benzeri amaçlarla kullanılabilen ve Türkiye’nin küresel iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol alan enerji kaynağı olabilir.

Türkiye'nin jeolojik ve coğrafik konumu, onu doğal çıkış şeklinde ve sıcaklığı 30°C üzerinde olan jeotermal kaynaklar bakımından dünyanın yedinci en zengin ülkesi yapmaktadır. Eğer bu sıcaklık alt sınır değeri 20°C olarak belirlenirse, Türkiye'nin toplamda 600 kaynak grubuyla Avrupa'da ilk sırada olduğunu görürüz (Yener, 2022). Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk sırada gelen ülkeler ABD, Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni Zelanda’dır (http-26). Şekil 3.14’te en fazla jeotermal kurulu gücüne

sahip ilk 10 ülkenin kurulu güç dağılımı gösterilmiştir. Bu veriler, Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyelini ve bu alandaki konumunu gözler önüne sermektedir. Türkiye'nin jeotermal enerji sektöründe daha da ilerlemesi ve bu alanda daha büyük kazanımlar elde etmesi, doğru politikalar ve yatırımlar ile mümkün olabilir.

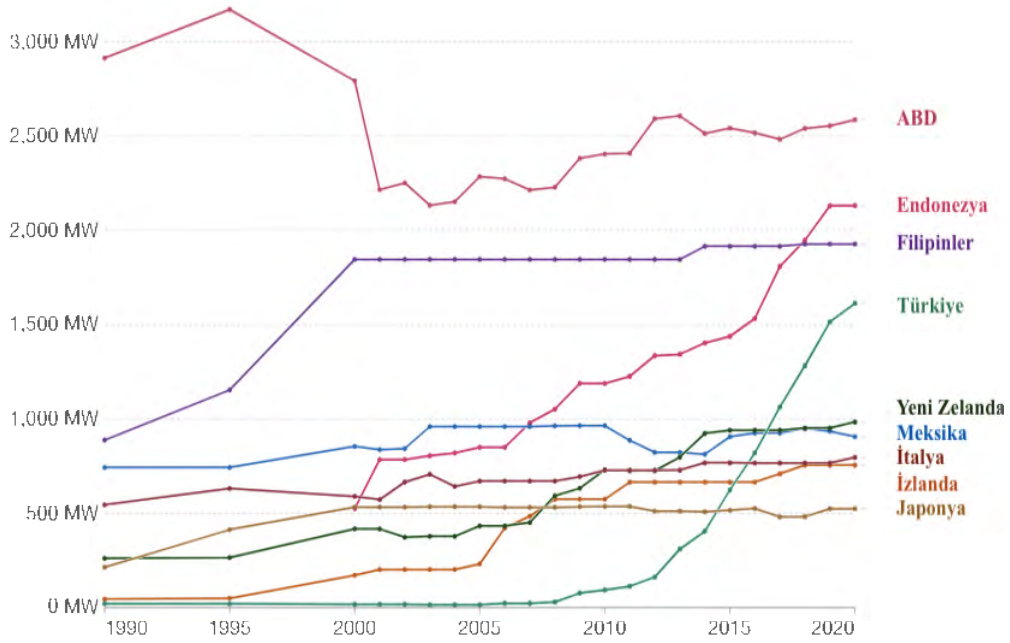
Şekil 3.14. Jeotermal Enerji Kurulu Gücünün Ülkelere Göre Dağılımı (MW)



Kaynak: <http-27>

Şekil 3.15.'te ise ilk 10'da yer alan ülkelerin yıllar içerisindeki gelişimi de verilmiştir. Endonezya ve Türkiye son yıllarda yaptığı yatırımlar ile daha hızlı bir şekilde kurulu güçlerini artırmışlardır.

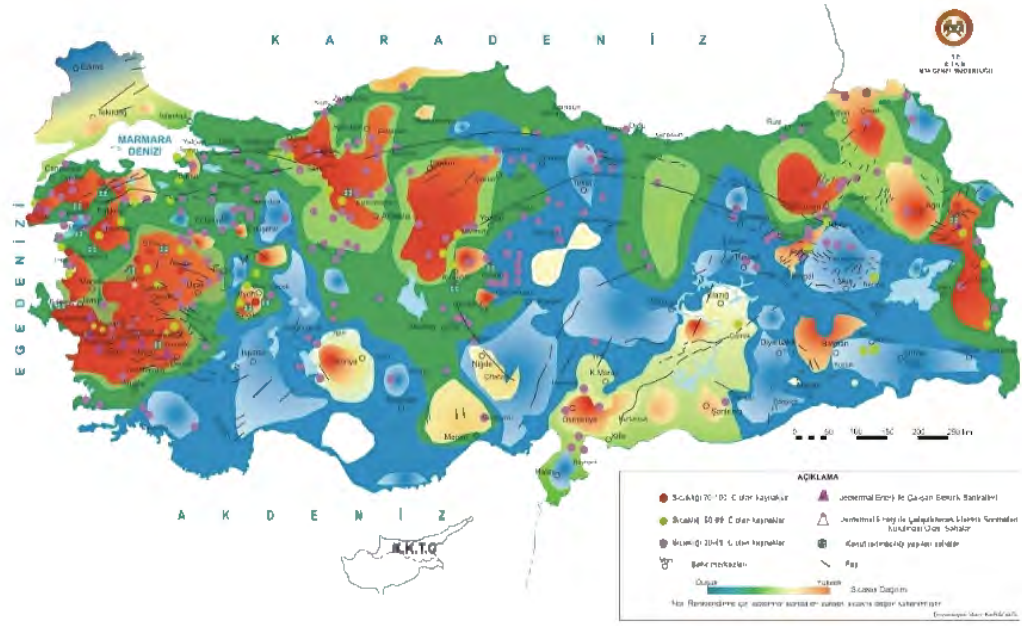
Şekil 3.15. Dünyada İlk 10'da Yer Alan Ülkelerin Jeotermal Kurulu Gücü



Kaynak: <http-28>

Türkiye’de bulunan jeotermal kaynaklar görsel 3.3.’te verilmiştir. Haritaya göre Türkiye’nin Batısı ve iç bölgeleri diğer bölgelere nazaran daha fazla jeotermal potansiyele sahiptir. Batı Anadolu, yüksek sıcaklık ve potansiyel sebebiyle enerji kapasitesi bakımından zengin bir bölgedir. Bu, Batı Anadolu’nun jeotermal enerji için uygun bir konumda bulunmasından kaynaklanır ve bu bölgelerde jeotermal enerji üretimi ve kullanımı daha yaygındır (Yener, 2022).

Görsel 3.3. Türkiye’de Bulunan Jeotermal Kaynaklar Haritası

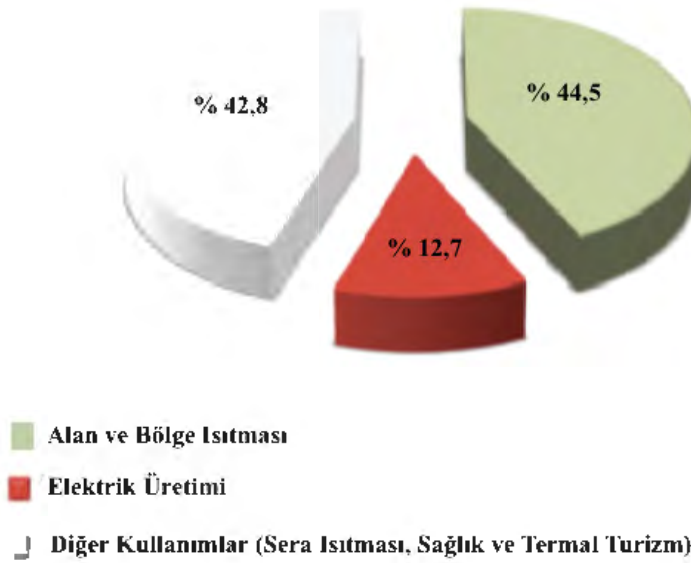


Kaynak: <http-26>, ETKB

Türkiye’nin Jeotermal kaynaklarının yaklaşık yüzde 90’ı orta ve düşük sıcaklığa sahip olması nedeni ile genellikle termal turizm ya da ısıtma gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Sadece geriye kalan yüzde on gibi bir oran elektrik üretimine katkı sağlamaktadır. Sayıları 1000 kadar olan doğal sıcak su kaynakları, Türkiye’nin jeotermal enerji potansiyelini önemli ölçüde artırmaktadır. Jeotermal potansiyelin elektrik üretimi için 610 MW, ısıtma için ise çok daha yüksek olup 31.500 MW olduğu bilinmektedir (Koç ve Kaya, 2015).

Türkiye’nin Enerji Görünümü, 2022 isimli TMMOB tarafından hazırlanan rapordaki verilere göre jeotermal enerjinin kullanım alanları aşağıdaki şekil 3.16.’da gösterilmiştir. Buna göre elektrik üretimi yüzde 12,7 iken alan ve bölge ısıtması yüzde 44,5, sera ısıtılması, sağlık ve termal turizm yüzde 42,8 olarak gerçekleşmektedir.

Şekil 3.16. Jeotermal Enerjinin Türkiye’de Kullanım Alanları



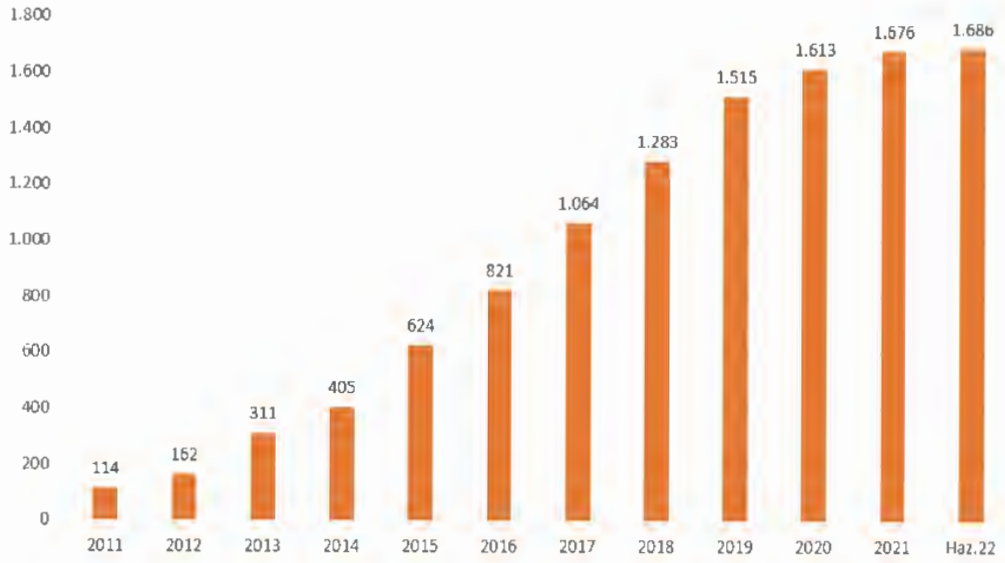
Kaynak: Yener, 2022

Türkiye, jeotermal enerjiyi tarımsal amaçlarla özellikle seracılık ve balık çiftliklerinin ısıtılmasında aktif olarak kullanmaktadır. Sera ısıtması alanında, özellikle Afyon, İzmir, Kütahya, Denizli, Şanlıurfa gibi yaklaşık 18 ilde yoğun olarak kullanılmakta olup 4500 hektarlık alanda Türkiye dünya lideri olmuştur (Akkuş, 2020).

Son on yıl içinde jeotermal enerji kullanımında en belirgin gelişme, elektrik enerjisi üretiminde yaşanmıştır. Son yıllarda yapılan yatırımlarla jeotermal enerji alanında dünyada en hızlı büyüyen ülkelerden biri haline gelmiştir Türkiye.

ETKB’nin paylaştığı verilere göre Haziran 2022 sonu itibarıyla Türkiye’nin jeotermal enerji kurulu gücü 1686 MW’dır. Toplam kurulu güç içerisindeki oranı yüzde 1,66’ya denk gelmektedir. Türkiye’deki jeotermal enerjinin yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam kurulu güç içerisindeki oranı aşağıdaki şekil 3.17 ve şekil 3.18’de yer almaktadır (http-26, ETKB).

Şekil 3.17. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kurulu Güç (MW)



Kaynak: *http-26*

Şekil 3.18. Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Jeotermal Enerji Oranı



Kaynak: *http-26*

Türkiye’de devrede olan kayıtlı jeotermal enerji santrali sayısı 63 olup yıllık yaklaşık elektrik üretimi 9.579 GWh’dir. Tablo 3.4.’te Türkiye’nin kurulu güç bakımından ilk 10’da yer alan jeotermal enerji santrallerinin (JES) bulunduğu şehir, firma ve kurulu gücü verilmiştir. Buna göre Denizli’de Zorlu Enerji’ye ait olan Kızıldere 3 JES 165 MW ile birinci sıradadır. Yapım aşamasında olan JES iki adet olup Zorlu Enerji’nin Manisa’daki Alaşehir 2

isimli JES ve Genç Grup Enerji'nin Aydın'da HEG Kütahya JES'dir. Ayrıca Ön lisans alan 13 adet JES bulunmaktadır.

Tablo 3.4. *Türkiye'de Kurulu Gücü En Yüksek İlk 10 JES (MW)*

Enerji Santralinin Adı	Şehir	İşletme	Kurulu Güç (MW)
Kızıldere 3 JES	Denizli	Zorlu Enerji	165
Efeler JES	Aydın	Güriş Holding	115
Kızıldere 2 JES	Denizli	Zorlu Enerji	80
Pamukören JES	Aydın	Çelikler Enerji	68
Efe 8 JES	Aydın	Güriş Holding	50
Mis 3 JES	Manisa	Soyak Enerji	48
Galip Hoca Germencik JES	Aydın	Güriş Holding	47
Alaşehir JES	Manisa	Zorlu Enerji	45
Maren JES	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	44
Dora 3 JES	Aydın	MB Holding	34

Kaynak: *http-27*

Türkiye'deki jeotermal enerji kaynakları, sadece ısıtma ve elektrik üretiminde değil, aynı zamanda kimyasal madde üretiminde, tarımsal kurutmada, ısı pompalarında da kullanılmaktadır. Örneğin, Denizli-Kızıldere bölgesinde sıvı CO₂ ve kuru buz üretimi yapılmaktadır. Ayrıca Aydın-Salavatlı bölgesi de CO₂ üretimi gerçekleştirilen bir jeotermal alandır. Bu üretim faaliyetleri ile Türkiye'nin yıllık CO₂ üretim kapasitesi 240.000 tona ulaşmaktadır. Bu tarz farklı uygulamalar, jeotermal enerjinin geniş çaplı bir kullanım potansiyeli olduğunu ve enerji ihtiyaçlarının çeşitli alanlarında değerli bir kaynak olabileceğini göstermektedir (Akkuş, 2020).

3.4. Türkiye'de Hidrolik Enerji

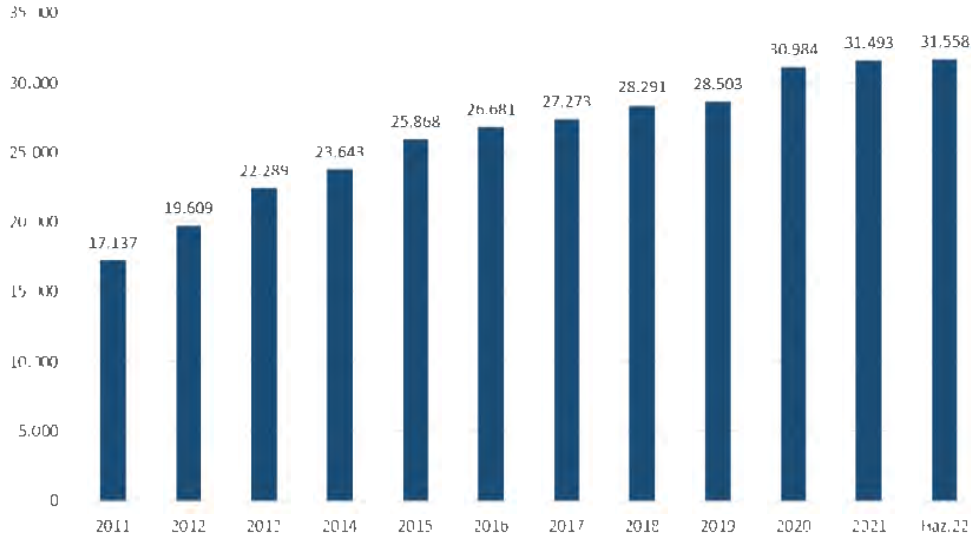
Türkiye zengin su kaynakları ve uygun topoğrafyası sayesinde önemli bir hidrolik enerji potansiyeline sahiptir. Hidrolik enerji, ülkenin enerji karışımında önemli bir paya sahip temiz, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır. Birincil enerji kaynakları içerisinde yer alan hidroelektrik enerji kaynağı Türkiye'de birinci sırada almaktadır (Akdoğan, 2018).

Bir ülkenin brüt teorik hidroelektrik potansiyeli, doğal akışların tamamen ve mükemmel bir şekilde değerlendirilmesi durumunda elde edilebilecek enerji miktarını ifade eder. Ancak pratikte, bu potansiyelin tamamının kullanılması her zaman mümkün olmayabilir. Türkiye'nin brüt teorik hidroelektrik potansiyeli yılda 433 milyar kWh olarak belirlenmiştir. Ancak teknik anlamda bu miktarın yarısı olan 216 milyar kWh kullanılabilir durumdadır (Kaya, vd., 2018).

2021 yılı hidroelektrik santrallerden üretilen elektrik 55,5 milyar kWh olarak gerçekleşmiş, 2022 yılı mayıs sonu rakamları ise yaklaşık 35,2 kWh'ye ulaşmıştır (http-28).

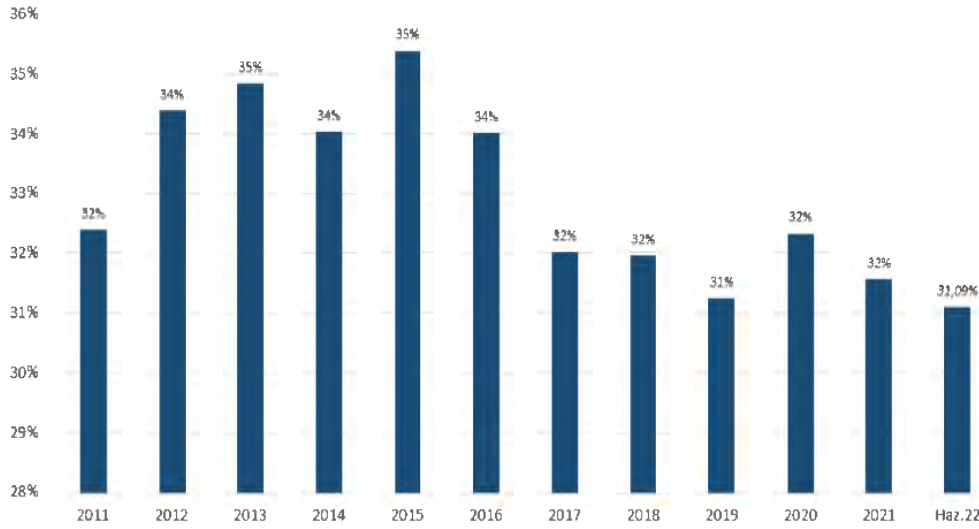
Haziran 2022 sonu itibariyle, Türkiye'nin hidroelektrik kurulu gücü 31.558 MW'dir. Bu değer, toplam kurulu gücün yüzde 31'ini oluşturur. Yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam kurulu güç içerisindeki oranı aşağıdaki şekil 3.19 ve 3.20'de yer almaktadır (http-28).

Şekil 3.19. Hidrolik Enerjisine Dayalı Kurulu Güç (MW)



Kaynak: http-28, ETKB

Şekil 3.20. Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Hidrolik Enerjisi Oranı



Kaynak: *http-28, ETKB*

2022 yılı sonu verilerine göre DSI'nin hazırladığı raporda 740 adet HES'in işletmede olduğu ve toplam kurulu güçlerinin 32.334 MW olduğu belirtilmektedir. Aşağıdaki tablo 3.5.'te işletmede olan, inşaat halinde ve inşaatına henüz başlanmayan HES'lerin Türkiye'deki durumu ile ilgili özet bilgiler paylaşılmıştır. Bu veriler, Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelini daha da artırmak için büyük bir kapasiteye ve gelecekteki enerji gereksinimlerini karşılamak için önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

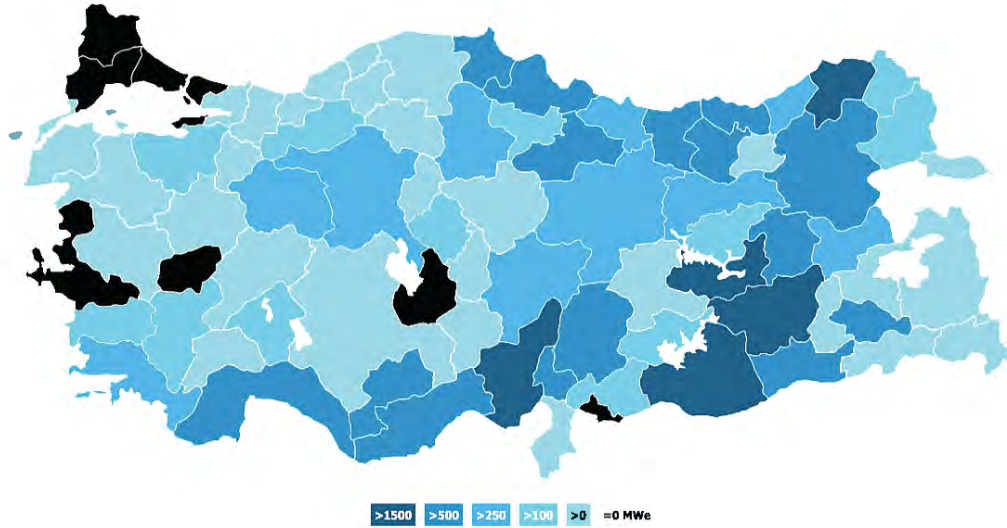
Tablo 3.5. HES Potansiyel Durumu

HES POTANSİYEL DURUMU				
Potansiyel	HES Adedi	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)
İşletmede	740	32.334	111.660	70,1
İnşaat Halinde	22	465	1715	1,1
İnşaatına Henüz Başlanmayan	498	15.240	45.813	28,8
Toplam	1260	48.039	159.188	100

Kaynak: *http-29, DSI*

Türkiye’deki HES’lerin dağılımını içeren harita görsel 3.4. olarak aşağıda verilmiştir. Görseli incelediğimizde koyu mavi renge boyalı olan illerin 1.500 MWe’den yüksek kurulu güce sahip olduğunu görüyoruz. Bunların içerisinde Şanlıurfa, Diyarbakır, Elâzığ, Adana, Artvin ve Bingöl gibi iller ön plana çıkmaktadır. Şanlıurfa, Diyarbakır ve Elazığ’ın ilk üç sırayı almasının nedeni sırasıyla burada yer alan devlete ait Atatürk, Karakaya ve Keban barajlarının kapasiteleri sırasıyla 2.405 MW, 1.800 MW ve 1.330 MW olup kurulu güçlerinin yüksek olmasıdır.

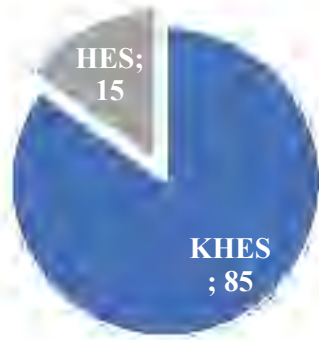
Görsel 3.4. Türkiye’deki HES’lerin Dağılımı



Kaynak: <http-30>

Genel olarak HES’ler uzun ömürlü olup ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir. Herhangi bir yakıt kullanmayan HES’lerin işletme masrafları düşük olup yüksek verimlilik sağlar. Türkiye hidroelektrik potansiyelini daha etkin bir şekilde kullanmak için küçük ölçekli hidroelektrik santrallerinin geliştirilmesine önem vermektedir. Küçük HES’ler daha düşük çevresel etkiye sahip olduğu kadar, enerji üretimini yerel düzeyde desteklediği için sürdürülebilir enerji yönetimi açısından da önemlidir. Küçük HES’ler kurulu gücü 10 ile 50 MW arasında olan hidroelektrik enerji santralleridir. Şekil 3.21.’de Türkiye’deki küçük ölçekli HES’lerin oranları verilmiştir. Türkiye’de işletmede olan 740 HES’in yaklaşık yüzde 85’i küçük hidroelektrik enerji santralleridir.

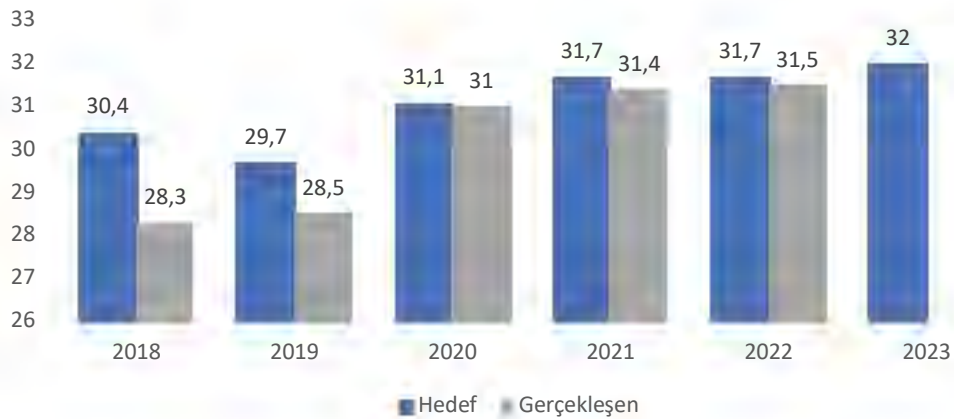
Şekil 3.21. Küçük HES'lerin Oranı



Kaynak: *http-27, yazar tarafından kaynaktaki veriler kullanılarak oluşturulmuştur.*

Türkiye'nin hidrolik enerji kaynakları, diğer yenilenebilir enerji türlerine göre daha geniş bir kapsamda ve etkin bir biçimde kullanılıyor. Zaten mevcut hidrolik enerji potansiyelinin büyük bir kısmı kullanımda olduğu için, gelecekte kurulu güç kapasitesinde sınırlı artışlar bekleniyor. Bu durum, Türkiye'nin hidroelektrik enerji kullanımında önemli bir olgunluk seviyesine ulaştığını gösteriyor ve aynı zamanda diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine yönelik odaklanmayı gerektirebilir (PWC, 2021). Aşağıdaki şekil 3.22. ETKB'nin 2019-2023 Stratejik Planı'ndan hedefler alınarak gerçekleşen değerler ile karşılaştırılmıştır. Buna göre mevcut potansiyelin çoğu kullanıldığından hidrolik enerji alanında çok yüksek hedefler bulunmamaktadır.

Şekil 3.22. Hidrolik Enerji Hedef ve Gerçekleşen Kurulu Güç Değerleri (MW)



Kaynak: *ETKB verilerinden faydalanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.*

3.5. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, organik malzemeleri kullanarak ısı ve elektrik üreten yenilenebilir, insanlığın çok eski dönemlerden beri hayatında olan ve dolayısıyla üzerinde birikime sahip olunan bir enerji kaynağıdır.

Geleneksel biyokütle kullanımı genellikle odun, tezek ve tarım atıklarının yakılmasını içerirken, ilerleyen yıllarda modern biyokütle kullanımına doğru evrilmiştir. Modern biyokütle kullanımı ise genellikle atık su, kentsel atıklar, endüstriyel atıklar ve enerji bitkilerinin dönüştürülmesini içerir. Türkiye’deki 5030 hektarlık enerji ormanı ilk olarak 1978 yılında kurulmuştur. (Bayram, 2020).

Biyokütle enerjisi atıklardan enerji elde etmenin yanı sıra, enerji üretiminde çevresel sürdürülebilirliği de teşvik eder. Bu nedenle atıkların enerjiye dönüştürülmesi ve çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik çalışmalar, Türkiye’de sürdürülebilir enerji üretimine katkı sağlamaktadır (Sağır, 2021).

Türkiye, tarım ülkesi olması nedeniyle biyokütle kullanımında önemli bir potansiyele sahiptir. Türkiye'nin tarım alanı yaklaşık 26.350 milyon hektar olup, bu alanın yüzde 44'ü ormanlık, yüzde 10'u ekilmeyen (nadas), yüzde 7'si bahçecilik için kullanılan ve yüzde 28'i ekili alan olarak belirtilmiştir. Tahıllar, yumrulu ürünler ve yağlı tohumlar Türkiye için biyokütle alanında öne çıkan ürünlerdir (Akdoğan, 2018).

Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA)’na göre Türkiye’de organik atıkların ekonomik değeri yıllık 3,9 MTEP ve toplam enerji eşdeğeri yıllık 34.002.549 TEP’dir. (<http-31>)

BEPA’ya göre oluşturulan tablo 3.6.’da Türkiye biyokütle enerjisi hakkında genel bilgiler yer almaktadır. Buna göre, Türkiye’de organik atıkların toplam enerji eşdeğeri yıllık 34.002.549 TEP’dir. Ayrıca biyodizel işletme lisansı olan firmalar 8, biyoetanol işletme lisansı olan 5 ve biyokütle elektrik üretim santrali sayısı ise 199’dur.

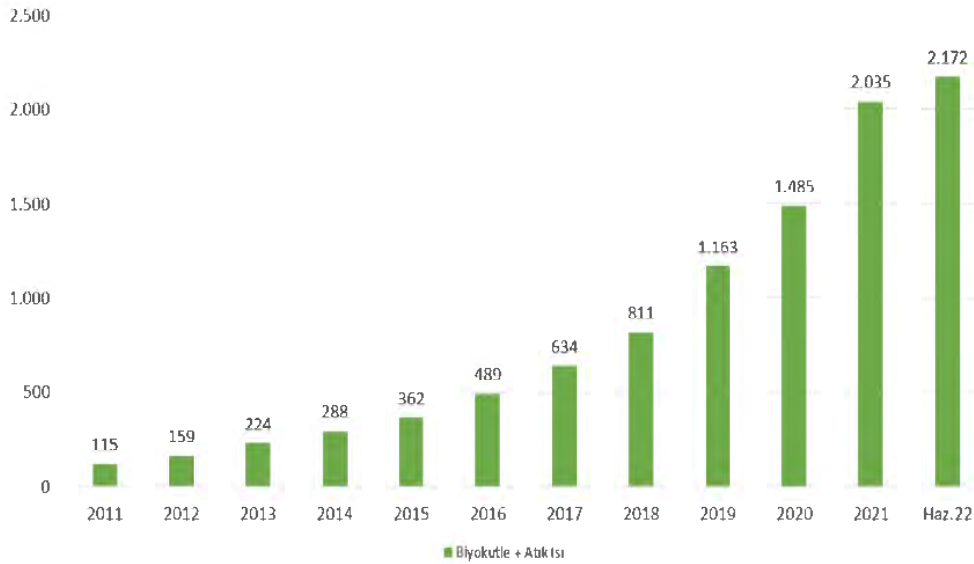
Tablo 3.6. Türkiye Biyokütle Enerjisi Hakkında Genel Bilgiler

Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl)	193.878.079,00
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri (TEP/yıl)	4.385.371,00
Bitkisel Atık Miktarı (ton/yıl)	62.206.754,00
Bitkisel Atıkların Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	25.384.268,00
Belediye Atıkları Atık Miktarı (ton/yıl)	32.170.975,00
Belediye Atıklarının Enerji Değeri (TEP/yıl)	3.373.011,00
Orman Atıklarının Enerji Değeri (TEP/yıl)	859.899,00
Atıkların Toplam Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	34.002.549
Biyodizel İşletme Lisansı Sahibi Firmalar	8
Biyometanol İşletme Lisansı Sahibi Firmalar	5
Biyokütle Kaynaklı Elektrik Üretim Santrali Sayısı	199

Kaynak: *http-32, BEPA*

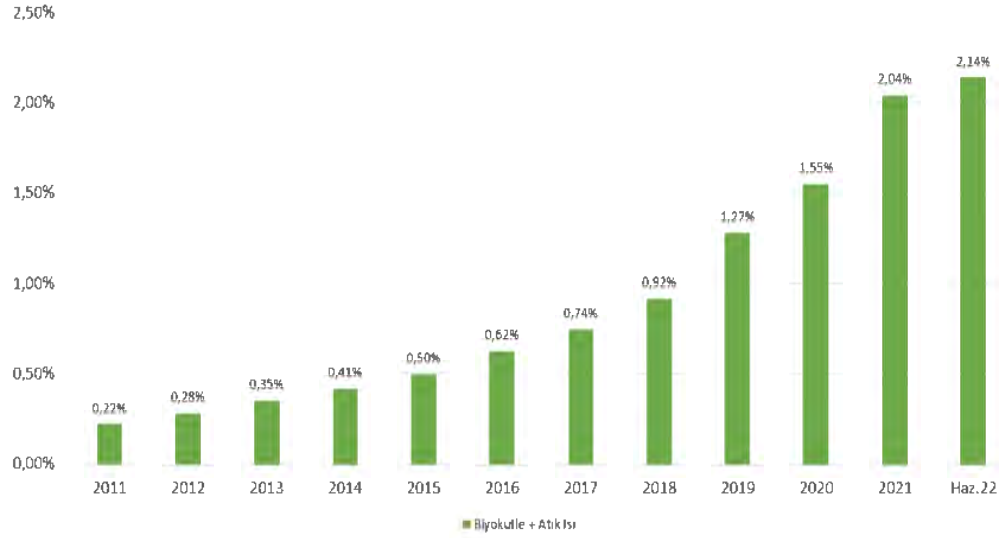
Haziran 2022 rakamlarına göre biyokütle ve atık ısı enerjisinin kurulu gücü 2.172 MW olup toplam içerisindeki payı yüzde 2,14'tür. Yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam kurulu güç içerisindeki oranı aşağıdaki şekil 3.23 ve 3.24.'te yer almaktadır (*http-31*).

Şekil 3.23. Biyokütle ve Atık Isının Kurulu Gücü



Kaynak: *http-31*

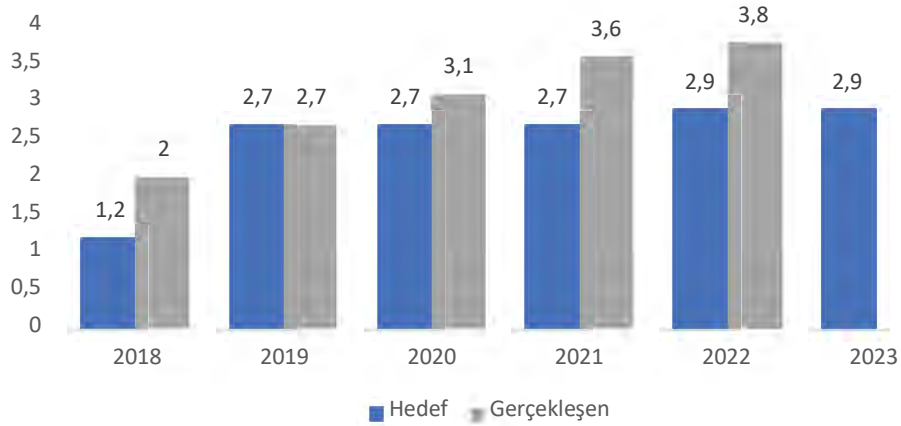
Şekil 3.24. *Biyokütle ve Atık Isının Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı*



Kaynak: *http-31*

Şekil 3.25.'te verilen hedef ve gerçekleşen değerlerin karşılaştırılması için ETKB 2019-2023 Stratejik Planı'nda jeotermal enerji ve biyokütleyi birlikte değerlendirmiştir. Buna göre koyulan hedefler sadece 2019 yılında birebir gerçekleşmiş olup diğer yıllar hedefin üzerinde gerçekleşmiştir.

Şekil 3.25. *Jeotermal ve Biyokütle Enerjilerinin Hedef-Gerçekleşme Karşılaştırması (MW)*



Kaynak: *ETKB verilerinden faydalanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.*

3.6. Türkiye’de Dalga ve Gelgit Enerjisi

Türkiye jeopolitik konumu ve deniz kıyıları nedeniyle dalga ve gelgit enerjisi açısından potansiyele sahiptir. Özellikle batı ve güney sahil şeridi

başta olmak üzere Ege ve Akdeniz de dalga enerjisi için ana bölgelerdendir.

Türkiye'nin kıyı şeridi oldukça geniş olup uzunluğu 8.210 km'dir. Bununla birlikte tüm kıyı bölgeleri dalga enerjisi sistemleri kurmak için eşit derecede uygun değildir. Sahil şeridinin yaklaşık yüzde 20'sinin 18.5 TWh/yıl teknik dalga potansiyeli vardır (Altaş ve Şahin, 2019). Bu, Türkiye'nin dalga enerjisi potansiyelinin diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla sınırlı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bu potansiyel hala önemli olabilir, özellikle diğer enerji kaynaklarıyla birleştirildiğinde. Dalga enerjisi, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegre edilerek, enerji güvenliği ve çeşitliliğini artırmada önemli bir rol oynayabilir.

Tablo 3.7.'de bölgesel dalga yoğunluğu verilmiştir. Buna göre İzmir-Antalya arasındaki bölge dalga enerjisi için en verimli bölge olarak belirlenmiştir. Ayrıca dalga enerjisinde öne çıkan iller arasında Zonguldak, İstanbul, Sinop, Sakarya ve Düzce gibi iller yer almaktadır. Fakat deniz kökenli kaynaklardan endüstriyel enerji üretimi yoktur (Akdoğan, 2018).

Tablo 3.7. *Türkiye'nin Dalga Yoğunluğu*

Dalga Gücü (kW/m)	Bölge
3,91 - 12,05	İzmir - Antalya kıyı şeridi
2,86 - 8,78	Ege Denizi
2,59 - 8,26	Akdeniz
1,96 - 4,22	Karadeniz
0,31 - 0,69	Marmara Denizi

Kaynak: Bayram, 2020

2008 yılında Türkiye Elektromekanik Sanayi (TEMSAN) ve Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) iş birliği ile “dalga enerjisinden elektrik üretimi” projesi kapsamında ilk denemeler gerçekleştirildi. Dünyada kullanılan dalga enerjisi sistemlerinden farklı olarak mobil şekilde tasarlanan sistem, istenilen bölgeye taşınabiliyor. Yaklaşık 20 gün süren saha çalışması sonucu Adapazarı Karasu kıyısından 100 metre uzaklıkta derinliği 43 metre olan bir bölgede suya indirilerek devreye alınan sistem günlük olarak 5kWh elektrik enerjisi üretmiştir ([http-33](http://33)). Yaklaşık 15 yıl önce denemeleri yapılan sistem ticarileşmemiş ya da daha büyük ölçekli projelere dönüşmemiştir. Zira

günümüzde Türkiye’de dalga enerjisinden elektrik üretimi söz konusu değildir.

Gelgit enerjisinin potansiyeli ise dalga enerjisine göre daha küçük ve sınırlıdır. Ege Denizi ve Çanakkale Boğazı gibi bölgelerde küçük çaplı gelgit enerjisi potansiyeli olduğu bilinmektedir. Gelgit enerjisi teknolojisi hala gelişme safhasında olduğundan günümüz şartlarında oldukça da maliyetleri yüksektir.

Deniz Enerjisi Potansiyeli Atlası adı verilen DEPA çalışmaları bakanlık bünyesinde devam etmektedir (Akdoğan, 2018).

3.7. Türkiye’de Hidrojen Enerjisi

Hidrojen enerjisi, özellikle yenilenebilir enerji teknolojileri ile birlikte kullanıldığında büyük bir potansiyele sahip olan bir enerji kaynağıdır. Hidrojen, 1 kg ağırlığında olduğunda doğalgazın veya petrolün yaklaşık iki katı enerjiyi serbest bırakabilir ve daha temiz bir enerji kaynağıdır. Bu, hidrojenin enerji yoğunluğunun yüksek olduğu anlamına gelir, bu da onu özellikle taşımacılık ve enerji depolama uygulamaları için değerli bir kaynak yapar (Bayram, 2020).

Hidrojen, düşük karbonlu bir enerji sisteminin kilit bileşeni olarak görülüyor çünkü bir dizi sektördeki enerji ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir rol oynayabilir. Bunlar arasında elektrik üretimi, ısıtma, taşımacılık ve sanayi uygulamaları bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, hidrojen enerji depolama ve dağıtım çözümleri sağlayabilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarına olan ihtiyacı ortadan kaldırabilir. (Dinçer vd., 2021).

2020 yılına kadar Türkiye’nin strateji ve politikalarının içerisinde yerini alsa da hiçbir zaman gereken özen ve ilgi hidrojen enerjisine gösterilmemiştir. “Hidrojen Arama Konferansı”nın ETKB tarafından 2020 yılında gerçekleştirilmesiyle kamuoyu hidrojenin önemi konusunda bilgilendirilmiştir (TSKB, 2021).

Enerji ithalatını azaltmayı ulusal bir strateji olarak hedefleyen Türk hükümeti, enerji ile ilgili araştırma, geliştirme ve gösterim bütçesini öncelikle yenilenebilir enerji ve enerji verimliliğine ayırmaktadır. 2018 yılında, bu

bütçenin yüzde 5'i hidrojen ve yakıt hücrelerine harcanmıştır (IEA, 2021). Hidrojen, Türkiye'de henüz enerji üretimine doğrudan katkıda bulunan bir unsur olmasa da sanayi sektöründe hammadde olarak kullanılmaktadır. Şu anda, endüstriyel sektörlerde amonyak üretmek veya diğer süreçler için kullanılan toplam enerji tüketiminin yüzde 1,6'sı, öncelikle hidrojen olarak kullanılır (Amil ve Yılmazoğlu, 2022).

Türkiye'nin şu anki yüksek enerji bağımlılığı ve yüksek yenilenebilir enerji potansiyeli karışımı, hidrojenin Türkiye'nin enerji geleceğinde önemli bir rol oynamasını sağlamaktadır. Bu bağlamda, Birleşmiş Milletler Endüstriyel Kalkınma Örgütü (UNIDO), Kasım 2011'de güneş ve rüzgâr enerjisiyle çalışan elektroliz yoluyla hidrojen üreten Bozcaada Hidrojen Adası projesini inşa ederek ilk girişimi başlatmıştır.

Hidrojen sülfür (H_2S) doğada genellikle yer altı. Petrol ve gaz rezervuarlarında ve jeotermal kaynaklarda bulunur. Türkiye'nin Karadeniz'deki H_2S potansiyeli hidrojen üretim kaynağı olarak düşünülebilir. Türkiye Cumhuriyeti ile Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü arasında 2003 yılında imzalanan anlaşma ile bu potansiyelin keşfedilmesi ve kullanılması için çaba sarf edilmekte olduğu görülmektedir (Sağır, 2021).

Türkiye'de günümüzde doğal gaza hidrojen eklenerek hidrojen den faydalanılması çalışmaları sürdürülmektedir. Fakat tam anlamıyla hidrojen enerjisinden faydalandığını söyleyemeyiz ama bunun için yol haritalarının çıkarıldığını belirtebiliriz. Şekil 3.26.'da Hidrojen Teknolojileri Derneği'nin hazırladığı rapora göre Türkiye'de hidrojen ekonomisinde izlenecek yol haritası çıkarılmıştır. Buna göre 2020-2025 yılları, doğal gaza hidrojen ekleme çalışmaları ile prototip ve pilot uygulamalar yapılması, hidrojen sektörüne hazırlık aşamasını ifade etmektedir. 2025-2030 yılları daha büyük kapasiteli uygulamaların yapılacağı, yeni teknolojilerin geliştirilmesinin hedeflendiği dönem olarak ifade edilmektedir. 2030-2040 dönemi artık ivme kaydedilen hidrojen sektörünün üretiminin ve nihai kullanımının çeşitlendirilerek büyütüldüğü dönem ve son olarak 2040-2050 yıllarının gelişen teknoloji sayesinde maliyetin düşerek farklı sektörler arasında kullanımının yaygınlaştırılmasını hedeflemektedir.

Şekil 3.26. Türkiye’de Hidrojen Ekonomisinde İzlenecek Yol Haritası



Kaynak: Dinçer vd., 2021

4. TÜRKİYE’DE KAMUSAL ALANLARDA YENİLENEBİLİR ENERJİ UYGULAMALARI

Enerji modern dünyada hemen hemen her alanda kilit unsur haline gelmiştir. Sanayi, ulaşım, ısınma, soğutma, aydınlatma ve dijital teknolojilerin hepsi enerjiye dayanır. Nüfus artışı, kentleşme, ekonomik büyüme gibi faktörler enerji talebini artırmakla kalmaz, aynı zamanda enerjinin kullanımının ve enerji altyapısının nasıl tasarlanması gerektiğini de etkiler. Dolayısıyla enerji politikaları ve stratejileri tüm dinamikleri dikkate alarak sürdürülebilirliğini yönetmeli ve ihtiyaca cevap vermelidir (Bilgiç ve Acet, 2019).

Türkiye’de hızlı şehirleşme, olumlu demografik eğilimler, ekonomik büyüme ve artan kişi başına gelir gibi faktörler enerji tüketimini artırmaktadır. Bununla birlikte Türkiye’nin enerji tüketiminin önümüzdeki on yıla kadar her yıl yüzde 4-6 civarında artacağı tahmin edilmektedir (Yıldız, 2023). Artan enerji talebini, enerjide dışa bağımlı ülkelerde alternatif enerji kaynakları ile karşılamak oldukça önemlidir.

Kamusal alanlar belediyelerin, devlet dairelerinin, okulların, hastanelerin, parkların ve buna benzer birçok yerin genel olarak kullanılması için ayrılmış alanları ifade etmektedir. Bu gibi alanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Karbon emisyonlarının ve diğer zararlı gazların azaltılması, hava kalitesinin iyileştirilmesi, iklim değişikliği ile mücadele, fosil yakıtların kullanıma hazır hale gelene kadar çevreye verdiği zararların önüne geçilmesi çevresel avantaj; enerji maliyetlerini ve dışa bağımlılığı azaltması, enerji tüketimini daha öngörülebilir hale getirmesi, enerji piyasasındaki belirsizlikleri azaltması ekonomik avantaj; toplum bilincini artırması, sürdürülebilir yaşam türlerini desteklemesi, yeni iş olanakları sağlaması ise sosyal avantajlar arasındadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, sadece çevre dostu bir enerji kaynağı olmakla kalmayıp, aynı zamanda ekonomik ve sosyal faydaları olan bir önemli bir seçenektir. Kamusal alanlarda yenilenebilir enerji kullanımının artırılması, sürdürülebilir bir hayat için önemlidir. Yenilenebilir enerjiye geçiş, her bireyin, her toplumun ve her ülkenin önemli sorumlulukları arasındadır. Sağlık

ve eğitim alanı, havalimanları ve yerel yönetimler gibi kamusal alanlardaki uygulamalar yenilenebilir enerjiye geçişte öncü rol oynamalıdır.

i. Sağlık Alanında Yenilenebilir Enerji Uygulamaları: Hastaneler günün tüm saatlerinde aktif olarak çalışan yapılardır. Gelen hastalara hizmet verebilmek için mesken gibi bir yapıdan çok daha fazla enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bu enerjiyi öncelikle tedaviler ve çeşitli sağlık gereçlerini kullanılabilmek için talep ederler ve bunu yaparken de hastaların ve çalışanların fiziksel konforunu sağlamak zorundadırlar. Fiziksel konforu sağlamak için başta ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme gibi sistemler için çok miktarda enerji harcarlar. Buna ek olarak hastanelerdeki enerji kullanımı gece gündüz devam ettiği için sürekli bir enerji talebi vardır, bu da enerji tüketiminin katlanarak artmasına sebep olmaktadır (Yüksel, 2023).

Hastaneler, yüksek enerji tüketimleri nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için önemli bir fırsat sunar. Bu tesislerin kesintisiz enerjiye ihtiyaçları vardır çünkü birçok hayat kurtarıcı cihaz ve sistem, enerji kesintisi olduğunda işlevini yerine getiremez. Dünya ekonomisinin yüzde 10'unu temsil eden sağlık sektörü yenilenebilir enerjiyi tercih ederek bir lider olarak rol oynayabilir ve diğer sektörlerle de öncü olabilecektirler. Özet olarak yenilenebilir enerji yatırımlarının öncelikli olarak hastanelerde yapılmasının topluma örnek teşkil etmesi açısından stratejik bir önemi bulunmaktadır (Yüksel, 2023).

Genellikle hastaneler geniş çatılara sahip olduğundan güneş paneli kurulumu için ideal alanlardır. Güneş panelleri vasıtasıyla hastanenin elektrik ihtiyacının bir kısmı karşılanabilir ve enerji maliyetlerinde düşüş gözlemlenebilir. Enerji kesintisi durumunda da güneş enerjisi yedek enerji olarak da kullanılabilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması aynı zamanda enerji verimliliğinin de artırılması anlamına gelmektedir. LED aydınlatma, enerji verimli cihazlar ve otomasyon sistemleri gibi teknolojiler, enerji tüketimini azaltabilir.

Manisa Alaşehir Devlet Hastanesi'nde 2016 yılında "Gelenekselden Geleceğe Dönüşen Hastane" isimli Zafer Kalkınma Ajansı tarafından fonlanan

bir proje gerçekleştirildi. 2 yıl gibi kısa bir dönemde yaklaşık 1.500.628 kWh elektrik enerjisi ve 1.050.439,6 TL tasarruf elde edildi. Bu oldukça önemli bir başarıdır, zira bu tarz enerji tasarrufları fosil yakıtların kullanımını azaltmaya, sera gazı emisyonlarını düşürmeye yardımcı olurken yenilenebilir enerji kaynaklarına olan güveni artırır. Daha fazla yatırımı teşvik edebilir ve enerji verimliliği konusunda farkındalık yaratabilir (<http-34>).

İstanbul'da Başakşehir am ve Sakura şehir Hastanesi'nin enerji ve evre dostu yaklaşımları sürdürülebilir bir gelecek için iyi bir örnek oluşturabilir. Yağmur suyu toplamak için 3600 m²'lik deponun oluşu ve toplanan suyun peyzaj sulamasında kullanılması, az su ihtiyacı olan bitki seçimlerinin yapılması, bina üzerindeki güneş panellerinden elde edilen enerjinin hastane katlarındaki sıcak su ve peyzaj aydınlatmasında kullanılması hem maliyetleri azaltmış hem de uluslararası tanınmış evre dostu bina sertifikalarından olan GOLD LEED sertifikası almasına katkı sağlamıştır (<http-35>).

Kütahya'da avdarhisar Devlet Hastanesi'nde 2016 yılında 175 m²'lik alanda kurulu gücü 25 kWp olan GES kurulmuştur. Bu sayede yılda 30.000 kWh enerji üretilirken, 1203 adet ağaç kurtarılıyor ve yıllık 13.200 kg CO₂ emisyonu engellenmiş oluyor. avdarhisar GES'in fosil yakıt karşılığı ise yıllık 2,6 TEP'dir (<http-36>).

Görsel 4.1. Kütahya avdarhisar Devlet Hastanesi



Kaynak: <http-36>

Denizli'nin Kale ilçesinde bulunan devlet hastanesinin ise atıl durumdaki 2.200 m²'lik bahçesine, 588 güneş paneli ile kurulu gücü 155 kW olan bir güneş enerjisi santrali 2017 yılında kuruldu. Yıllık 200.000 kW enerji üreten ve 450 ton karbon salınımını önlediği hesaplanan GES hastanesinin elektrik ihtiyacını karşılıyor, fazla üretilen elektrik ise hastaneye ek gelir yaratıyor (http-37).

Görsel 4.2. *Denizli İli Kale İlçesi Devlet Hastanesi*



Kaynak: *http-37*

ii. Eğitim Alanında Yenilenebilir Enerji Uygulamaları; Eğitim kurumları yenilenebilir enerji kullanımı için mükemmel bir platform olabilirler. Yenilenebilir enerji teknolojileri, hem okul binalarının enerji ihtiyaçlarını karşılamak hem de öğrencilere sürdürülebilir enerji konusunda eğitim vermek için kullanılabilir.

Genel olarak güneş panelleri, geniş ve güneşe maruz kalan bu kurumların çatıları için ideal alanlardır. Güneş panelleri ile okulun elektrik ihtiyacının bir kısmı ya da tamamı karşılanabilir. Jeotermal ısıtma ve soğutma, okulların ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılabilir. Eğitim kurumlarındaki yemek ve bahçe atıkları gibi organik atıklar biyokütle enerji üretiminde kullanılabilir.

Türkiye’deki vakıf üniversitelerinden biri olan Yeditepe Üniversitesi kampüs içerisinde 1 MW kurulu güce sahip çatı üzeri güneş enerji sistemi kurarak, İstanbul’da gerçekleştirilen en büyük çatı uygulamasını hayata geçirdi. Kampüs içindeki dört öğrenci yurdu ile güzel sanatlar fakültesinin çatılarına monte edilen 3.850 adet fotovoltaik panel ile Yeditepe Üniversitesi 2022 yılı sürdürülebilirlik raporuna göre toplan enerji ihtiyacının yaklaşık yüzde 13’ü karşılanabiliyor.

Görsel 4.3. *İstanbul Yeditepe Üniversitesi Güneş Panelleri*



Kaynak: <http-40>

Boğaziçi Üniversitesi Kilyos Sarıtepe Kampüsü, enerji sektöründe yenilikçi uygulaması ile öne çıkmaktadır. Yoğunlukla tercih edilen güneş enerjisi yerine kendi elektriğini üretmek için kendi rüzgâr santrali Boğaziçi Üniversitesi Rüzgâr Enerji Santrali BÜRES’i kuran üniversite, böylece enerji tüketimini ve karbon ayak izini önemli ölçüde azaltmak için girişimde bulunmuştur.

BÜRES 1 MW kurulu güç kapasitesi ile tüm kampüsün enerji ihtiyacının yüzde 40 fazlasını üreterek yıllık yaklaşık 400.000 TL enerji maliyetinde, 900

ton karbon salınımının önlenmesinde ve 1 milyon kWh enerji tasarrufu sağlanmıştır (<http-41>).

Bu projenin başarısı olması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının üniversiteler ve diğer büyük kurumlar için önemli bir potansiyeli olduğunu göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları enerji maliyetlerini düşürülmesine destek olurken, karbon emisyonlarının azalmasında etkili olmaktadır.

Görsel 4.4. *İstanbul Boğaziçi Üniversitesi Kilyos Sarıtepe Kampüsü (BÜRES)*



Kaynak: <http-41>

Dokuz Eylül Üniversitesi'nde "güneş enerjisi projesi" hayata geçirilerek yedi farklı kampüste toplam kurulu gücü 17.237 MW olan güneş panelleri, binaların çatılarına, otopark alanlarına ve uygun arazilere konumlandırılmıştır. Tablo 4.1.'de de verildiği üzere üniversitenin Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Dokuzçesmeler Kampüsü, Torbalı Meslek Yüksekokulu (görsel 3.5.), 15 Temmuz Sağlık ve Sanat Kampüsü, Eğitim Fakültesi, Tınaztepe Kampüsü ve Buca Eğitim Fakültesi Kampüsü fotovoltaiik panellerin yerleştirildiği alanlar olup güneş enerjisi projesi, toplam 34.154 panelden oluşmaktadır.

Görsel 4.5. Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Kampüsü Fotovoltaik Panelleri



Kaynak: <http-42>

Tablo 4.1. Dokuz Eylül Üniversitesi Güneş Enerjisi Projesi Teknik Detayları

Kampüs	Fotovoltaik Panel Sayısı	Kurulu Güç	Yerleşim Yeri
İnciraltı Kampüsü (Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü)	476	214,2 kWp DC 200 kWe AC	510 m2 çatı üstleri
Torbalı Kampüsü	1776	941 kWp DC 806 kWe AC	2240 m2 çatı üstleri ve 6000 m2 arazide
Buca Eğitim Fakültesi Kampüsü	1891	850,95 kWp DC 748 kWe AC	3011 m2 otopark üstlerinde 1112 m2 çatı üstlerinde
Dokuzçesmeler Kampüsü	2258	1016,1 kWp DC 950 kWe AC	4725 m2 çatı üstlerinde
Tınaztepe Kampüsü	11573	5639,05 kWp DC 5000 kWe AC	25.693 m2 arazide 22.337 m2 çatı üstlerinde
15 Temmuz Sağlık ve Sanat Kampüsü	16180	8575,93 kWp DC 7500 kWe AC	10640 m2 arazide 12708 m2 çatı üstlerinde 31600 m2 otopark üstlerinde

Kaynak: <http-42>

Günümüzde eğitim kurumları enerji tüketimini azaltmak ve çevre dostu uygulamaları benimsemek için yenilenebilir enerji kaynaklarına her geçen gün daha da önem vermektedir. Eğitim alanında örnekleri yukarıda verilen kurumlar ve literatür taramasında karşılaşılan eğitim kurumlarının çoğu güneş enerji panellerini tercih etmektedir.

iii. Havaalanlarında Yenilenebilir Enerji Uygulamaları; Hava taşımacılığı sektörü küresel enerji tüketiminin ve karbon emisyonlarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Havaalanlarının enerji verimliliğini artırmak ve karbon ayak izlerini azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ihtiyaç vardır. Havaalanları genellikle büyük, geniş ve açık alanlara sahip oldukları için, güneş panelleri gibi yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanılması için ideal yerlerdir. Çatılara, otoparklara ve diğer boş alanlara kurulan güneş panelleri, binanın ısıtılması, soğutulması, aydınlatma, elektrikli şarj istasyonları gibi kullanım alanlarında enerji maliyetlerini düşürmeye de yardımcı olacaktır.

Havalimanları 24 saat hizmet veren yapılar olduğundan çeşitli ve genellikle büyük miktarlarda enerji ihtiyaçları olmaktadır. Hava kontrol sistemleri, aydınlatma, ısıtma ve soğutma, güvenlik ve bagaj taşıma sistemleri, elektrikli kapılar ve çok sayıda diğer sistem ve cihazlar sürekli enerji gerektirir. Ayrıca havalimanları genellikle geniş ve açık alanlara sahip olduğundan güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji sistemleri için ideal yer olmaya adaydırlar (Yıldız vd., 2020).

Türkiye'deki 58 havalimanından 37'si uluslararası uçuşlara ev sahipliği yaparken, 18'i hem sivil hem de askeri amaçla kullanılan havalimanlarıdır. Tüm bu havalimanlarındaki toplam enerji tüketiminin sadece çok küçük bir kısmı yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Aşağıdaki tablo 4.2.'de de detayları verilen İzmir Adnan Menderes, Antalya ve Erzincan Havalimanları bunlardan bazılarıdır (Yıldız vd., 2020).

Tablo 4.2. *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kullanan Bazı Havalimanları*

Havalimanı	Bulunduğu Şehir	Yenilenebilir Enerji Teknolojisi	Kurulu Güç
Adnan Menderes Havalimanı	İzmir	PV	400 kWe
Antalya Havalimanı	Antalya	PV	250 kWe
Erzincan Havalimanı	Erzincan	PV	2.09 Mwe
Dalaman Havalimanı	Muğla	PV	250 kWe

Kaynak: Yıldız vd., 2020

Türkiye’de havalimanı öz tüketiminin yarısına yakınına karşılayan ilk proje olan Erzincan Havalimanı GES, 3.779 adet fotovoltaik panelin 6.310 m²’lik alana yerleştirilmesi ile gerçekleştirildi. GES’in yaklaşık kurulu gücü 2,09 MWp’dir (http-38). Bu tesisin tasarımı, Erzincan Havalimanı’nın yıllık elektrik enerjisi tüketiminin yaklaşık yarısını karşılayabilecek miktarda elektrik enerjisi üretmeyi amaçlamaktadır. Havalimanının ihtiyaç duyduğundan fazla elektrik ürettiğinde ise fazla enerji şebekeye aktaracak şekilde tasarlanmıştır (Yıldız vd., 2020).

Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü tarafından talep edilen proje kapsamında Dalaman havalimanında 962 adet yüksek verimlilik sağlayan fotovoltaik panel kullanılmıştır. Havalimanındaki toplam kurulu gücü 250 kWe’dir. Yıllık elektrik üretimi yaklaşık 346 MWh (345.687 kWh)’dir. Bu miktar, 160 evin yıllık elektrik enerjisi gereksinimini karşılayabilecek düzeyde bir elektrik üretimini ifade etmektedir (http-39).

Antalya Havalimanı 250 kWe kurulu güce sahip olup yıllık elektrik enerjisi üretimi yaklaşık 365 MWh’dir.

Avrupa’nın çevre dostu 20 havalimanı arasında giren İzmir Adnan Menderes Havalimanı yeni terminalinde 5200 m²’lik fotovoltaik panel bulunurken, her yıl 450 MW elektrik enerjisini güneşten elde etmektedir (Yıldız vd., 2020)

iv. *Yerel Yönetimlerde Yenilenebilir Enerji Uygulamaları;* Yerel yönetimlerde yenilenebilir enerji uygulamaları da giderek önem

kazanmaktadır. Türkiye'de bugün nüfusun yaklaşık yüzde 93'ü belediye sınırları içinde yaşamakta ve bunun yüzde 77,6'sı büyükşehir belediyelerinde ikamet etmektedir. Geriye kalan yüzde 22,34 ise diğer belediye sınırları içerisinde yaşamaktadır. Bu durum, enerji ihtiyaçlarının karşılanması, enerji verimliliği ve enerji politikalarının uygulanmasında merkezi hükümet kadar yerel yönetimlere de büyük sorumluluklar yüklemektedir (Bilgiç ve Acet, 2019).

Belediyeler, çok çeşitli hizmetleri sağlayarak enerji tüketiminde büyük bir rol oynarlar. Toplu taşıma, yol ve kaldırım yapımı, aydınlatma, park ve bahçe düzenlemeleri, temizlik ve katı atık toplama hizmetleri, içme suyu ve atık su altyapı çalışmaları gibi yerel hizmetler, belediyelerin yüksek miktarda enerji tüketimine yol açar (Biberici vd., 2017)

Belediye binaları, spor tesisleri, ek hizmet binaları, belde evleri, kültür sanat merkezleri gibi kamu binaları, su ve atık su tesisleri, toplu taşıma sistemleri ve benzeri uygulamalar belediyelerde enerjinin tüketildiği yerler olup enerji ihtiyacının ne kadar çok olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla yerel yönetimler, kamusal alanlarda yenilenebilir enerjinin kullanımı konusunda toplumda öncü bir rol oynayarak, enerji verimliliği, sürdürülebilirlik ve çevre dostu politikaların geniş çapta uygulanmasını teşvik edebilirler.

Belediyeler aynı zamanda yerel toplulukları ve vatandaşları yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği konusunda gerçekleştireceği çeşitli aktivitelerle eğitebilir, bilinçlendirebilir.

Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi (ŞBB), belediyeye bağlı enerji şirketini 2018 yılında kurarak enerji politikaları kapsamında çalışmalarını sürdürmektedir. Şirket, yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği konularına odaklı çalışmalar gerçekleştirmektedir (Ural, 2021).

Su Kuyuları ve Arıtma Tesisi Enerji İhtiyacını karşılamak için ŞBB ve Şanlıurfa Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Akçakale ilçesinde aşağıda görsel 3.6.'da yer alan 20.000 m² alan üzerinde 1 MW'lık GES kurulmasını gerçekleştirmiştir. Kurulan GES'in amacı su kuyuları ve arıtma tesisinin enerji ihtiyacını karşılamaktır.

Görsel 4.6. Şanlıurfa Akçakale İlçesi GES



Kaynak: <http-43>

ŞBB yenilenebilir enerji kaynakları çalışmaları arasında biyokütle enerjisine de yer veren belediyeler arasındadır. Kurulu gücü 6.4 MW olan tesisini 2015 yılında devreye alarak günlük 1000 ton evsel çöp atıklarını enerjiye dönüştürmekte ve yıllık 15.000.000 TL gelir elde etmektedir. Siverek, Viranşehir ve Hilvan ilçelerinden gelen çöplerin taşıma maliyetlerini azaltmak için de 2 MW gücündeki yeni bir tesisin fizibilite çalışmalarını gerçekleştirmektedir (Ural, 2021).

Bursa Gürsu Belediyesi tarafından kurulan sabit eksenli güneş tarlasının kurulu gücü 96 kW'dır. Güneş tarlası ile belediye, bölgedeki sanayi kuruluşlarını çevreye duyarlı üretim yapmaları için yenilenebilir enerji kaynaklarının örnek teşkil etmesini planlamıştır. Aşağıdaki görsel 3.7. Gürsu Belediyesi'nin fotovoltaiik güneş enerji santralini göstermektedir.

Görsel 4.7. *Gürsu Belediyesi GES*



Kaynak: *Çiftçi, 2015*

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na bağlı kalkınma ajansları bölgesel gelişime katkı sağlayan kuruluşlar olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının il ve ilçe belediyelerinde de yaygınlaşmasına katkı sağlamaktadır. Örnek olarak Eskişehir Beylikova Belediyesi, Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı (BEBKA)'ndan aldığı yüzde 55'lik destek ile "106 kW Güneş Enerjisi Sistemi ile Sulama Yapararak Tarım Arazilerinin Verimini Artırıyoruz" isimli projeyi 2019 yılında devreye alarak Ekim 2020 tarihine kadar yaklaşık 290.466 kW enerji üreterek ülke ve bölge ekonomisine 272.506,00 TL katkı sağlamıştır.

Görsel 4.8. Eskişehir Beylikova Belediyesi GES



Kaynak: <http-44>

İstanbul Büyükşehir Belediyesi de yenilenebilir enerji kaynaklarını konutlarda, artıma tesislerinde, spor komplekslerinde, otobüs duraklarında, sosyal tesisler gibi birçok alanda kullanmaktadır. Çoğunlukla güneş enerjisi tercih edilse de Seymen Biyokütle Enerji Üretim Tesisi biyokütleden enerji üreten Silivri ilçesinde evsel atıkların depolanarak bertaraf edildiği bir tesistir. Aralık 2020 yılında 25 MW olan kurulu güç Ekim 2021 yılında 37 MW'ye çıkarak yaklaşık 190 bin hanenin elektrik ihtiyacına denk gelmektedir. Tesisin tam kapasitesi 90 MW olup tam kapasite çalışmaya başladığında dünyanın en büyük tek noktada kurulu tesisi olacaktır (<http-45>).

Bilgiç ve Acet'in Tablo 4.3.'te verilen 30 büyükşehir belediyesi ile ilgili yaptıkları bir çalışmada bu belediyelerin yenilenebilir enerjiye ilişkin politika ve faaliyetleri değerlendirilmiştir. Çalışmaya göre 30 şehirde en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağının yüzde 44 ile güneş enerjisidir. Bunu sırasıyla hidroelektrik santraller (yüzde 34), rüzgâr enerjisi santralleri (yüzde 15) ve biyokütle santralleri (yüzde 7) takip etmektedir. En çok yenilenebilir enerji santraline sahip il 85 santral ile İzmir olurken, en az santrale sahip olan il 3 adet ile Mardin olmuştur.

Tablo 4.3. Çalışmada İncelenen 30 Büyükşehir Belediyesi

BÜYÜKŞEHİR BELEDİYELERİ

1	Adana B.B.	16	Kayseri B.B.
2	Ankara B.B.	17	Kocaeli B.B.
3	Antalya B.B.	18	Konya B.B.
4	Aydın B.B.	19	Malatya B.B.
5	Balıkesir B.B.	20	Manisa B.B.
6	Bursa B.B.	21	Mardin B.B.
7	Denizli B.B.	22	Mersin B.B.
8	Diyarbakır B.B.	23	Muğla B.B.
9	Erzurum B.B.	24	Ordu B.B.
10	Eskişehir B.B.	25	Sakarya B.B.
11	Gaziantep B.B.	26	Samsun B.B.
12	Hatay B.B.	27	Şanlıurfa B.B.
13	İstanbul B.B.	28	Tekirdağ B.B.
14	İzmir B.B.	29	Trabzon B.B.
15	Kahramanmaraş B.B.	30	Van B.B.

Yerel yönetimler kentsel alanların belirli ihtiyaçlarını karşılamakla sorumludurlar. Hizmetlerini yerine getirirken harcayacakları enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji olması halinde hem belediye bütçesine katkıda bulunurlarken hem de ülke ekonomisine katkı sağlayabileceklerdir. Ayrıca çevrenin korunmasına, vatandaşlar arasında yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi arttırıp farkındalığın artmasına katkı sağlayacaktır.

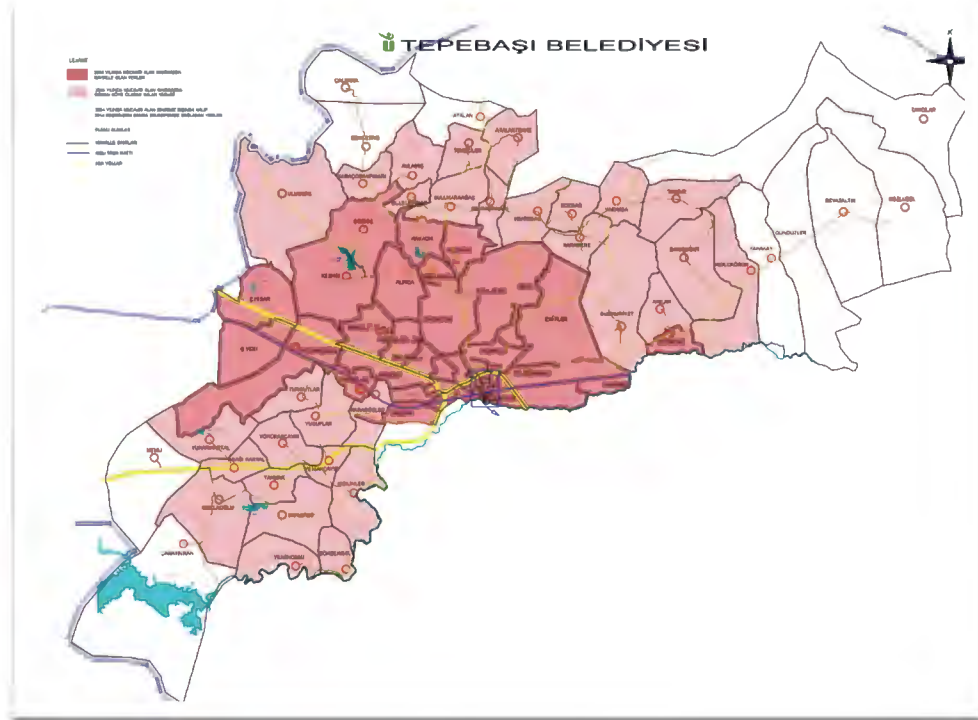
5. ESKİŞEHİR TEPEBAŞI BELEDİYESİ'NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ UYGULAMALARI

5.1. Tepebaşı İlçesi Genel Görünümü

“Büyükşehir Belediyesi Sınırları İçerisinde İlçe Kurulması ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun” ile 2008 yılında ilçe statüsü alan Tepebaşı, 378.594 nüfusa, 1.373,40 km² yüzölçümüne sahip olup toplam 92 mahalleden oluşur ve Eskişehir’in merkez ilçelerindendir.

Coğrafi olarak Bozdağ ve Sündiken Dağları arasında kalan Sakarya Nehri’nin en önemli kollarından biri olan Porsuk Çayı’nın iki yakasına kurulmuş Eskişehir kent merkezinin kuzey, kuzey-batısında bulunmaktadır (http-46).

Görsel 5.1. Eskişehir Tepebaşı İlçe Sınırları Haritası



Kaynak: Tepebaşı İlçe Belediyesi, 2022

Tepebaşı'nın tarihçesi, “M.Ö. 2.000-3.000” tarihlerine kadar dayandırılmakta olup, Antik dönem, Bizans dönemi, Selçuklu dönemi, Osmanlı ve Cumhuriyet dönemi olmak üzere tarihin birçok noktasında Tepebaşı, önemli bir bölge olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla mevcut coğrafi konumu ve tarihi günümüzde kentin ekonomisinin ve demografik yapısının şekillenmesinde büyük önem arz etmektedir (Yavuz, 2021).

Tepebaşı, Eskişehir'in en önemli ilçelerinden biridir. Anadolu Üniversitesi ve Eskişehir Teknik Üniversitesi gibi Türkiye'nin önde gelen üniversitelerine ev sahipliği yaparak adeta bir eğitim ve bilim ilçesi olmuştur. İlçe, yoğunlukla genç nüfusa ev sahipliği yapması ve sanat ve kültür merkezlerinin de varlığı sonucu 24 saat aktif bir hayata sahiptir (Eskişehir Tepebaşı Belediyesi, 2022).

Türkiye'nin tek uçak motor fabrikası olan Türkiye Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. (TUSAŞ), dizel lokomotif motoru üreten tek fabrikası Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayi A.Ş. (TÜLOMSAŞ)'nin yanı sıra tuğla-kiremit fabrikaları ve diğer sanayi kuruluşlarının bulunduğu bölge, Türkiye'nin ilk enerji etkin kamu binasına da sahip belediye binası ile enerjisinin yüzde 20'sinin güneş enerjisinden sağlamaktadır. Ayrıca Eskişehir'in 5 büyük alışveriş merkezine de sahip olan Tepebaşı ilçesi, Eskişehir'in eğitim, sanayi, ticaret gibi birçok alanında aktif bir ilçesidir.

5.2. Eskişehir Tepebaşı Belediyesi ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Uygulamaları

2021 yılı verilerine göre toplam 410 personeli ve 1580 belediye şirketi personeli ile toplam 1990 çalışanı ve 31 müdürlüğü olan Tepebaşı Belediyesi'nin 2023-2024 yılı Stratejik Planı'nda ve diğer raporlarında vizyon ve misyonu belirtilmiştir. Buna göre belediyenin vizyonu, “bireye saygılı, yaşam kalitesi yüksek; ulusal ve uluslararası düzeyde sürdürülebilir örnek ve önder bir yerleşim yeri olmak”, misyonu ise “Hayat Tepebaşında sloganı ile bölge halkının ihtiyaçlarının ayırım gözetmeksizin karşılayarak, sosyal ve kültürel belediyecilik anlayışıyla, kaliteli ve çevreye duyarlı, çağdaş, şeffaf, sağlıklı ve sürdürülebilir bir kentsel yaşam olanağı sunmaktır” (Tepebaşı Belediyesi, 2022). Sürdürülebilirlik kavramının belediyenin tüm çalışma

alanlarında anahtar bir kelime olduğu hem vizyon hem misyon cümlelerinde kendini göstermektedir.

Belediyenin stratejik amaçları arasında sürdürülebilir projeler üretmek, akıllı kent ve dijitalleşmeye yönelik projeler gerçekleştirmek gibi amaçlar yer alırken, kritik başarı faktörleri arasında küresel hedefleri yerelleştirme, sürdürülebilir kalkınma, kırsal kalkınma, temiz ve yenilenebilir enerji gibi faktörler yer almaktadır. Belediyenin stratejik planlarında bu kelimelerin kullanılması ve faaliyet planlarında da bu amaçlara yönelik aktivitelerin gerçekleştirilmiş olması Tepebaşı Belediyesini sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve çevreye duyarlılık konusunda alanında öncü belediyelerden biri yapmaktadır.

5.2.1. Düşük karbon ayak izi için enerji etkin bina

Tepebaşı Belediyesi 2011 yılında BEBKA'dan aldığı hibe ile hayata geçirdiğı “Düşük Karbon Ayak İzi İçin Enerji Etkin Bina” isimli projesi ile hizmet binasındaki elektrik enerjisi ihtiyacının yaklaşık yüzde 20'sini binanın çatısına yerleştirilen fotovoltaik paneller aracılığı ile karşılamaktadır. Bu projenin amacı kamu binası olan belediye hizmet binasının yenilenebilir enerji üretimi teknolojileriyle enerjisinin bir bölümünü kendi bünyesinde üretmesi ve karbon ayak izini azaltarak enerji etkin bir bina haline gelmesiydi. 28 Şubat 2013 yılında devreye alınan güneş enerji santralinde kurulan panellerin tamamının kurulu gücü 95 kW'dir. Şebekeye bağlı olan güneş enerjisi santralinin ürettiğı elektrik enerjisi, binanın kullanımı sırasında tüketilmekte, fazla elektrik enerjisi ise şebekeye yönlendirilmekte ve ölçülerek dağıtım şirketi ile mahsuplaşma sağlanmaktadır.

Geri dönüş süresi 5 yıl olarak hesaplanan projede, ısıtma tesisatının yenilenmesi sayesinde doğalgaz tüketimi yüzde 35 azaltılmış ve binanın dört mevsim boyunca ısısı 23°C olarak kontrol edilebilir hale getirilmiştir. Tüm bunlara ek olarak 200 tonluk yangın suyu deposu termal depoya dönüştürülmüş ve bu sayede sıcak aylarda soğutma maliyetlerinde tasarruf sağlanmıştır. 2013 yılında kurulan Güneş Enerjisi Santrali (GES), anlık olarak 95 kW $\pm$ yüzde 5 enerji üretebilecek kapasiteye sahiptir. Fotovoltaik

panellerde kullanılan hücreler monokristal yapıdadır ve verimi yüzde 14,8 olan 240 Watt kapasiteli fotovoltaik paneller kullanılmıştır (Kara 2022).

Belediye fotovoltaik paneller sayesinde yıllık 50.000 TL kadar tasarruf ederek, elektrik enerjisi tüketimini yılda yüzde 20 civarında azaltmayı başardı. Ayrıca yine proje kapsamında kurulan yağmur suyu artıma ve depolama sistemi ile de şebeke suyu kullanımını yüzde 5 oranında azaltmayı başardı.

Görsel 5.2. *Eskişehir Tepebaşı Belediyesi Hizmet Binası GES*



Kaynak: <http-46>

5.2.2. Tarımda güneş enerjili sulama (TARGES)

Tepebaşı Belediyesi, her ne kadar merkez bölgesi ile öne çıkan bir ilçe olsa da kırsal bölgelere de sahip bir belediyedir. Yerel yönetim hizmetlerini tüm vatandaşlara eşit olarak dağıtma ve ulaştırma konusunda titizlik gösteren belediye, kırsaldaki vatandaşların yenilenebilir enerji ile tanışması, faydaları hakkında bilgi sahibi olması için kırsalda da güneş enerjisi sistemlerinin kullanımını örneklendirmektedir.

Açılımı “Tarımda Güneş Enerjili Sulama” TARGES projesini BEBKA’dan aldığı yaklaşık 58 bin TL hibe desteği ile hayata geçiren Tepebaşı Belediyesi, tarımsal üretimde pompaj maliyetleri yüksekliği nedeni ile ciddi sıkıntılar yaşayan kooperatiflerin Eskişehir bölgesi için verimli bir yenilenebilir kaynak olan güneş enerjisinden, tarımsal sulamada bu

maliyetlerinin düşürülmesi hususunda faydalanmaları için fizibilite çalışması gerçekleştirildi.

Bu proje kapsamında Yakakayı Köyü Sulama Kooperatifi'ne ait olan 8 tane sulama kuyu ve pompalarında etüt çalışmaları yapıldı. Fizibilite çalışmasının sonuçlarına göre enerji talebinin azaltılması gerektiği düşünülerek verimi düşük 5 adet sulama pompasının yenilenmesi ve böylelikle yüzde 34 enerji tasarrufu sağlanabileceği hesaplanmıştır. Ayrıca arazi tipi 100 kW kapasiteli güneş enerjisi santrali kurulumunun fizibilitesi de gerçekleştirilerek, 585.000 TL tutarındaki bir yatırım ile 8 sulama pompasından yüzde 49,5 verim artışı sağlanabileceği hesaplanmıştır. Farkındalık ve yaygınlaştırma çalışmaları kapsamında da 100'ün üzerinde çiftçi ve 60'ın üzerinde sivil toplum kuruluşu ile bu bilgiler paylaşılmıştır (http-47).

Bu ve benzeri proje ve uygulamalar kırsal alanda enerji verimliliğinin sağlanması için oldukça önemlidir.

Görsel 5.3. TARGES



Kaynak: http-46

5.2.3. Yakakayı ve Gündüzler güneş enerjili hayvansal sulama uygulamaları

TARGES fizibilite projesi sonrası güneş enerjili ilk sulama uygulaması şehir merkezine yaklaşık 32 km. uzaklıkta yer alan Yakakayı Mahallesi (Köyü)'nde gerçekleştirildi. Kurulan güneş enerjisi panelleri sayesinde elde

edilen enerji aküler aracılığı ile depolanarak, yaklaşık 1 saat içerisinde 5.5 ton su bölge hayvanlarının kullanması için yalaklara basılabiliyor.

Görsel 5.4. *Yakakayı Köyü Güneş Enerjili Sulama Uygulaması*



Kaynak: *http-46*

Gündüzler’de uygulaması gerçekleştirilen 2. TARGES Projesi, meradaki hayvanların su ihtiyacını gidermek için güneş enerjisi sisteminin kullanılmasını öneriyordu. Böylelikle güneşten elde edilen elektrik enerjisi ile yer altındaki su, pompalar aracılığıyla çeşmelere basılarak 200 büyükbaş ve 3000 küçükbaş hayvanın sulanmasını sağlıyor. Güneş enerjisi olmadığında enerji depolayabilen bir akülü sistem de bulunan projede, suyun israfını önlemek için 15 dakikada bir aralıklarla su akışını sağlamaktadır. Bu nedenle, proje kırsal kalkınma, enerji tasarrufu ve çevre sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır (Yavuz, 2021).

5.2.4. Sakinteppe soğuk hava deposu

Tepebaşı ilçesi Sakinteppe mahallesindeki belediyeye ait Sakinteppe Soğuk Hava Deposu, BEBKA tarafından desteklenen “Sürdürülebilir Tarımsal Üretimde Kaynak Verimli Soğuk Hava Deposu” projesi kapsamında

desteklenerek, çatısına 270 adet panel yerleştirilerek 96 kW kurulu güce sahip bir GES kurulmuştur.

2022 yılının haziran ayı itibarıyla elektrik enerjisi üretmeye başlayan tesisi Tepebaşı ve çevre bölgelerde üretim yapan çiftçiler yıl boyunca kullanabiliyor. Belediyenin verilerine göre 4 yıl 3 ay gibi bir sürede kendini amorti etmesi planlanan tesisin yılda 149.319 MWh üretim yapması bekleniyor.

Görsel 5.5. Sakintepe soğuk hava deposu



Kaynak: <http-46>

5.2.5. Mustafa Kemal Atatürk Su Sporları Merkezi

Tepebaşı Belediyesi Mustafa Kemal Atatürk Su Sporları Merkezi 1 adet yarı olimpik yüzme havuzu, kapalı 250 m²'lik eğlence havuzu, gösteri alanı ve sosyal aktivite alanlarının olduğu akıllı bina olarak tasarlanan bir kamu binasıdır.

Mustafa Kemal Atatürk Su Sporları Merkezi, yeşil bina sertifikasyon sistemlerinden olan LEED Gold Sertifikasını kazanan bir akıllı binadır. Binanın dış cephesinde 10 cm mantolama ve 3 camlı ısı ve güneş kontrol camı kullanılarak üst düzey bir yalıtım sağlanmıştır. 85 kW solar ısıtma devresi ve 63 adet fotovoltaik güneş panelinden oluşan 20 kWp güneş enerjisi santrali, binanın yaklaşık yüzde 10 elektrik ihtiyacını karşılamaktadır. Ayrıca, 11 adet

ışık tüpü kullanılarak çatıdan 6 metre aŗağıya kadar doğal aydınlatma sağlanmaktadır. Binada yağmur suyu geri kazanım sistemi kurulmuŗ ve toplanan su bahçe, kalorifer sistemi ve klozet rezervuarlarında kullanılmaktadır. Binada kullanılan tüm malzemeler geri d n ŗt r lebilir ürünler arasından se ilmiŗtir (Kara, 2022).

Görsel 5.6. *Mustafa Kemal Atatürk Su Sporları Merkezi*



Kaynak: *http-46*

5.2.6. Melih Savaŗ Yaŗam Köyü- REMOURBAN

Türkçe’ye “Akıllı Kentsel D n ŗ m n Hızlandırılması için Yenileme Modeli” olarak çevrilen Regeneration model for accelerating the smart urban transformation – REMOURBAN projesinin uygulama alanı Tepebaŗı Belediyesi Melih Savaŗ Yaŗam Köyü tesisleridir.

Tesis Aŗağıs  t n  mahallesinde 9110 m2’lik bir alanda 54 adet bitişik nizam villadan oluŗmaktadır. İçerisinde Alzheimer Bakım Merkezi, Sağlıklı Yaŗlılar Bakımevleri, Engelliler Montaj Atölyesi, Belde Evi, GÖRSEM-

Görme Engelliler için Bakımevi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Merkezi, Beceri ve Sanat Atölyesi, Aile Sağlığı Merkezi, Sanat Evi, Çocuk Senfoni Orkestrası Merkezi, Kreş gibi hizmetler verilmektedir. 120'ye yakın hastanın yaşadığı tesisi, günlük yaklaşık 600 vatandaş verilen hizmetleri kullanmak üzere ziyaret etmektedir.

Görsel 5.7. *Tepebaşı Belediyesi Melih Savaş Yaşam Köyü*



Kaynak: <http-46>

REMOURBAN, AB'nin Horizon 2020 Araştırma ve İnovasyon Çerçeve Programı kapsamında enerji, ulaşım ve bilişim ve iletişim teknolojilerinin entegre edilerek “lighthouse” denilen büyük ölçekli uygulama projeleri ile akıllı şehirler ve toplumlara çözüm üretmek isimli proje çağrısına yapılan başvuru sonucu kabul edilen, proje ortakları İspanya, İngiltere, Türkiye, Belçika, Almanya, İtalya ve Macaristan olan ve 2015-2020 yılları arasında uygulama aşaması tamamlanmış bir projedir.

Projenin temel hedefi, bilgi ve iletişim teknolojileri, enerji ve ulaşımı tek bir noktada birleştirerek yenilikçi çözümler ve tasarımlar geliştirmek, kentsel dönüşüm modelini yaygınlaştırmak, kent halkının yaşam kalitesini artırmak, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamak, kentsel yenileme için yenilikçi iş modellerinin benimsemektir (Kara, 2022).

REMOURBAN projesinin uygulama alanı olan Yaşam Köyü'nde enerji verimliliği ayağı, mevcut binaların iyileştirilmesiyle enerji verimli hale getirilmesi ve yenilenebilir enerjinin kullanımının yaygınlaştırılmasını projenin kapsamını oluşturmaktadır.

Projenin aktiviteleri arasında bina yalıtımının yenilenmesi, pencere ve doğrama sistemlerinin değiştirilmesi, GES kurulması ve bina-çevre aydınlatmalarının LED sistem ile değiştirilmesi vardır.

Projenin ulaşım bölümünde, sürdürülebilir ve çevre dostu ulaşım talebi artırmak için belediyeye 22 adet hibrit binek araç ve kamusal hizmetlerde kullanılmak üzere 300 km menzilli, 200 kW elektrik motorlu, tamamen elektrikli 4 adet otobüs hizmete satın alınmıştır. Otobüsler, belediye ana hizmet binasının yanında bulunan 380 volt gücündeki şarj istasyonunda şarj edilmektedir. Bunun yanı sıra, 6,8 km'lik bisiklet yolu düzenlemesi yapılarak 30 adet elektrikli bisiklet, 45 adet şarj ünitesi ve 3 adet şarj istasyonu satın alınarak vatandaşların hizmetine sunulmuştur.

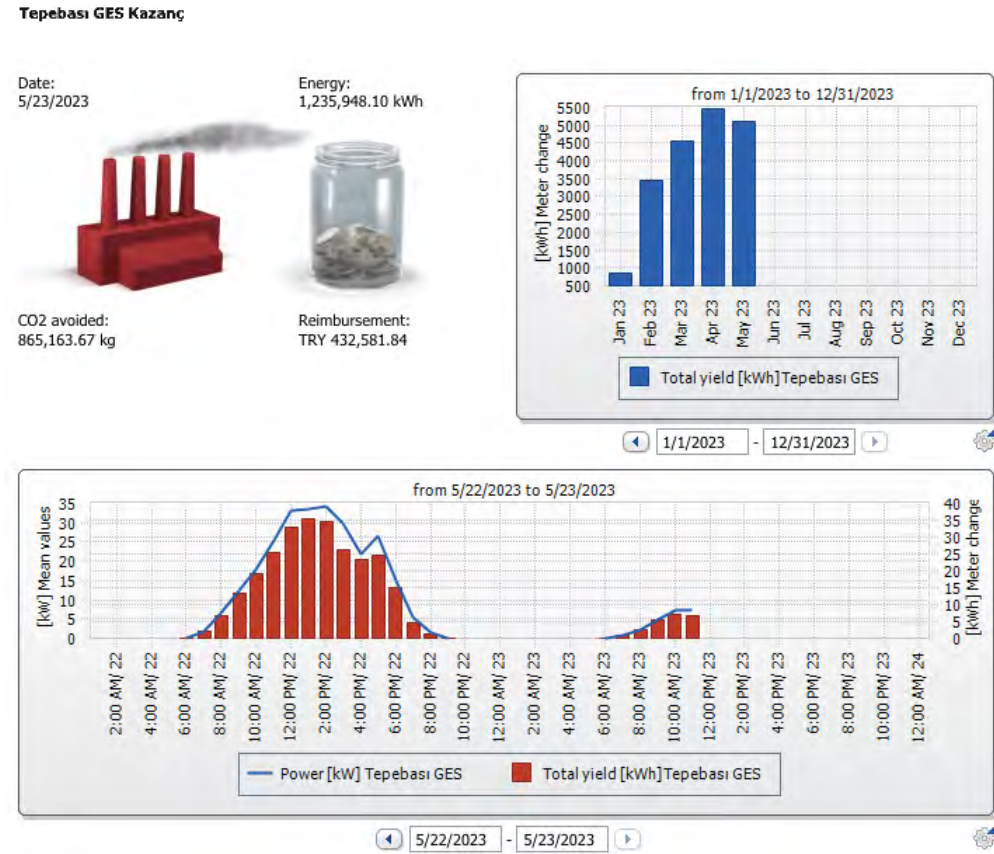
Görsel 5.8. Elektrikli Otobüs ve Bisikletler



Kaynak: <http-46>

Projenin bilişim ayağı ise “akıllı şehir izleme portalı” oluşturularak proje içerisinde gerçekleştirilen çalışmaların, ısıtma sistemleri, enerji üretim değerleri, karbon salınımı, ulaşım gibi verileri ve tasarruf değerlerinin depolanması, görüntülenmesi ve bilgi edinilmesi gibi çeşitli bilgileri paylaşılmaktadır. Güneş enerjisi santrallerinin anlık enerji üretimi, ne kadar karbon salınımı engellediği ve kazanç değerleri gibi bilgilere de izleme portalı aracılığı ile tüm vatandaşlarla paylaşılmaktadır. Aynı zamanda elektrikli otobüsler, hibrit araçlar ve bisikletlerin km ve şarj bilgileri, araçları kullanan yolcu ile lokasyon bilgilerinin de görüntülenebildiği bir portal oluşturulmuştur.

Görsel 5.9. Tepebaşı Belediyesi Güneş Enerjisi Santrali İzleme Portalı



Kaynak: <http-46>

Belediyeden alınan bilgilere göre REMOURBAN projesinin nicel çıktılarında, enerji alanında yüzde 53 enerji tasarrufu ve karbon emisyon salınımında yüzde 63'lük bir iyileştirme, ulaşım alanında yüzde 70 enerji

tasarrufu ve karbon emisyon salınımlarında yüzde 70’lik bir iyileştirme olmuştur. Nitekim Melih Savaş Yaşam Köyü’ndeki 11 binanın çatısına ve otopark alanına toplam 150 kW gücünde şebeke bağlantılı GES kurulması, elektrikli otobüs ve hibrit araçların kullanıma alınması, bisiklet yollarının düzenlenmesi ile elektrikli bisikletlerin kullanıma açılarak ulaşım ve altyapı alanlarında dolaylı iyileştirmeler gözlenmektedir.

Uluslararası ortaklar ile gerçekleştirilen bu proje Tepebaşı Belediyesi’nin tanınırlığını artıran en önemli projesidir. 2019 yılında BM’nin düzenlediği 14. Küresel İnsan Yerleşimleri Forumu’nun “Akıllı Kent Gelişimi” kategorisinde “Küresel Model” ödülünü almaya hak kazanmıştır. Bu ödül ile belediyenin sürdürülebilir kentsel gelişme uygulamaları konusunda uluslararası alanda önemi daha da artmıştır (Kara, 2022).

5.2.7. Güneş enerjili cep telefonu şarj istasyonları

Güneş enerjili şarj istasyonları 60W gücündeki güneş panellerinin ürettiği enerjiyi depolaması ile gün boyu şarj hizmeti verebiliyor. Güneş enerjili cep telefonu şarj istasyonları kentin merkezinde 3 noktada kurulu olup hizmet vermektedir. Bu tarz mini güneş panellerinin kullanımı halkın bilinçlendirilmesi ve basit ihtiyaçlarını gidererek farkındalık yaratması açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir.

Görsel 5.10. *Güneş Enerjili Cep Telefonu Şarj İstasyonu*



Kaynak: <http-46>

6. SONUÇ

Dünya genelinde enerji talebi her geçen gün artmaya devam ederken, sürdürülebilir enerji kaynaklarının önemi daha kritik ve önemli bir hale gelmiştir. Talebin karşılanması için enerji kaynaklarının sürdürülebilir olması ve süreklilik sağlaması gerekliliğini doğurmuştur. Toplumların gelişmişlik ve refah seviyelerinin yükselmesinde önemli bir rolü olan enerjinin, dünya ülkelerinin ekonomik ve sosyal kalkınma göstergelerinden biri olmuştur.

Türkiye gibi ihtiyaç duyduğu enerjiyi yaklaşık yüzde 80-85 gibi yüksek bir oranda dışarıdan karşılayarak enerjide dışa bağımlı olan ülkeler için enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi hayati önem taşımaktadır. Artan nüfus, ekonomik gelişmeler ve enerji ihtiyacının artmasının yanı sıra Rusya-Ukrayna savaşı, küresel iklim değişikliği, fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükenecek olması gibi nedenler hem kamu hem de özel sektörün girişimleriyle temiz enerji kaynakları olarak da bilinen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim hızlanmıştır. Dünya üzerinde de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı 2000’li yıllarda yüzde 7 civarındayken bu oran 2021 yılında yüzde 13’lerin üzerine çıkmıştır. 2021 yılı verilerine göre yenilenebilir enerji kaynaklarının payı Türkiye’nin kurulu gücü içerisinde yaklaşık yüzde 53 olarak gerçekleşmiştir. Enerji alanında oluşturulan stratejik planlar ve programlara bakılarak daha da artması beklenmektedir.

Yerel yönetimler de halka verdikleri hizmetler açısından enerji kullanımının yoğun olduğu kamusal alanlardır. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kullanımının artması için belediye yetkililerinin enerji ile ilgili politika ve uygulamaları oluştururken yenilenebilir enerji sistemlerine yer vermesi, enerjide dışa bağımlılığın azalması, politikalar oluşturarak ve halkı bilinçlendirerek dönüşümün başlaması açısından yerel yönetimlere önemli görev ve sorumluluklar yüklemektedir.

Belediyeler aynı zamanda yenilenebilir enerji kullanımının faydalarını topluma aktarılması, bilinçlendirme çalışmalarının yapılması açısından da önemli kurumlardır. Toplu taşıma alanında fosil yakıtlara bağımlılığın en aza düşürülmesi, yerel yönetim binalarının enerji sistemlerini yenilenebilir enerji sistemleri ile çalışır hale getirilmesi, kırsalda ve mümkün olan her yerde

yenilenebilir enerji sistemleri uygulamalarının gerçekleştirilmesi ile toplumda yenilenebilir enerji alanında farkındalığın artırılması için önemli çalışmalardır.

Bu tez çalışması, Tepebaşı Belediyesi'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının kamuda yaygınlaştırılması konusundaki uygulamalarını incelemiştir. Araştırmalar, belediyenin yenilenebilir enerjiye olan güçlü bağlılığını ve bu alandaki çeşitli projeleri benimsediğini göstermektedir. Belediyenin gerçekleştirdiği proje ve aktivitelerde almış olduğu enerji verimliliği önlemleri, elektrikli araçların kullanımının artması, son dönemde kullanıma açılan çoğu binasında yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih etmesi doğrudan ve de dolaylı olarak Paris İklim Anlaşması ve Yeşil Mutabakat hedeflerine uygun hareket ettiğini de göstermektedir.

Güneş enerjisi, Tepebaşı Belediyesi'nin ana yenilenebilir enerji kaynakları olarak öne çıkmıştır. Bu enerji kaynaklarından elde edilen elektrik, belediye ana hizmet binası ve çeşitli hizmet binalarında ve bazı kamu hizmetlerinin enerji ihtiyaçlarını karşılamada kullanılmıştır. Bu uygulamalar, belediyenin enerji bağımlılığını azaltmış ve enerji maliyetlerinin düşmesine katkı sağlamıştır.

Aynı zamanda, bu çalışma belediyenin yenilenebilir enerji projelerini sadece kendi hizmet binalarında değil kırsal bölgelerde yaptığı uygulamalar ile tarım ve hayvancılık alanında da yenilenebilir enerji kullanımının faydalarını vatandaşlarına tanıtmış, halkın çevre bilincini artırmış ve yenilenebilir enerji yönelik olumlu tutumları pekiştirmiştir.

Sonuç olarak, Tepebaşı Belediyesi'nin yenilenebilir enerji uygulamaları, diğer yerel yönetimlere ve Türkiye geneline uygulanabilecek bir model olarak öne çıkmaktadır. Tepebaşı Belediyesi'nin deneyimi, kamusal alanda yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılmasının hem çevresel hem de ekonomik açıdan uygun ve sürdürülebilir bir seçenek olduğunu göstermiştir. Ancak, bu tür projelerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için uygun politikalar ve düzenlemelerin yerinde olması gerektiğini unutmamak önemlidir. Bu çalışma, konu hakkındaki daha geniş bilgi tabanını genişletmek ve yerel yönetimlerin bu alanda daha etkili politikalar ve stratejiler geliştirmesine yardımcı olmak amacıyla yapılmıştır.

KAYNAKÇA

- Açıkalın, N. (2018). *Sürdürülebilir Kalkınmada Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Rolü: Türkiye ve Almanya’da Rüzgâr Enerjisi Üzerine Yasal ve Kurumsal Bir Değerlendirme*. Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, Doktora Tezi
- Akdoğan, D. A., (2018) *Yenilenebilir Enerjide Kamu Politikaları ve Türkiye*. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul. Doktora Tezi
- Akkuş, İ., (2020) *Jeotermal Sektöründe Durum” Yasal Düzenleme ve İdari Yapılanmanın Gerekliliği*. Jeoloji Mühendisleri Odası. Jeo Dergi, 14, s. 44-54.
- Akpınar, E., Başbüyük, A., (2011). *Jeoeconomik Önemi Giderek Artan Bir Enerji Kaynağı: Doğalgaz*. Turkish Studies, International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic Vol. 6/3, s. 119-136
- Altaş, İ., Şahin, E., (2019) *Dünyada ve Türkiye’de Dalga Enerjisi*. Elektrik Mühendisliği Dergisi. Sayı 465.
(https://www.emo.org.tr/ekler/e293f223bcf9e54_ek.pdf?dergi=1198#:~:text=T%C3%BCrkiye'nin%20toplam%20sahil%20uzunlu%C4%9Funun,teknik%20potansiyeline%20sahiptir%20%5B15%5D.)
- Amil, C., Yılmazoğlu, Z., (2022) *The importance of hydrogen for energy diversity of Turkey’s energy production: 2030 projection*. International Journal of Hydrogen Energy, Cilt 47, sayı 45, s. 19935-19946.
- Bahar, O. (2005). *Türkiye’de Enerji Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme*. Muğla Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Bahar 2005 Sayı 14, s. 35
- Bartık, A. (2018). *Türkiye’nin Enerji İhtiyacı ve Bu İhtiyacın Giderilmesinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi*, Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kars, Yüksek Lisans Tezi

- Bayram, Z., (2020). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği*. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tekirdağ, Yüksek Lisans Tezi
- Biberci, M.A., Özhüner, E., Çelik, M.B., (2017) *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belediyelerde Kullanımı*, Şehir ve Düşünce Dergisi, Aktüel Hakemli Dergi, Sayı 11, ISSN: 2147-849X.
- Bilge, E., (2021) *Yenilenebilir Enerji: Muğla'da Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevreye olan Etkileri*. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla. Yüksek Lisans Tezi
- Bilgiç, A. K., Acet, D. B., (2019) *Yerel Yönetim Politikalarında Yenilenebilir Enerji*. İdealkent, sayı 27, cilt 10, s. 410-446. ISSN: 1307-9905, E-ISSN: 2602-2133
- Bilginoglu, M.A. (1991). *Gelişmekte olan Ülkelerde Enerji Sorunu ve Alternatif Enerji Politikaları*. Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, yayın: 9, Kayseri
- Büyükbozkırlı, L., (2022) *Türkiye'nin Enerji Görünümü 2022*. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Oda Raporu, Yayın No: MMO/731. Ankara.
- Çepik, B., (2015) *Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Türkiye'de yenilenebilir enerji politikaları*. Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, İstanbul. Yayımlanmamış, Doktora Tezi
- Çiftçi, M., (2015) *Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Yerel Yönetimlerde Kullanımının SWOT Analizi. Örnek: Bursa Gürsu Belediyesi*. Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Deniz, S., (2018). *Türkiye'de yenilenebilir enerji potansiyeli ve politikalarının sürdürülebilir kalkınma açısından değerlendirilmesi*. Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi

- Dinçer İ., (2020) *Covid-19 coronavirus: Closing carbon age, but opening hydrogen age*. International Journal of Energy Resources, cilt 44, s. 6093-6097.
- Dinçer, İ., Eroğlu, İ., Öztürk, M., (2021) *Türkiye İçin Hidrojen Teknolojileri Yol Haritası*. Hidrojen Teknolojileri Derneği Raporu, İstanbul. ISBN: 978-605-66381-9-0
- Dinçer, İ., Javani, N., Sorgulu, F., Öztürk, M., (2021) *Türkiye’de Yeşil Hidrojenin Üretilip Doğal Gaza Karıştırılması Çalışması*. Hidrojen Teknolojileri Derneği Raporu, İstanbul. Yayın NoÇ: HTD-2021-3, ISBN: 978-605-70717-2-9.
- Eniş, A., (2006). *Enerji Politikaları; Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Raporu.
- ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı), (2022) *Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası*.
- Gencer, G. (2022) *Türkiye ve Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanım Alanlarının Karşılaştırılması*. Çankaya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, Yüksek Lisans Tezi
- Gezer, E. H., (2013) *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye*. Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara. Yüksek Lisans Tezi
- Gülay, A. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği ve Avrupa Birliği ile Karşılaştırılması*. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, Yayımlanmamış, Yüksek Lisans Tezi
- İlkılıç, Z., (2016) *Türkiye’de rüzgâr Enerjisi ve Rüzgâr Enerji Sistemlerinin Gelişimi*. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 6(2)
- İnan, İ., Akbulut, İ., Aslan, E., (2018). *Enerji Sorununun Çözümünde Yenilenemez ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yeri ve Önemi*. Türk Dünyası Araştırmaları Vakfı, Cilt:120, Sayı: 237, s.11-40
- Kapluhan, E., (2014) *Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu*. Marmara Coğrafya Dergisi, Sayı 30, s. 97-125, DOI: 10.14781/MCD.2014308146
- Kaya, İ. S., (2012). *Nükleer enerji dünyasında çevre ve insan*. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1(24), s.72

- Kaya, K. ve Şenel, M.C. ve Koç, E., (2018) *Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi*. Technological Applied Sciences (NWSATAS), 13(3): 219- 234. DOI:10.12739/NWSA.2018.13.3.2A0152
- Kara, E., (2022) *Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Uygulamalarının Yerel Yönetimlere Yansımaları: Eskişehir Tepebaşı Belediyesi Örneği*. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
- Keleş, R., Hamamcı, C., Çoban, A. (2009). Çevre Politikası. Ankara: İmge Kitabevi Yayınları, 9. Baskı
- Kılıç, F. Ç., (2015) *Güneş enerjisi, Türkiye’deki son durumu ve üretim teknolojileri*. Makine ve Mühendis Dergisi, Cilt 56, Sayı 671, s.29
- Koç, E. Kaya, K. (2015) *Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu*. Mühendis ve Makina, Cilt 56, Sayı 668, s.36-47
- Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., Uğurlu, İ., (2018). *Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi*. Mühendis ve Makine, cilt 59, sayı 692, s. 86-114
- Özek, F., (2022) *Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Wasp Programı ile Belirlenmesi*. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elâzığ. Yüksek Lisans Tezi
- Özgener, Ö., (2002) *Türkiye’de ve Dünyada rüzgâr enerjisi kullanımı*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 4, Sayı 3, s. 159-173
- Pekmezci, Z., (2020). *Nükleer Enerji Santrallerine Yönelik Yerel Halkın Bakışı: Sinop İli Örneği*. On Dokuz Mayıs Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Samsun, Yüksek Lisans Tezi
- Polat, İ. H., (2016) *Bölgesel kalkınmada yenilenebilir enerji kaynaklarının rolü: DAP örneği*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Van. Yüksek Lisans Tezi
- PWC (Price Waterhouse Coopers) (2021) *Biyokütle ve Biyoenerji Sektörlerine Genel Bakış*.
- Sağır, İ.İ., (2021) *Türkiye’de Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yeri*. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. Konya. Yüksek Lisans Tezi
- SETAV (Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı) (2021) *Dünya Enerji Trendleri, Rezervler, Kaynaklar ve Politikalar*. İstanbul. Seta Kitapları No:76

- Spurgeon, R. ve M. Flood (2002); *Enerji ve Güç*, (Çev.: K. Sönmezler), TÜBİTAK, Ankara. s.8-9
- Süslü, G., (2021) *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Düzenlenmesi, Denetlenmesi ve Yenilenebilir Enerji Politikaları*. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ankara. Yüksek Lisans Tezi
- Şenel, M. C., Koç, E. (2015) *Dünyada ve Türkiye 'de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme*. Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 663, s. 46-56
- Şenoğlu, G., Topal, Y.E., ve Haksevenler, B.H.G., (2022) *Yenilenebilir Enerji Kullanımı ve Artırılmasına İlişkin Politika Önerileri: İstanbul Örneği*, İdealkent, cilt 13, sayı 35, s. 171-196. ISSN: 1307-9905, E-ISSN: 2602-2133, DOI: 10.31198/idealkent.986475
- Tasnak M. (2019). *Türkiye'nin Enerji İthalatının Alternatifi olarak Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, Yüksek Lisans Tezi
- Tekinay, Ç., (2022) *Türkiye'nin Günlük Rüzgâr Enerjisi Üretiminin Derin Öğrenme ile Modellenmesi*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara. Yüksek Lisans Tezi
- Tepebaşı Belediyesi. (2022). *Eskişehir Tepebaşı Belediyesi 2023-2024 Stratejik Planı*. Tepebaşı İlçe Belediyesi Web Sitesi. (Erişim tarihi: 10 Mayıs 2023)
- Tombakoğlu, M., (2006) *Nükleer Santrallerde Enerji Üretimi ve Personel Eğitimi*. Türk Asya Stratejik Araştırmalar Merkezi (TASAM), Yayın 25, s. 54-55
- TSKB (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası) (2021) *Hidrojen Enerjisi Bilgilendirme Notu*. <https://www.tskb.com.tr/uploads/file/hidrojen-enerjisi-bilgilendirme-notu-120721.pdf>, Erişim tarihi: 20.04.2023
- TTKGM (Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü) (2022). *2021 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu*. Ankara
- Tugal, N. (2014). *Enerji Talebi ve Enerji Talebini Belirleyen Faktörler: Türkiye Uygulaması*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon, Yüksek Lisans Tezi
- TÜBA (Türkiye Bilimler Akademisi) (2022) *TÜBA Biyokütle Enerjisi Raporu*. TÜBA raporları no: 46, ISBN: 978-625-8352-01-6
- UEA (Uluslararası Enerji Ajansı-IEA) (2020) *World Energy Balances 2020 Raporu*. International Energy Agency Yayınları.

- UEA (Uluslararası Enerji Ajansı-IEA) (2022). *World Energy Outlook 2022*. International Energy Agency Yayınları.
- Ural, E., (2021) *Yerel Yönetimlerin Enerji Giderlerini Azaltmaya Yönelik Bir Çalışma: Şanlıurfa Örneği*. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elâzığ. Yüksek Lisans Tezi
- Yalçın Erik, N. ve Koşaroğlu, Ş.M., (2016). *Tarihsel Süreç Boyunca Değişen Petrol Fiyatları; Şeyl Gazı Etkisi ve Bazı Öngörüler*. Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 17, Sayı 2, s. 119-143
- Yavuz, B.K., (2021) *Yerel Yönetimlerin Yapısal ve İşlevsel Dönüşümünde Akıllı Kent Uygulamalarının İncelenmesi: Eskişehir Tepebaşı Belediyesi Örneği*. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir. Yüksek Lisans Tezi.
- Yazıcı, E., (2022) *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Orta Doğu Ekonomilerine Beklenen Etkileri*. Marmara Üniversitesi, Orta Doğu Enstitüsü, İstanbul. Doktora Tezi
- Yener, A. B., (2022) *Türkiye'nin Enerji Görünümü 2022*. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Oda Raporu, Yayın No: MMO/731. Ankara.
- Yılankırkan, N., ve Doğan, H., (2020). *Türkiye'nin Enerji Görünümü ve 2023 yılı Birinci Enerji Arz Projeksiyonu*. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, Cilt 10, Sayı 2
- Yıldız, A., (2023) *Yenilenebilir Enerji Dönüşümü: Seçilmiş Ülkeler Üzerine Mekansal Bir Analiz*. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya. Doktora Tezi.
- Yıldız, Ö.F., Yılmaz, M., Çelik, A., İmik, E., (2020) *Havalimanlarında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması*, Journal of Aviation, sayı 4, cilt 1, s. 162-174.
E-ISSN: 2587-1676
- Yılmaz, Ş., (2018). *Türkiye'nin enerji görünümü 2018*. TMMOB Oda Raporu MMO/691, Ankara: TMMOB, 310-330
- Yüksel, H., (2023) *Hastanelerde Yenilenebilir Enerji Kullanımlarının Araştırılması: Biruni Üniversite Hastanesi Örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. İstanbul. Yüksek Lisans Tezi.
- Zaim, A., Çavşi, H., (2018) *Türkiye'deki Jeotermal Enerji Santrallerinin Durumu*. Mühendis ve Makine, cilt 59, sayı 691, s. 45-48

İnternet Kaynakları

- http-1 : <https://enerji.gov.tr/bilgimerkezi-tabiiikaynaklar-komur> (Erişim tarihi: 10.03.2023)
- http-2 : <https://fosil-yakitlar.nedir.org/> (Erişim tarihi: 09.03.2023)
- http-3 : https://web.itu.edu.tr/~yamanlar/faq_t/#1 (Erişim tarihi: 10.03.2023)
- http-4 : <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-dogalgaz>, (Erişim tarihi: 12.03.2023)
- http-5 : https://ourworldindata.org/grapher/primary-energy-source-bar?country=USA~CHN~IND~TUR~OWID_WRL~European+Union+%2827%29 (Erişim tarihi: 15.03.2023)
- http-6 : <https://ourworldindata.org/grapher/share-energy-source-sub?country=~TUR>, (Erişim tarihi: 20.03.2023)
- http-7 : <https://ourworldindata.org/renewable-energy>
- http-8 : <https://create.vista.com/tr/photos/g%C3%BCne%C5%9F-panelleri/>, (Erişim tarihi: 26.03.2023)
- http-9 : http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/9514e888b8f2aca_ek.pdf, (Erişim tarihi: 25.03.2023)
- http-10 : <https://gwec.net/>, (Erişim tarihi: 27.03.2023)
- http-11 : <https://www.tesisat.org/ruzgar-turbini-nedir-ruzgar-turbini-calisma-prensibi-nasildir.html>, (Erişim tarihi: 27.03.2023)
- http-12 : http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/9514e888b8f2aca_ek.pdf, (Erişim tarihi: 01.04.2023)
- http-13 : <https://ourworldindata.org/renewable-energy#breakdown-of-renewables-in-the-energy-mix>, (Erişim tarihi: 02.04.2023)
- http-14 : <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle>, (Erişim tarihi: 03.04.2023)
- http-15 : <https://www.pwc.com.tr/tr/sektorler/enerji/biyokutle-ve-biyoenerji-sektorlerine-genel-bakis-web.pdf>, (Erişim tarihi: 05.04.2023)
- http-16 : <https://www.sektorumdergisi.com/dunyada-ve-turkiyede-hidrojen-enerjisine-kapsamli-bir-bakis/>, (Erişim tarihi: 06.04.2023)
- http-17 : <https://www.tskb.com.tr/uploads/file/hidrojen-enerjisi-bilgilendirme-notu-120721.pdf>, (Erişim tarihi: 06.04.2023)
- http-18 : https://www.weltenergierat.de/wp-content/uploads/2020/10/WEC_H2_Strategies_finalreport.pdf, (Erişim tarihi: 07.04.2023)
- http-19 : <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>, (Erişim tarihi: 12.04.2023)
- http-20 : <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes> (Erişim tarihi: 12.04.2023)
- http-21 : https://www.elginkan.com.tr/assets/media/mediaFile_52f889fc17d27.pdf, (Erişim tarihi: 12.04.2023)

http-22 : <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar>, (Erişim tarihi: 12.04.2023)

http-23 : <https://www.mgm.gov.tr/genel/ruzgar-atlasi.aspx>, (Erişim tarihi: 12.04.2023)

http-24 : <https://www.tureb.com.tr/>, (Erişim tarihi: 13.04.2023)

http-25 : <https://www.trthaber.com/haber/ekonomi/turkiyenin-yukselen-enerji-kaynagi-ruzgar-575794.html>, (Erişim tarihi: 13.04.2023)

http-26 : <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal>, (Erişim tarihi: 15.04.2023)

http-27 : <https://www.enerjiatlasi.com/ulkelere-gore-jeotermal-enerji.html>, (Erişim tarihi: 15.04.2023)

http-28 : <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik>, (Erişim tarihi: 15.04.2023)

http-29 : <https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/dsi2022faaliyetraporu.pdf#page=49>, (Erişim tarihi: 15.04.2023)

http-30 : <https://www.enerjiatlasi.com/hes-haritasi/turkiye>, (Erişim tarihi: 15.04.2023)

http-31 : <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle>, (Erişim tarihi: 15.04.2023)

http-32 : <https://bepa.enerji.gov.tr/>, (Erişim tarihi: 16.04.2023)

http-33 : <https://www.yenienerji.com/dalga-enerjisinden-elektrik>, (Erişim tarihi: 17.04.2023)

http-34 : <https://iyiuygulamaornekleri.saglik.gov.tr/TR,82794/gelenekselden-gelecege-donusen-hastane.html>, (Erişim tarihi: 30.04.2023)

http-35 : <https://camsakurasehir.saglik.gov.tr/TR-449990/hastanemiz-hakkinda.html>, (Erişim tarihi: 30.04.2023)

http-36 : <https://www.sunvital.com.tr/urun/cavdarhisar-devlet-hastanesi-25-kwp-gunes-enerji-santrali-kutahya/>, (Erişim tarihi: 30.04.2023)

http-37 : <https://www.ensonhaber.com/gundem/denizlide-enerjisini-gunesten-alan-hastane-kendi-ihtiyacini-karsiliyor>, (Erişim tarihi: 30.04.2023)

http-38 : <https://www.enerjigunlugu.net/erzincan-havalimani-ges-uretime-gecti-35679h.htm>, (Erişim tarihi: 01.05.2023)

http-39 : <https://www.enerjiatlasi.com/gunes/dalaman-havalimani-ges.html>, (Erişim tarihi: 01.05.2023)

http-40 : <https://yeditepe.edu.tr/tr/yeditepe-universitesi-enerjisini-uretmeye-basladi>, (Erişim tarihi: 07.05.2023)

http-41 : <https://haberler.boun.edu.tr/tr/haber/elektrik-ihtiyacinin-tamamini-kendi-ruzgar-santralinden-karsilayan-dunyadaki-ilk-universite-kamp>, (Erişim tarihi: 07.05.2023)

http-42 : <https://greencampus.deu.edu.tr/tr/yesil-yerleske/enerji-ve-iklim-degisikligi/>, (Erişim tarihi: 07.05.2023)

http-43 : <https://www.sanliurfa.bel.tr/icerik/10305/23/akcakale-ges-projesi>, (Erişim tarihi: 12.05.2023)

http-44 : <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/dokuman/bebka-mali-destek-programlari-desteklenen-projeler-2018-2019/2034>, (Erişim tarihi: 12.05.2023)

- http-45 : <https://enerji.istanbul/projelerimiz/biyokutle-enerji-santralleri-bes-projelerimiz/seymen-biyokutle-enerji-uretim-tesisi/>, (Erişim tarihi: 12.05.2023)
- http-46 : <http://www.eskisehir.gov.tr/tepebasi>, (Erişim tarihi: 13.05.2023)
- http-47 : <https://bebka.org.tr/fizibilite-raporlari/>, (Erişim tarihi: 21.05.2023)