



İSTANBUL MEDENİYET ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE VE ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Çevre, Enerji ve İklim Üçgeninde Türkiye ve Dünya
Ülkelerinin Analizi**

Yüksek Lisans Tezi

Coşkun Kırık

Ocak 2025



İSTANBUL MEDENİYET ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE VE ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Çevre, Enerji ve İklim Üçgeninde Türkiye ve Dünya
Ülkelerinin Analizi**

Yüksek Lisans Tezi

Coşkun Kırık

Danışman

Prof. Dr. Çiğdem Şahin

Ocak 2025

TEZ JÜRİSİ ONAYI

Coşkun Kırık tarafından hazırlanan "Çevre, Enerji ve İklim Üçgeninde Türkiye ve Dünya Ülkelerinin Analizi" başlıklı bu Yüksek Lisans Tezi, Çevre ve Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmış ve jürimiz tarafından kabul edilmiştir.

JÜRİ ÜYELERİ

İMZA

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Çiğdem Şahin

İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Üyeler:

Prof. Dr. Ercan Ertürk

İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Doç. Dr. Yasin Karagöz

Yıldız Teknik Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 16/01/2025

BEYANLAR

Yazım ve Kaynak Gösterme Kılavuzu Beyanı

Danışmanlığımda yazılan bu tezin APA yazım ve kaynak gösterme kılavuzunda belirtilen kurallara uygun olarak yapılandırıldığı ve bu kılavuzun metin içi kaynak gösterme standartlarının bu tezde tutarlı olarak uygulandığı tarafımdan incelenerek teyit edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. Çiğdem Şahin

Etik İlkeler Sadakat Beyanı

Hazırladığım bu tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu, akademik ve etik kuralları gözeterek çalıştığımı ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

İmza

Coşkun Kırık

ÖZET

Çevre, Enerji ve İklim Üçgeninde Türkiye ve Dünya Ülkelerinin Analizi

Kırık, Coşkun

Yüksek Lisans Tezi, Çevre ve Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Çiğdem Şahin

Ocak 2025

Günümüz dünyasında hızla artış gösteren enerji ihtiyacı, enerji güvenliği ve arzı endişesi, teknolojinin geldiği nokta, çevresel olumsuz etkiler ve iklim değişikliği enerji kavramını daha önemli bir noktaya taşımıştır. Enerjinin çevre ile olan yakın ilişkili durumu ve bu iki kavramın iklim değişikliği ile çok yakın ilişkisi irdelenmiştir. Bu bağlamda iklim değişikliğinin yol açtığı küresel ısınmanın sonuçları sadece tek bir ulusa tehdit olmamakla birlikte dünyamızı tehlikeye sokmaktadır. Bu tez çevre politikalarını, enerji politikalarını ve iklim değişikliği alanlarını kapsayan geniş bir konu yelpazesine odaklanıp Türkiye'nin çevre politikaları, enerji üretimi ve tüketimi, sera gazı emisyonları, iklim değişikliği stratejileri gibi ülkemiz ve dünya için oldukça önemli olan bu konuları ulusal ve uluslararası düzeyde diğer ülkelerle karşılaştırmalı olarak inceleyip Türkiye'nin çevre, enerji ve iklim değişikliği alanındaki mevcut durumunu anlamak ve ürettiği politikalarının etkinliğini değerlendirmek için kapsamlı bir analiz sunmuştur. Bu kapsamda çalışmalar yapılarak, veri analizi ve karşılaştırmalı analizler gibi çeşitli yöntemler kullanılarak tezin sonuçları, Türkiye'nin çevresel sürdürülebilirlik, enerji verimliliği ve iklim değişikliği ile mücadeledeki performansını artırmak için stratejik öneriler sunmuştur. Bu bağlamda hem akademik alanda hem de politika alanında önemli bir katkı sağlayarak, ülkemizin çevre, enerji ve iklim değişikliği alanındaki gelecekteki stratejilerini şekillendirmeye yardımcı olacaktır. Türkiye'nin çevre politikaları, enerji stratejileri ve iklim değişikliği ile ilgili önceki araştırmaların kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Özellikle karşılaştırmalı analizler, benzer dönemlerdeki veri setleri mevcut durumu ortaya koyma açısından önemlidir. Asıl odak noktası Türkiye'nin çevre, enerji ve iklim değişikliği alanındaki mevcut durumunu ve politikalarının etkinliğini belirlemektir. Yapılan çalışmalar sonucunda Türkiye'nin çevre, enerji ve iklim değişikliği alanındaki güçlü yönlerini ve zayıf yönlerini ortaya koyarak, gelecekteki politika yapımına ve

stratejik karar alma süreçlerine rehberlik etmek amaçlanmıştır. Türkiye'nin mevcut durumunun daha iyileştirilmesi için neler yapılabileceği her yönden incelenmiş olup ülkemizin faydasına olacak adımlar, öneriler geliştirilmiştir. Bu şekilde, Türkiye'nin çevresel sürdürülebilirlik, enerji verimliliği ve iklim değişikliği ile mücadeledeki performansını artırmak oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Çevre, İklim Değişikliği, Küresel Isınma, Enerji Güvenliği

ABSTRACT

Analysis of Turkey and World Countries in the Triangle of Environment, Energy and Climate

Kırık, Coşkun

Master's Thesis, Department of Environmental and Energy Systems Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Çiğdem Şahin

January 2025

In today's world, the rapidly increasing energy demand, energy security and supply concerns, the point technology has reached, environmental negative effects and climate change have brought the concept of energy to a more important point. The close relationship between energy and the environment and the very close relationship between these two concepts and climate change have been examined. In this context, the consequences of global warming caused by climate change are not only a threat to a single nation, but also endanger our world. This thesis focuses on a wide range of topics covering environmental policies, energy policies and climate change areas and examines issues such as Turkey's environmental policies, energy production and consumption, greenhouse gas emissions and climate change strategies, which are very important for our country and the world, in comparison with other countries at national and international levels. It provides a comprehensive analysis to understand Turkey's current situation in the field of environment, energy and climate change and to evaluate the effectiveness of the policies it produces. In this scope, studies were conducted using various methods such as data analysis and comparative analysis, and the results of the thesis presented strategic recommendations to increase Turkey's performance in environmental sustainability, energy efficiency and combating climate change. In this context, it will make a significant contribution both in the academic field and in the policy field, helping to shape our country's future strategies in the field of environment, energy and climate change. A comprehensive literature review of previous studies on Turkey's environmental policies, energy strategies and climate change has been conducted. Comparative analyses and data sets from similar periods are particularly important in terms of revealing the current situation. The main focus is to determine Turkey's current situation in the field of environment, energy and climate change and the effectiveness of its policies. As a result of the

studies, it is aimed to guide future policy making and strategic decision-making processes by revealing Turkey's strengths and weaknesses in the field of environment, energy and climate change. What can be done to improve Turkey's current situation has been examined from every angle and steps and suggestions that will benefit our country have been developed. In this way, it is very important to increase Turkey's performance in environmental sustainability, energy efficiency and combating climate change.

Keywords: Energy, Environment, Climate Change, Global Warming, Energy Security

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans serüvenim boyunca her konuda desteklerini benden esirgemeyen sayın Prof. Dr. Erkan ŞAHİNKAYA'ya ve Tez çalışması hazırlama sürecinde bilgisi, pozitif bakış açısı ve yönlendirmeleriyle bana her zaman destek olan değerli danışmanım Prof. Dr. Çiğdem ŞAHİN'e teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan, desteklerini benden esirgemeyen sevgili annem Seyran KIRIK ve sevgili abim Aşkın KIRIK'a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Coşkun KIRIK

İÇİNDEKİLER

TEZ JÜRİSİ ONAYI	iii
BEYANLAR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	x
KISALTMALAR	xii
TABLO LİSTESİ.....	xiv
GRAFİK LİSTESİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	3
1.2 Enerji Arz Güvenliği	6
2. BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI	7
2.1 Fosil Enerji Kaynakları	9
2.1.1 Kömür.....	9
2.1.2 Petrol.....	12
2.1.3 Doğalgaz	16
2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları	25
2.2.1 Hidroelektrik	25
2.2.2 Güneş Enerjisi.....	27
2.2.3 Rüzgar Enerjisi	29
2.2.4 Jeotermal Enerji.....	31
2.2.5 Biyokütle Enerjisi	34
2.2.6 Dalga ve Gelgit Enerjisi	37
2.3 Nükleer Enerji	38
3. İKİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI	40
3.1 Elektrik.....	40
3.1.1 Elektrikli Araçlar.....	44
3.2 Hidrojen Enerjisi.....	48
4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ve ÇEVRE	51
4.1 Uluslararası Gelişmeler	53

4.1.1 Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü	53
4.1.2 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC).....	54
4.1.3 Kyoto Protokolü.....	55
4.1.4 Paris Anlaşması.....	55
4.1.5 Avrupa Yeşil Mutabakatı	56
4.2 CO2 Emisyonları	58
4.3 Sera Gazı Emisyonları.....	61
4.4 Ulaşımında Bisiklet ve Etkileri.....	65
5. TÜRKİYE’NİN ENERJİ, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ÇEVRE PLANLARI	68
6. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	73
7. SONUÇ ve ÖNERİLER	77
8. KAYNAKÇA	81
9. ÖZGEÇMİŞ.....	86

KISALTMALAR

AA	: Anadolu Ajansı
AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme
AYM	: Avrupa Yeşil Mutabakatı
BESS	: Battery Energy Storage System
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BP	: British Petroleum
CH₄	: Metan
CO₂	: Karbondioksit
ÇŞİDB	: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
ECF	: European Cyclists' Federation
EI	: Energy Institute
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
GW	: Gigawatt
GWh	: Gigawatt-Saat
GWP	: Global Warming Potential
HES	: Hidroelektrik Santrali
IEA	: International Energy Agency
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
KM²	: Kilometrekare
LNG	: Liquefied Natural Gas
MFA	: Ministry of Foreign Affairs
Milyon Sm³	: Milyon Standart Metreküp

MLF	: Multilateral Fund
Mt	: Milyon Ton
MW	: Megawatt
N₂O	: Nitröz Oksit
OEE	: Ocean Energy Europe
SKDM	: Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması
TANAP	: Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı
TCETKB	: Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TÜÇA	: Türkiye Çevre Ajansı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TWh	: Terawatt-Saat
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change
UNCC	: United Nations Climate Change
°C	: Santigrat Derece
WMO	: World Meteorological Organization

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Türkiye'nin 2000-2022 Yıllarında Elektrik Santrallerinin Toplam Kurulu Gücü ve Net Tüketimi.....	42
Tablo 2: Türkiye'nin 2022 Yılında CH ₄ Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları	61
Tablo 3: Türkiye'nin 2022 Yılında N ₂ O Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları	61
Tablo 4: Türkiye'nin 2022 Yılında CO ₂ Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları	62
Tablo 5: 100 Yıllık Zaman Diliminde CH ₄ , N ₂ O ve CO ₂ Gazlarının GWP Değerleri (IPCC AR5)	62
Tablo 6: CH ₄ , N ₂ O ve CO ₂ Gazlarının GWP Analizi ve CO ₂ Eş Değerleri	63
Tablo 7: Ulaştırma Kaynaklı CH ₄ , N ₂ O ve CO ₂ Gazlarının GWP Analizi ve CO ₂ Eş Değerleri	63
Tablo 8: Avrupa'da Maksimum, Minimum ve Ortalama Karbon Vergilendirmesi	64
Tablo 9: Türkiye'de 2022 Yılı Enerji Kaynaklı Maksimum, Minimum ve Ortalama Karbon Vergilendirmesi Senaryosu	64
Tablo 10: Bisikletin Faydaları ve Tahmini Mali Değerleri	65

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Birincil Enerji Kaynakları Tüketiminde Dünya Ülkeleri ve Türkiye 2023 Yılı Verileri	7
Grafik 2: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketim Miktarları	8
Grafik 3: 2023 Yılında Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketim Türleri.....	8
Grafik 4: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Kömür Üretim Miktarları.....	9
Grafik 5: 2023 Yılı Toplam Kömür Üretimi ve En Yüksek Kömür Üretimine Sahip İlk 5 Ülke.....	10
Grafik 6: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Kömür Tüketim Miktarları.....	11
Grafik 7: 2020 Yılı Sonu İtibariyle Dünya Petrol Rezervlerine Sahip İlk 5 Ülke	13
Grafik 8: 2023 Yılı Sonu İtibariyle Dünya Petrol Üretiminde İlk 5 Ülke.....	14
Grafik 9: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Günlük Petrol Tüketim Miktarları	15
Grafik 10: 2011-2021 Yılları Arasında Türkiye'nin Doğal Gaz Tüketim Miktarları	20
Grafik 11: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Doğal Gaz Üretim Miktarları	21
Grafik 12: 2020 Yılı İtibariyle Dünya Doğalgaz Rezervlerine Sahip İlk 5 Ülke	22
Grafik 13: 2020 Yılı Rusya ve Amerika Birleşik Devletleri Mevcut Doğal Gaz Rezervleri ve Dünyada Doğalgaz Üretim Yüzdeleri.....	23
Grafik 14: 2023 Yılı Dünya Hidroelektrik Üretiminde İlk 5 Ülke ve Türkiye	25
Grafik 15: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Hidroelektrik Üretim Miktarları	26
Grafik 16: 2023 Yılı Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi İlk 5 Ülke ve Türkiye	27
Grafik 17: 2013-2023 Yılları Arası Türkiye'nin Güneş Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi	28
Grafik 18: 2023 Yılı Dünya Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi İlk 5 Ülke ve Türkiye	29
Grafik 19: 2013-2023 Yılları Arası Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi	30
Grafik 20: 2011-2022 Yılları Arası Türkiye'nin Jeotermal Enerji Kurulu Güç Kapasitesi...	32

Grafik 21: 2011-2022 Yılları Arası Jeotermal Enerji'nin Türkiye Toplam Kurulu Güç Kapasitesi İçerisindeki Değişim Oranları	33
Grafik 22: 2023 Yılı Dünya Biyoenerjiden Biyoyakıt Üretiminde İlk 5 Ülke	35
Grafik 23: 2011-2022 Yılları Arası Türkiye'nin Biyokütle+Atık Isı Kurulu Güç Kapasitesi	36
Grafik 24: 2023 Yılı Dünya Nükleer Enerji Üretiminde İlk 5 Ülke	38
Grafik 25: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Elektrik Üretim Miktarları.....	41
Grafik 26: 2023 Yılında Türkiye'nin Elektrik Üretim Kaynakları	43
Grafik 27: Dünya Ülkelerinde 2030 Yılı Elektrolizör Kapasite Hedefleri	49
Grafik 28: WMO Küresel Ortalama Sıcaklık Farkı	52
Grafik 29: 2023 Yılı Dünyada Enerji Kaynaklı Karbondioksit Emisyon Yüzdeleri ve Türkiye.....	59
Grafik 30: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Enerji Kaynaklı CO₂ Emisyonları.....	60

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji, çevre ve iklim değişikliğinin yol açtığı küresel sorunlar, bütün gezegenimizi olumsuz yön de etkileyen en büyük tehditlerin arasında görülmektedir. Bu üç farklı ama birbiriyle çok bağlantılı faktör arasındaki ilişki hem direkt olarak insan sağlığını hem de dünyamızın ekosisteminin sürdürülebilir oluşunu tehdit eden bir durum ortaya çıkarmaktadır. Dünyanın küresel ısınması, deniz seviyelerindeki yükselme, biyolojik çeşitlilik kaybı ve havamızın kirlenmesi gibi çevresel problemler doğrudan enerji üretimiyle ve tüketimi ile alakalıdır. Enerji kaynaklarından birisi olan fosil yakıtlar üzerinde yaratılan bağımlılık mutlak olarak sera gazı emisyonlarında da bir artışa neden olmaktadır. Bu da iklim değişikliği ile mücadeleyi daha zor bir noktaya taşıyıp, insanlığın önüne büyük engeller koymaktadır. Bu sebep başlı başına dünya ülkelerinin ve ülkemizin enerji ve çevre politikalarını oluştururken ve yönetirken iklim değişikliğini göz ardı etmeden oluşturup ve yönetmesi, uyumluluğun sağlanması dünyamız ve insanlığın devamlılığı açısından bir zorunluluk haline gelmiştir.

Bu kavramlar arasındaki etkileşimler aynı zamanda, ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasında çok kritik bir role sahiptir. Bu üç faktörün her biri diğerini doğrudan etkilemektedir. Enerji tüketimi ve enerji üretimi, çevresel anlamda bakıldığında sürdürülebilirliği direkt olarak etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Sera gazı emisyonlarında yükselmeye neden olan en büyük kaynaklardan birisi fosil yakıtlar olurken, karbon ayak izinin azalmasına sebep olan en büyük aktivitelerden birisi yenilenebilir enerji kaynaklarının artan kullanımıdır. İklim değişikliği, doğrudan yaşamın yönünü farklı bir noktaya taşıyacak çevresel değişikliklere yol açabilir, bu değişikliklerin sonucunda enerji üretimi, tüketimi ve yönetiminde değişiklikler ortaya çıkabilmektedir. Dolayısı ile çevre,

enerji ve iklim üçgeninde denge, politika oluşturma, geliştirme ve uygulamaya alma sũreçlerinde kendine çok önemli bir yer edinmektedir.

ũlkemizde enerji gũvenlięi, sera gazı emisyonlarının azaltılması, tedarik çeşitliliğinin sağlanması ve sũrdũrũlebilir enerji politikalarının devreye alınması çerçevesinde çok fazla uluslararası anlaşmada taraf olarak yer bulunulmuştur. Bu anlaşmalardan en ne çıkanları Paris İklim Anlaşması, Kyoto Protokolũ ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği ereve Sözleşmesi'dir. Bu anlaşmalar katkı olarak, Tũrkiye'nin enerji altyapısını pozitif yönde etkilerken, bölgesel ya da kũresel anlamda enerji iş birliklerine de katkı sağlamaktadır. Ŗlke olarak, enerji transit bölgesinde yer alarak önemli bir rol edinirken, aynı zamanda yenilenebilir enerjide ve nũkleer enerjide gelişimimizi uluslararası iş birlikleri ile genişletmekteyiz.

Bu tezin zgũn yanı, evre, enerji ve iklim değişikliği gibi karmaşık ve birbirine bağlı konuları bir araya getirerek Tũrkiye'nin bu Ŗ alan arasındaki ilişkileri ve performansını kapsamlı bir şekilde incelemesidir. Tez, Tũrkiye'nin evre politikaları, enerji Ŗretimi ve tũketimi, iklim değişikliği stratejileri gibi Ŗlkemiz ve dũnya için oldukça önemli olan bu konuları etkin bakış açısıyla değerlendirerek, diğer Ŗlkelerle karşılaştırmalı bir perspektif sunmaktadır. Bu kapsamlı karşılaştırmalı analiz, Tũrkiye'nin gũlũ ve zayıf yönlerini belirleyerek gelecekteki politika yapımına rehberlik etmektedir. Tũrkiye'nin çevresel politikaları, birincil enerji kaynaklarından olan fosil yakıtların ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, nũkleer enerjinin kullanımı, ikincil enerji kaynaklarından olan elektrik, hidrojen enerjisi ve iklim değişikliği gibi konularda veriler toplanmıştır.

Karşılaştırmalı analiz ile elde edilen veriler, Türkiye'nin diğer ülkelerle karşılaştırmalı analizi için kullanılmıştır. Çeşitli çevresel göstergeler, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı ve iklim değişikliği politikaları gibi farklı alanlarda karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Bu analizlerin sonuçları, Türkiye'nin performansını değerlendirmek ve iyileştirme alanlarını belirlemek için kullanılmıştır. Bu öneriler, Türkiye'nin bu alanlardaki performansını artırmak ve uluslararası rekabette daha güçlü bir konuma gelmesine yardımcı olacaktır. Ayrıca, bu tezin metodolojisi de özgün bir yaklaşım sunmaktadır. Literatür taraması, veri toplama ve istatistiksel olarak analizler ve karşılaştırmalı analizler gibi çeşitli yöntemler kullanılarak, Türkiye'nin çevre, enerji ve iklim değişikliği alanlarındaki durumunu anlamak ve gelecekteki stratejilerini belirlemek için kapsamlı bir çerçeve oluşturulmaktadır.

1.1 Literatür Özeti

Fosil yakıtların yakılması sırasında fazla miktarda karbondioksit salındığı için, bu gaz küresel ısınmanın en önemli nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Hava kirleticileri (NO ve SO₂) yerel düzeyde olumsuz etkiler yaratırken, karbondioksit emisyonları küresel çapta ciddi sorunlara yol açmakta ve küresel ısınmanın yol açtığı toplumsal maliyetler, zamanla uluslararası alanda hissedilmektedir (Friedl. B., Getzner, M., 2003).

Ülkemiz, enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü ithalat yoluyla karşılayan ve sınırlı doğal kaynaklara sahip bir durumdadır. Ancak, coğrafi konumu sayesinde, güneş enerjisinden daha verimli faydalanma imkânına sahiptir. Şu anda, güneş enerjisi ile sıcak su temini yapan termodinamik sistemler oldukça yaygın bir şekilde kullanılmakta ve bu durum herhangi bir devlet teşviki olmadan gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, fotovoltaik (PV) sistemlerin yaygınlaşabilmesi için kamu desteği ve özel sektör yatırımları gerekmektedir. Bu

tür sistemler, uzun vadede yatırım maliyetlerini karşılayacak potansiyele sahiptir ve ülkemizde daha fazla kullanılabilmesi için çalışmaların hızlanması gerekmektedir (Sayın, 2006).

Çevre problemleri genel olarak yerel düzeyde ortaya çıkar, bu nedenle çözüm çabalarına yerel düzeyde başlanmalıdır. Bireysel katkılar önemli olsa da, bu çabaların daha geniş toplumsal ve küresel hareketlere dönüşmesi gereklidir. Küçük adımlarla başlayan bu süreç, tüm dünyaya yayılmalıdır. Zira çevre, ortak bir alan olduğu için, korunması herkesin sorumluluğundadır ve her birey çevreye gerekli dikkati göstermelidir (Bıyıklı, 2009).

Avrupa Birliği, küresel enerji piyasasında kilit bir oyuncudur. Enerji ihtiyacının büyük kısmını dışarıdan temin etmekte ve yenilenebilir enerji kaynaklarını, bu bağımlılığı ortadan kaldırmak için bir seçenek olarak değerlendirmektedir. Ayrıca, araştırılan dünya bölgeleri içinde sera gazı salınımlarını yıllar içinde azaltan tek bölgedir (Ayhan, 2010).

Türkiye, Kyoto Protokolü'ne taraf olarak sera gazı emisyonlarını azaltma yükümlülüğüne sahiptir. Fosil yakıtlardan elde edilen elektriğin çevresel zararları büyük boyutlara ulaşmıştır. Eğer önlem alınmazsa, iklim değişikliği önlenemez hale gelir ve geri dönüşü mümkün olmayacak sonuçlar doğurur. Bu durumda, her ülke üzerine düşeni yapmalıdır. Sıfır emisyonlu nükleer enerji santralleri, Türkiye için önemli bir alternatif sunarak, emisyonları azaltmasına ve yükümlülüklerini yerine getirmesine olanak tanıyacaktır (Mercan, 2011).

Enerji hem ekonomik hem de güvenlik açısından kritik bir rol oynamaktadır. Rusya, enerji alanındaki tekeliyle, ona bağlı ülkelerin enerji arzını tehlikeye atmaktadır. Doğal gazdaki hakimiyetini kullanarak, bağımsız enerji üreticilerinin gelişmesini engeller ve onları kendi bağımlılığına sokmaya çalışır. Türkiye ise enerji nakil hatları üzerinde önemli bir konumda bulunan, istikrarlı bir ülke olarak, enerji üreticileri için dış pazarlara açılma fırsatı

yaratırken, enerji ithalatçısı ülkeler için de güvenli ve maliyet etkin bir geçiş yolu sunmaktadır (Demir, 2012).

Türkiye’de enerji kaynaklarına uygulanan vergilerin düşürülmesi, yerli biyoenerji üretiminden vergi alınmaması ve bu alanda desteklerin artırılması gerekmektedir. Enerji politikalarının şekillendirilmesinde, üniversiteler gibi akademik kuruluşların katkı sağlaması önemlidir. Ayrıca, nitelikli iş gücü yetiştirebilmek için eğitim programlarında bu sektöre yönelik pratik odaklı çözümler geliştirilmelidir (Altürk, 2017).

Türkiye, küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadele yolunda önemli bir rol oynayan sera gazı emisyonlarında, ekonomik anlamda büyüme ve sanayileşme ile artan enerji talebi sebebiyle zamanla emisyonlarını artırmıştır. Bu artışın, ilerleyen yıllarda büyümeyle birlikte devam etmesi beklenmektedir. Türkiye’nin ekonomik gelişim, sanayileşme, nüfus artışı ve şehirleşme ile çevre üzerindeki etkisi sürecektir. Ancak, çevreyle uyumlu ve sürdürülebilir bir kalkınma anlayışının benimsenmediği görülmektedir (Yalçın, 2019).

Çevresel olumsuz etkiler, ekolojik dengeyi bozan en büyük sorunlardandır. Bu sorunlar, küresel ısınma ve iklim değişikliğini dünya genelinde etkileyerek enerji talebinin artmasına neden olmaktadır. Bu artan talep, fosil yakıtların aşırı kullanımına yol açmakta ve sonuç olarak küresel ısınma ve iklim değişikliği giderek şiddetlenmektedir (Dedemevi, 2019).

Enerji konusu, dünya ve Türkiye için büyük bir sorun teşkil etmektedir. Bu sorunlar, kâr amacı güden yaklaşımlar, hatalı yatırımlar ve riskli projelerden kaynaklanmaktadır. Enerji krizinin çözülmesi için tamamen yenilenebilir enerjiye geçiş etkili bir çözüm olabilir. Bu geçiş, ekonomik fayda tartışmalarını bir kenara bırakıp, verimlilik odaklı, bilimsel temelli ve yasalarla desteklenen bir sistemle sağlanmalıdır (Genç, 2022).

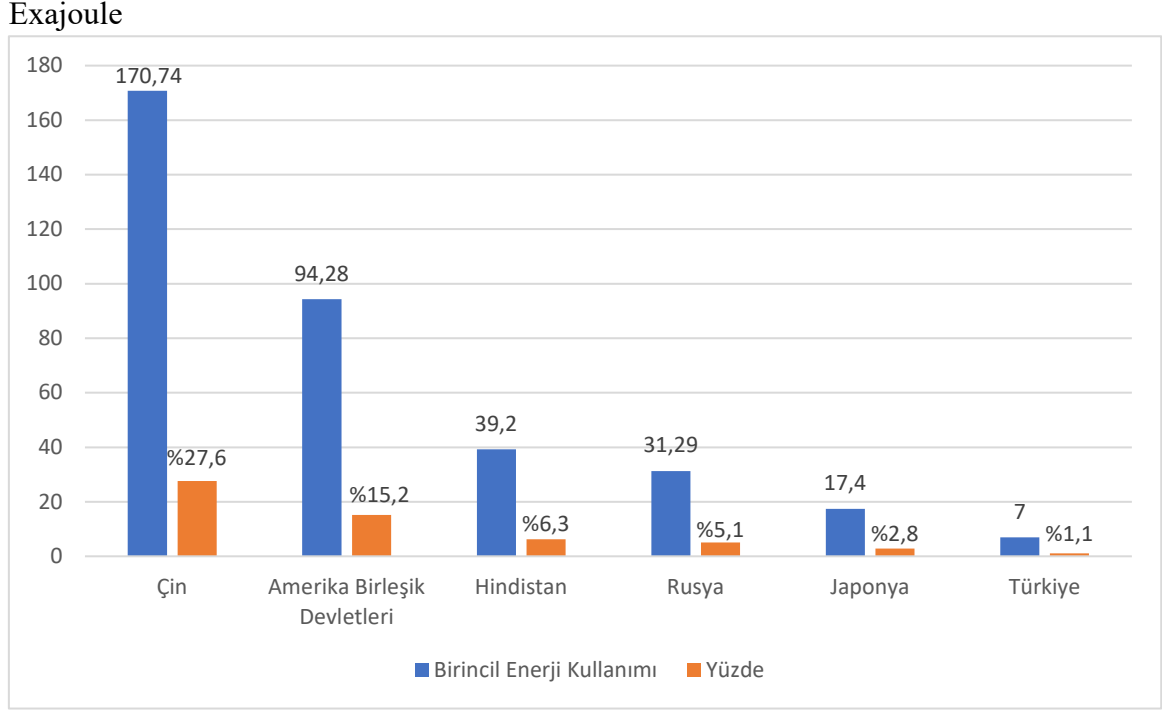
Türkiye, stratejik konumu sayesinde enerji arz güvenliği açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu avantaj, yenilenebilir enerji yatırımları ve uygun enerji politikaları ile pekiştirilmelidir. Özellikle hidroelektrik gibi verimli kaynaklara daha fazla yatırım yapılarak, enerji talebi ile arzı arasındaki denge sağlanmalıdır. Ayrıca, enerji üretim kapasitesi artırılmalı ve çeşitlendirilebilmelidir (Yücal, 2024).

1.2 Enerji Arz Güvenliği

Dünyada ve ülkemizde popülasyon artışıyla birlikte yükselen enerji talebi, enerji kaynaklarının tüketilmesinde de artışa neden olmaktadır. 2020, 2021 yıllarında yaşanan pandemi sebebiyle dünya çapında alınan tedbirler sonucunda insanlar evlerinde daha çok vakit geçirmiştir. Bunun sonucunda dünya çapında araç kullanımının azalmasının da etkisiyle yakıt tüketimi azalmış ve küresel çapta enerji talebi de azalmıştır. Zamanla normalleşmenin başlaması ile birlikte enerji talebi artmış ve dünya çapında enerji fiyatları yükselmiştir. Dünyada yaşanan bölgesel gerginlikler ve savaşlar enerji arz güvenliğinde endişeleri beraberinde getirmiştir. Başta Avrupa ülkeleri olmak üzere uluslararası çapta enerji arz güvenliği endişeleri artmıştır. Bütün ülkeler enerji güvenliklerini sağlamak ve enerji kaynaklarının verimliliğini yükseltmektedir. Bu bağlamda enerji kaynaklarında çeşitliliği ve yatırımları artırmaktadırlar. Ekonomi politikaları ile de iç içe geçen enerji verimliliği ülkemizin enerji arz güvenliğine olumlu katkı sağlayan bir yapıya sahiptir (TCETKB, 2024a).

2. BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI

Grafik 1: Birincil Enerji Kaynakları Tüketiminde Dünya Ülkeleri ve Türkiye 2023 Yılı Verileri

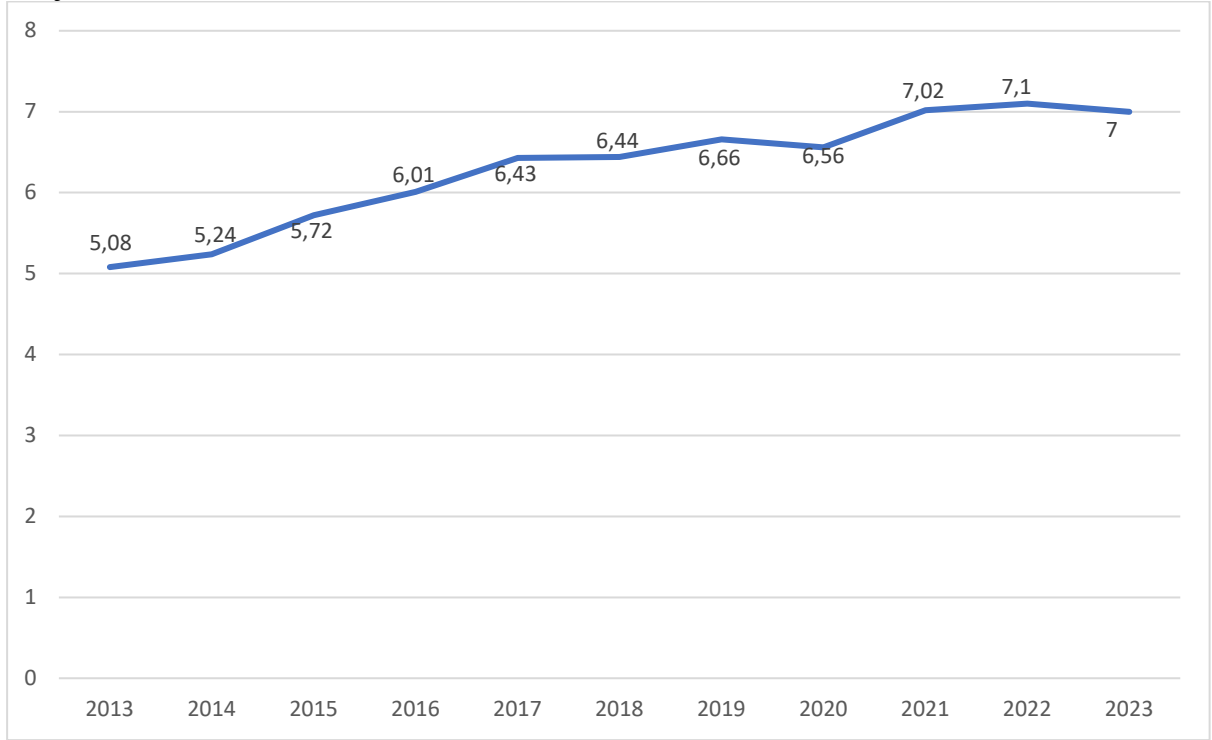


Kaynak: (EI, 2024, s. 13)

2023 yılında dünyada en fazla birincil enerji kaynak tüketimi dünyanın en kalabalık ülkelerinden birisi olan Çin’de gerçekleşmiştir. Çin’in 170,74 Exajoule’lük enerji tüketimi, dünya tüketiminin %27,6’sına denk gelmektedir. Amerika Birleşik Devletleri birincil enerji kaynaklarından tüketimi en fazla olan ikinci ülke konumundadır. Amerika Birleşik Devletleri 94,28 Exajoule’lük tüketimi ile dünyada %15,2’lik tüketim payına sahiptir. Hindistan 39,2 Exajoule, Rusya 31,29 Exajoule, Japonya 17,4 Exajoule’lük tüketime sahiptir. Ülkemizde birincil enerji kaynakları tüketimi 2023 yılında 7 Exajoule olarak kayıtlara geçmiştir. Türkiye’nin bu tüketimi dünyada tüketilen birincil enerji kaynaklarının %1,1’ine tekabül etmektedir (EI, 2024, s. 13).

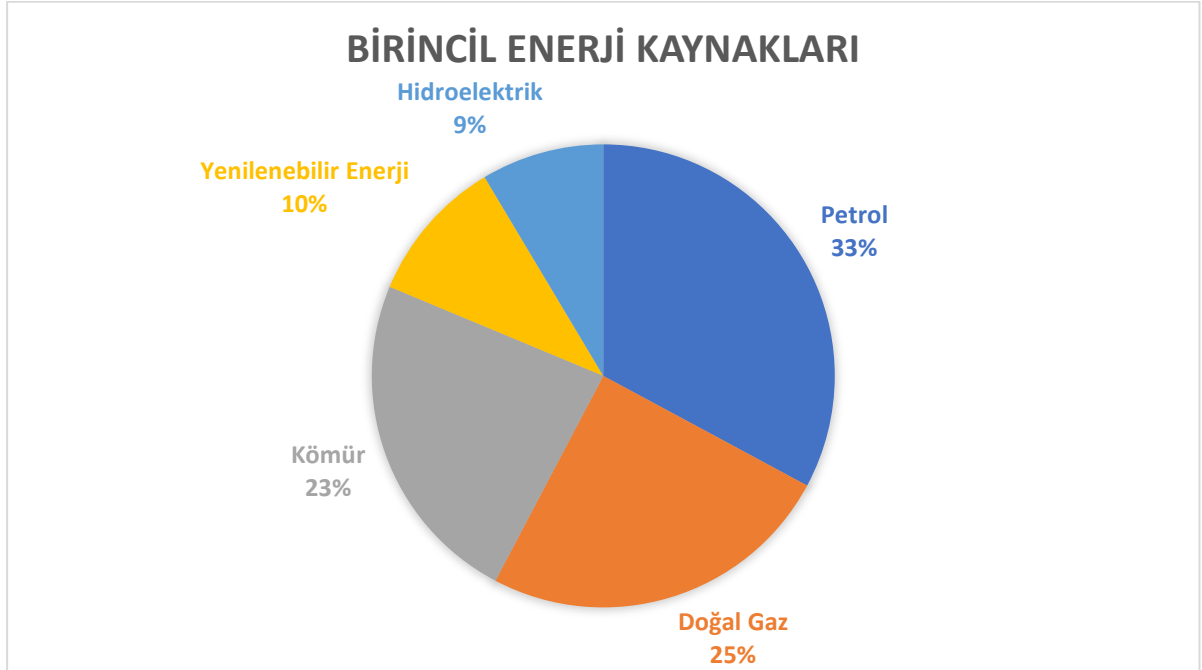
Grafik 2: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketim Miktarları

Exajoule



Kaynak: (EI, 2024, s. 13)

Grafik 3: 2023 Yılında Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketim Türleri

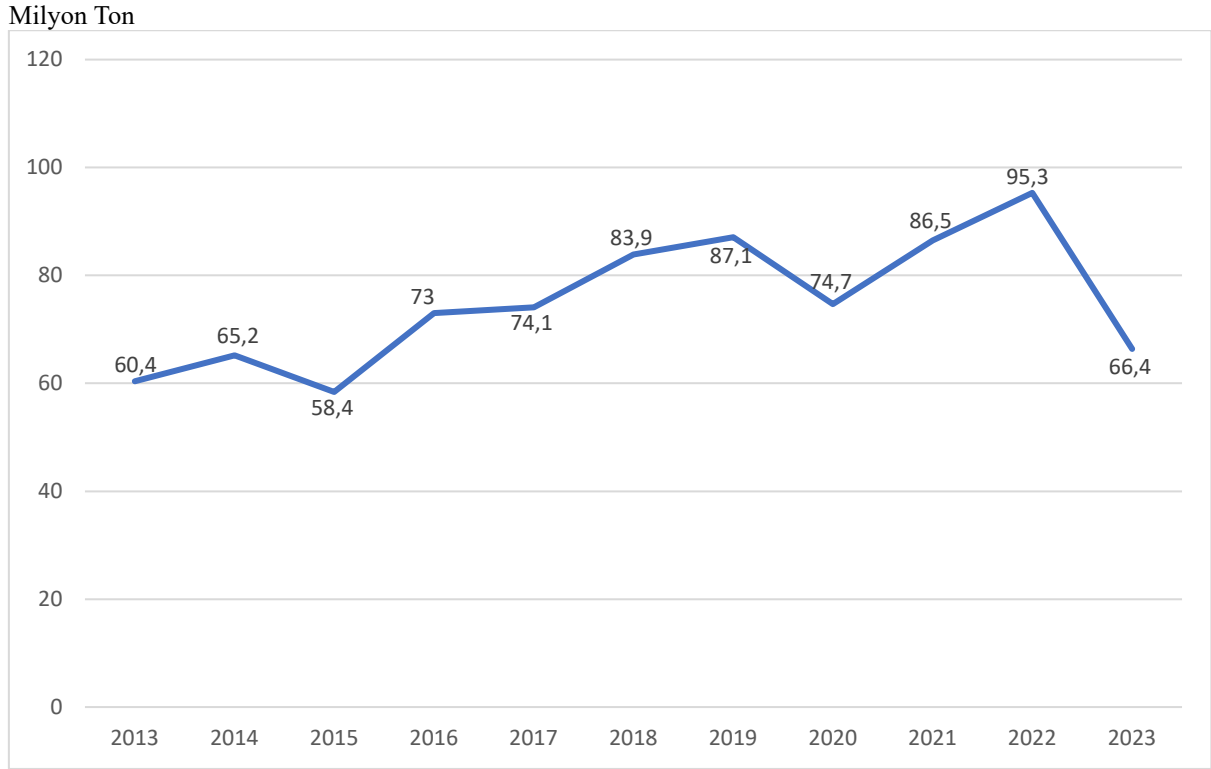


Kaynak: (EI, 2024, s. 14)

2.1 Fosil Enerji Kaynakları

2.1.1 Kömür

Grafik 4: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Kömür Üretim Miktarları

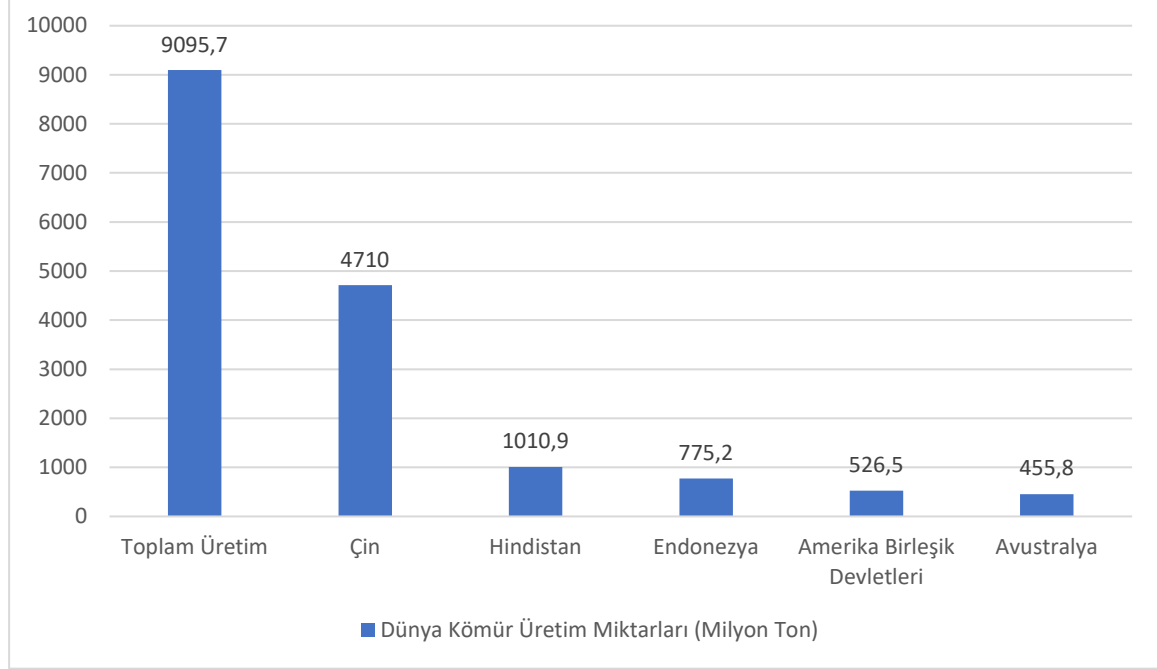


Kaynak: (EI, 2024, s. 47)

Türkiye’de üretilen kömür miktarının 2013-2023 yılları arasındaki değişimi incelendiğinde inişli çıkışlı bir trend görülmektedir. Ülkemizde son 10 yıl içerisinde en düşük üretim 58,4 milyon ton kömür üretimi ile 2015 yılında, en yüksek üretim ise 95,3 milyon ton kömür üretimi ile 2022 yılında olmuştur. 2023 yılında üretilen kömür miktarının bir önceki yıla göre %30,4 azaldığı görülmektedir (EI, 2024, s. 47). Bunun nedenlerinden birisi 2023 yılında ülkemizin Güneydoğu Anadolu bölgesinde yaşanan büyük depremdir. Birçok ilimizi etkileyen bu doğal afet sonrasında birçok sektörde, ekonomide ve üretimde yaşanan sıkıntılar tüm Türk halkını etkilemiştir.

Grafik 5: 2023 Yılı Toplam Kömür Üretimi ve En Yüksek Kömür Üretimine Sahip İlk 5 Ülke

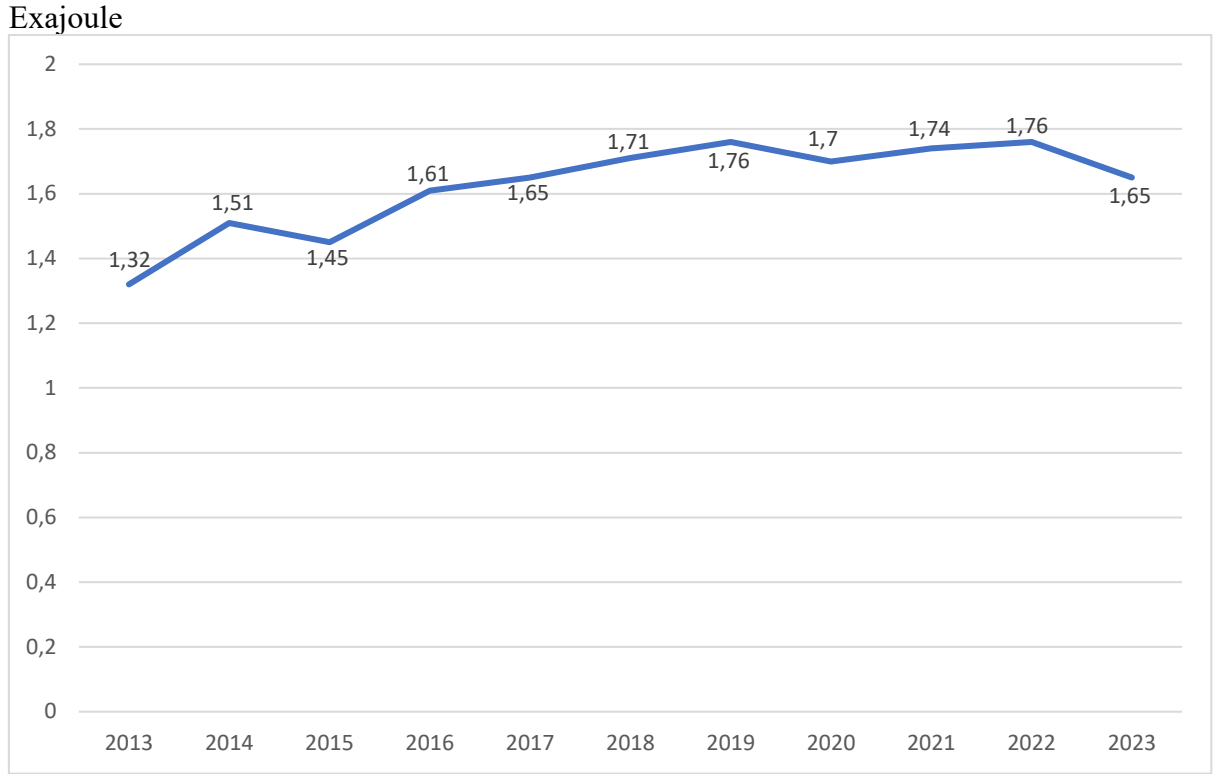
Milyon Ton



Kaynak: (EI, 2024, s. 47)

2023 yılında dünyada 9095,7 milyon ton kömür üretimi gerçekleşmiştir. Dünyada 2023 yılında üretilen kömürde büyük pay sahibi olan Çin 4710 milyon ton kömür üretimi gerçekleştirmiştir. Bu üretim ile birlikte Çin'in toplam kömür üretimine katkı oranı %51,78 olmuştur. Çin yüksek nüfusu ile dünya kömür üretiminde lider durumdadır. Kömür üretiminde Çin'e en yakın ülke, nüfus olarak da en kalabalık ülkelerden birisi olan Hindistan olmuştur. Hindistan 1010,9 milyon ton kömür üretimi gerçekleştirmiştir. Bu iki ülkeyi takip eden ülke 775,2 milyon ton kömür üretimi ile Endonezya'dır. Amerika Birleşik Devletleri 526,5 milyon ton ve Avustralya 455,8 milyon ton kömür üretimiyle 2023 senesinde en çok üretimi sağlayan ülkeler olmuşlardır (EI, 2024, s. 47).

Grafik 6: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Kömür Tüketim Miktarları



Kaynak: (EI, 2024, s. 51)

Türkiye’de tüketilen kömür miktarının 2013-2023 yılları arasındaki değişimi incelendiğinde üretime kıyasla daha stabil bir trend görülmektedir. Ülkemizde üretilen kömür miktarı, tüketilen kömür miktarını karşılamamaktadır. 2013 senesinde kömür ile tüketilen enerji 1,32 exajoule olurken bu miktar 2023 yılında 2013 yılına kıyasla %25 artış göstererek 1,65 exajoule olmuştur. Kömür tüketiminde dünya ülkelerine bakıldığında nüfusu ile doğru orantılı olarak Çin üretimde olduğu gibi tüketimde de lider konumdadır (EI, 2024, s. 51).

Üretim ve tüketimde kömürün türü oldukça önemlidir. Elde edilen her kömürün kalorifik değeri birbiri ile aynı olmamaktadır. Bundan dolayı yer altından çıkartılan kömürün miktarının öneminin yanı sıra enerjisinin ne olduğu kömür üretimi ve tüketiminde çok önemli bir faktördür.

2.1.2 Petrol

2.1.2.1 Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı (ITP)

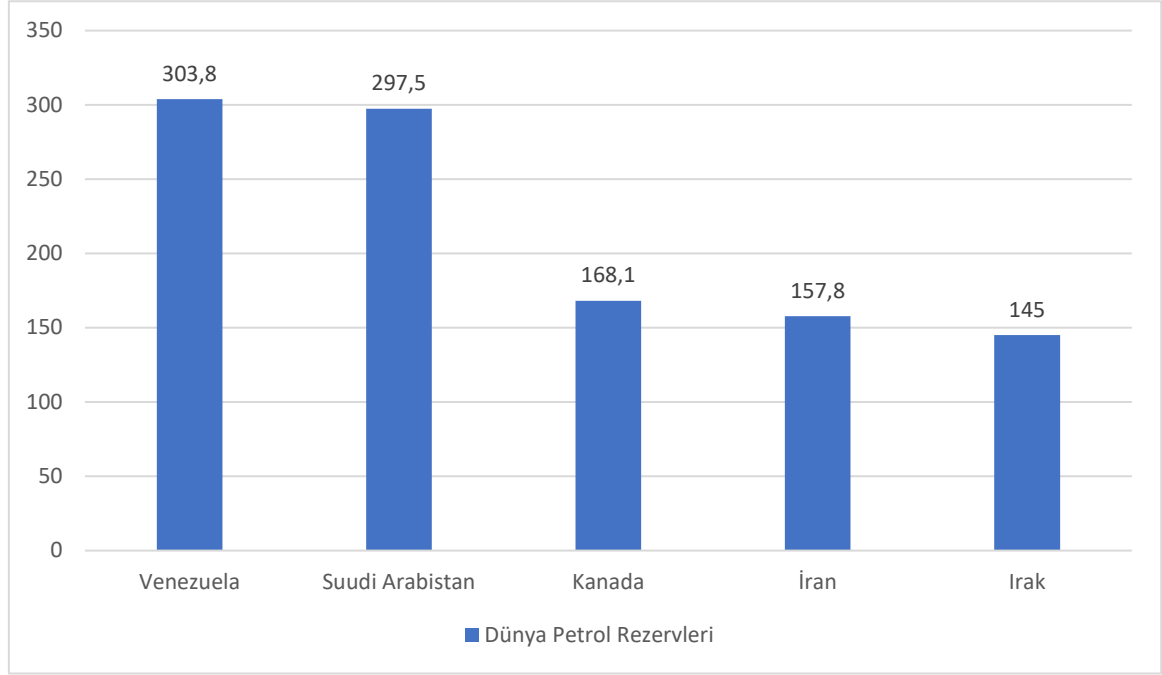
Irak ve Türkiye Cumhuriyeti arasında kurulan ham petrol boru hattı, 1973 yılının Ağustos ayında Türkiye Cumhuriyeti ile Irak Devleti'nin anlaşmasına bağlı olarak Irak'tan ülkemize uzanan bir hat inşaa edilmiştir. 986 kilometre uzunluğa sahip ilk hat 1976 senesinde işletmeye alınmıştır. İlk inşaa edilen boru hattına paralel olarak inşaa edilen ikinci hat 1987 senesinde başarıyla tamamlanmıştır. İkinci hat ile birlikte toplamda yıllık iletim kapasitesi arttırılarak 70,9 milyon ton olmuştur (TCETKB, 2024b).

2.1.2.2 Bakü-Tiflis-Ceyhan Ana İhraç Ham Petrol Boru Hattı (BTC)

Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) Ham Petrol Boru Hattı'yla Hazar bölgesinde petrolün güvenli bir şekilde ülkemize ulaşması ve ülkemiz üzerinden de dünyaya ulaştırılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, 1999 yılının Kasım ayı içerisinde ülkemizde taraf olduğu Gürcistan ve Azerbaycan ile birlikte bir anlaşma sağlanmıştır. Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) Ham Petrol Boru Hattı'nın 1076 kilometrelik bölümü Türkiye'ye ait olup BOTAŞ bu hattın inşaatını gerçekleştirmiştir. Ülkemize bu hat üzerinden gelen ham petrol işlenerek üretime ilk olarak 2006 senesinin ortalarında başlanılmıştır. Azerbaycan'a ek olarak Hazar bölgesinde yer alan Kazakistan ve Türkmenistan'da petroller bu hat vesilesi ile taşınmaktadır (TCETKB, 2024b).

Grafik 7: 2020 Yılı Sonu İtibariyle Dünya Petrol Rezervlerine Sahip İlk 5 Ülke

Milyar Varil

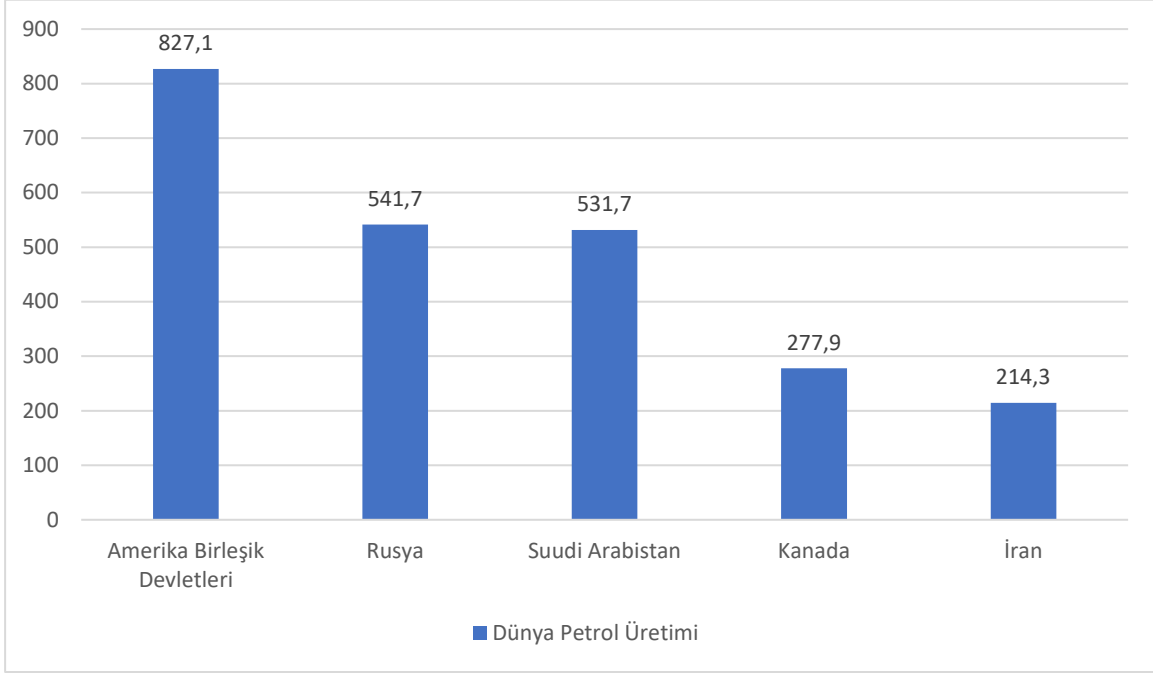


Kaynak: (BP, 2021, s. 16)

Dünyada 2020 yılı itibariyle keşfedilen 1732,4 milyar varil (244,4 milyar ton) petrol rezervinin yüzde %17,5'una sahip olan Venezuela 303,8 milyar varil petrol rezerviyle lider ülkedir. Coğrafya olarak bakıldığında ise Orta Doğu coğrafyası petrol rezervlerinin en çok bulunduğu bölgedir. Orta Doğu'daki toplam petrol rezervi dünya üzerindeki rezervin %48,3'tür. Orta Doğu ülkelerinde petrol rezervi en yüksek olan ülke 297,5 milyar varil ile Suudi Arabistan'dır. Orta Doğu bölgesinde İran 157,8 milyar varil petrol ile ikinci en yüksek rezerve, Irak ise 145 milyar varil petrol rezerviyle bu bölgedeki en yüksek üçüncü rezerve sahiptir. Güney Amerika ve Merkez Amerika ülkeleri %18,7, Kuzey Amerika ülkeleri ise %14 petrol rezervine sahiptirler (BP, 2021, s. 16).

Grafik 8: 2023 Yılı Sonu İtibariyle Dünya Petrol Üretiminde İlk 5 Ülke

Milyon Ton



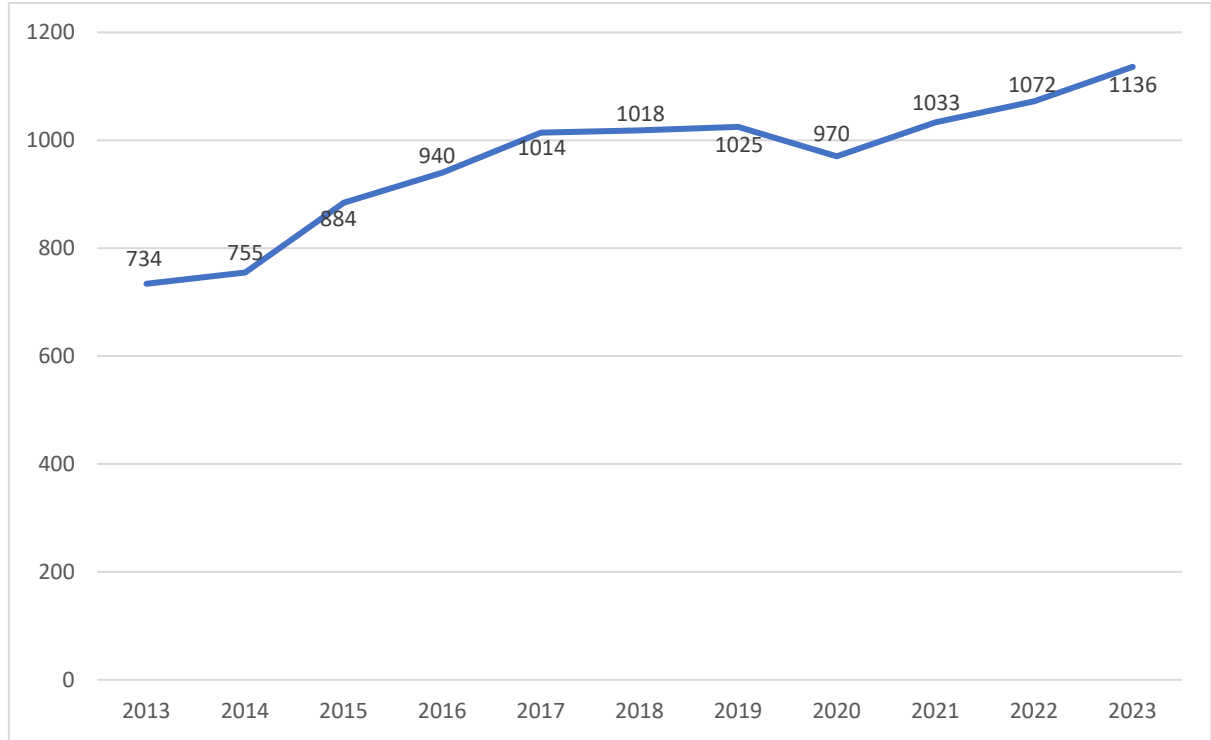
Kaynak: (EI, 2024, s. 22)

Amerika Birleşik Devletleri petrol rezervlerine sahip ülkeler arasında ilk beş ülke arasında kendine yer bulamamasına rağmen petrol işleyip üreten lider ülke olarak görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde 2023 yılında petrol üretimi 827,1 milyon ton olmuştur. Petrol rezervlerinin yüksek olduğu Venezuela, Suudi Arabistan gibi ülkelerle kıyaslandığında Amerika Birleşik Devletleri gibi Rusya'da yüksek petrol rezervine sahip olmamasına rağmen 541,7 milyon ton petrol üretimi ile dünyada ikinci sırada yer almaktadır (EI, 2024, s. 22). Amerika Birleşik Devletleri'nin petrol rezerv-üretim karşılaştırılması yapıldığında ekonomik ve teknolojik olarak gelişmiş olmanın üretim yapabilmede ne kadar önemli bir faktör olduğu görülmektedir. Bu yönden bakıldığında Rusya içinde aynı yaklaşımda bulunulabilir.

2022 yılı itibari ile ülkemizin üretilebilir petrol rezervleri yaklaşık olarak 70 milyon tona tekabül etmektedir. Türkiye’de 2022 senesinde petrol üretimi toplamda 3,58 milyon ton olmuştur. Bunun yanı sıra 33,49 milyon ton, tüketimi karşılayabilmek için petrol ithalatı yapılmıştır. Üretim ve ithalat verilerini incelediğimizde Türkiye %90’dan fazla bir yüzde ile petrole dışarıdan bağımlı sonucu elde edilmektedir (TCETKB, 2023a). Ülkemizde petrol üretimi dünya ülkeleri ile kıyaslandığında çok düşük kalmaktadır.

Grafik 9: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Günlük Petrol Tüketim Miktarları

Bin Varil



Kaynak: (EI, 2024, s. 26)

Türkiye’de tüketilen petrol miktarının 2013-2023 yılları arasındaki değişimi incelendiğinde trend yükseliş eğiliminde olmuştur. Üretilen petrol tüketilen petrol miktarını karşılamadığı için Türkiye petrol ithal eden bir ülkedir.

2.1.3 Doğalgaz

Merkezi Birleşik Krallık'ta yer alan küresel bir enerji şirketi olan British Petroleum'un (BP) Dünya enerji istatistiksel incelemesi raporunda belirtilen verilere göre, ülkemizde ve dünyada kullanımı oldukça yüksek olan fosil yakıtlardan doğal gaz kaynaklarının %40,3'üne Ortadoğu ülkeleri, % 30,1'ine Commonwealth of Independent States olarak adlandırılan Rusya'nın önde geldiği Azerbaycan, Kazakistan, Türkmenistan ve Özbekistan gibi ülkeler, %8.8'ine Asya Pasifik ülkeri, %8,1'ine Kuzey Amerika ülkeleri, %4,2'sine Güney Amerika ve Merkez Amerika ülkeleri, %6,9'una Afrika ülkeleri ve en az rezerve sahip olarak %1,7 ile Avrupa ülkeleri gelmektedir (BP, 2021, s. 34).

Ülke bazında bakıldığında ise en yüksek rezerve sahip ülke %19,9 ile Rusya olarak görülmektedir. Rusya'dan sonra ikinci en büyük rezerve sahip ülkenin %17,1 ile İran olduğu görülmektedir. Bu iki ülkeye en yakın büyüklükte rezerve sahip olan ülke ise %13,1 ile Katar'dır. 2000 yılı sonunda tüm dünyada keşfedilmiş var olan rezerv 138 trilyon metreküp iken teknolojinin o yıllardaki hızlı gelişiminin de etkisiyle bu değerin 2010 yılı sonunda 179,9 metreküp olduğu ve 2020 yılı sonunda ise 188,1 trilyon metreküp olduğu görülmüştür (BP, 2021, s. 34).

Türkiye'nin coğrafi konumu bu noktada çok değerlidir. Ülke olarak Doğal gaz rezervlerinin ağırlıklı olarak bulunduğu Orta Doğu ve Rusya bölgeleri ile rezervlerin en az bulunduğu Avrupa Birliği ülkelerinin arasında yer alıyor olmamız bu bağlamda Türkiye'nin ikili ilişkilerinde avantaj sunmaktadır. Ülkemiz coğrafi konumunun yarattığı avantajı değerlendirerek birçok boru hattı projesini başarıyla gerçekleştirmiş ve enerji geçiş yolu olmuştur.

2.1.3.1 Doğalgaz Boru Hatları

2.1.3.1.1 Rusya – Türkiye Doğalgaz Boru Hattı (Batı Hattı)

Rusya – Türkiye arasında doğalgaz boru hattı kurulmasına o dönem ismi Sovyetler Birliği olan hükümet ile karar verilmiştir. 1984 yılında Batı hattının kurulması anlaşması sağlanmış ve her iki taraf içinde kazanç sağlanmıştır. Ülkemizde başkentimize kadar uzanan bu hat 845 kilometre uzunluğunda olup anlaşmadan dört sene sonrasında Ankara’da genellikle konutlarda ve sanayi sektöründe kullanılmasına başlanılmıştır (TCETKB, 2024c).

2.1.3.1.2 Mavi Akım Doğalgaz Boru Hattı (Mavi Akım)

Mavi Akım Doğalgaz Boru Hattı’nın anlaşması sonucunda Rusya topraklarından ülkemizde Karadeniz üzerinden Ankara’ya ulaşan bir hat ortaya çıkmıştır. Mavi Akım hattı üç ana bölümden oluşmakta olup başkentimize kadar uzanmaktadır. Anlaşma 1997 yılında gerçekleştirilmiş olup açılış 2005 yılının Kasım ayı içerisinde olmuştur (TCETKB, 2024c).

2.1.3.1.3 Doğu Anadolu Doğalgaz Ana İletim Hattı (İran – Türkiye)

Doğu Anadolu Doğalgaz hattı ile Türkiye doğalgaz ihtiyacının bir bölümünü karşılamak amacıyla İran ile anlaşma yapmıştır. 1996 yılının Ağustos ayı içerisinde İran’ın başkenti Tahran’da yapılan anlaşma ile 1491 kilometre uzunluğa sahip hat inşaatı başlamış ve İran gazının ilk kullanımı 2021 yılının Aralık ayı içerisinde gerçekleşmiştir (TCETKB, 2024c).

2.1.3.1.4 Bakü-Tiflis-Erzurum Doğalgaz Boru Hattı (BTE)

Bakü-Tiflis-Erzurum Doğalgaz Boru Hattı 2001 yılının Mart ayı içerisinde yapılan anlaşma ile kardeş ülke olarak nitelendirilen Azerbaycan doğalgazının ülkemize transferinin gerçekleştirilebilmesi çerçevesinde hayata geçirilmiştir. Azerbaycan ve Gürcistan bölgesinde Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı (BTC) ile aynı koridorda inşaa

edilmiş çevresel etkilerin daha iyi yönetilmesini sağlamıştır. Yaklaşık olarak 980 kilometre uzunluğa sahip boru hattı üzerinden gaz iletimi Temmuz 2007 itibari ile başlamıştır. Gürcistan ve Azerbaycan bölgelerinde kalan sistemler üzerinden 2015 senesi içerisinde kapasite arttırımı projesi kapsamında TANAP sistemine entegrasyon sağlanmıştır. TANAP üzerinden akışı sağlanan doğalgaz ülkemizin Anadolu toprakları üzerinden Avrupa ülkelerine ulaşmaktadır. Bu altyapının sağlanması enerji güvenliği yönünden önemlidir (TCETKB, 2024c).

2.1.3.1.5 Türkiye-Yunanistan Doğalgaz Enterkonneksiyonu (TYE)

Avrupa Birliği Interstate Oil and Gas Transport to Europe projesiyle birlikte geliştirilmiş olup Yunanistan ve Türkiye doğalgaz şebekeleri arasında sağlanan enterkonneksiyonla doğalgazın direkt olarak ülkemizden ya da ülkemiz toprakları üzerinden komşu ülkemiz Yunanistan'a ihrac edilebilmesine ortam oluşturan boru hattıdır. 2007 senesinin Kasım ayı içerisinde boru hattı faaliyete geçmiş ve gaz arzı başlamıştır (TCETKB, 2024c).

2.1.3.1.6 Trans-Anadolu Doğalgaz Boru Hattı (TANAP)

Türkiye’de nüfusun sürekli olarak artış eğiliminde olmasının da etkisiyle artan doğalgaz ihtiyacımızın karşılanması amacıyla Azerbaycan Devleti ile işler yürütülmüş ve anlaşma sağlanmıştır. 2011 senesinde imzalanan bu anlaşmaya göre Azerbaycan’dan sağlanacak olan gaz akışıyla birlikte yıllık 6 milyar m³ doğalgaz ülkemize sağlanacaktır. Bu da ülkemizin doğalgaz ihtiyacının bir kısmını karşılamak için oldukça önemli bir anlaşmadır. Buna ek olarak daha fazla miktarda Azerbaycan doğal gazının Türkiye üzerinden Avrupa ülkelerine transit geçişinin sağlanması için 2012 yılının Haziran ayında Azerbaycan Devleti ile Türkiye Cumhuriyeti arasında anlaşma sağlanmıştır. Bu vesileyle Türkiye Cumhuriyeti topraklarından geçen doğalgazın Avrupa ülkelerine bir sorun yaşamadan ve uygun koşulların

sağlanarak iletilmesi dahil olmak üzere süreçlerde çok önemli aktif bir role sahiptir. TANAP projesi üzerinden yeni boru hatları inşaatları planlanmakta olup ilerleyen yıllarda daha fazla boru hatları yaratılabilecektir. Ülkemize ilk doğalgaz akışının sağlanması 2018 senesinin Haziran ayı sonlarında olmuştur. Ülkemizden transit geçiş yapıp Avrupa ülkelerine aktarımının sağlanması yaklaşık olarak 2021 yılının başında olmuştur (TCETKB, 2024c).

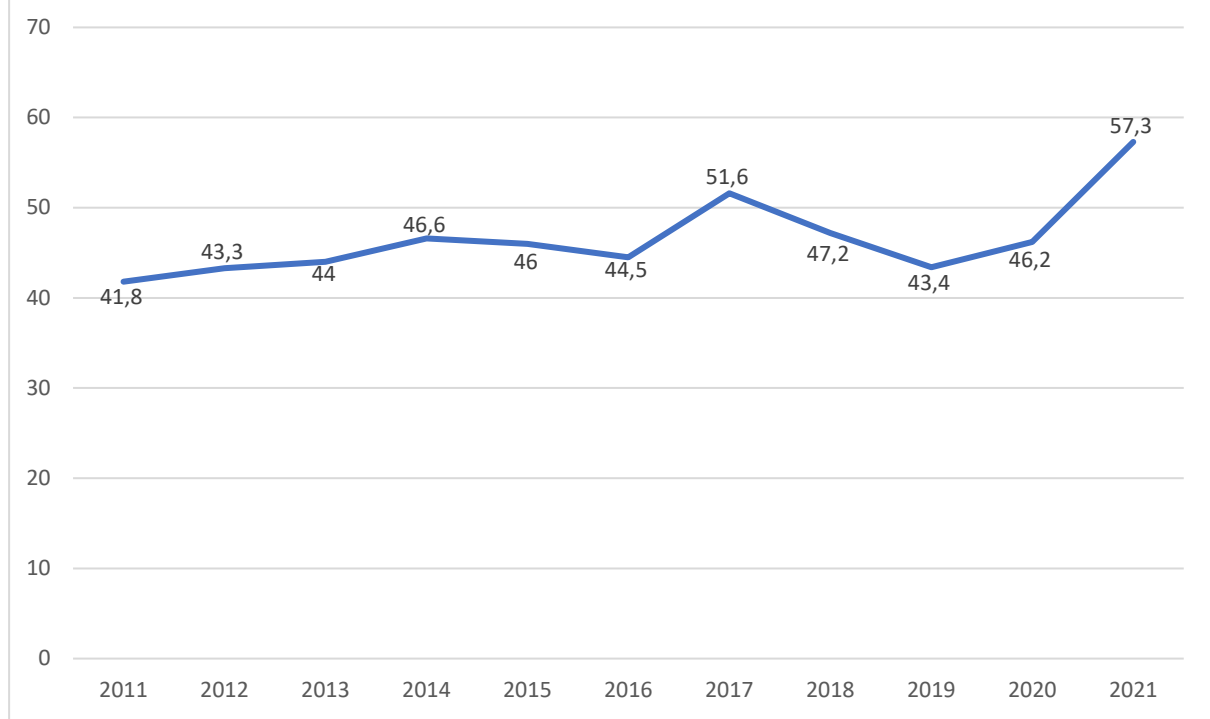
2.1.3.1.7 Türkakım Doğalgaz Boru Hattı (TÜRKAKIM)

2020 yılının başında devreye alınan Türkakım doğalgaz boru hattı ile Rusya'dan sağlanan doğalgaz ülkemizin Karadeniz bölgesine ulaşır buradan da komşu devletlerimizin sınırlarına kadar uzanan çift hatta sahip bir sistemdir. Bu proje hem ülkemize doğalgaz sağlamakta olup hem de transit geçiş görevi görmemizi sağlamaktadır. Karadan ve denizden iletim sağlanan boru hatları mevcuttur. Deniz hatlarından Avrupa ülkelerine doğalgaz iletimi sağlanmaktadır. Kara hattından da Avrupa ülkelerine iletim sağlanmakta olup ülkemizin kullanımı için sağlanan doğalgaz kara hattından sağlanmaktadır (TCETKB, 2024c).

TürkAkım'ın sağladığı direkt olarak ülkemize doğalgaz arzını sağlayan boru hattı ile başka bir üçüncü ülkeyi sisteme dahil etmeden direkt olarak kaynak ülkeden Türkiye Cumhuriyeti'ne taşınan doğalgazın, diğer ülkeler tarafından yaşanabilecek sorunlar nedeniyle kesintiye maruz kalma ihtimali engellenmiştir. Bu nedenle Türkakım doğalgaz boru hattı ülkemizin enerji arzı güvenliğini arttırmaktadır (TCETKB, 2024c).

Grafik 10: 2011-2021 Yılları Arasında Türkiye'nin Doğal Gaz Tüketim Miktarları

Milyar
Metreküp

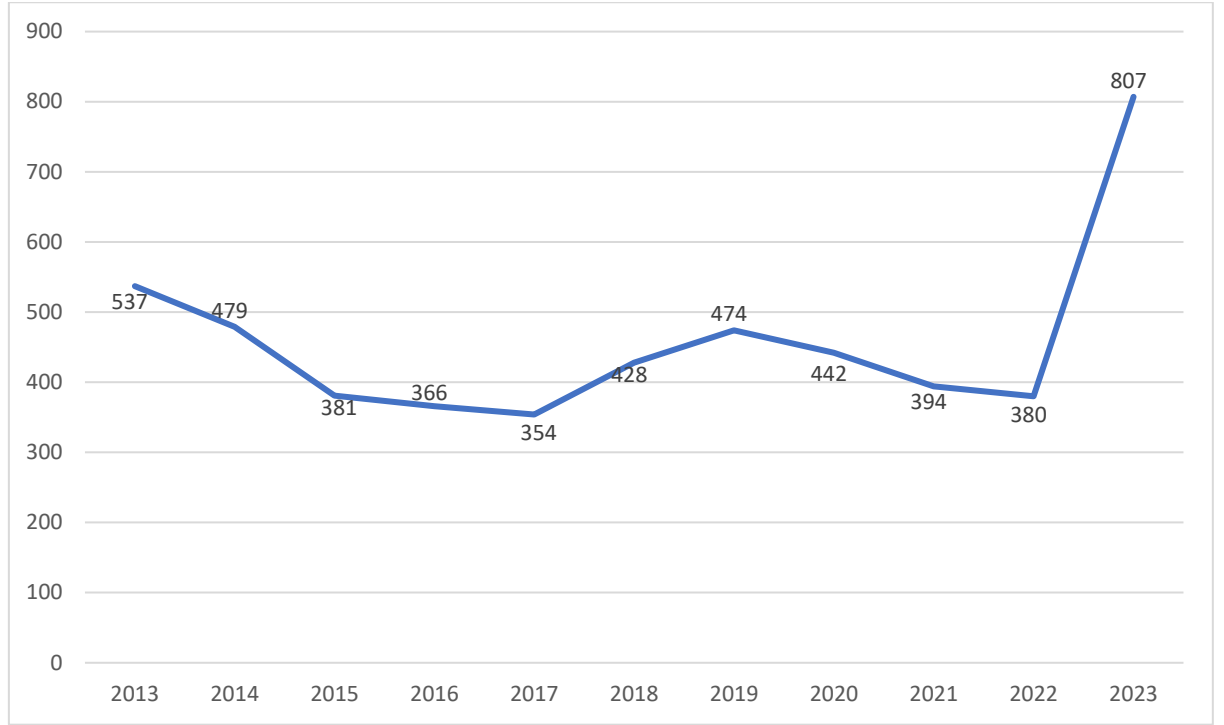


Kaynak: (BP, 2022, s. 31)

Türkiye’de tüketilen doğal gaz miktarının 2011-2021 yılları arasındaki değişimi incelendiğinde en düşük tüketim 41,8 milyar metreküp ile 2011’de, en yüksek tüketim 57,3 milyar metreküp ile 2021 yılında olmuştur. Tüketimde sürekli olarak bir artış görülmemektedir fakat yıllar ilerledikçe tüketim miktarı bir önceki rekor tüketim miktarından fazla tüketim göstererek artış eğiliminde olmuştur. Ülkemizde 2021 yılında tüketilen doğal gaz miktarı 2020 yılına göre %24,1 daha fazladır (BP, 2022, s. 31). Bunun yanı sıra ülkemizde doğal gaz üretim miktarı, tüketim ile kıyaslandığında oldukça düşük kalmaktadır. Ülke olarak doğal gaz ithal eden bir ülke konumundayız. Bunun başlıca nedeni keşfedilen rezervlerin tüketimi karşılayacak seviyelerden çok uzak olmasıdır.

Grafik 11: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Doğal Gaz Üretim Miktarları

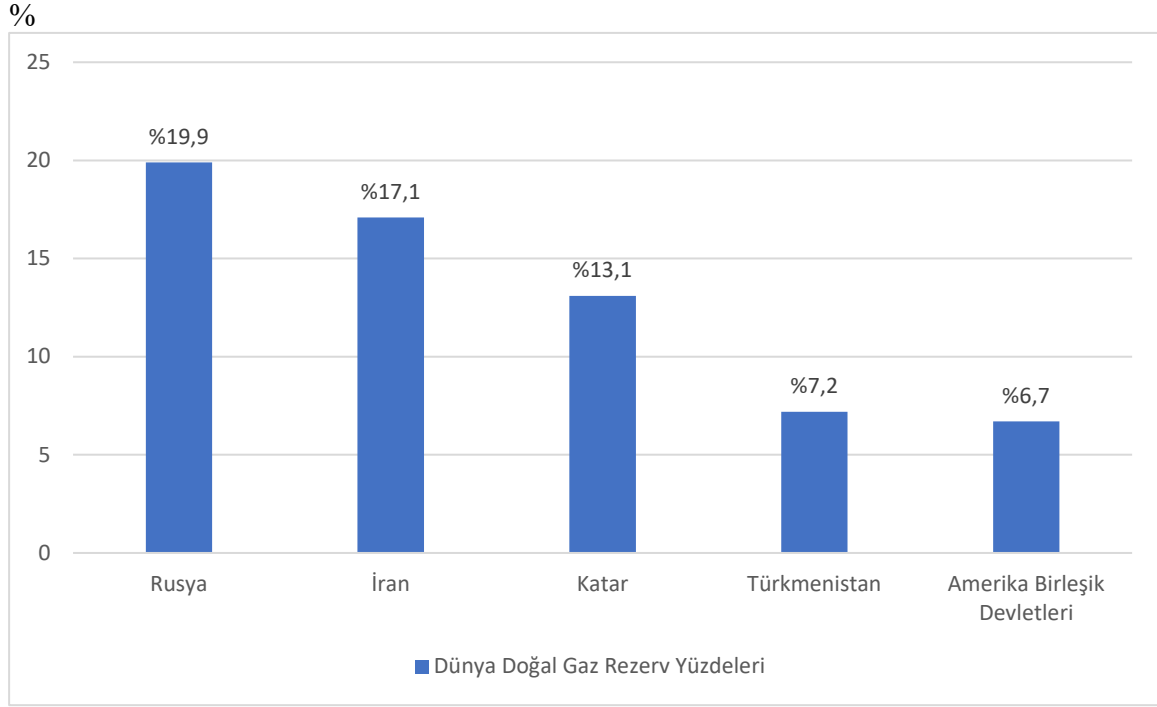
Milyon
Sm³



Kaynak: (EPDK, 2024)

Türkiye’de üretilen doğal gaz miktarının 2013-2023 yılları arasındaki değişimi incelendiğinde 2023 yılına kadar inişli çıkışlı bir grafik görülmektedir. 2013 yılında ülkemizde doğal gaz üretim miktarı 537 milyon standart metreküp (0,537 milyar metreküp) iken 2022 yılında üretimin artmadığı ve 380 milyon standart metreküp’e indiği görülmektedir. 2023 yılında ise üretimde bir önceki yıla kıyasla çok keskin bir yükseliş görülmektedir. Üretimde yaşanan sert ivmeli bu yükselişin önemli bir sebebi Karadeniz’de keşfedilen doğal gaz’ın üretiminin gerçekleştirilmiş olmasıdır. Türkiye 2023 senesinde yakalamış olduğu rekor üretime rağmen üretilen doğal gaz, tüketilen doğal gaz miktarıyla kıyaslandığında oldukça düşük kalmaktadır (EPDK, 2024).

Grafik 12: 2020 Yılı İtibariyle Dünya Doğalgaz Rezervlerine Sahip İlk 5 Ülke

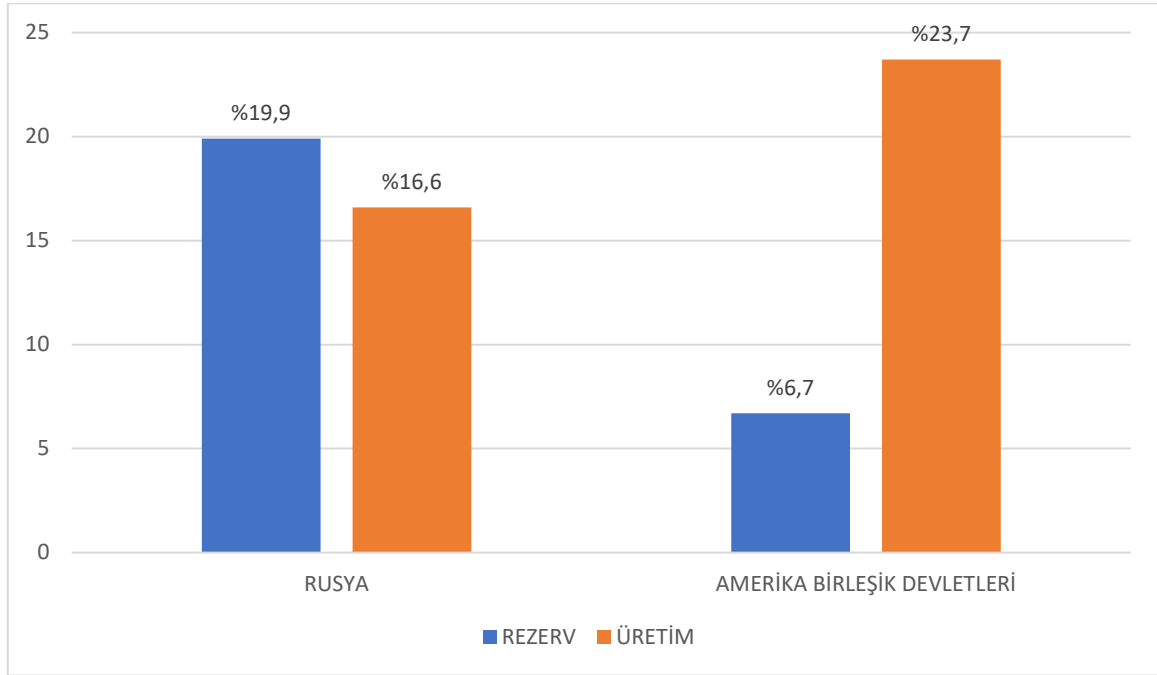


Kaynak: (BP, 2021, s. 34)

Dünya’da 2020 yılı itibariyle keşfedilen 188,1 trilyon metreküp doğalgaz rezervinin yüzdesel olarak dağılımı grafik 12’de verilmiştir. Rusya’nın sahip olduğu yüzdesel rezervin karşılığı 37,4 trilyon metreküp’tür (BP, 2021, s. 34).

Ülkemiz tarafından bakıldığında ise doğalgaz üretiminin dünya ile kıyaslandığında yüzdesel olarak çok düşük olduğu görülmüştür. Ülkemizde 2020 senesi yaz aylarında karadeniz bölgesinde keşfedilen doğalgaz rezerv miktarı 0,32 trilyon metreküp dolaylarında olmuştur. Bu keşif ülke tarihimizin en büyük doğalgaz keşfi olarak nitelendirilmektedir (AA, 2020).

Grafik 13: 2020 Yılı Rusya ve Amerika Birleşik Devletleri Mevcut Doğal Gaz Rezervleri ve Dünyada Doğalgaz Üretim Yüzdeleri



Kaynak: (BP, 2021, ss. 34-36)

Dünya’da en büyük doğal gaz rezervlerine sahip olan ülke Rusya’dır. Rusya en büyük rezervlere sahip olmasına rağmen en yüksek üretime sahip olan ikinci ülke konumundadır. En büyük rezerve sahip olmamasına rağmen Amerika Birleşik Devletleri dünya üzerinde en yüksek üretimi gerçekleştiren ülkedir. Amerika Birleşik Devletleri rezerv olarak dünya üzerinde en büyük beşinci rezerve sahip ülkedir (BP, 2021, ss. 34-36). Bu yönden bakıldığında kendinden çok daha büyük rezervlere sahip ülkelerden fazla üretim yapıyor olmasının ana nedeni teknolojik olarak gelişmişliğin yüksek olmasıdır.

Amerika Birleşik Devletleri’nde üretimi yüksek olan kaya gazı, yaygın bir şekilde bir kaya içerisinde yer alan doğal gaz türüdür. Kaya oluşumları, çok düşük geçirgenliklere sahiptirler. İçte bulunan gazın kaya içerisinden akma, hareket yeteneği geleneksel bir rezerv içindeki gaz ile kıyaslandığında daha kısıtlıdır. Kaya gazları genellikle hidrolik kırılma yöntemi uygulanarak üretilir (IEA, 2022, s. 496).

Amerika Birleşik Devletleri kaya gazı olarak bilinen shale gas üretiminde önde gelmektedir. Bu gaz üretimi yüksek teknoloji gerektirmektedir. Bu ileri teknolojiye sahip olması Amerika Birleşik Devletleri'ni dünya doğalgaz üretiminde lider konuma getiren sebeplerdendir.

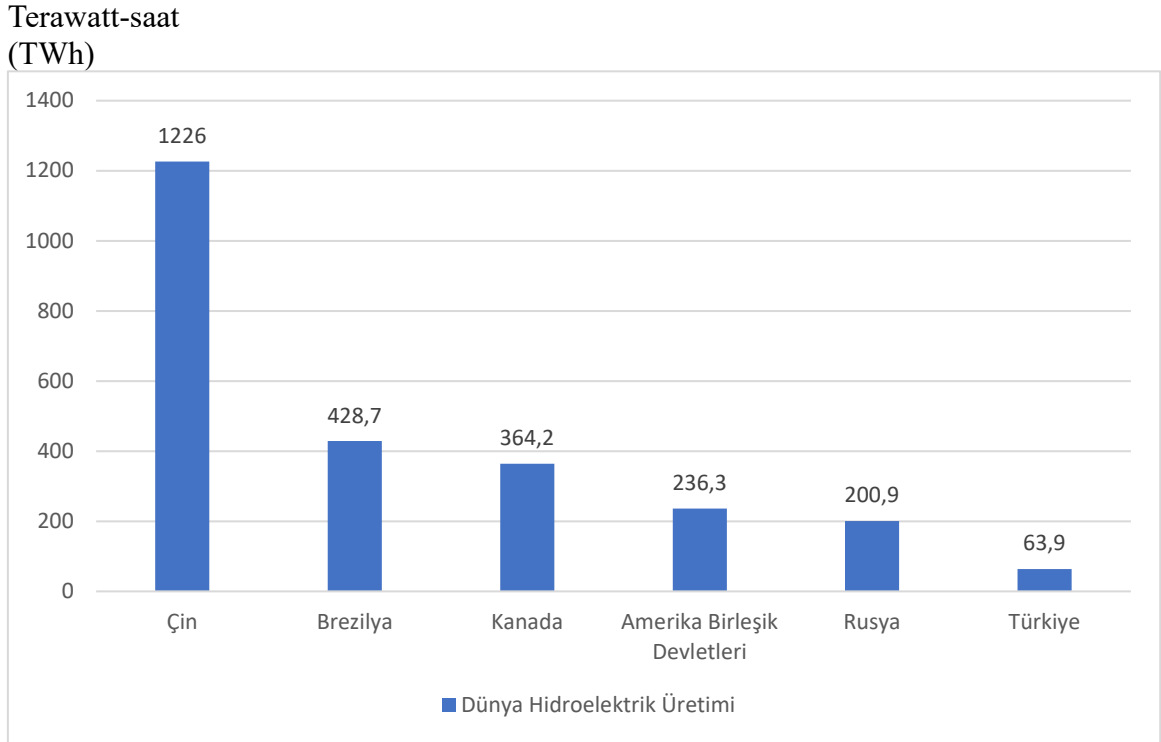
Amerika Birleşik Devletleri hem boru hatlarıyla hem de LNG doğalgaz yöntemi ile doğalgaz ihraç etmektedir. Bu ihraç yöntemlerinde en çok kullandığı yöntem LNG yöntemiyle ihraç olduğu görülmüştür. Doğalgaz üretiminde lider olan Amerika Birleşik Devletleri'nin 2023 yılında gerçekleştirdiği 203,4 milyar metreküp doğalgaz ihracatının 89,1 milyar metreküp'ü boru hatlarıyla, 114,4 milyar metreküp'ü ise LNG (Liquefied Natural Gas) ihracat yöntemiyle olmuştur (EI, 2024, s. 42).

LNG terimini Türkçe olarak ele aldığımızda doğalgazın sıvılaştırılmış formudur. Sıvılaştırılan doğal gaz deniz ulaşımında tankerler vasıtasıyla birçok noktaya transfer edilebilir. Bu açıdan bakıldığında boru hatlarıyla doğal gaz ihracatından avantajlı görülmektedir. Boru hatlarını kurduktan sonra maliyet olarak daha düşük maliyetle ihracat yapılabilir ama boru hatları kurmak yeterli olmayacaktır. Coğrafi olarak engelleri düşünüldüğünde boru hatları doğal gaz transferi için kısıtlı kalabilir. Sıvılaştırılmış formda doğal gaz transferi bu anlamda daha avantajlıdır. Sıvılaştırılmış formda doğal gaz daha geniş çapta ticaret sağlayabilme avantajı sunmaktadır.

2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

2.2.1 Hidroelektrik

Grafik 14: 2023 Yılı Dünya Hidroelektrik Üretiminde İlk 5 Ülke ve Türkiye

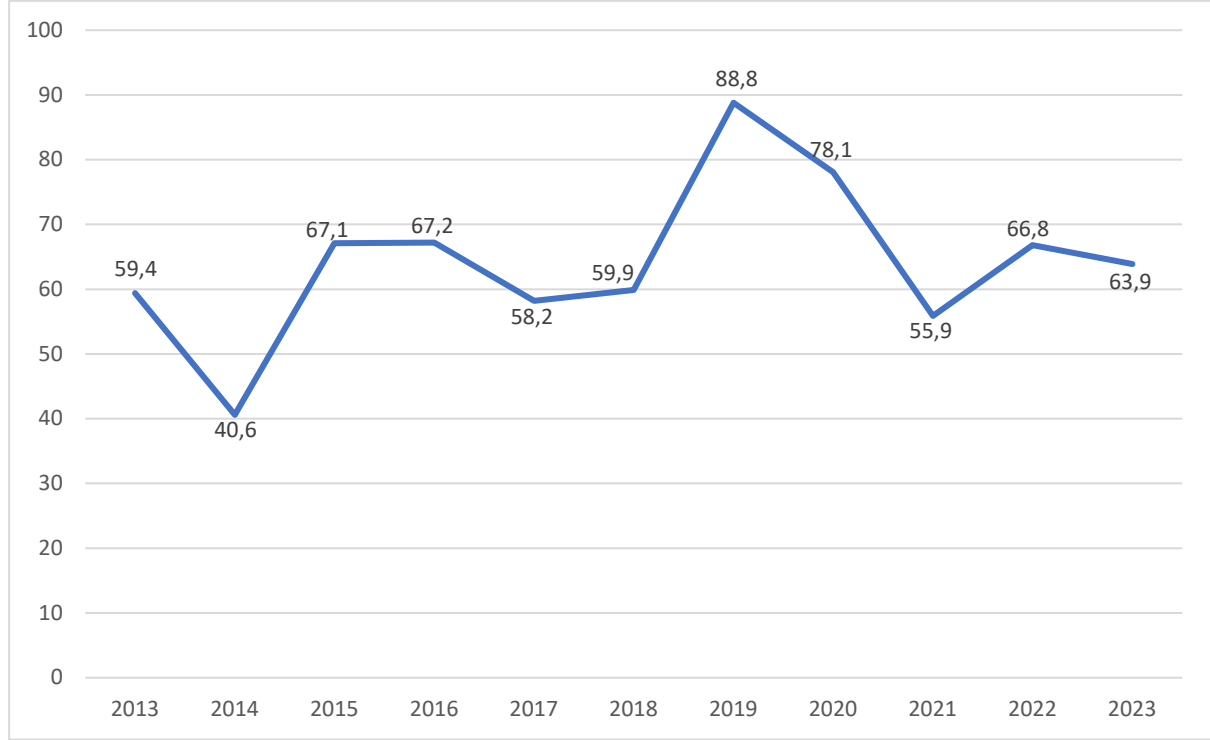


Kaynak: (EI, 2024, s. 57)

2023 yılında hidroelektrik santralleri vasıtasıyla elektrik üretiminde Çin açık ara önde görülmektedir. Çin'in 1226 Terawatt-saat (TWh) üretimi dünyadaki hidroelektrik üretiminin %28,9'unu oluşturmaktadır. Brezilya, hidroelektrik üretiminde Çin'e en yakın ülke konumunda olmasına rağmen yaklaşık olarak üçte biri üretime sahiptir. Bu iki ülkeyi 364,2 TWh ile Kanada, 236,3 TWh ile Amerika Birleşik Devletleri ve 200,9 TWh üretim ile Rusya takip etmektedir. Ülkemizin 2023 yılında hidroelektrik üretimi 63,9 TWh olmuş olup bu oran dünyada üretilen hidroelektriğin %1,5'una tekabül etmektedir (EI, 2024, s. 57).

Grafik 15: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Hidroelektrik Üretim Miktarları

Terawatt-saat
(TWh)



Kaynak: (EI, 2024, s. 57)

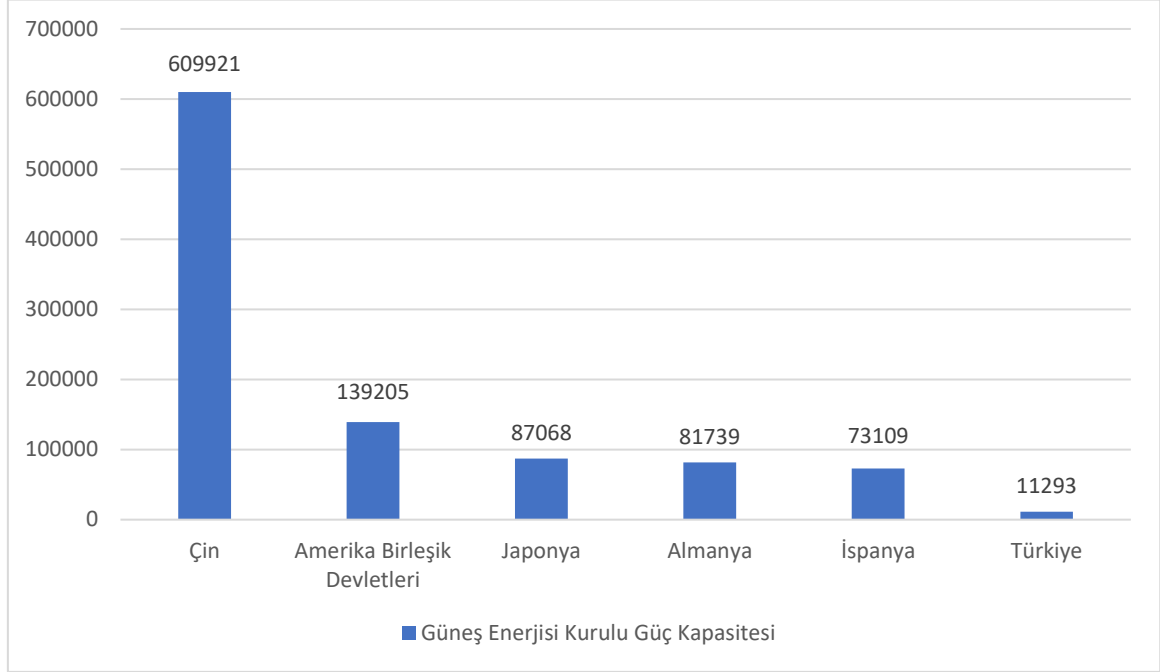
Türkiye’de üretilen hidroelektrik miktarının 2013-2023 yılları arasındaki değişimi incelendiğinde oldukça değişken bir trend ortaya çıkmaktadır. Son on yıllık veriler değerlendirildiğinde ülkemizde en yüksek hidroelektrik enerji üretimi 88,8 Terawatt-saat (TWh) ile 2019 senesinde gerçekleşmiştir. En düşük hidroelektrik enerji üretimi ise son on yıllık periyot değerlendirmeye alındığında 40,6 Terawatt-saat (TWh) ile 2014 senesinde gerçekleştiği görülmüştür (EI, 2024, s. 57).

Hidroelektrik üretimi 2023 yılında 63,9 Terawatt-saat (TWh) olarak gerçekleşmiştir. Bu değer 2019 yılında gerçekleşen rekor üretim değerinin oldukça aşağısında kalmıştır. Rekor üretim seviyesinden dört yıl sonra üretilen hidroelektrik, 2019 yılındaki rekor üretimin %28,04 altında kalmıştır (EI, 2024, s. 57).

2.2.2 Güneş Enerjisi

Grafik 16: 2023 Yılı Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi İlk 5 Ülke ve Türkiye

Megawatt (MW)

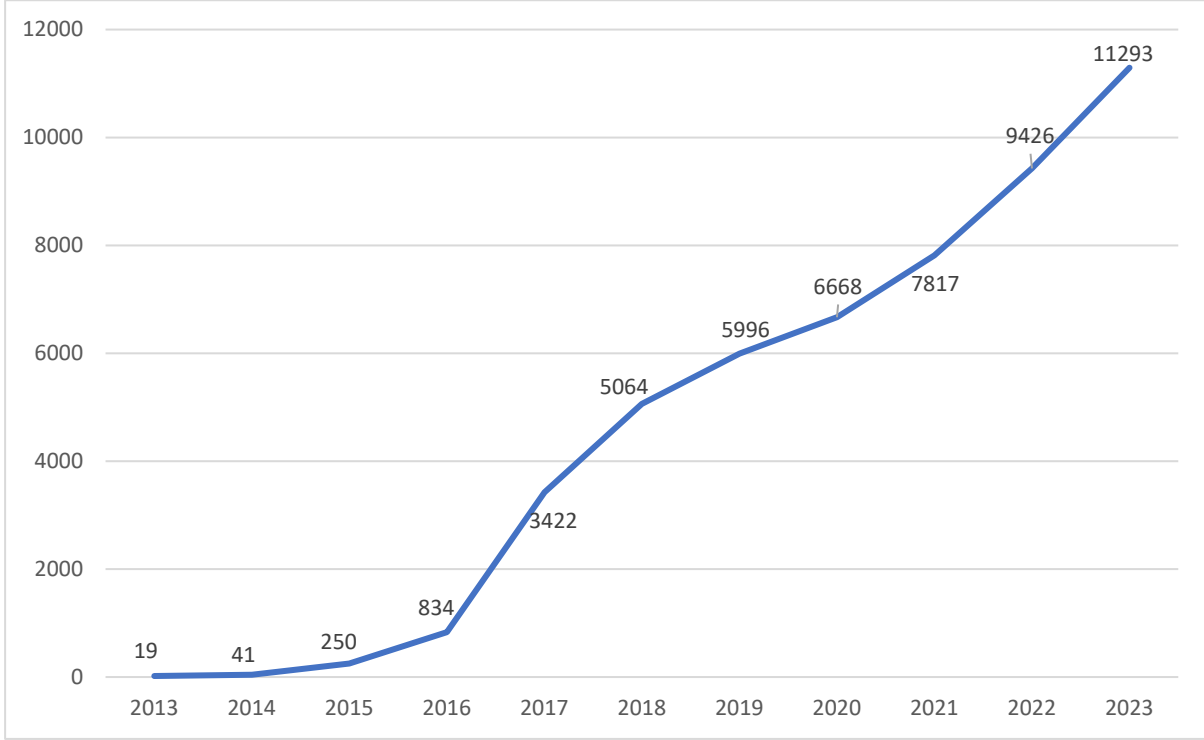


Kaynak: (EI, 2024, s. 60)

Dünya’da güneş enerjisinden en iyi şekilde faydalanan ülke rüzgar enerjisinde de olduğu gibi Çin’dir. Çin tek başına dünyada kurulu güneş enerjisi güç kapasitesinin çok büyük bir kısmına sahiptir. Avrupa ülkelerinin kısıtlı enerji kaynakları göz önüne alındığında Almanya rüzgar enerjisinde olduğu gibi güneş enerjisinden faydalanan ülkeler arasında önde gelmektedir. Ülkemizdeki güneş enerjisi kurulu güç kapasitesi diğer ülkelerle kıyaslandığında oldukça düşük kalsa da yıllar içinde yükseliş içerisinde (EI, 2024, s. 60). Dünyanın en büyük yüzey ölçümlü ülkesi olan Rusya rüzgar enerjisinde olduğu gibi güneş enerjisinde de soğuk ikliminin olumsuz etkileri nedeniyle geridedir.

Grafik 17: 2013-2023 Yılları Arası Türkiye'nin Güneş Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi

Megawatt (MW)



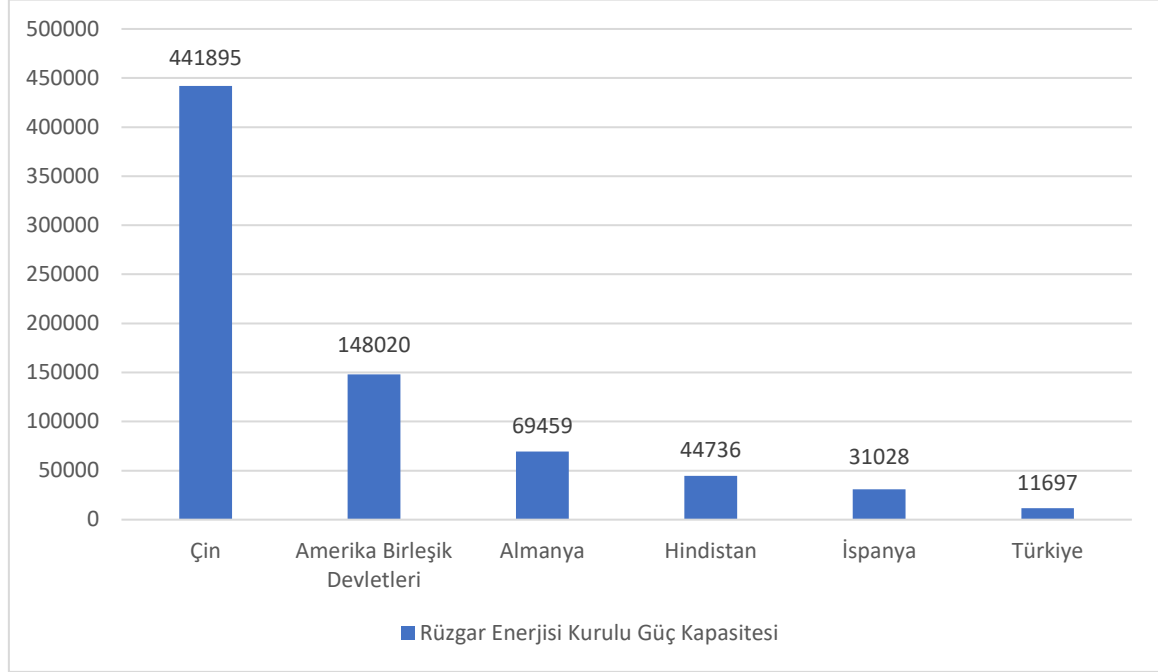
Kaynak: (EI, 2024, s. 60)

Türkiye’de güneş enerjisine büyük yatırımlar 2010’lu yıllar sonrasında başlamıştır. 2013 yılında kurulu güç kapasitemizin yalnızca 19 Megawatt olduğu görülmektedir. Kurulu güç kapasitemizde trend çok keskin bir şekilde yukarı yönlü gerçekleşmiştir. 2023 yılına geldiğimizde ülkemizin güneş enerjisi kurulu güç kapasitesi 11293 Megawatt seviyelerine yükselmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinde sürekli olarak artış gösteren trendin olması ülkemiz adına olumlu bir gelişmedir. 2023 yılında kurulu güç kapasitesindeki artış 2022 yılındaki kurulu güç kapasitesine oranla %19,81 daha yüksek olarak gerçekleşmiştir (EI, 2024, s. 60).

2.2.3 Rüzgar Enerjisi

Grafik 18: 2023 Yılı Dünya Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi İlk 5 Ülke ve Türkiye

Megawatt (MW)



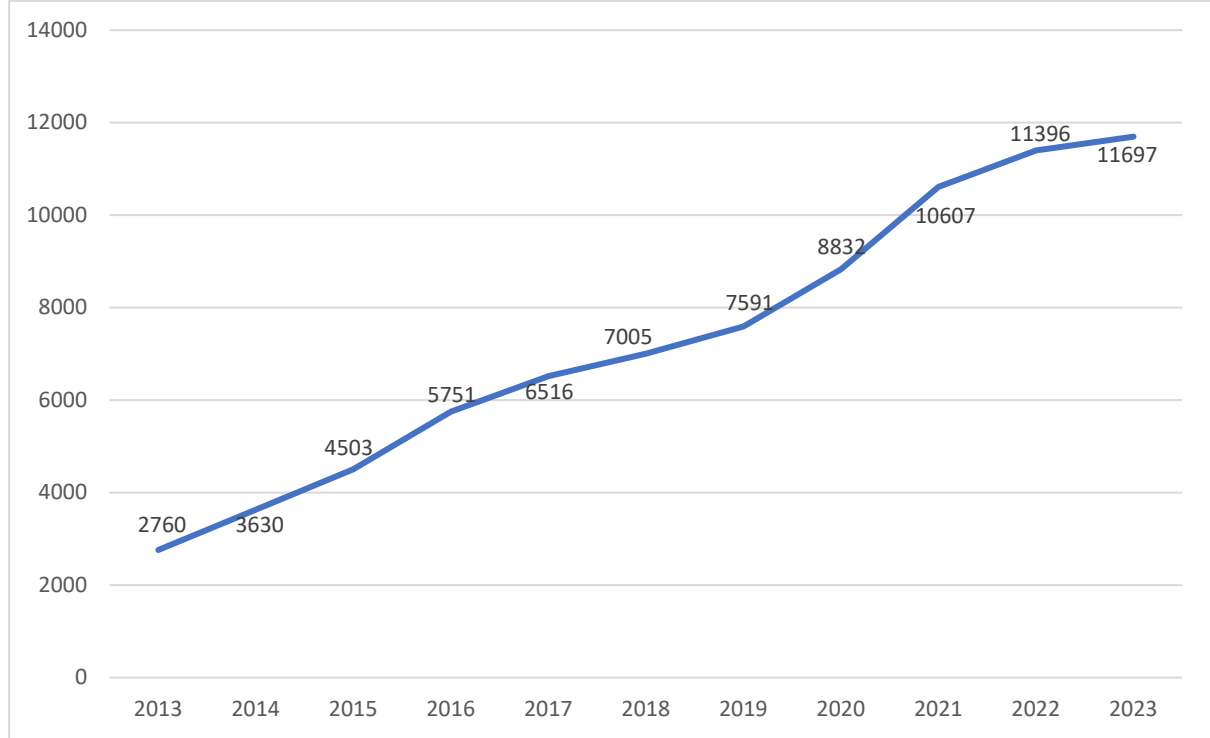
Kaynak: (EI, 2024, s. 61)

Dünya’da rüzgar enerjisinden en iyi şekilde faydalanan ülke Çin’dir. Çin tek başına dünyada kurulu rüzgar enerjisi güç kapasitesinin çok büyük bir kısmına sahiptir. Çin’in bu yönde yatırımlarının, coğrafyasının ve ikliminin uygun olması bu anlamda önemlidir. Avrupa ülkeleri fosil enerji kaynakları yönünden zayıftır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmaları enerji arzını kendi içlerinde sağlayabilmeleri için çok önemlidir. Almanya’nın rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesinde ilk üç’te yer alıyor olması yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisine verdiği önemi göstermektedir. Rusya rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesi ülkemizin yaklaşık beşte biri seviyelerindedir (EI, 2024, s. 61). Bunun sebeplerinden birisi ikliminin soğuk olması nedeniyle rüzgar türbinlerinin

verimli bir şekilde çalışmamasıdır. Bu nedenle Rusya yatırımlarını rüzgar enerjisi yönünde daha az kullanmaktadır.

Grafik 19: 2013-2023 Yılları Arası Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi

Megawatt (MW)



Kaynak: (EI, 2024, s. 61)

Türkiye’de yenilebilir enerjiye yönelim yıllar geçtikçe ilerlemektedir. Ülkemizde rüzgar enerjisi için kurulu güç kapasitemize baktığımızda yıllar ilerledikçe kurulu güç kapasitesinin sürekli arttığı görülmektedir. Rüzgar enerjisinde Türkiye 2013’te 2760 Megawatt kurulu güce sahipken, 2023’te toplam kurulu gücümüz 11697 Megawatt olmuştur (EI, 2024, s. 61). Kurulu güç trendinin sürekli olarak yükselmesi yenilenebilir enerjide rüzgar enerjisine yatırım yaptığımızın bir göstergesidir.

2.2.4 Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji kaynağı, “*yerkabuğunun, çeşitli derinliklerinde bulunan birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları bölgesel atmosferik sıcaklıkların üzerinde olan, normal yer altı ve yer üstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, tuzlar, gazlar içeren sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir*” (Arslan, S., Darıcı, M. ve Karahan, Ç., 2000, s. 22).

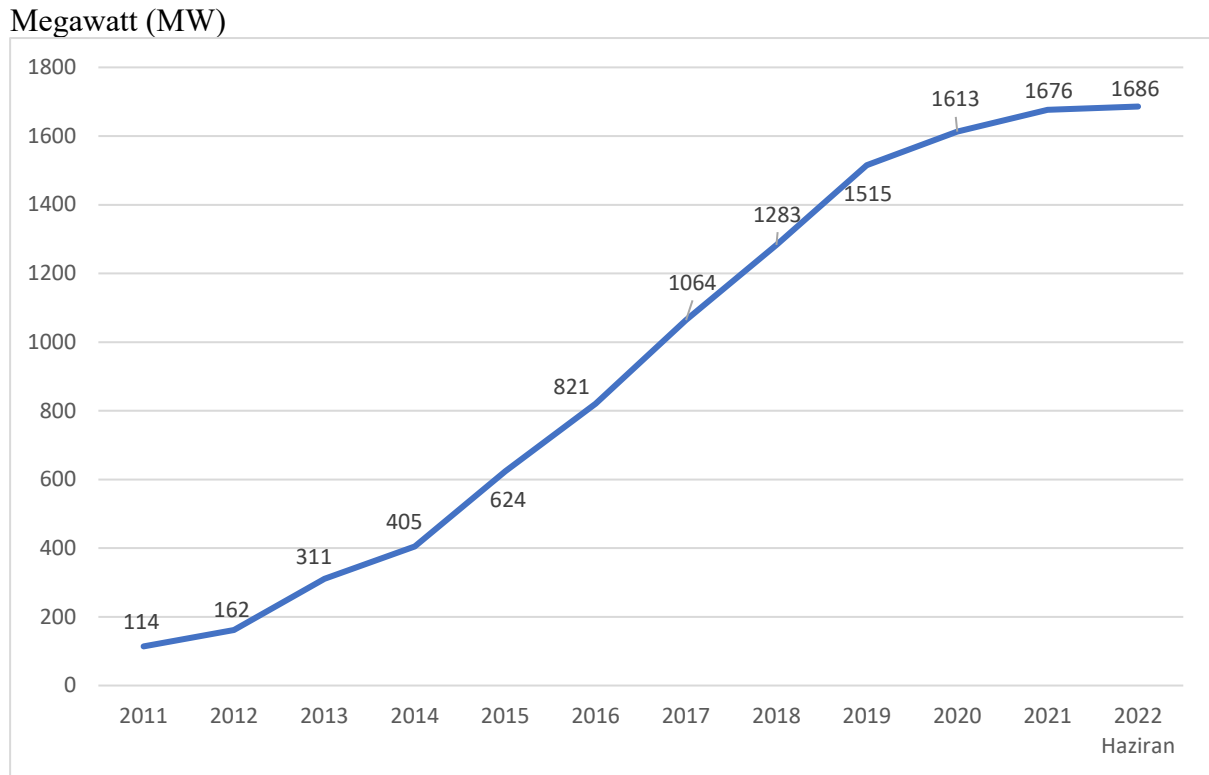
Jeotermal enerji, direkt olarak ısıtma ve soğutmada kullanım ve elektrik üretiminde kullanım olarak iki ayrı şekilde kullanılmaktadır (Dincer ve Ozcan, 2018). Yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal enerji, çok maliyetli olmayan, tertemiz olmasının sağladığı çevre dostu görüntüsüyle ön plana çıkan bir yeraltı enerji kaynağıdır. Türkiye deprem ülkesi olmanın oluşturduğu durum nedeniyle jeotermal enerji kazanımı yönünden dünya ülkeleri ile karşılaştırıldığında oldukça zengin olarak görülmektedir. Türkiye jeotermal enerji potansiyeli yönünden Avrupa’da en ön de gelen ülkedir. Kurulu güç kapasitesi Dünya ülkeleri ile karşılaştırıldığında Dünyanın dördüncü ülkesi konumunda yer almaktadır. Coğrafyanın sunduğu jeolojik özellikler ile birlikte ülkemizin dört bir yanına yayılmış çok sayıda doğal ve değişik sıcaklıklarda jeotermal kaynaklar vardır (TCETKB, 2022a).

Jeotermal enerji doğrudan kullanılmayıp elektrik üretimi sağlanması amacı ile de kullanılmaktadır. Bu alanda ön de gelen ülkeler Amerika Birleşik Devletleri, Endonezya, Filipinler ve Türkiye’dir. Türkiye’nin jeotermal enerji potansiyeli deprem ülkesi olmamızın da etkisi ile çok yüksek olup potansiyel jeotermal enerji kazanımı oluşturabilecek alanların %78’i Batı Anadolu bölgesinde yer almaktadır. Batı Anadolu’daki birçok aktif fay hattı sismik hareketler oluşturmakta ve bölgedeki jeotermal enerji potansiyelini yükseltmektedir. Ülkemizde jeotermal kaynakların sadece %10’u yüksek sıcaklıklarda olup geri kalanları orta ve düşük sıcaklıktadır. Yüksek sıcaklıkta olan jeotermal kaynaklar daha çok elektrik enerjisi

retiminde kullanım için, orta ve düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar ise doğrudan (ısıtma, soğutma, termal turizm) kullanım için uygundur (TCETKB, 2022a).

Jeotermal kaynaklarda yüksek sıcaklığa sahip kaynaklardan elektrik elde etmenin temel sebebi yüksek sıcaklıkta suyun buhar fazında olması ve yüksek basıncın etkisiyle çok daha verimli bir şekilde türbinlerin dönmesinin sağlanmasıdır.

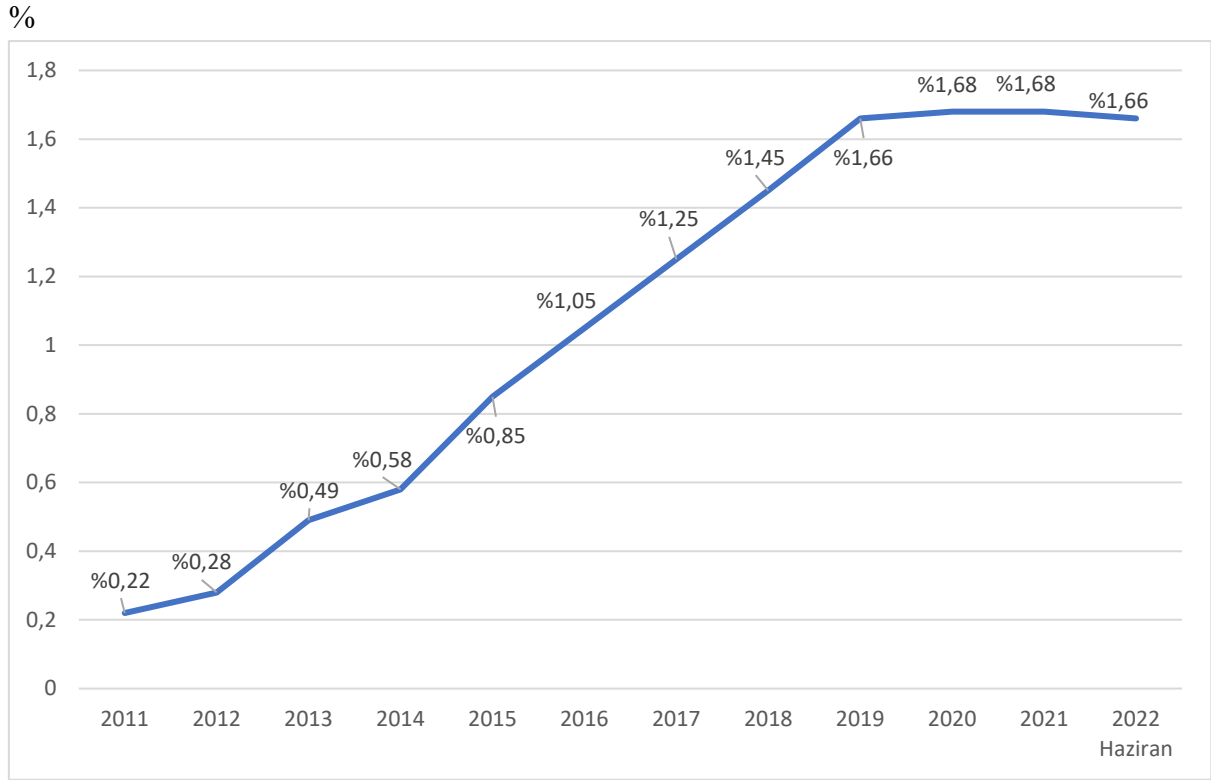
Grafik 20: 2011-2022 Yılları Arası Türkiye'nin Jeotermal Enerji Kurulu Güç Kapasitesi



Kaynak: (TCETKB, 2022a)

2011-2022 yılları arasında Türkiye’de Jeotermal Enerji kurulu güç kapasitesi sürekli artış göstermiştir. Ülkemiz 2011 yılında 114 Megawatt (MW) kurulu güç kapasitesine sahip iken, 2022 yılının Haziran ayında 1686 Megawatt (MW) kurulu güç kapasitesine sahip olmuştur (TCETKB, 2022a).

Grafik 21: 2011-2022 Yılları Arası Jeotermal Enerji'nin Türkiye Toplam Kurulu Güç Kapasitesi İçerisindeki Değişim Oranları



Kaynak: (TCETKB, 2022a).

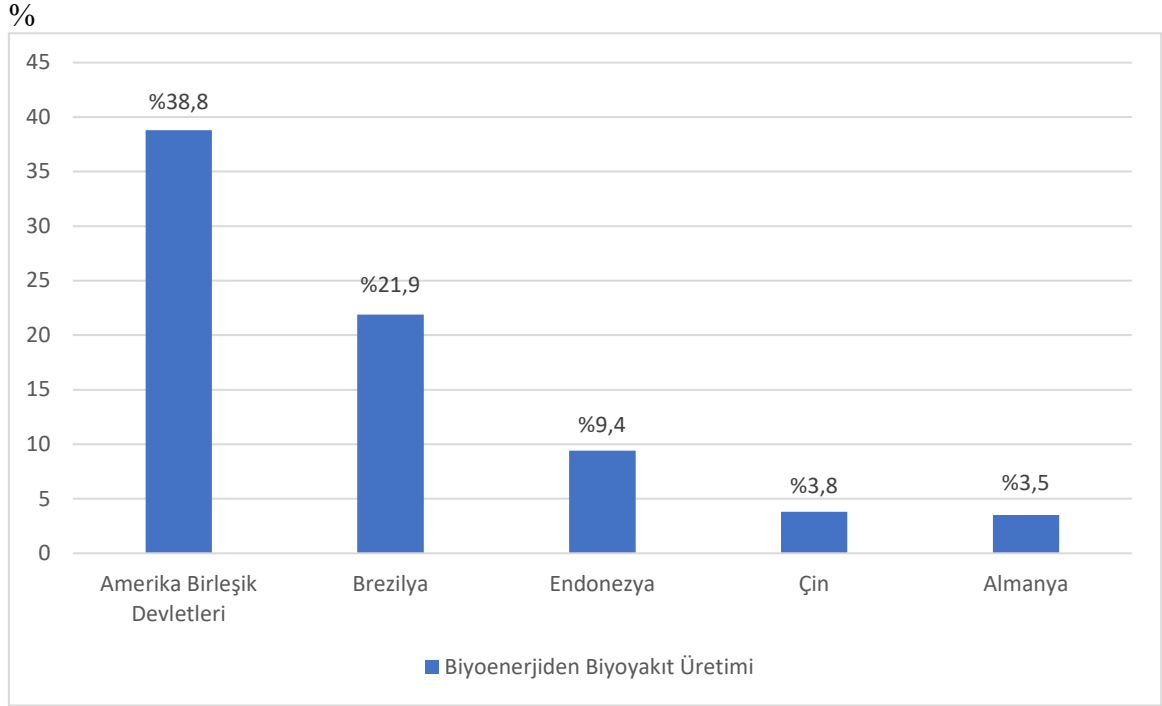
Ülkemiz jeotermal enerji kaynakları bakımından zengin bir ülke olmasına rağmen toplam kurulu güç kapasitemiz arasındaki yüzdesel olarak yeri oldukça düşük seviyelerdedir. 2011 yılında jeotermal enerji kurulu güç kapasitemiz diğer enerji kaynaklarındaki kurulu güç kapasitelerimizi de düşündüğümüzde sadece %0,22'lik bir yüzde ile ifade edilmekteydi. Ülkemizin kaynakları arasındaki yüzdesel olarak yükselişi 2020 yılına kadar sürekli olarak devam eden jeotermal enerji kurulu güç kapasitemiz 2020 ve 2021 yıllarında yüzdesel olarak aynı kalmıştır. 2022 Haziran itibari ile jeotermal enerjinin toplam kaynaklar içerisindeki kurulu güç kapasitesi %1,66 olarak belirlenmiştir (TCETKB, 2022a).

2.2.5 Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, yenilenebilir, sürdürülebilir bir kaynak olması, her bölgede elde edilebilmesi, özellikle gelişmekte olan bölgelerde sosyoekonomik yönden istihdam yaratma, çevresel kirliliğin azaltılması, ekonominin desteklenmesi gibi sorunlara yardımcı olması nedeni ile tüm dünya için önemli bir enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi bir gün tamamen tükenecek olan, yenilenemeyen enerji kaynakları dünyamızda kısıtlı olduğundan ve bu kaynaklar çevre kirliliğine direkt olarak etki ettiği için biyokütle enerjisi elde edilip kullanılması tüm dünya ülkeleri adına enerji sorununu gidermek için zamanla önem kazanmaktadır. Ana bileşenlerini karbon-hidrat bileşiklerinin oluşturduğu bitkisel ve hayvansal kökenli bütün doğal maddeler enerji kaynağı olup bu maddelerden üretilen enerji biyokütle enerjisi olarak adlandırılmaktadır. Bitkisel ve hayvansal biyokütle enerji kaynakları çok çeşitlidir. Patates, mısır, buğday v.b karbonhidrat bitkileri, pamuk, keten v.b elyaf bitkileri, tezek v.b gibi hayvansal atıklar, sap, dal, saman gibi bitkilerin artıkları, evsel ve endüstriyel atıklar biyokütle enerji kaynakları olarak adlandırılabilirler (Karaosmanoğlu, 2006, ss. 112-113).

Biyoenerji elde edilerek biyoyakıt olarak araçlarda kullanılabileceği gibi biyokütlelerin yakılması ile birlikte direkt olarak termal ısı enerjisi elde edilebilir. Bu enerji iş yerlerinde, proseslerde, evlerde ısınma amacıyla kullanılabilir. Biyokütle enerjisinden elde edilen enerji ile elektrik üretiminde sağlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak biyokütle enerjisi özellikle konutlarda elektrik ihtiyacının karşılanmasında oldukça önemlidir.

Grafik 22: 2023 Yılı Dünya Biyoenerjiden Biyoyakıt Üretiminde İlk 5 Ülke

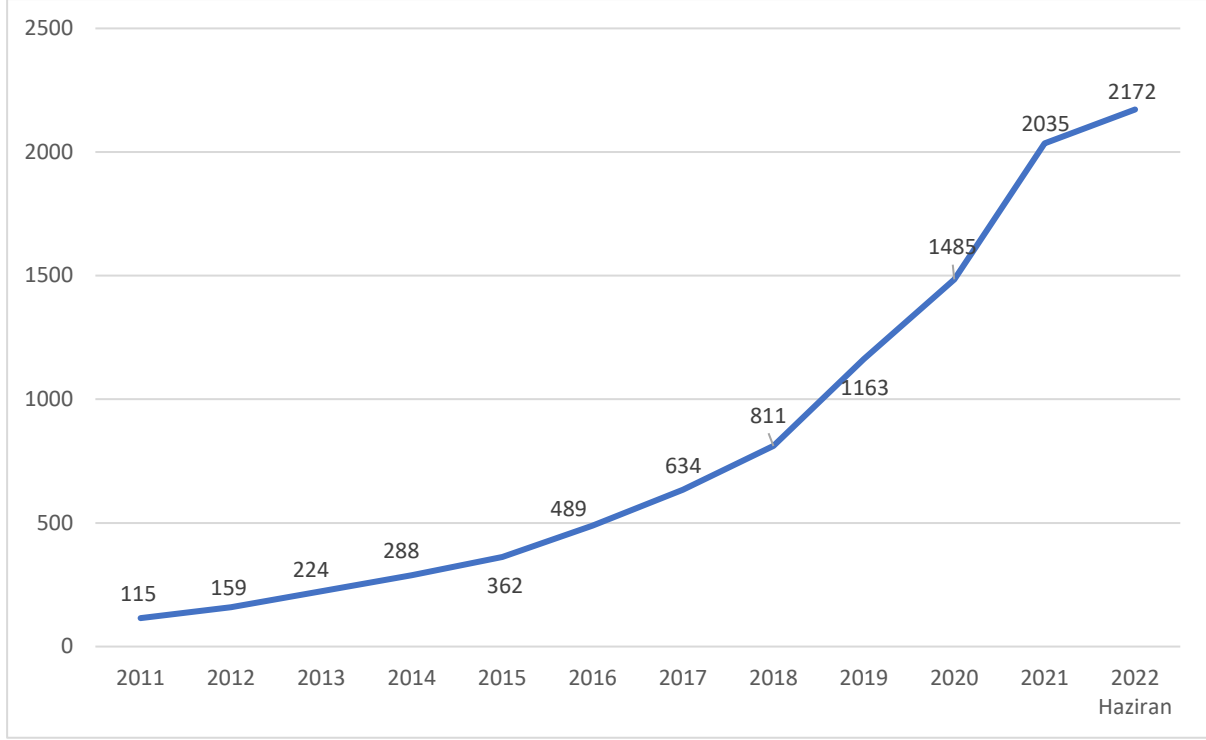


Kaynak: (EI, 2024, s. 64)

Biyoenerjiden biyoyakıt üretimi kapsamında 2023 yılında en yüksek üretim %38,8 ile Amerika Birleşik Devletleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nin ardından %21,9'luk üretime sahip olan Brezilya dünyada bu alanda ikinci ülke olarak nitelendirilmektedir. 2023 yılındaki verilere göre Endonezya'nın biyoyakıt üretimi %9,4, Çin'in üretimi %3,8 olmuştur. Biyoenerjiden biyoyakıt üretiminde beşinci büyük ülke olan Almanya %3,5 üretim gerçekleştirmiştir. Almanya, Avrupa ülkeleri arasında yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapan ülkeler arasında öne çıkmaktadır (EI, 2024, s. 64).

Grafik 23: 2011-2022 Yılları Arası Türkiye'nin Biyokütle+Atık Isı Kurulu Güç Kapasitesi

Megawatt (MW)



Kaynak: (TCETKB, 2022b).

Biyokütle ve atık ısı enerjisinden enerji kazanımı için ülkemizde kurulu güç 2011 yılında sadece 115 Megawatt olarak kayda geçmiştir. Yıllar içerisinde sürekli artış eğiliminde olan biyokütle ve atık ısı enerjisinden enerji kazanımı için ülkemizde kurulu güç 2022 yılı ortası itibari ile 2172 Megawatt olmuştur. Toplam kurulu güç ile kıyaslandığında katkı oranı 2022 Haziran ayı itibariyle %2.14 olmuştur. Bu değer 2011 yılında %0,22 olarak gerçekleşmiştir. Ülkemiz toplam kurulu güç kapasitesi içerisindeki yeri yüzdesel olarak sürekli artış göstermiştir (TCETKB, 2022b).

2.2.6 Dalga ve Gelgit Enerjisi

Okyanuslarda gelgit enerjisinde Avrupa’da 2010 yılından bu yana 30,5 Megawatt kurulum gerçekleştirildi. Bunlardan 11,75 Megawatt’lık kısmı mevcut durumda faaliyetini sürdürmektedir. Projesi tamamlanıp devre dışı kalan kısım ise 18,75 Megawatt’a tekabül etmektedir. 2026 ve 2027 yıllarında önemli kapasite artırımı yapılması planlanmaktadır (OEE, 2024, s.10).

Gelgit enerji üretimi zaman içinde hızlı artış göstermiştir. 2023 yılında toplam elektrik üretimi 93 GWh olarak gerçekleşmiştir. Son yıllar içerisinde düşük seviyelerde yatırım görülmesine rağmen ilerleyen senelerde Avrupa ülkeleri genelinde çok fazla ve daha kapsamlı projelerle kapasitenin yükseltilmesi beklenmektedir (OEE, 2024, s.12).

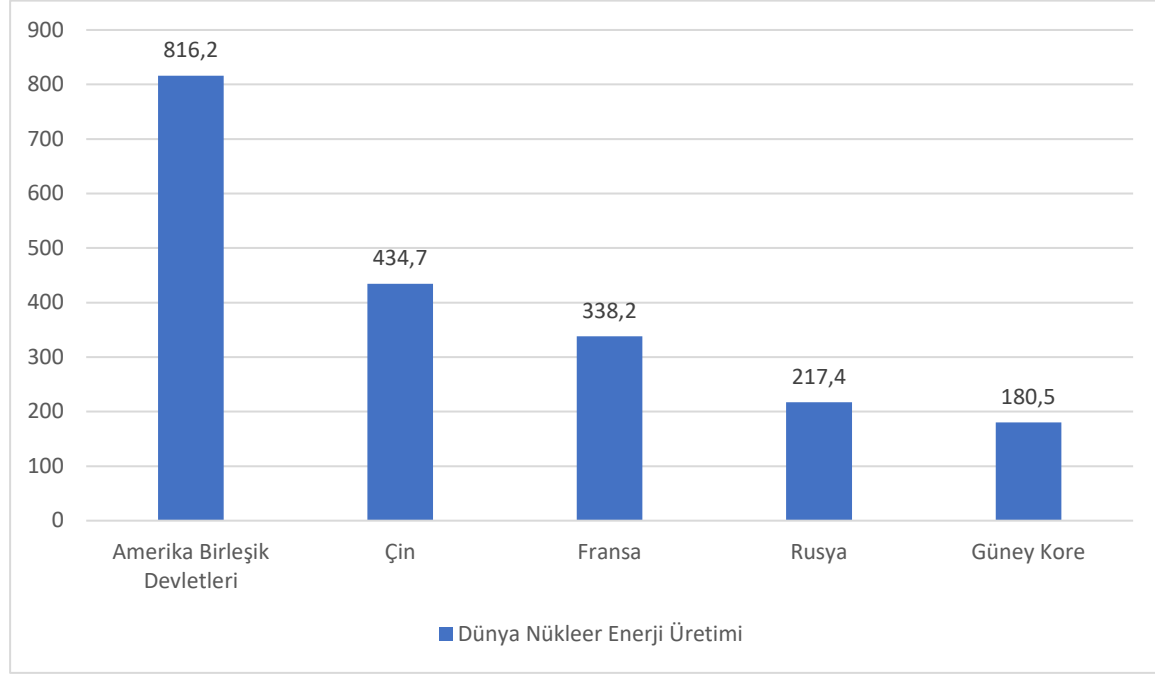
Okyanus enerjisi alanında ön planda olan Avrupa ülkelerinin rekabetçileri, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin’dir. Amerika Birleşik Devletleri bu alan için ayırdığı bütçeyi son üç yıl içerisinde sürekli arttırmıştır ve son beş yıl baz alındığında 520 milyon dolar bütçe sağlamıştır. Avrupa ülkelerinde toplam gelgit enerji kapasitesi, diğer bütün dünya ülkelerinin toplam kapasitesinden neredeyse üç kat daha fazladır (OEE, 2024, s.16).

Dalga enerjisinde Avrupa ülkelerinde 2023 yılında 595 kilowatt kapasite oluşturuldu. Bu kurulum 2022 yılında 46 kilowatt olarak gerçekleşmiştir. 2022 yılı tarihsel anlamda en düşük dağıtımın gerçekleştiği yıl olmuştur. Bunun sebebi ise dünyada yaşanan pandeminin hem üretime hem de kurulumla olan yansımaları olarak görülmektedir. 2010 yılından bu yana Avrupa ülkelerinde toplamda 13,3 Megawatt dalga enerjisi kurulumu yapılmıştır. Bu projelerin 12,3 Megawatt’ı devre dışı, 1 Megawatt’ı ise aktiftir (OEE, 2024, s.16).

2.3 Nükleer Enerji

Grafik 24: 2023 Yılı Dünya Nükleer Enerji Üretiminde İlk 5 Ülke

Terawatt-saat (TWh)



Kaynak: (EI, 2024, s. 53)

Dünya’da yıllık nükleer enerji üretimi kapasitesinde Amerika Birleşik Devletleri birinci ülkedir. Kendisine en yakın üretimi gerçekleştiriyor olan Çin’in neredeyse iki katı üretime sahiptir. Nükleer enerji üretiminde önde gelen diğer ülkeler sırasıyla Fransa, Rusya ve Güney Kore şeklindedir (EI, 2024, s. 53).

Nükleer enerji santralleri, üst düzey güvenlik önlemleri altında inşaa edilip üst düzey güvenlik önlemlerini sürdürerek üretim sağlamaktadırlar. Bu sayede yüksek radyasyona maruziyet gibi bir durum söz konusu değildir. Bu sebepten ötürü nükleer santrallerin bulunduğu bölgelerde balıkçılık, tarım gibi faaliyetler sürdürülebilmektedir (TCETKB, 2023b).

Ülkemizde nükleer enerjiye dair adımlar son yıllarda hız kazanmıştır. Akkuyu sahasında yeni bir Nükleer santral tesisi ve işletilmesine dair iş birliği 2010 yılının mayıs ayında imzalandı. Rusya ile yapılan bu anlaşma nükleer santral kurma, nükleer enerji elde etme ve bu alanda yatırımların artması, gelişim açısından çok önemli bir adım olmuştur. Anlaşmaya istinaden proje başlatılmış ve aynı yılın aralık ayında çalışmalar başlamıştır. Bu çalışmalardan dört sene sonrasında Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığının çevresel etki değerlendirmesi raporunu olumlu yönde vermesiyle birlikte, 2017 yılının haziran ayı içerisinde Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'ndan elektrik üretimi için lisans sağlanmıştır (TCETKB, 2023b)

Toplamda 4 üniteden oluşacak 4800 Megawatt kurulu güce sahip dünyanın en büyük nükleer santral inşaatlarından birisi olan Akkuyu nükleer santrali için dördüncü ünitenin lisansı 2021 yılının Ekim ayında alınmıştır (TCETKB, 2022c).

2028 yılı itibari ile tüm reaktörlerin devreye girmesiyle açılması beklenen Akkuyu nükleer santrali Türkiye'nin elektrik ihtiyacının %10'unu tek başına karşılaması beklenmektedir. Nükleer santrali sadece elektrik elde edilmesi yönüyle değerlendirmeyip ülkeye kazandıracağı ekonomik katkı ve yaratacağı istihdam düşünüldüğünde pozitif anlamda oldukça önemli bir katkı sunacaktır (TCETKB, 2024d).

3. İKİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI

3.1 Elektrik

2023 yılında elektrik üretiminde dünya genelinde %2,5'luk bir artış gerçekleşerek 29.925 Terawatt/h'lık rekor değerlere ulaşılmıştır. Bölgeler bazında ele aldığımızda Kuzey Amerika'da elektrik enerjisi talebi %1 düşmüştür. Avrupa'da elektrik enerjisi talebi %2,4 düşüş göstermiştir. Orta Doğu ve Asya Pasifik bölgelerinde elektrik talebinde yaklaşık olarak %5 artış görülmüştür (EI, 2024, s. 54).

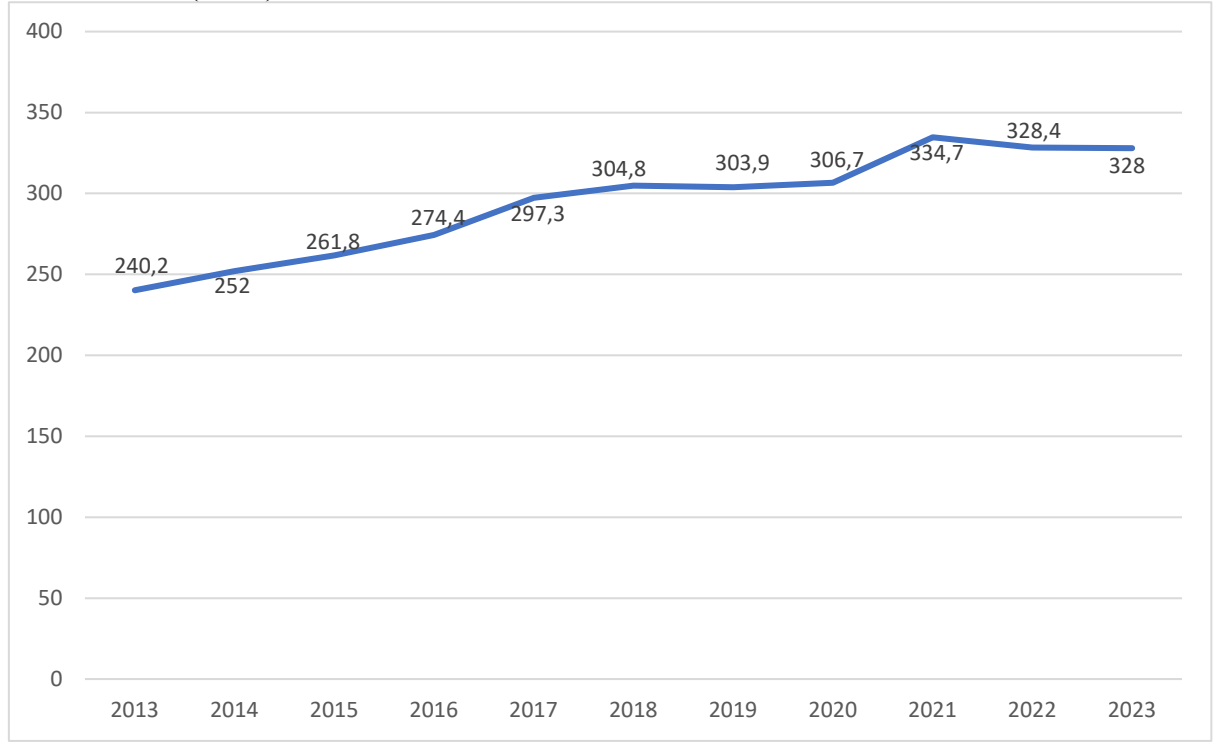
Küresel çapta elektrik elde edilen birincil enerji kaynakları %60 gibi yüksek bir oranla fosil yakıtlardır. Nükleer enerji tarafından elektrik elde edilmesi oranları %9 seviyelerinde gerçekleşmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen toplam elektrik yüzdesi %30 seviyesinde gerçekleşmiştir (EI, 2024, s. 54).

Batarya Enerji Depolama Sistemlerinin (BESS) dünya çapında kapasitesi 2023 yılında toplamda 56 Gigawatt'a ulaşmıştır. Bu kapasitenin yaklaşık olarak yarısına Çin sahiptir.

Pil enerji depolama sistemlerinin (BESS) son yıllarda kullanımı artış göstermektedir. BESS enerji depolama sistemlerinde kurulu kapasiteye sahip iki büyük ülke Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'dir. 2020 yılında Çin'in sahip olduğu kapasite 0,8 Gigawatt iken bu değer 2023 yılında keskin bir artış göstererek 27,1 Gigawatt olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'nin Batarya Enerji Depolama Sistemleri'nde kurulu kapasitesi ise 15,8 Gigawatt'tır. (EI, 2024, s. 56).

Grafik 25: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Elektrik Üretim Miktarları

Terawatt-saat (TWh)



Kaynak: (EI, 2024, s. 55)

Ülkemizin elektrik üretim miktarları, çeşitli enerji kaynaklarına yapılan yatırımlarında artmasıyla birlikte artmıştır. Birincil enerji kaynağı olmayan elektrik, birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesiyle elde edilen ikincil enerji kaynağıdır. Günlük yaşamda insanlık için neredeyse olmazsa olmazlarımızdan olan elektrik üretimi Türkiye’de 2013 yılında 240,2 Terawatt-saat (TWh) olurken, yıllar içerisinde üretim miktarı popülasyonun ve sanayinin artan ihtiyacı doğrultusunda genel olarak artış eğiliminde olmuştur. 2023 yılında ülkemizde üretilen elektrik 328 Terawatt-saat (TWh) ile bir önceki yıla göre paralel olmuştur (EI, 2024, s. 55).

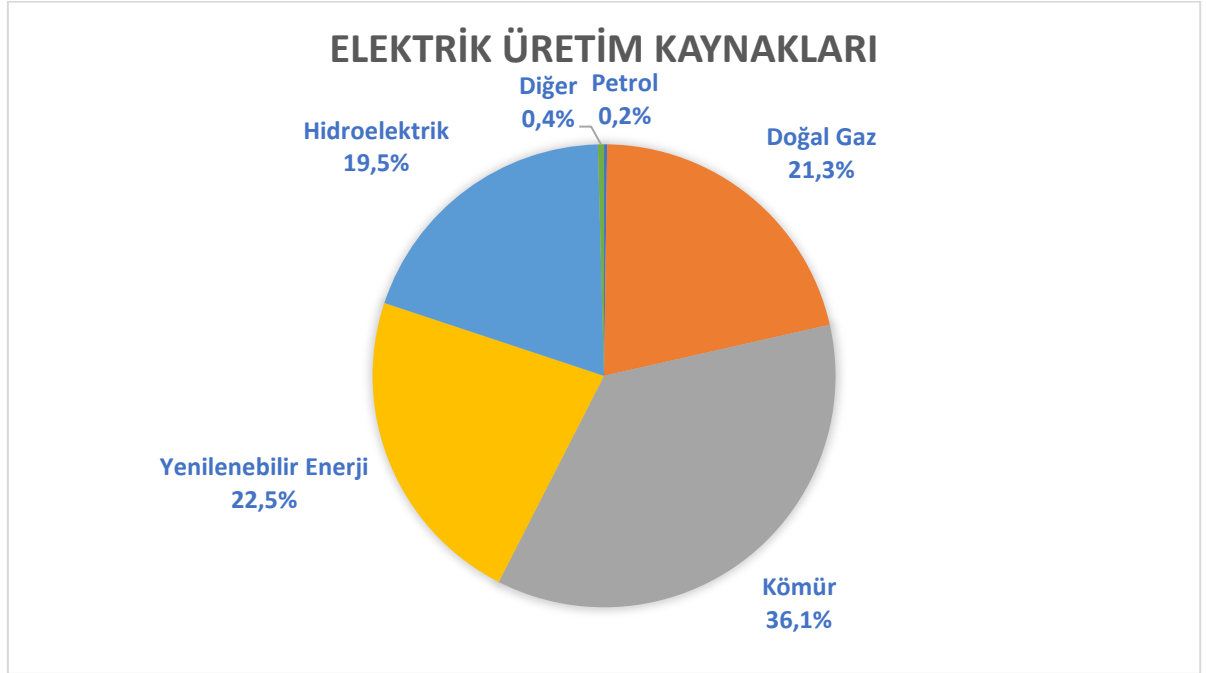
Tablo 1: Türkiye'nin 2000-2022 Yıllarında Elektrik Santrallerinin Toplam Kurulu Gücü ve Net Tüketimi

Yıl	Toplam Kurulu Güç (MW)	Net Tüketim (GWh)
2000	27264,1	98295,7
2001	28332,4	97070,0
2002	31845,8	102948,0
2003	35587,0	111766,0
2004	36824,0	121141,9
2005	38843,5	130262,9
2006	40564,8	143070,5
2007	40835,7	155135,2
2008	41817,2	161947,6
2009	44761,2	156894,1
2010	49524,1	172050,6
2011	52911,1	186099,6
2012	57059,4	194923,4
2013	64007,5	198045,2
2014	69519,8	207375,1
2015	73146,7	217312,3
2016	78497,4	231203,7
2017	85200,0	249022,6
2018	88550,8	258232,2
2019	91267,0	257273,1
2020	95890,6	262702,1
2021	99819,6	286691,5
2022	103809,3	286576,3

Kaynak: (TÜİK, 2024)

Türkiye’de elektrik santrallerinin kurulu gücü 2000 yılında 27264,1 MW iken, 2022 yılındaki kurulu güç 103809,3 MW olmuştur. Ülke genelinde net tüketim 2000 yılında 98295,7 GWh iken 2022 yılında bu değer 286576,3 GWh olarak belirlenmiştir. Ülkemizin toplam kurulu güç kapasitesi 2000-2022 yılları arasında sürekli yükseliş eğiliminde olmuştur (TÜİK, 2024). Ülkemizde elektrik tüketimi 2023 senesinde önceki yıla kıyasla %1,2 seviyesinde artmış ve 335,2 TWh olarak gerçeklemiştir (TCETKB, 2024e).

Grafik 26: 2023 Yılında Türkiye'nin Elektrik Üretim Kaynakları



Kaynak: (EI, 2024, s. 56)

Türkiye’de 2023 yılında birincil enerji kaynakları kullanılarak 328 Terawatt-saat (TWh) elektrik üretilmiştir. Elektrik üretiminde kullanılan kaynakların en yüksek %36,1 ile kömür olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payı %22,5, Doğal Gaz kaynaklarının elektrik üretimine katkısı %21,3, Hidroelektrik’den elde edilen enerjiden sağlanan katkı %19,5, Petrol ve diğer kaynaklardan elektrik enerjisine dönüşüm toplamda %0,6 olmuştur (EI, 2024, s. 56).

Türkiye’nin kurulu güç kapasitesi 2024 yılının Kasım ayının başı itibarı ile 114599 MegaWatt’a yükselmiştir. 2024 yılının Kasım ayı başı itibarı ile kurulu güç kapasitemizin enerji kaynaklarına göre dağılım yüzdeleri; doğalgazdan %21,5, hidroelektrikten %28,1, kömürden %19,1, güneş enerjisinden %16,6, rüzgâr enerjisinden %10,9, diğer kaynaklardan %2,4 ve jeotermal enerjiden %1,5 şeklindedir (TCETKB, 2024e).

3.1.1 Elektrikli Araçlar

Günümüzün popüler konularından birisi olan elektrikli araçlar, ulaşım sektöründen kaynaklanan karbon emisyonlarının azaltılmasının en önemli basamaklarındanıdır. Pil üretiminin dünyada gelişmesinin elektrikli araç bataryalarının iyileşmesini desteklemektedir. Daha geniş kesimlere ulaşabilmesi için batarya ömrünün uzun olması, yeterli miktarda şarj lokasyonları ve elektrik şebekelerinde revizyonla iyileştirme yapılması önem arz etmektedir. 2024 yılının ilk altı aylık periyodunda dünyada satışı gerçekleşen elektrikli araba sayısı 7 milyonu aşkındır. Bu veriler 2023'ün Haziran ayı ile kıyaslandığında yaklaşık olarak %25'lik bir yükselişe tekabül etmektedir. Dünya'da var olan araçları düşündüğümüzde elektrikli araçların yüzdesi 2024 yıl sonu itibariyle %5 oranında olması beklenmektedir (IEA, 2024, s. 34).

Elektrikli arabaların artışına katkı sunan ülkeler arasında ilk sırada Çin gelmektedir. Çin yükseliş oranlarına direkt olarak %80 katkı sağlamıştır. Avrupa Birliği ülkelerinden Almanya'da satış oranları düşmüş, diğer Avrupa Birliği ülkelerinde ise yaklaşık %3 artmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde %10, Birleşik Krallık'da %15 seviyelerinde artış gerçekleşmiştir. Elektrikli arabalarda 2024 sonu itibariyle satış sayısının 17 milyon seviyelerinde olması beklenmektedir (IEA, 2024, s. 34).

Araştırmalar üzerine insanların bir kısmı elektrikli araç için kullanılan bataryaların kullanım ömürleri sona erdiğinde geri dönüşüm yapılmasının en verimli seçenek olduğunu düşünmektedirler. Bir kısım ise elektrikli araçlarda kullanım ömrünü tamamlayan bu bataryaların tekrardan üretim prosesine dahil edilmesi sıfırdan batarya üretimine göre ekonomik olarak avantaj getirmekte olduğunu ifade etmektedir. Bu şekilde amacında kullanımdan sonra bataryaların başka uygulamalarda kullanılarak değerlendirilmesi ve geri dönüştürülmesi, oluşacak olan atık miktarında indirgenmeye neden olacaktır. Ayrıca

bataryaların tamamen tükenmemiş hallerinde kalan kapasitelerinin de etkin kullanımı hem ekonomik olarak katkı sağlar hem de çevresel olarak dünyamızın pozitif anlamda etkilenmesini sağlar (Ramoni M., Zhang H., 2013).

Ülkelerin elektrikli araçlara teşvik için uyguladığı politikalar farklı türlerdedir. Çin'in politikası genel olarak fosil yakıt tüketen arabaların yeni nesil enerjiye uygun ya da yakıt tasarrufu sağlayan arabalarla değiştirilebilmesi için takas yardımları sunmaktadır. Avrupa Birliği'nin uyguladığı politika 2035 senesine kadar yeni araçlarda %100 karbondioksit azaltımı sağlamaktır. İngiltere'de 2030 senesine kadar yeni arabaların %80'i sıfır emisyonu sahip araçlar olacaktır politikasını izlemektedir. İngiltere bu yüzdeyi minibüsler içinde %70 olarak belirlemiştir. Bu gerçekleşikten sonra beş sene içerisinde %100 oranı yakalama hedefleri bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri 2021 yılında edindiği politika ile elektrikli araçların şarjı için altyapı sağlanması, araç bataryalarının gelişimi için projelere fon sağlama politikasını izlemektedir. Ayrıca kamu hizmet araçlarının karbondioksit emisyonlarını ilerleyen yıllarda azaltmaya yönelik politikalarda izlemektedirler (IEA, 2024, s. 35).

Ötüz'a yakın ülke gelecek planlarında fosil yakıtlar vasıtasıyla çalışan, motorda yanma işlevi sonucu hareket eden araçları yıllar içerisinde yayarak belirli periyotlar sonunda kullanımdan tamamen kaldırmayı hedefleyerek sıfır emisyonu sahip araçların yaygın kullanımının önünü açmışlardır. Dünya'da elektrikli araçların 2030 yılına gelindiğinde 40 milyonu aşması beklenmektedir. Böyle bir senaryoda 2030 senesinde satılan toplam araçların yaklaşık olarak yarısının elektrikli araç ve türevleri olabileceği anlamına gelmektedir (IEA, 2024, s. 36).

Enerji tarafından bakıldığında elektrikli araçların toplumlarda yaygınlaşması fosil yakıtların tüketimini azaltacak, ulaşımda sistem tamamen farklı bir noktaya evrilmiş olacaktır. Bu durum ulaşımda enerji bağımlılığını yükseltecek bu iki kavram birbiriyle iç içe geçecektir. Yeni oluşumlar diğer oluşumların oluşması adına birbirlerine gelişim yönünden pozitif katkı sunabilir. Elektrikli araçların kullanımında talep edilecek elektrik günümüzde 115 TWh iken 2030 yılına gelindiğinde 1000 TWh olması beklenmektedir. Bu değer Japonya'nın günümüzdeki elektrik talebiyle örtüşmektedir. Elektrikli araçlar nedeniyle petrol piyasasında yaşanacak etki kaçınılmaz bir durumdur. Son on yıl içerisinde karayolu ulaşımda petrol kullanımı, küresel çaptaki petrol talebinde gerçekleşen büyümeye %45'ten fazla katkı sağlamıştır. İlerleyen yıllarda bu nedenle ulaşımda petrol talebinin azalması öngörülmektedir. Elektrikli araçlar 2020 yılından itibaren on yıl sonunda yaklaşık olarak 10 milyar varil petrol kullanımının gerçekleşmemesini sağlayarak 4 gigaton'dan fazla karbondioksit emisyonunu önlemektedirler (IEA, 2024, s. 37).

Elektrikli araçların satış hızlarının yükselişte olmasının ana nedenlerinden birisi batarya fiyatlarındaki düşüşle birlikte satıcıların indirimine gitmesi olmuştur. Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nde önceki yıllara nazaran fiyatlarda inişler olmuştur. Üreticilerin elektrikli araç üretimine güçlü destek vermeleri devam etmektedir. Çin, sürücülerin sahip olduğu eski araçları hurda olarak alıp yerine elektrikli araç vermek gibi teşviklerle takas politikası sürdürmektedir. Avrupa Birliği'nin uygulamaya koyduğu sert karbondioksit standartları otomobil üreten fabrikaları elektrikli araç üretimine yönlendirmektedir (IEA, 2024, s. 36).

Yıllar içerisinde elektrik talebi artış eğiliminde olmuştur. Elektrikli araçların kullanımının artması, akıllı şebekeler gibi yeniliklerle verimlilikteki gelişmeler elektriği daha cazip bir hale getirdi. Tüketimdeki elektrik payının artması güvenli, ekonomik ve

sürdürülebilirlik açısından bakıldığında zorlukları beraberinde getirebilmektedir (IEA, 2024, s. 39).

Elektrikli araçlarda kamusal şarj altyapısındaki eksiklik nedeniyle kullanım oranlarının artışlarının ne kadar olacağı sorusu tekrardan akıllara gelmektedir. Buna rağmen dünya çapında veriler artışın devam ettiğini göstermektedir. 2023 senesinde hem batarya elektrikli hem de plug-in hibrit olarak belirtilen otomobillerde satışlar yaklaşık olarak 14 milyona ulaşmıştır (IEA, 2024, s. 159).

Son yıllarda pil sektöründe gerçekleştirilen yatırımlar mevcutta gelen talebi fazlasıyla karşılamıştır. Dünya’da elektrikli araçlar için pil üretim kapasitesi 2023 yılında yaklaşık olarak 2,2 TWh iken elektrikli araç pillerine talep yaklaşık olarak 750 GWh olmuştur. İlerleyen yıllarda bu talepte keskin bir artış olabilir. Rekabet yoğunlaştıkça, özellikle Çin’de, elektrikli arabalar daha uygun fiyatlı hale geliyor. Çin’in ürettiği elektrikli otomobillerin %60’a yakını, ortalama içten yanmalı motora sahip bir araçtan daha ucuzdur. Genel olarak dünyada elektrikli araç fiyatları daha yüksek iken Çin bu konuda ayrı bir noktadadır (IEA, 2024, s. 160).

Elektrikli otomobil üretiminde lider olan Çin’in haricinde gelişmekte olan ekonomilerde elektrikli araç kullanımında yükselişi sağlamak bir fırsat olarak görülmektedir. Çin’de mevcut otomobil üretim ve kullanım yüzdeleri bazı büyük elektrikli araç üreticileri açısından %90’a ulaşabilirken bu kapasite ülke çapında ele alındığında yıl bazında 5 milyon daha elektrikli araç üretebilecek seviyelerdedir. Bu durum ilerleme kaydettiğinde gelişmekte olan ülkelerden gelecek talepler beslenebilir (IEA, 2024, s. 175).

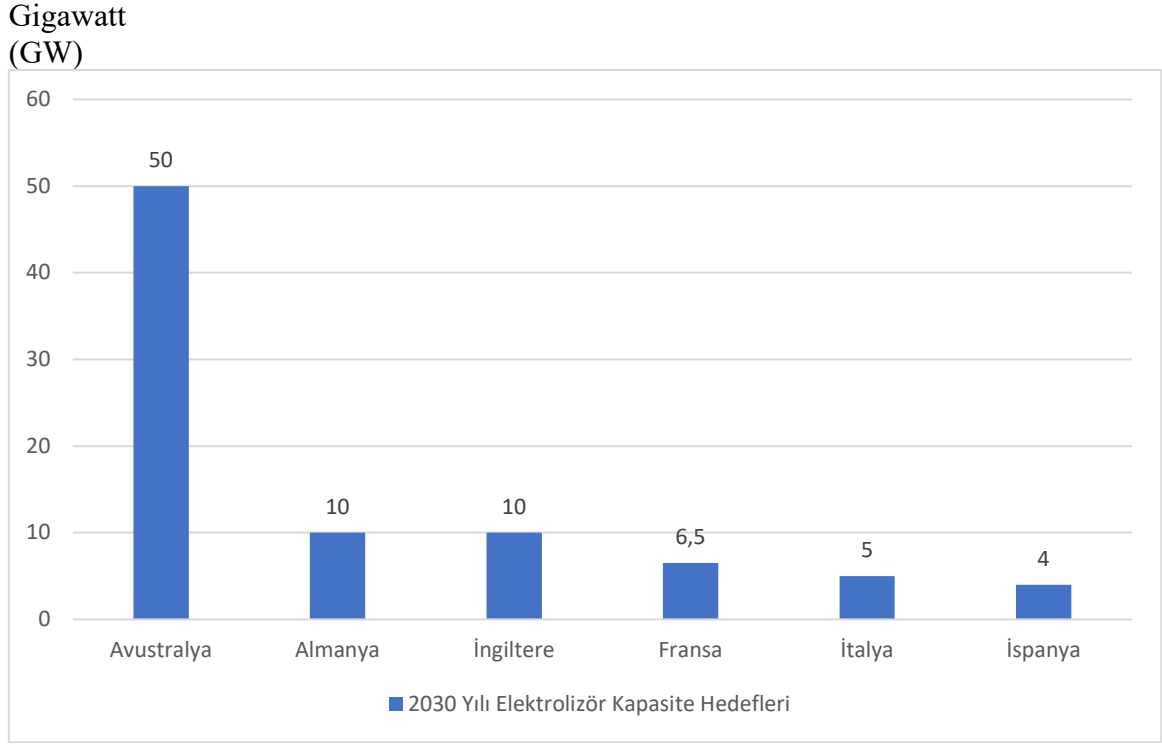
3.2 Hidrojen Enerjisi

Dünya çapında hidrojen üretimi incelendiğinde 2023 senesinde 97 Mt olarak gerçekleştiği görülmektedir. Bu değer bir önceki seneye karşılaştırıldığında %2,5'luk yükseliş gerçekleşmiştir. Karbon yakalama, kullanma ve depolama teknolojisi kullanılmadan doğal gazdan %63 oranında hidrojen üretimi sağlanmıştır. 2023 senesinde Karbon yakalama, kullanma ve depolama teknolojisiyle düşük emisyonu sahip hidrojen üretim miktarı 1 milyon ton hidrojenin altında gerçekleşmiştir. Su elektrolizi vasıtasıyla üretim ise 100 bin ton'un altında gerçekleşmiştir (IEA, 2024, ss. 161-162).

Dünya genelinde hidrojen üretimi yapabilmek için var olan su elektrolizörleri kurulu güç kapasitesi 2023 yılında 1,4 Gigawatt olarak belirlenmiştir. 2023 yılındaki kapasite artırımını neredeyse %100 oranında gerçekleştirmiştir. 2020 senesinde dünyadaki kurulu güç kapasitesindeki oranı %10'dan az olan Çin, dünyadaki en yüksek kapasiteli elektrolizör projesine ev sahipliği yapmaktadır. Hidrojen üretiminde hedef olarak düşük emisyonlu üretim sağlamaktır. Hidrojen daha sonra çeşitli sanayi sektörlerinde, yakıt üretimlerinde ve elektrik üretimlerinde kullanılabilmektedir. 2035 senesine kadar dünyadaki düşük emisyonu sahip hidrojen üretimi öngörüler neticesinde %70 olması beklenmektedir. Bu yüzdesel değer hedefi yakalandıktan sonra beklenti 2050 senesine kadar %95 seviyelerinin üzerine çıkması yönündedir (IEA, 2024, ss. 162-163).

Hidrojen üretimini düşük emisyonlu bir şekilde gerçekleştirebilmek oldukça önemlidir. Düşük emisyonu sahip üretimden dolayı yaşanacak elektrik taleplerini karşılayabilmek için dünyada yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesinin de büyük ölçüde artırılması gerekmektedir. İlerleyen yıllarda kapasite artırılarak hidrojen üretiminin düşük emisyonla sağlanması için ihtiyaç duyulan enerji, yenilenebilir enerji kaynakları olacaktır (IEA, 2024, ss. 162-163).

Grafik 27: Dünya Ülkelerinde 2030 Yılı Elektrolizör Kapasite Hedefleri



Kaynak: (TCETKB, 2023c, s. 6)

2030 yılı hedefleri doğrultusunda Avustralya dünyada en öne çıkan ülke olarak görülmektedir. 50 GW hedefiyle Avustralya'ya en yakın hedefler 10 GW ile Almanya ve İngiltere'dir (TCETKB, 2023c, s. 6).

Hidrojenin ülkemizde ilk olarak 2007 yılının Mayıs ayında yayımlanan Enerji Verimliliği Kanunu'yla alternatif bir yakıt olarak kullanımının teşvik edilmesi vurgulanmıştır. 2011 senesinde ise hidrojen yakıtlı araçlar için yönetmelik yayımlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin fazlası hidrojen üretimiyle depolanarak ve sonrasında doğal gaz iletim hatlarına ilave hidrojen karıştırılarak çevresel etkiler azaltılabilmektedir. Bu durum doğal gaz kaynaklı karbon emisyonlarında düşüşe yardımcı olmaktadır (TCETKB, 2023c, s. 7).

Ülkemizde yeşil dönüşümde altyapıyı oluşturmak adına özellikle tarım, ulaşım, sanayi ve enerji alanlarında yeşil teknoloji Araştırma ve Geliştirme projeleri desteklenmeye devam edecektir. Enerji depolama sistemleri gibi emisyon düşüşüne katkı sağlayan teknolojilere yatırımlar geliştirilecektir. Net sıfır emisyona ulaşabilme hedefinin sağlanması için orta vadede düşük karbon emisyonlu büyüme stratejisi planlanacaktır. 2053'te net sıfır emisyonu sağlayabilmek için ülkemizde Ulusal Enerji Planı oluşturulmuştur. Bu bağlamda emisyon oranlarını azaltmak amacıyla doğal gazın hidrojenle karıştırılması çalışmalarının uygulanacağı ifade edilmiştir (TCETKB, 2023c, s. 8).

Türkiye'nin politikaları arasında;

- Mevzuatta revizyona gidilerek hidrojen üretimi, tüketimi, taşınması ve depolanması için uygun standartlar oluşturmak
- Yeşil hidrojen üretiminin ve depolanmasının yerli üretimlerle olması için teşvik oluşturmak,
- Yerli teknolojilerin geliştirilmesi ve üretilmesi için Araştırma ve Geliştirme, Ürün Geliştirme'de teşvik sağlamak,
- Yeşil hidrojenin kullanımının öncelikle karbon emisyonlarının düşürülmesi daha zor olan sektörlerde, sonrasında bütün sektörlerde kullanımını teşvik etmek,
- Organik atıklar ve linyit kullanılarak hidrojen üretimi sağlamak için araştırma ve geliştirme yapmak,
- Yenilenebilir enerji katkısını hidrojen üretiminde artırmak
- Doğal gaz boru hatlarına hidrojen ilavesi ile iklimlendirmeyi zamanla karbonsuzlaştırma dönüşümüne etki etmek vardır (TCETKB, 2023c, s. 19).

Türkiye'nin hedefleri arasında;

- Emisyonu düşük hidrojen üretim maliyetini düşürmek
- 2030 yılına gelindiğinde elektrolizör kapasitesinin 2 Gigawatt, 2035'de 5 Gigawatt, 2053'de ise 70 Gigawatt'a çıkarmak vardır (TCETKB, 2023c, s. 19).

4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ve ÇEVRE

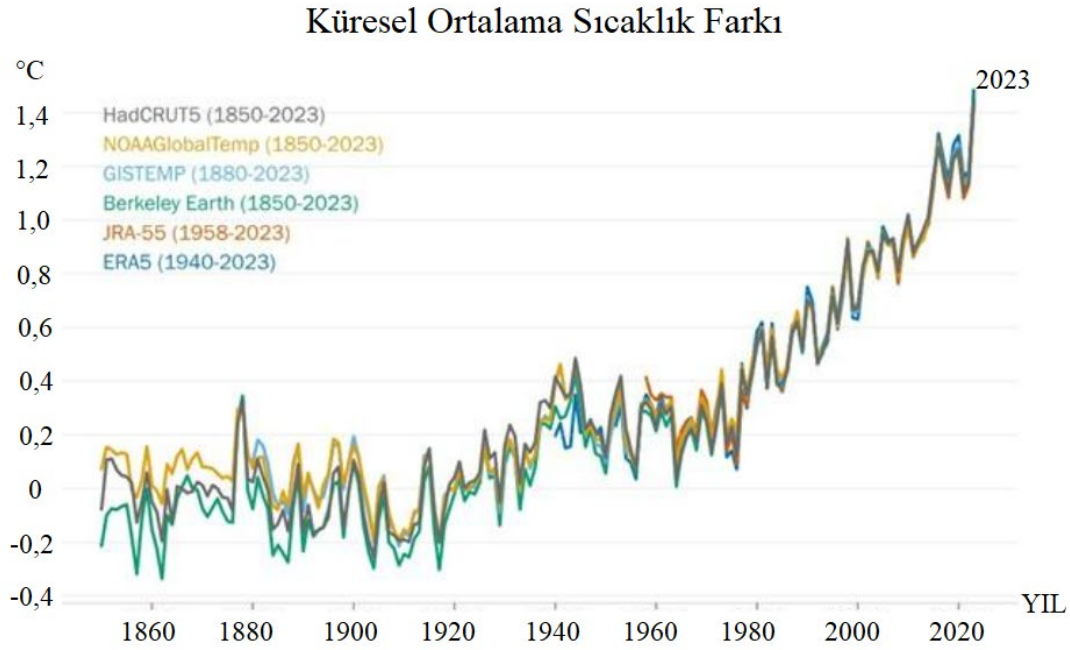
Dünya'da zaman ilerledikçe iklimler değişmekte ve mevsimler kaymaktadır. İklim değişikliğini en net fark ettiğimiz hususlardan birisi küresel ısınmadır. Sanayileşmenin yükselişi ile birlikte üretimde fosil yakıtların kullanılması, köylerden şehirlere göç ile kentleşme gibi doğrudan insanların yarattığı durumların sonucunda atmosfere salınan gazlar artmış ve doğal sera etkisi kuvvetlenmiştir. Bu durum dünyanın daha fazla ısınmasına neden olmaktadır. Kutuplarda, denizde buzulların erimesine, küresel deniz seviyesinin artmasına ve denizlerdeki su sıcaklığının artışıyla birlikte deniz canlılarına tehdit olmaktadır. Dengesizliklerin sebep olduğu durumlar neticesinde bölgesel olarak yağışlarda artışlar ve azalışlar görülmektedir (Keskin, 2011, s. 64).

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO)'nun iklim değişikliği üzerine yaptığı çalışmalarda 2023 yılı 1850 yılından bu yana yaşanan en sıcak yıl olarak kayıtlara geçmiştir. Yüzey sıcaklığında sanayi öncesi zamanlara göre 1,45 °C artış olduğu belirtilmiştir. Bu değer elde edilirken belirsizlikten kaynaklanabilecek yukarı ve aşağı yönlü 0,12 °C'lık bir sapma ortaya çıkabileceği belirtilmiştir. 1950 senesinden bu yana gerçekleşen buz erimesinde dünya üzerinde en fazla olduğu sene olarak nitelendirilmiştir (WMO, 2024).

Dünya'daki karbondioksit oranlarını sanayi öncesi dönemle kıyasladığımızda yüzde elli oranında artış görülmektedir. Karbondioksit'in artması atmosferde ısının artması anlamına gelmekte ve ilerleyen yıllarda daha yüksek sıcaklıkların yaşanma ihtimalinin

artması anlamına gelmektedir. Son on sene (2014-2023) içerisinde yaşanan sıcaklık ortalaması 1850-1900 döneminde yaşanan sıcaklık ortalamasının 1,20 °C üzerindedir. Bu hesap yapılırken 0,12 aşağı ve yukarı yönlü belirsizlik durumu söz konusudur (WMO, 2024).

Grafik 28: WMO Küresel Ortalama Sıcaklık Farkı



Kaynak: (WMO, 2024)

Farklı altı kaynaktan edinilen bilgiler ışığında sıcaklıkların 1850 ve 1900 yılları arasındaki değerlere göre oldukça yukarıda seyrettiği görülmektedir. Sıcaklık artışlarının getirdiği iklim değişikliği ve küresel ısınma birçok insanın yaşam yerlerinden olmasına, kuraklığın artmasına, orman yangınlarının artmasına, buzulların eriyerek su seviyesinin yükselmesine, hastalıkların artmasına, sosyal adaletsizliklerin artmasına ve tarım arazilerinin verimsizleşmesi gibi birçok soruna sebep olmaktadır (WMO, 2024).

Küresel ısınma sonucunda zamanla iklim değişikliğe uğramaktadır. 1850-1900 yılları arasındaki dönemle kıyasladığımızda değişimden ekosistemler canlı yaşam döngüleri

etkilenmiştir. 1850-1900 yılları arasındaki sıcaklık ortalaması ile 2006-2015 yılları arasındaki sıcaklık ortalaması farkı 0,87 °C daha yukarıda seyretmiştir (IPCC, 2024).

İklim değişikliğinin getirdiği negatif etkilere karşı en hassas bölgelerden biri Akdeniz bölgesidir. Akdeniz bölgesinin sıcaklıkları, dünyanın diğer bölgelerindeki sıcaklıklarla kıyaslandığında %20 daha yüksektir. Bu maruziyet Akdeniz bölgesi açısından ilerleyen yıllarda çok daha büyük problemlere yol açabilir. 2040 yılına gelindiğinde Akdeniz bölgesinde sıcaklık artışında sanayi öncesi döneme göre 2,2 °C'lik farkın oluşabileceği tahminleri ön plana çıkmaktadır (MFA, 2024).

4.1 Uluslararası Gelişmeler

İklim değişikliği bütün dünyayı etkileyen bir problem olduğundan ötürü bu sorunu önleyebilmek adına Türkiye Cumhuriyeti ve dünya ülkelerinin birlikte adım atmaları önem sarf etmektedir. Türkiye Cumhuriyeti'nin de dahil olduğu en önemli anlaşmalardan olan Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), Kyoto Protokolü, Paris Anlaşması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'ndan aşağıda bahsedilmiştir;

4.1.1 Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü

Ozon tabakasının incelmesine sebep olan maddelerin azaltılmasının sağlanması için 1985 yılında Viyana Sözleşmesi yapılmıştır. Bu sözleşmenin akabinde ozon tabakasına zarar veren maddelerin üretiminin ve tüketiminin kontrol altına alınabilmesi için 1987 yılında Montreal Protokolü'nün uygulamaya konulması adına Çok Taraflı Fon'un (MLF) kurulması sağlanmıştır (MFA, 2024).

Montreal Protokolü'ne 196 ülke taraf olmuştur. Çevre üzerindeki negatif etkileri azaltmak adına oluşturulan en geniş kapsamlı ve en başarılı kabul edilen ülkemizde dahil olduğu uluslararası anlaşmalardan biridir (MFA, 2024).

Montreal Protokolü, bir anlaşma ile ozon tabakasına zarar veren insan kaynaklı maddelerin kısıtlanması gerektiğini belirtmiştir. Bu yönden bakıldığında Montreal Protokolü, bir nevi Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (BMİDÇS) altyapısının hazırlanmasında ve ortaya çıkartılmasında oldukça önemli bir mihenk taşı olmuştur. Türkiye Cumhuriyeti Montreal Protokolüne 1991 yılının Aralık ayında dahil olmuştur (MFA, 2024).

4.1.2 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)

Brezilya'da 1992 senesinde gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya açılmıştır. Sözleşmenin yürürlüğe alınması 1994 yılının Mart ayı içerisinde olmuştur. Türkiye Cumhuriyeti sözleşmenin yürürlüğe alınmasından on sene sonra 2004 yılının Mayıs ayı içerisinde sözleşmeye dahil olmuştur. Ülkemizle birlikte toplam 196 ülke sözleşmeye taraf olmuştur (MFA, 2024).

Sözleşmeye taraf ülkelerin sera gazını azaltan ormanlar, göller ve okyanuslar gibi faktörleri koruması gerekmektedir. Sera gazı emisyon oranlarını azaltmaları ve gerektiğinde diğer ülkelerle iş birliği yapmaları gerekmektedir (MFA, 2024).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 27.yılında yapılan organizasyonda Türkiye Cumhuriyeti anlaşmaya taraf olmadan önce beyan ettiği 2030 senesine kadar %21'e varan emisyon artışından azaltım hedefinde revizyon yaparak, %21'lik değeri %41'e yükseltmiştir. Bu da emisyonun takribi olarak 500 milyon ton azaltılması anlamına gelmektedir (MFA, 2024).

4.1.3 Kyoto Protokolü

Japonya'nın Kyoto kentinde 1997 yılının Aralık ayı içerisinde imzalanmıştır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (UNFCCC) taraf ülkeler arasında, 2005 senesinde yürürlüğe girmiştir. Günümüzde Kyoto Protokolü'ne dahil olan ülke sayısı 192'dir. Sera gazı emisyon seviyesini azaltmaya yönelik yapılan bir anlaşmadır. Kyoto Protokolü, gelişmekte olan ülkelere bir zorunluluk getirmemekle birlikte özellikle gelişmiş ülkelerde sera gazı emisyonlarında belirlenen bir hedefe ulaşmalarını zorunlu kılan ilk küresel anlaşma niteliğindedir (UNCC, 2024). Türkiye Cumhuriyeti gelişmekte olan ülke sınıfında olduğundan dolayı zorunlu bir hedefi bulunmamaktadır. Belirleyeceği hedefleri gönüllü olarak yerine getirme yükümlülüğüne sahiptir.

4.1.4 Paris Anlaşması

2015 senesinin Aralık ayı içerisinde Fransa'nın başkentinde organize edilen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği konferansında kabul edilmiş olup Kasım 2016'da resmi olarak geçerlilik kazanmıştır. Bu anlaşmaya göre hedef küresel ortalama sıcaklık artışını sanayi öncesi dönemle kıyaslamaya yöneliktir (UNCC, 2024).

Anlaşmanın asıl hedefi küresel ortalama sıcaklıkta zamanla yaşanan artışı kısıtlamaktır. Sıcaklık artışını sanayi öncesi döneme göre kıyaslama yapıldığında 1,5°C ile 2°C arasında tutmak için efor sarf etmek anlaşmanın ana gayesidir. İlk hedef içinde bulunduğumuz yüzyıl içerisinde 1,5°C limitinin aşılmamasıdır. Çünkü sanayi öncesi döneme göre oluşacak 2°C'lik fark daha büyük doğal felaketlere yol açabilir. Sıcaklığın sanayi dönem öncesine göre 1,5°C ile kısıtlama hedefini gerçekleştirebilmesi için dünyada sera gazı emisyon oranlarında 2030 senesine kadar %43'lük bir azalma sağlanması gerekmektedir (UNCC, 2024).

Emisyon azaltma hedeflerinin uygulamaya alınması için ülkemizin iklim değişikliği ile mücadelede hedeflerini ortaya koyan niyet edilen ulusal katkı beyanı 2015 yılının Eylül ayında verilmiştir. Türkiye Cumhuriyeti o tarihlerde henüz Paris Anlaşması'na taraf olmadığından niyet edilen ulusal katkı adında bir beyanda bulunmuştur. Bu beyana göre, 2030 yılında gerçekleşeceği öngörülen %21'e varan emisyon artışından azaltım şeklinde bildirim yapılmıştır (MFA, 2024).

Türkiye Cumhuriyeti, Paris Anlaşması'nı, 2016 yılının Nisan ayı içerisinde, Amerika Birleşik Devletleri'nde organize edilen bir törende imzalamıştır. Beyan verirken gelişmekte olan ülke statüsünde olduğumuz belirtilmiştir. Ülkemiz resmi olarak Paris Anlaşması'nı 2021 yılının Ekim ayı içerisinde onayladı. Ayrıca 2030 hedefinden sonra 2053 senesinde ülkemizin net sıfır emisyonu ulaşma hedefi vardır (MFA, 2024).

4.1.5 Avrupa Yeşil Mutabakatı

Avrupa Yeşil Mutabakatı 2019 senesinde, Avrupa Kıtası'nın karbon nötr olması hedefinde yayımlanmıştır. Bu hedefi 2050 senesine kadar gerçekleştirmeyi öngörmektedir. Enerji verimliliği bu mutabakat sonucunda ortaya çıkan politikaların başarıya ulaşması için en önemli faktörlerden birisidir. Ayrıca Avrupa Birliği'nin iklim hedeflerinin gerçekleşmesi içinde kritik önemdedir. Avrupa Yeşil Mutabakatı'na göre 1990 senesindeki değerler baz alınarak sera gazı salınımlarında minimum %55 azaltma amacının 2030 senesine kadar gerçekleşmesi için 55'e uyum paketi bildirimi yapılmıştır. Bu paketle birlikte, Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) oluşturulması, Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi'nde genişleme, yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması ve enerji verimliliğinde artış hedeflenmektedir (TCETKB, 2024a, s. 46).

Ülkemizde 2021 yılının Temmuz ayı içerisinde resmi gazetede yayımlanan eylem planıyla AYM ve sürdürülebilir kalkınma amaçları ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'yla uyum içinde etkin bir ekonomiye geçiş desteklenmiştir. Avrupa Yeşil Mutabakatı'yla birlikte gelişimi ilerletilen Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) ilk olarak yüksek enerji tüketimi olan sektörlerde karbon emisyonlarının düşürülmesini hedeflemektedir. Ayrıca ürünler için karbon bedeli uygulanması da öneriler arasındadır. İthal edilen ürünlerin, üretim süreçlerinde neden oldukları karbon emisyonlarına denk gelen emisyon sertifikasını almaları zorunlu olacaktır. Bu durum, enerjinin daha verimli kullanılması gerektiğini bir kez daha vurgulamaktadır. Enerji verimliliği sağlanan ürünler, karbon salınımı daha düşük olması nedeniyle, daha az miktarda karbon vergisi fiyatlandırmasına maruz kalacaktır (TCETKB, 2024a, s. 46).

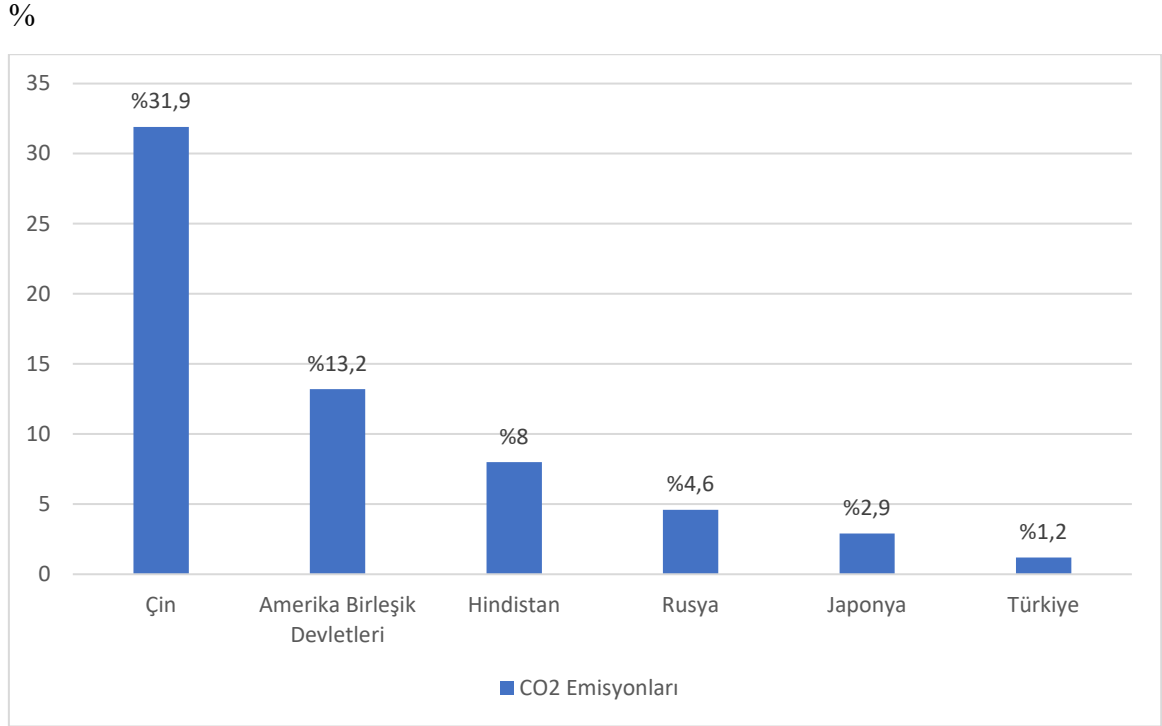
Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın bu adımları mevcut kaynakların daha verimli kullanılmasında teşvik payına sahiptir. Bu da doğal kaynakları ve çevreyi pozitif anlamda etkilemektedir. Çevrenin olumlu etkilenmesi iklim değişikliği hedeflerinin sağlanmasına katkı sağlamaktadır. Mart 2022'de Avrupa Komisyonu'nun açıkladığı Sürdürülebilir Ürün İnisiyatifi kapsamında sunulan taslak, Avrupa'daki ticaret ortamında yer alan ürünlerin çevresel sürdürülebilirliğini ve döngüsellikliğini artırmaya yönelik pozitif katkı sunan bir düzenlemedir. Ülkemizde de benzer şekilde yeşil ve döngüsel ekonomi amaçları doğrultusunda enerji verimliliği sağlanması, atık oluşumunun azaltılması ve çevre dostu ürünlerin teşvik edilmesi için tüketici farkındalığını artırıcı faaliyetler sürdürülmektedir (TCETKB, 2024a, s. 46).

Türkiye temiz ve enerji arz güvenliği kapsamında Avrupa Yeşil Mutabakatı ile uyum çerçevesinde bir yol izlemektedir. Hedeflerin sağlanması için Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası, Ulusal Enerji Planı gibi önemli politikaları yürütmektedir. Düşük karbon emisyonlu iklimlendirme sistemlerinin yaygın olarak kullanımı ve enerji verimliliği bu politikaların en önemli konularıdır. AYM kapsamında mevcut binaların revizyonu, enerji verimliliği için yalıtımların kurallara uygun iyi şekilde yapılması enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu bağlamda Avrupa’da inşaa aşamasındaki binalarda güncel teknolojiler özelinde adımlar atılması iklimlendirme sistemlerini enerji yönünden verimli kılmakta ve izolasyonun sağlanması ile ısı kaybı önlenmektedir (TCETKB, 2024a).

4.2 CO2 Emisyonları

Atmosferdeki karbondioksit emisyonlarının artışı, volkanik patlamalar gibi doğal faktörlerden de olmasına rağmen insan kaynaklı faktörlerde oldukça fazladır. Bunların önde geleni araba gibi binek taşıtların kullanımında tüketilen fosil yakıtlardır. Otomobil gibi taşıtların motorunda gerçekleşen yanma olayı karbondioksit artışındaki ana unsur olarak nitelendirilebilir. Dünya çapında enerji tüketiminin büyük bir bölümü fosil yakıtların yanması vesilesiyle gerçekleşmektedir. Bu nedenle motorlu taşıtlarda petrol gibi fosil yakıt türevlerinin motor içerisinde yanmasıyla birlikte, karbondioksit emisyonları artış göstermektedir. Bu da hava kirliliğine sebep olan başlıca etmenlerden biri olarak ifade edilmektedir (Kelen, 2014).

Grafik 29: 2023 Yılı Dünyada Enerji Kaynaklı Karbondioksit Emisyon Yüzdeleri ve Türkiye

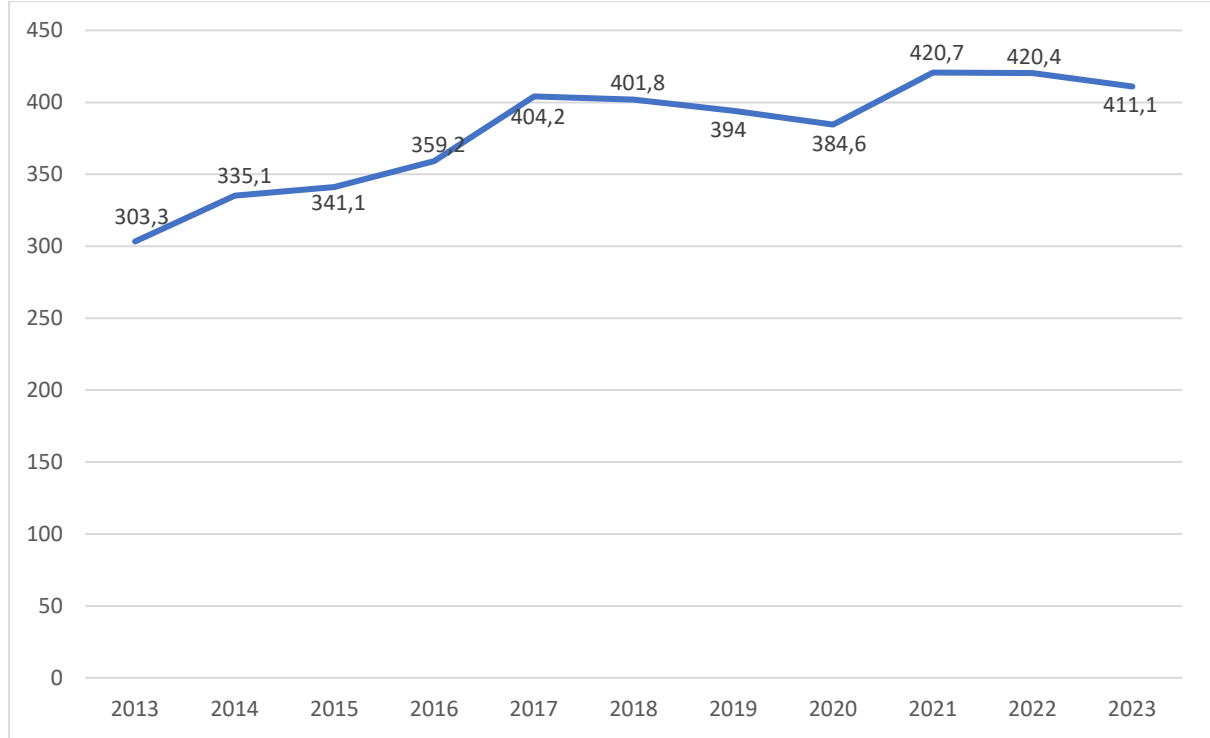


Kaynak: (EI, 2024, s. 16)

Dünya’da karbondioksit emisyonları en yüksek olan ülkelerin başında Çin gelmektedir. Yüksek nüfusunun da etkisiyle dünyada karbondioksit emisyonunun artışına neden olan Çin 2023 yılında 11218,4 milyon ton karbondioksit emisyonu yaparak dünyadaki karbondioksit emisyonlarının %31,9’una neden olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri %13,2 emisyonu sebep olarak dünya karbondioksit emisyonlarının en fazla artışına sebep olan ikinci ülke konumundadır. Hindistan, Rusya ve Japonya gibi ülkeler en fazla karbondioksit emisyonu artışına sebep olan diğer ülkelerdir. Ülkemiz ise 2023 yılında 411,1 milyon ton karbondioksit emisyonu ile dünya karbondioksit emisyonlarının %1,2’sini oluşturmuştur (EI, 2024, s. 16).

Grafik 30: 2013-2023 Yılları Arasında Türkiye'nin Enerji Kaynaklı CO₂ Emisyonları

Milyon Ton
CO₂



Kaynak: (EI, 2024, s. 16)

Türkiye’de karbondioksit emisyon oranları uzun yıllar içerisinde artış eğiliminde olmuştur. 2013 yılında 303,3 milyon ton karbondioksit emisyonuna sahip olan ülkemizde bu değer 2023 yılında 411,1 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemiz tarafından ortaya çıkan bu değer, 2023 yılında dünya gerçekleşen karbondioksit emisyonlarının %1,2’sine tekabül etmektedir. Son üç yıl göz önüne alındığında karbondioksit emisyon oranlarımızda düşüş izlenmektedir. 2021 ve 2022 yıllarında karbondioksit emisyon oranlarımız birbirine çok yakın seyretmiş olmakla beraber 420,7 milyon ton karbondioksit emisyonundan 420,4 milyon ton emisyonla inmiştir. 2023 yılındaki karbondioksit emisyon oranımız bir önceki seneye kıyasla %2,2 azalma göstermiştir (EI, 2024, s. 16).

4.3 Sera Gazı Emisyonları

Tablo 2: Türkiye'nin 2022 Yılında CH₄ Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

	Toplam (Bin Ton)	Enerji Sektörü Kaynaklı Toplam (Bin Ton)		Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı (Bin Ton)	Tarım (Bin Ton)	Atık (Bin Ton)
CH ₄	2577,2	513,3		0,6	1559	504,3
		Yakıt Yanması	86,2			
		Kaçak Emisyonlar	427,1			

Kaynak: (TÜİK, 2024)

Yakıt yanması kaynaklı CH₄ salınımları çevrim ve enerji sektöründe 2,1 bin ton, imalat sanayi ve inşaat'da 5,6 bin ton, ulaştırma'da 16,6 bin ton ve diğer sektörlerde 61,9 bin ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2024).

Tablo 3: Türkiye'nin 2022 Yılında N₂O Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

	Toplam (Bin Ton)	Enerji Sektörü Kaynaklı Toplam (Bin Ton)		Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı (Bin Ton)	Tarım (Bin Ton)	Atık (Bin Ton)
N ₂ O	129,4	14,5		6	100,8	8,1
		Yakıt Yanması	14,5			
		Kaçak Emisyonlar	0			

Kaynak: (TÜİK, 2024)

Yakıt yanması kaynaklı N₂O salınımları çevrim ve enerji sektöründe 4,3 bin ton, imalat sanayi ve inşaat'da 0,8 bin ton, ulaştırma'da 5 bin ton ve diğer sektörlerde 4,4 bin ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2024).

Tablo 4: Türkiye'nin 2022 Yılında CO₂ Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

	Toplam (Bin Ton)	Enerji Sektörü Kaynaklı Toplam (Bin Ton)		Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı (Bin Ton)	Tarım (Bin Ton)	Atık (Bin Ton)
CO₂	441422,8	382368,2		57911,2	1138,1	5,3
		Yakıt Yanması	382150,4			
		Kaçak Emisyonlar	217,6			
		CO ₂ Taşıma ve Depolama	0,1			

Kaynak: (TÜİK, 2024)

Yakıt yanması kaynaklı CO₂ salınımları çevrim ve enerji sektöründe 154749,8 bin ton, imalat sanayi ve inşaat'da 65092,1 bin ton, ulaştırma'da 90063,7 bin ton ve diğer sektörlerde 72244,9 bin ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2024).

Küresel Isınma Potansiyeli (GWP), belirli bir zaman diliminde toplam radyatif baskıya dayalıdır. GWP, sera gazlarının iklim üzerinde uzun vadeli etkisini ölçer (IPCC, 2013).

Tablo 5: 100 Yıllık Zaman Diliminde CH₄, N₂O ve CO₂ Gazlarının GWP Değerleri (IPCC AR5)

Sera Gazları	Global Warming Potential₁₀₀ Değerleri
CH₄	28
N₂O	265
CO₂	1

Kaynak: (IPCC, 2013)

Tablo 6: CH₄, N₂O ve CO₂ Gazlarının GWP Analizi ve CO₂ Eş Değerleri

Sera Gazları	Enerji Sektörü Kaynaklı Toplam (Bin Ton)	Global Warming Potential ₁₀₀ Değerleri	CO ₂ Eşdeğeri (Bin Ton)	Toplam CO ₂ Eşdeğeri (Bin Ton)
CH ₄	513,3	28	14372,4	400583,1
N ₂ O	14,5	265	3842,5	
CO ₂	382368,2	1	382368,2	

Kaynak: (IPCC, 2013; TÜİK, 2024) verilerinden yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Türkiye’de sera gazı emisyonları nedenlerinden en büyük pay enerji sektörü kaynaklıdır. 2022 yılındaki toplam sera gazı emisyonları CO₂ eşdeğeri 400,6 milyon ton ile %71,8’i enerji sektörü kaynaklıdır (TÜİK, 2024). TÜİK ve IPCC verileri kullanılarak gerçekleştirilen analiz sonucunda 400,58 milyon ton değeri ortaya çıkmış olup yuvarlama yapıldığında Türkiye istatistik kurumu verisiyle aynı olduğu görülmektedir.

Tablo 7: Ulaştırma Kaynaklı CH₄, N₂O ve CO₂ Gazlarının GWP Analizi ve CO₂ Eş Değerleri

Sera Gazları	Ulaştırma Kaynaklı Toplam (Bin Ton)	Global Warming Potential ₁₀₀ Değerleri	CO ₂ Eşdeğeri (Bin Ton)	Toplam CO ₂ Eşdeğeri (Bin Ton)
CH ₄	16,6	28	448	91836,7
N ₂ O	5	265	1325	
CO ₂	90063,7	1	90063,7	

Kaynak: (IPCC, 2013; TÜİK, 2024) verilerinden yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Belirtilen gazın GWP değeri ile salınım miktarı çarpımı CO₂ eşdeğeridir. Türkiye’de 2022 yılında ulaştırma kaynaklı toplam sera gazı emisyonları TÜİK ve IPCC verileri kullanılarak gerçekleştirilen analiz sonucunda 91,8 milyon ton olarak bulunmuştur (IPCC, 2013; TÜİK, 2024). Ulaştırma sektöründe uygulanan iyileştirmeler sonucunda %1’lik kazanım senaryosu sonucunda 0,9 milyon ton CO₂ eşdeğeri salınım azaltılmış olur.

Tablo 8: Avrupa’da Maksimum, Minimum ve Ortalama Karbon Vergilendirmesi

	Liechtenstein ve İsviçre	Polonya	Avrupa Ülkeleri Ortalaması
CO₂ Eşdeğeri Ton Başına Maksimum Ücretlendirme	132,12 Dolar		
CO₂ Eşdeğeri Ton Başına Minimum Ücretlendirme		0,10 Dolar	
CO₂ Eşdeğeri Ton Başına Ortalama Ücretlendirme			53 Dolar

Kaynak: (Mengden, 2024)

Tablo 9: Türkiye’de 2022 Yılı Enerji Kaynaklı Maksimum, Minimum ve Ortalama Karbon Vergilendirmesi Senaryosu

Avrupa Ülkelerinde CO ₂ Eşdeğeri Ton Başına Ücretlendirme	Dolar	Enerji Sektörü Kaynaklı Toplam CO ₂ Eşdeğeri (Bin Ton)	Toplam Karbon Vergi Ücretlendirmesi (Milyar Dolar)
Maksimum	132,12	400583,1	52,92
Minimum	0,10	400583,1	0,04
Ortalama	53	400583,1	21,23

Kaynak: (IPCC, 2013; Mengden, 2024; TÜİK, 2024) verilerinden yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Türkiye’de karbon vergilendirmesi senaryosunda Avrupa ülkeleri minimum, maksimum ve ortalama vergilendirme değerleri alındığında enerji kaynaklı gerçekleşen CO₂ eşdeğeri sera gazı emisyonun karbon vergilendirmesi senaryosunda minimum 0,04 milyar dolar, maksimum 52,92 milyar dolar ve ortalama 21,23 milyar dolar vergilendirme olmaktadır. Enerji sektörü kaynaklı CO₂ eşdeğeri salınımlarımızda uygulanan iyileştirmeler sonucunda %1’lik kazanım ile ortalama vergilendirme senaryosunda yaklaşık olarak 0,21 milyar dolar vergi ücretlendirmesinde azaltım sağlanmaktadır.

4.4 Ulaşımında Bisiklet ve Etkileri

Avrupa’da bisiklet çok önemli bir konumda kendisine yer bulmaktadır. Çünkü Avrupa’lı insanlar bisiklete binerek sağlıklı bir yaşam sürmenin yanında yılda 150 milyar euro fayda sağlamaktadır. Bu faydanın en büyük payı çevresel, sağlık giderleri tarafında oluşması muhtemel paylardır. Avrupa Komisyonu’nun yaptığı bir araştırmada motorlu taşıtların çevre, sağlık gibi alanlarda maliyetleri yıl bazında 800 milyar euro olarak öngörülmektedir. Bisiklet kullanımının artırılmasının faydaları çevre, sağlık gibi alanların dışında sanayi, sosyalleşme ve istihdam gibi alanlarda da görülmektedir. Birçok Avrupa ülkesinde daha yüksek oranlarda bisiklet kullanabilme potansiyeli oldukça fazladır. Birçok ülkede bisiklet yolları yaygınlaştırılmıştır. Motorlu taşıtların olumsuzluklarını azaltabilmek için bisiklete yönelimi sağlamaya ihtiyaç vardır (ECF, 2018).

Tablo 10: Bisikletin Faydaları ve Tahmini Mali Değerleri

Faydalar	Tahmini Mali Kazanç
Uzun ve Sağlıklı Yaşam	73 Milyar Euro
Bisiklet Turizmi	44 Milyar Euro
Bisiklet Pazarı	13,2 Milyar Euro
Trafiğin Azaltılması	6,8 Milyar Euro
İş Yerinde Daha Az Hastalık Devamsızlığı	5 Milyar Euro
Yakıt Tasarrufu	4 Milyar Euro
Yol Bakım ve Altyapı Harcamalarında Azalma	2,9 Milyar Euro
Karbondioksit Emisyonu Tasarrufu	0,6 ile 5,6 Milyar Euro Arasında
Hava Kirliliğinin Azaltılması	0,43 Milyar Euro
Gürültü Kirliliğinin Azaltılması	0,3 Milyar Euro

Kaynak: (ECF, 2018).

Bisiklet kullanmak Avrupa Birliğı lkelerinde senelik 16 milyon tondan daha fazla karbondioksit eşdeğerinde emisyon azaltımı sağlamaktadır. Bu değer Hırvatistan ülkesinin toplam bir yıldıki karbondioksit emisyonuna denk gelmektedir. Avrupa lkelerinde en kuvvetli risk, çevresel nedenlerden kaynaklı sağlık riskidir. Buna bağlı olarak senede yarım milyona yakın insan hayatını kaybetmektedir. Bisiklet altyapıları sağlamak otomobiller için oluşturulması gereken altyapıdan daha küçük alan gerektirir. Bu durum daha az maliyet ve daha az kirlilik anlamına gelir (ECF, 2018).

Avrupa Birliği'nde hali hazırda bisiklet kullanım oranlarıyla, yıl bazında yakıt tüketiminde 3 milyar litreden daha çok tasarruf edilmektedir. Bu tasarruf İrlanda ülkesinin karayolu taşımacılığında tükettiği yakıtı eş değer olmaktadır. Bisiklet ve otomobil üretim şeklini kıyasladığımızda bisiklet yapımında bir otomobile kıyasla daha az miktarda kaynak kullanılmaktadır. Otomobillerde, katalitik konvertörlerin işlevini yerine getirebilmesi için kullanılan paladyum ve platin değerli metaller, elde edilmesi aşamasında emisyon ve çevresel hasarlara neden olurlar. Bu metaller bisiklet üretiminde genel olarak kullanılmazlar (ECF, 2018).

Hollanda'nın başkenti Amsterdam bisiklet kültürü ile tanınmaktadır. Hava şartları olumsuz olduğu durumlarda bile Amsterdam'lılar bisiklet kullanımından vazgeçmiyorlar. şehir genelinde yapılan ulaşım yolculuklarının %36'sı bisiklet ile gerçekleştirilmektedir. Bu yüzdeyle birlikte şehirde ulaşımda tercih edilen birinci yöntem konumundadır. İnsanlar içe gidip gelirken çoğunlukla bisiklet kullanımını tercih etmektedirler. Yaklaşık olarak 1 milyon nüfuslu şehrin yüz ölçümü 220 km² ve şehirdeki bisiklet yolu uzunluğu toplamda 815 kilometredir (Handshake, 2018).

Danimarka'nın başkenti Kopenhag bisiklet denildiğinde ilk akla gelen şehirlerden birisidir. Yaklaşık 600 bin nüfuslu şehirde 2018 yılında gerçekleşen ulaşımın %49'u bisiklet ile olmuştur. 90 km² yüzey ölçümüne sahip şehirde bisiklet yollarının uzunlu 412 kilometredir (Handshake, 2018).

Ülkemizde büyükşehirlerde bisikletli ulaşım oranları %1 seviyelerinde görülmektedir. Türkiye'nin bisiklet kullanımının en fazla olduğu şehrimiz olan Konya'da bisiklet ile yolculuk yapma oranlarında da düşüş görülmektedir. Konya'da son yıllarda 400 kilometre bisiklet yolu yapılmasına rağmen yolculuk oranları yükselmemiştir. Türkiye'de büyükşehirlerde bile bisikletle ulaşım %1 ve %2 seviyelerini aşamadığımızdan bu alanda eksiklik kendini göstermektedir. Burdan yola çıkarak ülkemizde bisikletin ulaşım aracı niteliğinde kullanılmadığı açıkça ortaya konulmaktadır (ÇŞİDB, 2021, s. 22).

Özellikle Avrupa şehirlerinde bisikletle yapılan yolculuklar, şehir ulaşımında çok önemli yerlere ulaşmaktadır. Almanya, Belçika ve Hollanda şehirlerinde bisiklet yolculukları genel yolculuklar içerisinde %40 seviyelerine yaklaşmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde bu oran %10'un altında seyrederken, ülkemizde şehirlerin genelinde %1-2 seviyelerine dahi ulaşamamaktadır. Bu veriler kıyaslandığında şehirlerimiz bisikletli yolculuk için başlangıç şehirleri arasında olduğumuzu ortaya koymaktadır. Planlamaların buna göre ortaya çıkartılması gerekmektedir (ÇŞİDB, 2021, s. 25).

5. TÜRKİYE’NİN ENERJİ, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ÇEVRE PLANLARI

Türkiye Cumhuriyeti’nin 2024-2030 planları çerçevesinde iklim değişikliğini önleme ve karbon azaltım stratejileri arasında elektrik üretiminde karbon azaltımı çok önemli bir yer tutmaktadır. Elektrik üretiminde karbon azaltılması için elektrik üretiminin fosil yakıtlardan daha çok farklı metotlarda sağlanması gerekmektedir. Bu bağlamda aşağıda belirtilen faaliyetler önem sarfetmektedir (ÇŞİDB, 2024, s. 51).

- HES Kurulu Gücünün Arttırılması
- Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Arttırılması
- Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücünün Arttırılması
- Jeotermal Enerjisine Dayalı Kurulu Gücün Arttırılması
- Biyokütle Enerjisine Dayalı Kurulu Gücün Arttırılması
- Dalga Enerjisinde AR-GE faaliyetlerine Yatırım
- Nükleer Enerjisi Kurulu Gücünün Arttırılması

Ülkemizin Ulusal Enerji Planı doğrultusunda 2030 senesine kadar elektrik üretiminde karbondioksit emisyon oranlarını %20 azaltmak hedefleri arasındadır. Hidroelektrik enerjisinde 35100 Megawatt, güneş enerjisinde 32900 Megawatt, jeotermal ve biyokütle enerjisinde 5100 Megawatt ve rüzgar enerjisinde 18100 Megawatt kurulu güce sahip olma hedefleride 2030 senesine kadar gerçekleşmesi hedeflenen hedefler arasında bulunmaktadır (ÇŞİDB, 2024, s. 51).

Elektrik iletimi, dağıtımı sağlanırken kayıpları azaltmak verimliliğin yükselmesi anlamına gelmektedir. Verimliliğin artması için mevcut altyapıların geliştirilmesi gerekmektedir. Sorunlar tespit edilerek, sorunların kök nedenleri bulunmalıdır. Sorunun kök nedeni doğrultusunda bir iyileştirme planı ile verimlilik arttırılmalıdır. Ülkemizin mevcut

altyapılarıyla yaşadığı teknik sebeplerden dolayı kayıp yaklaşık olarak %12 oranındadır. Hedefler doğrultusunda bu oranın indirilmesi yer almaktadır (ÇŞİDB, 2024, s. 54).

Bir diğer hedef karbon azaltımını sağlayabilmek için karbondioksit emisyonunu yakalama sistemlerini geliştirme, karbon depolama ve gerektiğinde tutulan karbonların potansiyel yerlerde kullanımıdır. Özellikle fosil yakıtlardan kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının olumsuz etkilerini azaltmak için oldukça önemli bir stratejidir. Bu bağlamda Ar-Ge çalışmalarının destek görmesi, gerçekçi bir plan ile yol izlenmesi ve stratejinin hayata geçirilmesi önemlidir (ÇŞİDB, 2024, s. 58).

Türkiye Cumhuriyeti'nde akıllı şebekelere geçiş sağlandığında verimlilik artacaktır. Akıllı şebekeler, yüksek miktardaki enerji arzının talep ile dengelenmesinde dijitalleşmiş sistem güvenliğinden ödün vermeden, sensörler ile devamlı izleyerek ve optimizasyonu sağlayarak dağıtım gerçekleştirilir. Bu doğrultuda, şebeke genelinde enerji depolama sistemlerinin yaygınlaştırılması, altyapıların kurulumu yapılırken uygun stratejilerin izlenmesi gerekmektedir. Ülke paydaşlarında yer alan bütün sektörlerin elektrik sektörü ile entegre hareket etmesi etkin ve verimli bir yönetim ortaya koyar (ÇŞİDB, 2024, s. 53).

Planlananı ortaya konulan alt yapı hayata geçirildiğinde elektrik şebekesinin bütün operasyonları eş zamanlı verilere dayanarak izlenebilir ve aynı zamanda yönetilebilir olacaktır. Akıllı şebekelerin en önemli fonksiyonlarından birisi akıllı elektrik ölçüm sayacıdır. Akıllı sayaçla birlikte enerjinin ölçümü, tüketim değerlerine altyapı vasıtasıyla uzaktan erişebilme, tüketimin faturalandırılması, enerjinin uzaktan yönetilebilmesi gibi günümüz teknolojisine entegrasyonu sağlanabilmektedir (Jixuan, Z., Li, L., David, W.G., 2013).

Avrupa Birliği'nin yayımladığı bir raporda akıllı şebeke kullanımıyla birlikte insanların toplam enerji kullanımında ve ilişkili karbondioksit emisyonlarında ölçülebilir azaltmalar sağlanabileceği vurgulanmıştır. Dijitalleşme elektrik tüketimini azaltmaya katkıda bulunur. Akıllı sayaçlarla birlikte farkındalığı arttırmak enerji tasarrufunu beraberinde getirmektedir. Akıllı sayaçlar uygun ev içi arayüzlerle birleştirildiğinde, insanlar tüketimlerini azaltmaları için teşvik eden okunması kolay, anlaşılır bir fiyatlandırma görebilirler. Karbondioksit emisyonlarının azaltılması için sadece yeni hatlar kurmak yeterli olmayacaktır. Teknolojiyle entegrasyonu sağlayarak elektrik sistemlerinin akıllı şebekeye dönüşümü sağlanmalıdır (Giordano V., Gangale F., Fulli G., 2011, s. 48).

Nüfus artışıyla birlikte tüketimin artması ortaya çıkan atık miktarının da artması anlamına gelmektedir. Geçen zaman içerisinde atıkların enerji kaynağı olarak kullanılması ön plana çıkmıştır. Günümüz dünyasında, atık oluşumlarını engellemek ya da en az seviyelere indirmek, bu yaklaşımın mümkün olamadığı zamanlarda da ekonomiye geri kazandırılması esastır. Yaklaşımın bu yön de olması, Türkiye Cumhuriyeti ve dünyanın birçok ülkesi tarafından da hedeflenen sera gazı emisyon oranlarında net sıfır amacına ulaşabilmenin önemli bir desteğidir (ÇŞİDB, 2024, s. 136).

Ülkemiz çevre politikalarında atıkların oluşmadan önlenmesi ya da atıkların azaltılması tercih edilen yöntemlerdir. Bu kapsamda ulusal olarak atık oluşumunu önleme planının devreye konulması ve sıfır atık uygulamalarının sağlanabilmesi kapsamında desteklenen oluşumlar en önde gelen politikalardır (ÇŞİDB, 2024, s. 149). Sıfır atık hareketine ulaşımında atıkların ayrıştırılması önemlidir.

Atık sektörü tarafından bakıldığında Türkiye Cumhuriyeti'nde sera gazı emisyonlarının olmasında en büyük olumsuz katkı açığa çıkan metan gazının kontrol edilememesiyle birlikte direkt olarak atmosfere yayılmasına aittir. Ülkemizde atık oluşumunun en büyük payına sahip faktörlerden birisi insanlardır. Her yaştan insana eğitimler verilerek bilinçlendirilmenin sağlanması atık oluşumunun önüne geçme yönünde alınabilecek en kuvvetli aksiyon ve politika izleme yoludur (ÇŞİDB, 2024, s. 149).

Atıkların meydana gelmesini önlenmek enerji kaynaklarının israf edilmemesi için en etkin araç olup aynı zamanda doğal çevrenin korunmasında ve doğamızın bizlere sunduğu kaynakların sürdürülebilir bir şekilde ilerleyen nesillere aktarılabilmesi hususunda temel bir dayanaktır. Atıkların oluşmasını önlemek ve atıkları azaltmak, çevre kanunu ile desteklenen bu yönde hazırlanan bütün düzenlemelerin yapı taşıdır. Atıkların çevreyi korumak adına doğru bir şekilde yönetilmesinin yanı sıra ülke kaynaklarını sonraki nesiller için korumak ve israfı en aza indirmek bir ulusun gelişimi açısından oldukça önemlidir (ÇŞİDB, 2024, ss. 150-151).

Atık önlenmesi, oluştuğu bölgede azaltılması ya da yeniden kullanılması hiyerarşik sırayla gerçekleştirilmelidir. Yeniden kullanımı mümkün olmayan atıkların geri dönüşüm ile enerji kazanımı sağlanması gerekmektedir. Atıktan hiçbir fayda elde edilemediği durumlarda ise yine çevrenin korunması adına atık bertarafının uygun yöntemlerle yapılması gerekmektedir. Atıkların türlerine göre ayrıştırılması, geri dönüşümün efektif olarak sağlanması anlamına gelmektedir. Bu şekilde atık yönetimi sağlandığında çevre kirliliği en aza indirgenebilecektir. Atık yönetimi çevrenin korunması için çok önemlidir. Ülkemizde sıfır atık projesine bağlı olarak bu sistemi kuran kamu kuruluşları 2020 yılının Ocak ayından beri sıfır atık belgesi edinmeye başlamıştır (ÇŞİDB, 2024, ss. 150-151).

Türkiye Cumhuriyeti'nin, 2035 yılında belediye atıklarından gelecek geri kazanım katkısı %60 olarak hedeflenmiştir. Bu hedefin sağlanması ülkemizin 2053 net sıfır emisyon hedefini yakalayabilmesi adına oldukça önem sarf etmektedir. Yeşil alanları korumak, iyileştirmek ve çevre kirliliğini engellemek adına ülkemizde iç kapsamlı depozito sistemi kurulup, denetlenmesine, işletilmesine dair faaliyetlerin yürütülmesi için Türkiye Çevre Ajansı (TÜÇA) kurumu oluşturulmuştur. 2020 yılının Aralık ayı içerisinde kurulan Türkiye Çevre Ajansı kurumuyla birlikte belediye atıklarının geri kazanımının oransal olarak yükseldiği izlenmiştir. Ülkemizin belirlediği hedeflere ulaşabilmesi için atık işleme tesislerinin kapasite olarak yükseltilmesi atık ayrımının doğru şekilde yapılması, atık türünün işlenebileceği uygun tesislerin inşaa edilmesi ve atıkların bu tesislere iletiminin sağlanması gerekmektedir (ÇŞİDB, 2024, s. 151).

Su arıtma tesislerinde atık su vasıtasıyla metan gazı geri kazanım oranlarının yükseltilmesi hedefler arasındadır. Atık suyun yönetilerek metan gazından enerji elde edilmesinin önemli olduğu kadar, sürecin doğru yönetilerek metan gazının yakılmasından dolayı çevrenin kirlenmesini önlemekte oldukça önemlidir. Bu bağlamda atıksu arıtma tesislerinde anaerobik çürütücü ünitelerinin yaygın olarak kullanılması, metan gazının geri elde edilmesi uygulamalarında artış sağlamaktadır. Anaerobik ünitelerin katkısıyla organik atıklarla metan gazı elde edilerek enerji üretilebilir. Atık yönetimi bu şekilde daha etkin bir hale bürünebilir ve çevreye verilebilecek negatif etkiler azaltılabilir. Bu tür geliştirmeler çevresel sürdürülebilirliği sağlamak ve karbon ayak izini düşürmek gibi olumlu etkilere yol açmaktadır (ÇŞİDB, 2024, s. 153).

Ülkemizde İklim Şurası'nda sera gazı emisyonlarının düşürülmesi ve atık uygulamalarının sıfır atık prensibiyle ilerletilmesi çerçevesinde toplum farkındalığını yüksek seviyeye çıkartmak amaç edinilmelidir kararı alınmıştır. Bunun gerçekleşmesi için ise eğitimin önemi üzerinde durulmuş ve kurumlar vasıtasıyla üretilecek eğitim modelleri

uygulamalı olarak herkese aktarılmalı prensibi öne çıkmalıdır. Devamlılığın sağlanabilmesi için eğitimle bilinçlenmeyi arttırmak oldukça önemlidir. Pozitif katkılar aşağıda belirtilmiştir (ÇŞİDB, 2024, s. 154).

- Eğitim müfredatları revize edilmeli, bu kapsamda iklim değişikliği, sıfır atık, suyun ve su kullanımının önemi gibi konuların işlenmesi
- İklim değişikliği, sıfır atık, suyun ve su kullanımının önemi gibi konularda kalifiye eğitimcilerin kapasitelerinin artırılması
- Döngüsel ekonomiden uzaklaşıp al kullan at prensibinin azaltılması, kullanılan kaynaklardan en iyi şekilde yararlanılarak kullanım ömrü sonuna kadar kullanıldıktan sonra geri dönüştürümüne yönelik çalışmaların uygulanması
- İklim değişikliği, sıfır atık, suyun ve su kullanımının önemi gibi konularda farkındalığı arttırmak adına videolar, görsel içerikler ve sosyal medyadan tanıtıcı içeriklerin artırılması

6. BULGULAR ve TARTIŞMA

Türkiye'nin enerji arz güvenliği bulunduğu coğrafyanın getirdiği avantajlarla birlikte Avrupa ülkelerine kıyasla daha yüksektir. Daha çok Rusya, İran ve Azerbaycan ile boru hatları projeleri gerçekleştirilmiştir. Bu projelerin bir kısmında doğalgaz direkt olarak ülkemize transfer edilmektedir. Üçüncü bir ülkenin dahil olmaması arz güvenliğimizi Avrupa ülkelerine kıyasla artırmaktadır. Avrupa ülkelerine ise Rus gazı topraklarımız üzerinden iletilmektedir. Türkiye doğalgaz transit geçiş ülkesi konumundadır.

Ülkemizde tüketilen birincil enerji kaynaklarının %81'inin fosil yakıtlardır. Yenilenebilir enerjinin payı sadece %19 olarak belirlenmiştir. Kömür üretimi tüketimi önemli ölçüde karşılamaktadır. Ortadoğu bölgesinin enerji kaynaklarından zengin olmasının

getirdiği avantajla Türkiye, Bakü-Tiflis-Ceyhan ve Irak petrol boru hatları projeleri geliştirmiştir. Ülkemizde üretilen petrol, tüketilen petrolün sadece %10’udur. Bu nedenle ülkemiz petrole dışarıdan direkt bağımlı bir ülkedir. Dünya’da en fazla petrol rezervine sahip lke Venezuela retimde başarılı olamamıştır. Yüksek rezerve sahip olmayan Amerika Birleşik Devletleri ise petrol üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Teknolojik gelişmelerin getirdiği gücün önemi bu durumda görülmektedir.

Doğalgaz’da Karadeniz gazının üretimine başlanmasıyla birlikte, üretim kapasitemiz geçen yıla kıyasla %100’n üzerinde yükselmiştir. Buna rağmen üretimimizin tketimimize oranına bakıldığında, tüketimimizin yaklaşık olarak %1,5’unu karşıladığı görülmektedir. Doğalgaz’da dışa bağımlı bir ülkeyiz. Dünya doğalgaz rezervlerinin neredeyse beşte birine sahip olan Rusya ile birçok boru hattı projesi geliştirmiş durumdayız. Doğalgaz’da Amerika Birleşik Devletleri’nin Rusya’ya nazaran yaklaşık üçte bir rezerve sahip olduğu görülmektedir. Dünya doğalgaz retiminde Rusya %16,6 paya sahip iken Amerika Birleşik Devletleri %23,7 pay ile ilk sırada yer almaktadır. Bu karşılaştırma teknolojik olarak ilerlemenin en keskin göstergelerinden birisidir.

Yenilenebilir enerji kaynakları son yıllarda iklim hedeflerinin gerçekleşebilmesi için dünyada önemi daha da artan bir durumdadır. Hidroelektrik retiminde dünya çapında %1,5 üretime sahibiz ve 2013-2023 yılları arasında net bir yükseliş içerisinde grlmemekteyiz. Güneş enerjisi kurulu güç kapasitemiz son on yıl içerisinde keskin bir şekilde yükselmektedir. 2013’te sadece 19 MW iken 2023’te 11293 MW’dır. Buna rağmen Almanya ile kıyaslama yaptığımızda Almanya’nın kurulu güç kapasitesi 81739 MW’dır. Rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitemiz son on yılda artarak 11697 MW olmuştur. Dünya ile kıyasladığımızda yine düşük seviyelerde kaldığımız görülmektedir. Türkiye’nin jeotermal enerjideki güç kapasitesi, kurulu güç kapasiteleri arasında son on yılda yükseliş göstermiştir. 2012’de %0,28 seviyelerinde yer alırken 2022 yılının ortalarına gelindiğinde %1,66’lık pay

edinmiştir. Ülkemiz biyokütle ve atık ısı kurulu güç kapasitesinde de 2011’de 115 MW kurulu güce sahipken 2022’nin ortasında 2172 MW kurulu güce sahip duruma gelmiştir. Ülkemizde dalga enerjisi yatırım ve projeleri günümüzde çok gelişmemiş durumda yer almaktadır. Dünya’da gelgit enerjisi diğer enerji kaynaklarına göre çok yaygın bir yöntem olmamakla birlikte en fazla yatırım Avrupa ülkelerinde gerçekleşmiş olup 2023 yılında gelgit enerjisinden elde edilen elektrik üretimi 93 GWh olarak tespit edilmiştir. Suyun potansiyelini kullanarak enerji kazanımı oldukça önemlidir.

Genel olarak yenilenebilir enerjideki durumumuz ele alındığında on yıl öncesinde yeni yeni yatırımların başladığı ve günümüze kadar kapasitelerimizin yükseltildiği görülmektedir. On yıl öncesine kıyaslandığında kendi içimizde çok yüksek oranlarda yükseliş kaydetmemize rağmen yenilenebilir enerjide dünya ülkelerinin oldukça gerisinde yer almaktayız.

Nükleer enerji denildiğinde ilk sırada Amerika Birleşik Devletleri geliyor. Türkiye, nükleer enerji alanında son yıllarda çok önemli yönelimlerde bulunmuş ve nükleer enerjide ilerleme gösteren bir ülkeye dönüşmüştür. Buna rağmen Türkiye’nin nükleer enerjideki kapasitesi, dünya çapında birçok ülkeye göre başlangıç seviyelerindedir. Rusya ile yapılan iş birlikleri sonucunda ilk nükleer santral yatırımımız olan Akkuyu nükleer santrali dört üniteyle birlikte 2028 yılında aktif hale gelmesi planlamaktadır. Bunun sonucunda ülkemizin yıllık elektrik tüketim ihtiyacının %10’unun karşılanması beklenmektedir. Bu açıdan bakıldığında Akkuyu gibi santrallerin ülkemizde artışı kendi içimizde enerji ihtiyaçlarımızı karşılayabileceğimiz anlamına gelmektedir.

Ülkemizin elektrik üretiminde büyük payın fosil yakıtlar olmadığı görülmektedir. Elektrik üretiminde en büyük pay kömürde iken bu pay 2024 Kasım verilerine göre %28,1 ile hidroelektrik santrallerinin olmuştur. Elektrik üretimimiz ile tüketimimiz birbirleriyle orantılıdır. Elektrik'te dışa bağımlı durumda yer almamaktayız. Elektrikli otomobil kullanımının günümüzde hala çok düşük seviyelerde olduğu tespit edildi. Günümüzde bu oran dünyada yaklaşık %5'tir. Ağırlıklı olarak fosil yakıtlı araçlar karayolu ulaşımında kullanılmaktadır.

Hidrojen enerjisi elde etmek için kullanılan su elektroliz kurulu güç kapasitesinde dünyada 2023 yılında %100 artış olmuştur. Hidrojen yenilenebilir enerjiden elde edilen enerjinin fazlasının depolanması için kullanılabilen oldukça verimli bir yöntemdir. Ülkemizde'de 2030 yılında 2 GW, 2053 yılında ise net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda 70 GW elektroliz kurulu güç kapasitesi hedeflenmektedir.

Sanayi devriminden bu yana yaşanan sıcaklıkların zirvesi 2023 yılında görülmüştür. İklim değişikliği konusunda dünya ülkeleri ve ülkemiz birçok ortak önemli protokol ve anlaşmada yer alarak ilerleyen yıllar için kendilerine hedefler koymuştur. Türkiye bu anlamda 2053 net sıfır emisyon hedefi ve sıfır atık gibi çevreci hedefler belirlemiştir.

Ülkemizde gerçekleşen sera gazı emisyonları, 2022 yılında %79 oranında karbondioksit kaynaklı gerçekleşmiştir. Karayolu ulaşımında otomobillerden kaynaklı karbondioksit emisyonlarının yüksek seyretmesi bunda etkilidir. Bisiklet kullanımı artırıldığında karayolu ulaşımı kaynaklı emisyonları önlemek mümkün olabilir. Ulaşımında ülkemizde çok yaygın bir şekilde kullanılmayan bisiklet, Avrupa ülkelerinde yılda 16 milyon tondan daha fazla karbondioksit eşdeğerinde emisyon azaltımı sağlıyor.

Türkiye’de sera gazı emisyonları CO₂ eşdeğeri 400,6 milyon ton ile %71,8’i enerji sektörü kaynaklıdır. TÜİK ve IPCC verileri kullanılarak gerçekleştirilen analiz sonucunda 400,58 milyon ton değeri elde edilmiştir. Analiz sonucunun Türkiye istatistik kurumu verisiyle uyumlu olduğu görülmektedir. GWP analizi ile 2022 yılında ulaştırma kaynaklı gerçekleşen 91,8 milyon ton CO₂ eşdeğeri sera gazı, iyileştirmelerle %1’lik azaltım senaryosu ile 0,9 milyon ton CO₂ eşdeğeri salınım azaltılabileceği görülmüştür.

2022 yılında gerçekleşen enerji sektörü kaynaklı CO₂ eşdeğeri salınımlarımızda iyileştirmeler sonucunda %1’lik kazanım ile Avrupa ülkelerinde mevcut ortalama karbon vergilendirme senaryosu baz alındığında 21,23 milyar dolar vergilendirmeden yaklaşık olarak 0,21 milyar dolar azaltım sağlanmaktadır.

Türkiye’nin 2030 yılına kadar planları arasında yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitelerini artırmak, dalga enerjisinde AR-GE faaliyetlerini artırmak, elektrik altyapısını revize edip, kuvvetlendirerek yaşanan %12’lik kaybı önlemek, karbon emisyon yakalama sistemlerini geliştirmek, sıfır atık projesi kapsamında atık oluşumunu önlemek ve geri dönüşümü sağlamak gibi önemli politikalar mevcuttur.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Türkiye’de enerji politikalarının, çevre ve diğer politikalar ile uyumlu olması gerekmekte ve enerji tüketiminde temiz, çevre dostu kaynaklara yönelmesi gerekmektedir. Enerji ihtiyacının artışı tüketiminde artması anlamına gelmektedir. Tüketimin artışı, çevresel sorunları tetiklemektedir. Enerji tüketiminin büyük payı fosil yakıtlar ile olduğundan bu kaynaklardan doğaya sera gazları salınımı olmaktadır. Sera gazları atmosferden çıkamayarak birikmesi sonucunda küresel ısınmaya, küresel ısınmada iklim değişikliğine yol açmaktadır. Zincir sarmalı bu şekilde ilerleyerek toplumlarda daha büyük sosyoekonomik sorunlar yaratmaktadır. Bu nedenle enerji ihtiyacının büyük kısmı yenilenebilir enerji kaynakları ile

sağlanmalıdır. Dünya’da ve ülkemizde enerji ihtiyacını karşılayabilecek yeterli yenilenebilir enerji güç kapasiteleri mevcut değildir. Çevre dostu yenilenebilir enerji kaynakları maliyetleri ne olursa olsun kurulmalı ve artırılarak devam ettirilmelidir. Fosil yakıtların sağlık üzerine etkileri düşünüldüğünde maliyet daha ağır olmaktadır. Türkiye, Kyoto Protokolü'ne dahil olarak, emisyonlarını indirmeyi ve küresel ısınmayı önlemeyi amaç edinmiştir. Ülkemiz, gelişmekte olan ülke olarak emisyon artışını azaltma ve çevre dostu hareket etme bildirisinde bulunmuştur.

Çevre kirliliği ve sebep olacağı problemler tek bir ülkenin problemi olmamakla birlikte tüm dünyayı etkileyen olumsuz bir olaydır. İnsanlar, kaliteli bir hayat sürebilmeleri için kişisel olarak üzerine düşenleri yapmalıdırlar. İnsanların bireysel olarak alacağı tedbirlerin yanı sıra sanayi kuruluşlarında çevreyi kirletmemeleri adına yönetmeliklere uygun bir şekilde işlerini yürütüyor olmaları gerekmektedir.

Türkiye coğrafi konumunun getirdiği avantajlarla birlikte güneş enerjisinden yararlanmak için büyük potansiyele sahiptir. Güneş panelleri kurmak için birçok alan mevcuttur. Güneş panel sistemleri ülke genelinde binaların çatılarına kurulumu artırılarak da halkın kendi sıcak su ve elektrik ihtiyacının bu şekilde karşılanması teşvik edilmelidir. Günümüzde ülkemizde üretimi diğer kaynaklara göre daha zayıf durumda olan enerji kaynaklarından hidrojen ve dalga enerjisinden faydalanmak için Ar-Ge yatırımları yapılmalıdır. Ülkemiz coğrafi konumu, güneş enerjisinin yanı sıra rüzgar enerjisinde de avantaj sağlamaktadır. Bu potansiyelleri göz ardı etmeyerek, enerjide dışa bağımlılığımızı azaltmak ve enerji arz güvenliğimizi artırmak mümkündür. Bu da, ülkemizin sürdürülebilir enerji hedeflerinin gerçekleşmesini sağlar.

Akkuyu santraliyle beraber %10 elektrik ihtiyacımızın karşılanacağı düşünüldüğünde Türkiye'nin ilk nükleer santrali olan Akkuyu gibi daha fazla santral ile üretim artırılmalıdır. Dünya'da kullanım oranı %5'lerde olan elektrikli araçların kullanımının ilerleyen yıllarda yükselmesi öngörülmektedir. En büyük üretici olan Çin'de elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlara göre daha uygun fiyatla satın alınabilmektedir. Ülkemizde ve dünyada devletler teşvikler sağlayarak fosil yakıtlı araçların yerini elektrikli araçların almasını sağlamalıdır.

Karayolu ulaşımı kaynaklı karbondioksit emisyonlarının azaltılabilmesi için elektrikli araçların yaygınlaştırılmasının yanı sıra bisiklet ile ulaşımın teşvik edilmesi gerekmektedir. Dünya'da Amsterdam ve Kopenhag gibi şehirlerde karayolu ulaşımını otomobilden daha çok bisiklet ile gerçekleştirilmektedir. Bisiklet üretimi bir otomobil ile kıyaslandığında daha az kaynak kullanımına ve daha az karbon salınımına neden olur.

Ülkemizde bisiklet yolları yeterli seviyede değildir. Bisiklet ile bir noktadan istenilen bir noktaya ulaşım sağlanacak düzeyde bisiklet yolları yapılmalı ve insanlar bu konuda eğitilmelidir. Bisikletler, motorlu araçlar gibi kurallara uygun bir şekilde hareket etmeli ve bu kültür ülke geneline yayılmalıdır. Bisiklet park alanları yapılmalıdır. Amsterdam ve Kopenhag'da olduğu gibi küçük alanlarda dikey bir şekilde park yapılabilecek sistemler kurulmalıdır.

Avrupa ülkelerinde bisiklet kültürü yaygınlaştırılmıştır. Avrupa'da insanlar bisiklet kullanarak birçok yönden tasarruf sağlamaktadır. Bisiklet kullanımıyla birlikte sağlıklı bir yaşam sürülmesi, sağlık maliyetlerinden elde edilecek büyük bir tasarruf sağlar. Araçlar için kullanılacak olan fosil yakıtlardan tasarruflar sağlanır. Doğamız için karbon emisyonlarının düşüşüne yol açması gibi birçok faydadan elde edilen tasarruflar sağlanabilir. Ülkemizde bu politikayı benimsemeli ve buradan elde edeceği tasarrufları yenilenebilir enerjiye yatırım

yaparak kullanmalıdır. Türkiye 2053 yılı net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda kendi enerji arz güvenliğini sağlayabilir, emisyonlarını azaltarak çevreyi koruyabilir ve küresel ısınmayı sınırlayarak iklim değişikliğinin önüne geçebilir.

8. KAYNAKÇA

- AA. (2020, Ağustos 22). *Türkiye tarihinin en büyük doğal gaz keşfini gerçekleştirdi.*
<https://www.bloomberght.com/erdogan-turkiye-tarihinin-en-buyuk-dogal-gaz-kesfini-gerceklestirdi-2262726> adresinden alındı
- Altürk, O. (2017). *Türkiye ve Avrupa Birliği Devletlerinde Enerji ve İklim Politikalarının Analizi.* Adana.
- Arslan, S., Darıcı, M. ve Karahan, Ç. (2001). *Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli. Jeotermal Enerji Semineri*, 21–27.
- Ayhan, D. (2010). *Enerji, çevre ve sürdürülebilir kalkınma bağlamında küresel iklim değişikliği sorunsalı ve Kyoto protokolü: Türkiye analizi.* İstanbul.
- Bıyıklı, G. (2009). *Avrupa Birliği çevre politikaları ve Türkiye.* Trabzon.
- BP. (2021). *Statistical Review of World Energy 70th edition.*
- BP. (2022). *Statistical Review of World Energy 71st edition.*
- ÇŞİDB. (2021). *Türkiye Bisiklet Yolu Ağı Master Planı Cilt 1.*
- ÇŞİDB. (2024). *İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024 - 2030).*
- Dedemevi, K. (2019). *Türkiye'de enerji sektörünün iklim değişikliğine etkisi.* Konya.
- Demir, E. (2012). *Avrupa Birliği (AB)'nin Enerji Politikası ve Türkiye.* İstanbul.
- Dincer, I., & Ozcan, H. (2018). *Geothermal Energy. Comprehensive Energy Systems*, vol. 1, pp. 702-732.

ECF. (2018). *The benefits of cycling*.

EI. (2024). *Statistical Review of World Energy 73rd edition*.

EPDK. (2024). *Doğal Gaz Piyasası Yıllık Sektör Raporu Listesi*.

<https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-94/dogal-gazyillik-sektor-raporu>
adresinden alındı

Friedl, B. and Getzner, M. (2003). *Determinants of CO₂ emissions in a small open economy*, Ecological Economics, 45(1), 133-148.

Genç, G. (2022). *Türkiye ve dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım alanlarının karşılaştırılması*.

Giordano V., Gangale F., Fulli G., *Smart Grid Projects in Europe*, JRC Reference Reports, s. 48, Netherlands, 2011

Handshake, C. (2018). *Amsterdam: City of Cyclists*.

<https://handshakecycling.eu/amsterdam> adresinden alındı

Handshake, C. (2018). *Exploring ways to be the World's Best City for Cyclists*

<https://handshakecycling.eu/copenhagen> adresinden alındı

IEA. (2022). *World Energy Outlook 2022*.

IEA. (2024). *World Energy Outlook 2024*.

IPCC. (2013). *CLIMATE CHANGE 2013 The Physical Science Basis*.

IPCC. (2024). *Global Warming of 1.5°C*. <https://www.ipcc.ch/sr15> adresinden alındı

Jixuan, Z., Li, L. & David, W.G. (2013). Smart meters in smart grid: an overview. *IEEE Green Technologies Conference (GreenTech)*, 57-64.

Karaosmanoğlu, F. (2006). *Biyoyakıt Teknolojisi ve İTÜ Araştırmaları*. ENKÜS 2006-İTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi. Bildiri Kitabı. (s. 110-146). İstanbul.

Kelen, F. (2014). *Motorlu Taşıt Emisyonlarının İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. ss. 80-87.

Keskin, T. (2011). *İklim Değişikliği Süreci ve Kyoto Protokolü*, Mühendis ve Makina, 49 (581). ss. 62-68.

Mercan, K. (2011). *Türkiye için nükleer enerjinin gerekliliği*. İstanbul.

Mengden, A. (2024, Haziran 18). *Carbon Taxes in Europe, 2024*.

<https://taxfoundation.org/data/all/eu/carbon-taxes-europe-2024> adresinden alındı

MFA. (2024). *Paris Anlaşması*. <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> adresinden alındı

MFA. (2024). *BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi*. <https://www.mfa.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi.tr.mfa> adresinden alındı

MFA. (2024). *Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü*. <https://www.mfa.gov.tr/viyana-sozlesmesi-ve-montreal-protokolu.tr.mfa> adresinden alındı

MFA. (2024). *İklim Değişikliğiyle Mücadelenin Önemi*. <https://www.mfa.gov.tr/iklim-degisikligiyle-mucadelenin-onemi.tr.mfa> adresinden alındı

OEE. (2024). *Ocean Energy Stats & Trends 2023*.

Ramoni M., Zhang H., 2013. *End-of-life (EOL) Issues and Options for Electric Vehicle Batteries*. Clean Technologies and Environmental Policy, 15 (6). ss. 881-891.

Sayın, S. (2006). *Yenilenebilir enerjinin ülkemiz yapı sektöründe kullanımının önemi ve yapılarda güneş enerjisinden yararlanma olanakları*. Konya.

- TCETKB. (2022a, Ağustos 17). *Jeotermal*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal> adresinden alındı
- TCETKB. (2022b, Ağustos 26). *Biyokütle*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle> adresinden alındı
- TCETKB. (2022c, Eylül 9). *Akkuyu Nükleer Güç Santrali Projesi*. <https://enerji.gov.tr/neupgm-akkuyu-nukleer-guc-santrali-projesi> adresinden alındı
- TCETKB. (2023a, Haziran 19). *Petrol*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-petrol> adresinden alındı
- TCETKB. (2023b, Temmuz 12). *Nükleer Enerji*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-nukleer-enerji> adresinden alındı
- TCETKB. (2023c). *Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası*.
- TCETKB. (2024a). *Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2024-2030)*.
- TCETKB. (2024b, Kasım). *Transit Boru Hatları*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-transit-boru-hatlari> adresinden alındı
- TCETKB. (2024c, Kasım). *Doğalgaz Boru Hatları*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-dogal-gaz-boru-hatlari> adresinden alındı
- TCETKB. (2024d, Eylül 8). *Hedefimiz 2028'de 4 Reaktörün de Devreye Girmesi*. <https://enerji.gov.tr/haber-detay?id=21352> adresinden alındı
- TCETKB. (2024e, Kasım 25). *Elektrik*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik> adresinden alındı

TÜİK. (2024, Temmuz 8). *Elektrik Santrallerinin Toplam Kurulu Gücü, Brüt Üretimi, Net Elektrik Tüketimi*. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Cevre-ve-Enerji-103> adresinden alındı

TÜİK. (2024, Haziran 5). *Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2022*. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Cevre-ve-Enerji-103> adresinden alındı

UNCC. (2024). *What is the Kyoto Protocol?* https://unfccc.int/kyoto_protocol adresinden alındı

UNCC. (2024). *The Paris Agreement*. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement> adresinden alındı

Yalçın, C. (2019). *Sürdürülebilir kalkınma bağlamında Türkiye'de çevre politikaları*. İstanbul.

Yücal, Ö. (2024). *Türkiye'de yenilenebilir enerjinin enerji arz güvenliği üzerine etkisi*.

WMO. (2024). *State of the Global Climate 2023*. Geneva.

9. ÖZGEÇMİŞ

Coşkun KIRIK ilkokul ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2014 yılında Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümüne yerleşti. 2014-2015 döneminde İngilizce hazırlık eğitimi aldıktan sonra 2015-2020 döneminde Makine Mühendisliği bölümünü başarıyla tamamladı. 2020 yılında kariyerine ilaç sektöründe başlayarak Osel İlaç ve Mefar İlaç şirketlerinde Kalifikasyon Uzmanı olarak görev aldı. 2022 yılında İstanbul Medeniyet Üniversitesi Çevre ve Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümünde Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2024 yılı itibariyle Nobel İlaç şirketinde Bilgisayarlı Sistemler Validasyon Uzmanı olarak görevine devam etmektedir.