

**T.C.
ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ENERJİ TÜKETİMİ VE HAVA KİRLİLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİ: TÜRKİYE
ÜZERİNE AMPİRİK BİR ÇALIŞMA**

Abidin SAPAN

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hakan USLU**

ADİYAMAN-2022

BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Enerji Tüketimi ve Hava Kirliliği Arasındaki İlişki: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Çalışma” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

17.06.2022

Abidin SAPAN



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Enerji Tüketimi ve Hava Kirliliği Arasındaki İlişki: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Çalışma

Abidin SAPAN

Adıyaman Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İktisat Anabilim Dalı

Haziran, 2022

Her geçen gün gelişim ve değişim gösteren dünyamızda yaşanan teknolojik ilerlemeler, artan nüfus, sanayileşme ve büyüyen ekonomiler enerjiye olan talep artışını da beraberinde getirmiştir. Diğer ülkeler gibi Türkiye'nin de ihtiyaç duyduğu enerjinin büyük bir kısmını yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılaması hava kalitesi ve çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu sebeple enerji tüketimi ve hava kirliliğinin incelenmesi ülkelerin hava kalitesinin iyileştirilmesi ve iklim değişikliği ile mücadele politikalarına yön vermesi açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Türkiye'nin enerji tüketimi ve hava kirliliği ilişkisinin ne yönde ve hangi boyutta olduğunun saptanması amaçlanmıştır. Spesifik olarak çalışma hava kirliliğinin, Partikül Madde 10 değişkeni esas alınarak il düzeyinde ve Türkiye geneli için hesaplanması ve enerji tüketimi ile olan ilişkisinin ampirik olarak incelenmesi yönündeki ilk çalışmalar arasında yer almasından dolayı ilgili literatüre önemli katkıları olacaktır.

Bu çalışmada, Türkiye'nin 77 ilini ve 2008-2020 yılları arasındaki dönemi kapsayan panel veri seti oluşturulup ekonometrik modeller yardımıyla enerji tüketimi ve hava kirliliği arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde bağımlı değişken olarak illere ait Partikül Madde 10 verileri kullanılırken, bağımsız değişken olarak ise kişi başına düşen elektrik tüketimi, eğitim durumu, ortalama hane halkı büyüklüğü, kişi başına düşen gelir, dolar kuru ve toplam ihracat verileri kullanılmıştır. Özet olarak, yapılan ekonometrik tahmin analiz sonuçları Türkiye'nin enerji tüketimi ile hava kirliliği arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Anahtar Kelime: Enerji Tüketimi, Partikül Madde 10, Hava Kirliliği.

ABSTRACT

Master's Thesis

The Relationship Between Energy Consumption and Air Pollution: An Empirical Study on Turkey

Abidin Sapan

Adiyaman University

Graduate Education Institute

Department of Economy

June, 2022

Technological advances, increasing population, industrialization and growing economies in our world, which is developing and changing day by day, have brought about an increase in demand for energy. The fact that Turkey, like other countries, meets most of its energy needs from non-renewable energy sources, creates negative effects on air quality and the environment. For this reason, examining energy consumption and air pollution is important in terms of improving the air quality of countries and guiding policies to combat climate change.

In this study, it is aimed to determine the direction and size of the relationship between energy consumption and air pollution in Turkey. Specifically, the study will make significant contributions to the relevant literature, as it is one of the first studies that calculates air pollution based on the Particulate Matter 10 variable at the provincial level and throughout Turkey and empirically examines its relationship with energy consumption.

In this study, a panel data set covering 77 provinces of Turkey and the period between 2008-2020 was created and the relationship between energy consumption and air pollution was analyzed with the help of econometric models. In the analyzes, Particulate Matter 10 data belonging to the provinces were used as the dependent variable, while electricity consumption per capita, education level, average household size, per capita income, dollar exchange rate and total export data were used as independent variables. In summary, the results of econometric estimation analysis revealed that there is a positive relationship between Turkey's energy consumption and air pollution.

Keywords: Energy Consumption, Particulate Matter 10, Air Pollution.

ÖNSÖZ

Enerji kavramı şüphesiz ki, tarih boyunca insan yaşamı içerisinde yer alan önemli bir kavram olmuştur. Her alanda ihtiyaç duyulan enerji, tüm ülkelerin hassas bir şekilde ele aldığı bir argüman olarak günümüze kadar ulaşmıştır. Enerji gerek ülke ekonomilerine olan etkisi gerekse de çevreye olan etkisinden dolayı çok önemli bir yere sahiptir. Özellikle son yıllarda gündemi daha sık meşgul etmeye başlayan iklim değişikliği problemi enerji tüketimi ile de doğrudan bağlantılı olması nedeniyle bu iki kavram arasındaki ilişki daha sık bir şekilde incelenmeye başlanmıştır. Bu çalışma Türkiye’de enerji tüketimi ile hava kirliliği arasındaki ilişkinin hangi yönde olduğunu saptamaya çalışmaktadır.

Enerji bağlamında Türkiye, büyük bir oranda dışa bağımlı durumdadır. Türkiye’nin yeterince rezervi bulunmaması sebebiyle ihtiyaç duyduğu enerjinin çoğunu ithal ederek karşılamaktadır. İthalat yaparak karşıladığı bu enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Türkiye’nin enerjide dışa bağımlı olması hem ekonomisi hem de ekosistemi ve çevresel göstergeleri üzerinde etkili olmuştur. Bu nedenle enerji tüketimi ve hava kirliliği arasındaki ilişki Türkiye’nin sürdürülebilir kalkınması için önem arz etmektedir. Bu çalışmada hedeflenen durum ise yapılan analizlerle uygulanacak enerji politikalarının Türkiye ekosistemi, çevresel durumunu ve iklim değişikliği ile mücadelesini nasıl ve ne yönde etkileyeceği hususunda katkılar sunmaktır.

Bu çalışmanın gerek araştırma kısmında gerekse de yazım aşamasında her türlü desteğiyle bana ışık tutan, yolumu aydınlatan sevgili ve kıymetli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Hakan Uslu’ya ve yükseköğrenim hayatım boyunca bana kıymetli katkılarda bulunan iktisat bölümündeki değerli hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca maddi, manevi hiçbir desteğini esirgemeyen, sabır ve motivasyonlarıyla bugünlere gelmemi sağlayan canım anneme, babama ve tüm aile bireylerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Adıyaman, Haziran, 2022

Abidin SAPAN

ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ VE LİTERATÜRE KATKISI

Enerji, insanlığın ilk dönemlerinden bu yana farkında olarak ya da olmayarak günlük hayatın önemli bir parçası olmuştur. Gelişen teknolojiler ve endüstriler gibi etmenler sayesinde enerjinin hayatımızdaki önemi daha fazla hissedilir hale gelmiştir. Mal ve hizmet üretimi, ısınma ve aydınlatma gibi birçok alanda temel üretim faktörlerinden biri olmuştur. Özellikle sanayi devriminden itibaren enerjiye olan gereksinim daha da artmıştır. Enerji, sadece üretim ve tüketim faaliyetleri için değil ülkelerin stratejik ve politik konumları için de önem taşımaktadır. Bu derece önemli bir unsur olan enerjinin incelenmesi önemlilik arz etmektedir.

Enerjinin, hayatımızın her alanına girecek kadar yoğun kullanılıyor olması, onun neden olduğu sonuçları da gündeme getirmiştir. Özellikle çevre üzerinde olumsuz baskılar yaratabilen ve enerji tüketimine neden olan faaliyetler tüm dünyada olduğu gibi Türkiye için de son derece önemli problemler teşkil etmektedir. Yapılan birçok çalışmada çevresel sorunların ortaya çıkmasında enerjinin payı vurgulanmıştır. Yapılan bu çalışmada Türkiye'nin hava kalitesi için enerji tüketiminin önemi göz önünde bulundurularak enerji tüketimi ve hava kirliliği ilişkisinin Türkiye genelinde incelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı enerji tüketimi ve hava kirliliği ilişkisini kullanılan veri seti bakımından Türkiye geneli için il düzeyinde inceleyen ilk çalışma olmasıdır. Bu çalışmada kullanılmak ve hava kalitesini ölçmek için oluşturulan il düzeyindeki panel veri seti ve analizler bu çalışmayı Türkiye için yapılan diğer çalışmalardan ayırtmaktadır. Yapılan bu çalışmanın bir diğer amacı ise elde edilen analiz sonuçlarına göre gerek çevre gerekse de enerji tüketimi hususlarına yönelik uygulanacak politikaların Türkiye'yi ne yönde etkileyeceğine yardımcı olabilmektir. Yapılan diğer çalışmalara bakıldığında, Shafiei ve Salim (2013) ve Uysal ve Yapraklı (2016) gibi araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalarda özellikle yenilenemeyen enerji tüketiminin çevre üzerinde olumsuz etkileri olduğu anlaşılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda elde edilen enerji tüketimi ile hava kirliliği arasındaki pozitif ilişki, J. Ang (2007) ve Kesgingöz ve Karamelikli (2015) gibi araştırmacıların elde etmiş olduğu çalışma sonuçlarını destekler nitelikte olmuştur.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ.....	vi
ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ VE LİTERATÜRE KATKISI	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xviii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ TANIMI, ENERJİ TÜRLERİ VE ENERJİ TÜKETİMİ

1.1.ENERJİ TANIMI VE ÖNEMİ	3
1.2.ENERJİ TÜRLERİ	4
1.2.1.Yenilenebilir Enerji Türleri.....	5
1.2.1.1.Güneş Enerjisi	7
1.2.1.2. Rüzgâr Enerjisi	12
1.2.1.3. Jeotermal Enerji.....	15
1.2.1.4.Hidrolik Enerji	20
1.2.1.5.Biokütle Enerjisi.....	24
1.2.2.Yenilenemeyen Enerji Türleri	30
1.2.2.1.Kömür	31
1.2.2.2.Nükleer Enerji	36
1.2.2.3.Doğal Gaz.....	40
1.2.2.4.Petrol	47
1.3.ENERJİ TÜRLERİ TÜKETİMİ	52
1.3.1.Yenilenebilir Enerji Türleri Tüketimi	52
1.3.1.1.Güneş Enerjisi Tüketimi	56
1.3.1.2.Rüzgâr Enerjisi Tüketimi.....	66
1.3.1.3.Jeotermal Enerji Tüketimi.....	75

1.3.1.4.Hidrolik Enerji Tüketimi	83
1.3.1.5.Biokütle Enerji Tüketimi.....	90
1.3.2.Yenilenemeyen Enerji Türleri Tüketimi	97
1.3.2.1.Kömür Tüketimi	101
1.3.2.2.Nükleer Enerji Tüketimi	110
1.3.2.3.Doğal Gaz Tüketimi.....	118
1.3.2.4.Petrol Tüketimi	131

İKİNCİ BÖLÜM

ÇEVRE, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SERA GAZLARI

2.1.ÇEVRE KAVRAMI	148
2.1.1.Çevre Sorunlarının Ortaya Çıkışı	149
2.1.2.Çevre Kirliliği ve Türleri	150
2.1.2.1.Su Kirliliği.....	151
2.1.2.2.Gürültü Kirliliği	156
2.1.2.3.Toprak Kirliliği	159
2.1.2.4.Görüntü Kirliliği	161
2.1.2.5.Radyoaktif Kirlilik.....	162
2.1.2.6.Hava Kirliliği.....	163
2.1.2.6.1.Kükürt Dioksit (SO ₂)	167
2.1.2.6.1.Partükül Madde (PM ₁₀ ve PM _{2,5}).....	170
2.2.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	173
2.2.1.İklim Değişikliği Hususunda Yapılan Uluslararası Girişimler	178
2.2.1.1.Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi	178
2.2.1.2.Kyoto Protokolü	183
2.2.1.3.Paris İklim Anlaşması.....	189
2.3.SERA GAZI	191
2.3.1.Sera Gazı Çeşitleri	195
2.3.1.1.Karbondioksit Emisyonu (CO ₂).....	195
2.3.1.2.Metan Gazı (CH ₄).....	205
2.3.1.3.Su Buharı (H ₂ O).....	209

2.3.1.4.Karbonmonoksit (CO).....	210
2.3.1.5.Diazot Monoksit (N ₂ O)	211
2.3.1.6.Azot Oksitler (NO _x)	213

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENERJİ TÜKETİMİ VE HAVA KİRLİLİĞİ İLİŞKİSİ

3.1.ENERJİ TÜKETİMİ VE HAVA KİRLİLİĞİ SALINIMI ARASINDAKİ İLİŞKİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	216
--	-----

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ENERJİ TÜKETİMİ VE HAVA KİRLİLİĞİ ÜZERİNE AMPİRİK UYGULAMA

4.1.VERİ SETİ, EKONOMETRİK YÖNTEM VE BULGULAR	227
4.1.1.Veri Seti	227
4.1.2.Ekonometrik Model	231
4.1.3.Ekonometrik Analiz Sonuçları	232
SONUÇ.....	239
KAYNAKÇA	242
ÖZGEÇMİŞ.....	276

SİMGELER VE KISALTMALAR

$\mu\text{g}/\text{m}^3$.	: 1 Metreküp Başına Düşen Mikrogram
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AR-GE.	: Araştırma Geliştirme
BEPA.	: Biokütle Enerjisi Potansiyel Atlası
BMİDÇS.	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BOTAŞ	: Boru Hatlarıyla Petrol Taşıma Anonim Şirketi
BP	: British Petroleum
BTE.	: Bakü -Tiflis- Erzurum
C₂H₆.	: Etan
C₃H₈.	: Propan
CdTe.	: Kadmiyum Tellürid
CH₄.	: Metan
CO.	: Karbonmonoksit
CO₂.	: Karbondioksit
COP.	: Taraflar Konferansı
CSP.	: Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi
CuInSe₂.	: Bakır İndiyum Diselenid
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
EKK.	: En Küçük Kareler Yöntemi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
G-7.	: G-7 Ülkeleri (Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, Fransa, İtalya, Almanya, Japonya, Kanada)
GaAs.	: Galyum Arsenit
GEPA.	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GSYİH.	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla

GW.	: Gigawatt (1 GW= 103 MW= 106 KW= 109 W)
GWh.	: Gigawattsaat (1 GWh= 103 MWh= 106 KWh= 109 Wh)
H.	: Hidrojen
H₂O.	: Su Buharı
HES.	: Hidroelektrik Santral
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
IRENA	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
ISO/TC	: International Organization For Standardization/ Technical Committee
kcal/kg.	: 1 Kilogram Başına Düşen Kalori
km.	: Kilometre
km².	: Kilometrekare
km³.	: Kilometreküp
KW.	: Kilowatt (1 KW= 103 W)
KWh/m².	: 1 Metrekare Başına Düşen Kilowattsaat
KWh/yıl.	: 1 Yıllık Kilowattsaat
KWh.	: Kilowattsaat (1 KWh= 103 Wh)
LNG.	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
LT.	: Litre
M.Ö.	: Milattan Önce
M.S.	: Milattan Sonra
m/s.	: 1 Saniyede Ulaşılan Metre
m³.	: Metreküp
MENA	: Orta Doğu ve Kuzey Afrika Bölgesi
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MTEP/yıl.	: 1 Yıllık Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MTEP.	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW.	: Megawatt (1 MW= 103 KW= 106 W)
MWe.	: Megawatt Net
MWh.	: Megawattsaat (1 MWh= 103 KWh= 106 Wh)
MWt.	: Megawatt Isı
N.	: Azot
N₂O.	: Diazot Monoksit

NO₂.	: Azot Dioksit
NO_x.	: Azot Oksitler
O.	: Oksijen
OECD	: Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü
OH.	: Hidroksil Radikali
PEGSÜ.	: Piyasa Ekonomisine Geçiş Sürecinde Olan Ülkeler
PM.	: Partikül Madde
ppb.	: Milyonda Bir Parçacık
ppm.	: Milyarda Bir Parçacık
PV.	: Fotovoltaik Piller
RES.	: Rüzgâr Enerji Santrali
Sm³.	: Standart Metreküp
SO₂.	: Kükürt Oksit
SOCAR	: Azerbaycan Devlet Petrol Şirketi
TEP/yıl.	: 1 Yıllık Ton Eşdeğer Petrol
TEP.	: Ton Eşdeğer Petrol
TETAŞ	: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
TL.	: Türk Lirası
TMMOB	: Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TTK	: Türkiye Taş Kömürü Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TWh/yıl.	: 1 Yıllık Terawattsaat
TWh.	: Terawattsaat
TYİ	: Türkiye- Yunanistan- İtalya
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi
vb.	: Ve Benzeri
vd.	: Ve Diğerleri
W/m².	: 1 Metrekareye Düşen Watt
W.	: Watt

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Enerji Türlerinin Sınıflandırılması.....	4
Tablo 2: Türkiye’deki Güneş Enerji Santralleri Genel Görünümü	9
Tablo 3: Türkiye’de Bulunan Bazı Önemli Hidroelektrik Enerji Santralleri.....	23
Tablo 4: Başlıca Biokütle Kaynakları	26
Tablo 5: Türkiye’de BEPA’nın Genel Görünümü	29
Tablo 6: Türkiye’nin Kurulu Güç Bakımından En Büyük İlk 10 Biokütle Enerji Santrali	30
Tablo 7: Türkiye 2019 Yılı Termal Taşkömür İthalatı Yaptığı Ülkeler (Bin Ton).....	33
Tablo 8: Türkiye’nin 2020 Yılı Ay Sonu Doğal Gaz Stok Miktarı (Milyon Sm ³).....	47
Tablo 9: Türkiye’nin Petrol Rafineri Kapasitesi (Günlük bin varil).....	50
Tablo 10: Bölgelerde ve Dünyada Yenilenebilir Enerji Üretimi (Terawatt-Saat)	53
Tablo 11: Bölgelerde ve Dünyada Yenilenebilir Enerji Tüketimi (Mtep)	54
Tablo 12: Bölgelerde ve Dünya’da Kurulu Güneş Enerjisi Kapasitesi (MW).....	59
Tablo 13: Bölgelerde ve Dünya’da Güneş Enerjisi Üretimi (Terawatt-Saat)	60
Tablo 14: Dünyada En Fazla Kurulu Güneş Enerjisi Gücüne Sahip İlk 5 Ülke (GW)..	61
Tablo 15: Güneş Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanslı Elektrik Miktarı İçindeki Payı (GWh)	64
Tablo 16: Güneş Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanssız Elektrik Miktarı İçindeki Payı (MWh).....	65
Tablo 17: Bölgelerde ve Dünyada Kurulu Rüzgâr Enerji Kapasitesi (GW)	69
Tablo 18: Bölgelerde ve Dünyada Rüzgâr Enerjisi Üretimi (Terawatt-Saat)	70
Tablo 19: Rüzgâr Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanslı Elektrik Miktarı İçindeki Payı (GWh)	74
Tablo 20: Rüzgâr Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanssız Elektrik Miktarı İçindeki Payı (MWh).....	75
Tablo 21: Bölgelerde ve Dünya’da Jeotermal Enerji Kapasitesi (MW)	76
Tablo 22: Bölgelerde ve Dünyada Jeotermal Enerji Üretim Miktarları (GWh)	77
Tablo 23: Jeotermal Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanslı Elektrik Miktarı İçindeki Payı (GWh)	82
Tablo 24: Bölgelerde ve Dünyada Hidrolik Enerji Kapasitesi (MW).....	84

Tablo 25: Bölgelerde ve Dünyada Hidrolik Enerji Üretimi (GWh).....	85
Tablo 26: Hidrolik Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanslı Elektrik Miktarı İçindeki Payı (GWh)	89
Tablo 27: Hidrolik Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanssız Elektrik Miktarı İçindeki Payı	89
Tablo 28: Bölgelerde ve Dünyada Biokütle Enerji Kapasitesi (MW)	91
Tablo 29: Bölgelerde ve Dünyada Biokütle Enerji Üretimi (Bin varil petrol günlük eşdeğeri)	92
Tablo 30: Bölgelerde ve Dünyada Biokütle Enerji Tüketimi (Bin varil petrol günlük eşdeğeri)	93
Tablo 31: Biokütle Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanslı Elektrik Miktarı İçindeki Payı (GWh)	96
Tablo 32: Biokütle Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanssız Elektrik Miktarı İçindeki Payı (MWh).....	97
Tablo 33: Bölgelerde ve Dünyada Birincil Enerji Tüketimi (Mtep).....	99
Tablo 34: 2020 Yılı Sonu İtibariyle Toplam Kanıtlanmış Kömür Rezervleri (Milyon Ton)	102
Tablo 35: Bölgelerde ve Dünyada Kömür Üretimi (Milyon Ton Eşdeğer Petrol).....	103
Tablo 36: Bölgelerde ve Dünyada Kömür Tüketimi (Milyon Ton).....	104
Tablo 37: Dünya Kömür İthalat ve İhracat Dengesi (Milyon Ton Eşdeğer Petrol).....	105
Tablo 38: 2021 Yılı Türkiye'deki Taşkömür Rezerv Miktarları (Ton)	106
Tablo 39: Türkiye'de Havza Taşkömürü Üretimi	107
Tablo 40: Türkiye Gerçekleşen Taşkömür Üretim, İthalat ve Tüketim Miktarları (Bin Ton).....	107
Tablo 41: Türkiye'de Taşkömürü Tüketiminin Sektörel Dağılımı (Bin Ton)	108
Tablo 42: Kömür Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanslı Elektrik Miktarı İçindeki Payı (GWh)	109
Tablo 43: Bölgelerde ve Dünyada Nükleer Enerji Tüketimi (Milyon Ton Eşdeğer Petrol)	111
Tablo 44: Faaliyette ve Yapım Aşamasında Olan Nükleer Enerji Santral Sayıları ve Payları	112
Tablo 45: Bölgelerde ve Dünyada Elektrik Üretimde Nükleer Enerjinin Payı (TWh)	113

Tablo 46: Küresel Çapta Meydana Gelen Nükleer Enerji Kazaları	115
Tablo 47: Türkiye'nin Nükleer Enerji Tarihçesi	118
Tablo 48: Bölgelerde ve Dünyada Toplam Kanıtlanmış Doğal Gaz Rezervleri (Trilyon m ³)	119
Tablo 49: Bölgelerde ve Dünyada Doğal Gaz Üretim Miktarları (Milyar m ³)	120
Tablo 50: Bölgelerde ve Dünyada Doğal Gaz Tüketim Miktarları (Milyar m ³)	121
Tablo 51: Bölgelerde Gerçekleşen Doğal Gaz Ticareti (Milyar m ³)	122
Tablo 52: Türkiye'de Gerçekleşen Doğal Gaz Tüketim Miktarları (Milyon Sm ³)	125
Tablo 53: Türkiye'nin Sektörler Bazında Doğal Gaz Tüketim Miktarları (Milyon Sm ³)	126
Tablo 54: Türkiye'nin Doğal Gaz İthalat Miktarları (Milyon Sm ³)	129
Tablo 55: Bölgelerde ve Dünyada Kanıtlanmış Toplam Petrol Rezervleri (Bin milyon varil)	132
Tablo 56: Bölgelerde ve Dünyada Petrol Üretimi (Milyon Ton)	133
Tablo 57: Bölgelerde ve Dünyada Petrol Tüketimi (Günlük bin varil)	134
Tablo 58: Bölgelerde ve Dünyada Petrol Rafineri Kapasitesi (Günlük bin varil)	135
Tablo 59: Bölge ve Ülkelere Göre Gerçekleşen Petrol İhracatı (Günlük bin varil)	136
Tablo 60: Bölge ve Ülkelere Göre Gerçekleşen Petrol İthalatı (Günlük bin varil)	138
Tablo 61: Türkiye'de Türlerine Göre Petrol Üretimi (Ton)	139
Tablo 62: Türkiye'nin Bazı Yıllarda Ham Petrol Üretimi (Milyon ton)	140
Tablo 63: Türkiye'de Türlerine Göre Petrol Tüketimi (Ton)	141
Tablo 64: Türkiye'de Türlerine Göre Petrol İthalatı (Ton)	143
Tablo 65: Türkiye'de Türlerine Göre Petrol İhracatı (Ton)	144
Tablo 66: 2018 ve 2020 Yılı Atık Su Göstergeleri	153
Tablo 67: Hava Kirliliğine Neden Olan Kaynakların Payları (%)	165
Tablo 68: Hava Kirlleticileri ve Sağlık Üzerindeki Etkisi	167
Tablo 69: SO ₂ Limit Değerleri (µg/m ³)	169
Tablo 70: Partikül Madde Limit Değerleri	171
Tablo 71: IPCC Raporlarında İklim Değişikliği ve Çıktılar	177
Tablo 72: BMİDÇS, EK-I ve EK-II Ülkeleri	179
Tablo 73: Düzenlenen Taraflar Konferansı ve Çıktılar	181
Tablo 74: Kyoto Protokolünde ki Tarafların Üstlendiği Sorumluluklar	188

Tablo 75: Paris İklim Anlaşmasına İmza Atmalarına Rağmen Ülke Meclisinde Onaylamayan Ülkeler.....	190
Tablo 76: Türkiye’de Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları (Milyon Ton CO ₂ Eşdeğeri)	193
Tablo 77: Çeşitlerine Göre Sera Gazı Emisyonları (Milyon Ton CO ₂ Eşdeğeri)	194
Tablo 78: Bölgelerde ve Dünyada CO ₂ Emisyonları (Milyon ton).....	198
Tablo 79: Türkiye’de Sektörlere Göre Metan Gazı Emisyonu (Bin ton).....	209
Tablo 80: Türkiye’de Sektörlere Göre N ₂ O Emisyonları (Bin ton).....	213
Tablo 81: Tanımlayıcı İstatistikler	227
Tablo 82: Korelasyon Matrisi	230
Tablo 83: EKK ve Sabit Etkiler Regresyon Analiz Sonuçları	233
Tablo 84: Hausman Test Sonuçları	235
Tablo 85: Bölgesel Regresyon Analiz Sonuçları	238

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Toplam Kapasitesi (MW).....	6
Şekil 2: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Toplam Kapasitesi Kaynak Dağılımı (MW) ..	6
Şekil 3: Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası	10
Şekil 4: Türkiye'de Güneşlenme Süreleri (Saat)	11
Şekil 5: 2020 Yılı İtibariyle Bölgelere Göre Rüzgâr Enerjisi Gücü (%)	14
Şekil 6: 2020 Yılı Faaliyetteki Rüzgâr Enerji Santrallerin İllere Göre Dağılımı (%)	15
Şekil 7: Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyel Haritası.....	18
Şekil 8: Türkiye'nin Jeotermal Potansiyel Alanları (%).....	19
Şekil 9: Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları (%).....	19
Şekil 10: En Fazla Kurulu Jeotermal Enerji Gücüne Sahip İlk 10 Ülke (MW)	20
Şekil 11: Hidroelektrik Enerji Üretimi	22
Şekil 12: En fazla Hidroelektrik Kapasitesine Sahip İlk 10 Ülke (MW)	24
Şekil 13: Türkiye'nin Biokütle Enerjisi Potansiyel Atlası	27
Şekil 14: En Fazla Biokütle Enerji Kapasitesine Sahip İlk 10 Ülke (MW)	28
Şekil 15: Türkiye'nin Kömür Kaynak Dağılımı (%).....	33
Şekil 16: Türkiye'nin 2018 yılı Kömür Tüketimi (Milyon Ton).....	34
Şekil 17: Türkiye'nin 2020 Yılı Kömüre Dayalı Kurulu Güç ve Toplam Kurulu Güç (Mw).....	35
Şekil 18: 2020 Yılı En Fazla Kömür Rezervine Sahip İlk 5 Ülke ve Türkiye (Milyon Ton)	36
Şekil 19: 2020 Yılı En Fazla Doğal Gaz Rezervine Sahip İlk 5 Ülke (Trilyon m ³).....	43
Şekil 20: 2020 Yılı İllere Göre Doğal Gaz Üretim Oranları (%)	44
Şekil 21: 2020 Yılı Doğal Gaz İthalatında Şirketlerin Payı (%)	45
Şekil 22: 2020 Yılı Toplam Doğal Gaz Arzının Karşılandığı Kaynakların Payları (%) ..	46
Şekil 23: En fazla Petrol Rezervine Sahip İlk 5 Ülke (Bin milyon varil).....	50
Şekil 24: 2020 Yılı Petrol Piyasası Arz ve Talep Dengesi (Ton)	51
Şekil 25: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Üretimi (Terawatt-Saat)	55
Şekil 26: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Tüketimi (Mtep)	56
Şekil 27: Türkiye'de Kurulu Güneş Enerjisi Kapasitesi (Mw)	63
Şekil 28: Türkiye'de Güneş Enerjisi Üretimi (Terawatt-Saat)	63

Şekil 29: En Fazla Kurulu Rüzgâr Enerjisi Gücüne Sahip İlk 10 Ülke.....	71
Şekil 30: Türkiye’de Kurulu Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi (MW)	73
Şekil 31: Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Üretimi (Terewatt-Saat).....	73
Şekil 32: Türkiye’de Kurulu Jeotermal Enerjisi Kapasitesi (Mw)	81
Şekil 33: Türkiye’de Üretilen Jeotermal Enerji Miktarları (GWh)	81
Şekil 34: Türkiye’de Kurulu Hidrolik Enerji Kapasitesi (MW).....	87
Şekil 35: Türkiye’de Hidrolik Enerjiden Elektrik Üretimi (GWh)	88
Şekil 36: Türkiye’de Kurulu Biokütle Enerji Kapasitesi (MW).....	94
Şekil 37: Türkiye’ Biokütle Enerjisinden Elektrik Üretimi (GWh)	95
Şekil 38: Birincil Enerji Talebi, GSYİH ve Nüfus Arasındaki İlişki Projeksiyonu	98
Şekil 39: Türkiye’de Gerçekleşen Doğal Gaz Üretim Miktarları (Milyon Sm ³).....	124
Şekil 40: Türkiye’nin 2020 Yılı Doğal Gaz Tüketimi Sektörel Düzeydeki Seyri (Milyon Sm ³).....	127
Şekil 41: Türkiye’nin Doğal Gaz İhracat Miktarları (Milyon Sm ³)	130
Şekil 42: Türkiye’de 2020 Yılı Vergisiz Kurşunsuz Benzin 95 Oktan Fiyat Seyri (TL/LT)	144
Şekil 43: Türkiye’de 2020 Yılı Vergisiz Motorin Fiyat Seyri (TL/LT)	145
Şekil 44: Türkiye’de 2020 Yılı Ortalama Benzin Fiyatı	146
Şekil 45: Türkiye’de 2020 Yılı Ortalama Motorin Fiyatı (TL/LT)	146
Şekil 46: 2020 Yılında Çekilen Suyun Kaynaklara Göre Dağılımı.....	154
Şekil 47: Türkiye Su Kirliliği Öncelikleri Haritası.....	155
Şekil 48: 2020 Yılında Deşarj Edilen Atık Suyun Kaynaklara Göre Dağılımı	156
Şekil 49: Türkiye Gürültü Kirliliği Öncelikleri Haritası	158
Şekil 50: Toprak Kirliliğine Neden Olan En Önemli Faktörler	160
Şekil 51: Hava Kirliliği Öncelikleri Haritası	166
Şekil 52: 2020 Yılı En Fazla SO ₂ Ortalamasına Sahip İller (Metreküp başına Mikro gram)	170
Şekil 53: 2020 Yılında En Fazla PM ₁₀ Kirliliği Yaşan İller (µg/m ³).....	172
Şekil 54: 2020 Yılında En Fazla PM _{2,5} Kirliliği Yaşan İller (µg/m ³).....	173
Şekil 55: Dünya Kırsal Nüfusun Seyri (%)	176
Şekil 56: Türkiye’nin Sera Gazı Emisyon Değerleri (Milyon Ton CO ₂ Eşdeğeri)	192
Şekil 57: Çeşitlerine Göre Sera Gazı Emisyon Oranları	195

Şekil 58: Dünyada Birincil Enerji Tüketimi ve CO ₂ Emisyonu (Mtep- Milyon ton CO ₂)	199
Şekil 59: 1990-2019 Yılları Arasında CO ₂ Emisyonlarının Seyri (Milyon ton)	200
Şekil 60: Türkiye’de Gerçekleşen CO ₂ Emisyon Miktarları (Milyon ton).....	201
Şekil 61: Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi ve CO ₂ Emisyonu (Mtep- Milyon ton CO ₂)	202
Şekil 62: Türkiye’de Enerji Kaynaklarına Göre CO ₂ Emisyonları (Milyon ton CO ₂) .	203
Şekil 63: Türkiye’de Sektörlere Göre CO ₂ Emisyonu (Milyon ton CO ₂)	204
Şekil 64: Türkiye’de Kişi Başına Düşen CO ₂ Emisyonu (Ton CO ₂)	205
Şekil 65: Dünya Geneli Metan Gazı Emisyon Değerleri (Kilo ton CO ₂ Eşdeğeri).....	207
Şekil 66: Metan Gazına Neden Olan Kaynakların Dağılımı (%)	207
Şekil 67: Türkiye’de Gerçekleşen Metan Gazı Emisyonları (Bin ton).....	208
Şekil 68: Türkiye’de Gerçekleşen N ₂ O Emisyonları (Bin ton)	212
Şekil 69: 2020 Yılında En Fazla NO ₂ Emisyonu Yapan İller (Metreküp Başına mikro gram)	214

GİRİŞ

Enerji, geçmiş yüzyıllardan bu yana canlı yaşamı içerisinde çok önemli bir konuma sahip olmuştur. İnsanlık tarihi boyunca farkında olunarak ya da olunmayarak aslında hep birtakım enerji faaliyetlerinde bulunulmuştur. Canlı yaşamının devamlılığı için bu denli vazgeçilmez olan bir kaynak olan enerji birçok alanda kullanılarak yaşamın içerisindeki yerini almıştır. Geçmişten bu yana kullanılan enerji her geçen gün daha fazla önem kazanarak varlığını sürdürmüştür. Enerji günümüzün ve gelecek yılların en önemli konularından biri olmaya devam edecektir.

Enerji gerek toplumların gerekse ülkelerin gelişmişlik, refah düzeyleri ve kalkınmalarında önemli bir rol oynamıştır. Bazı ülkeler enerji kaynakları bakımından zenginken bazı ülkeler ise daha sınırlı kaynaklara sahip olmuştur. Enerji zenginliği bulunan ülkeler şüphesiz ki uluslararası arenada daha fazla söz hakkına sahip olmaktadır. Söz konusu bu ülkelerin Rusya, S. Arabistan vb. sahip olduğu kaynakları optimal düzeyde kullanması toplumunun refahına ve gelişmesine katkı sağlamaktadır.

Gelişen ve değişen dünyada yaşanan nüfus artışları, teknolojik ilerlemeler ve sanayi faaliyetleri gibi etmenler enerji tüketimini ve talebini artırmaktadır. Ülkeler ise artan bu enerji ihtiyacını ve talebini karşılamak durumundadırlar. Jeopolitik konumu sayesinde bol miktarda enerji kaynaklarına sahip olan ülkeler enerjiye olan ihtiyaçlarını kendi kaynaklarından karşılarlarken aynı zamanda diğer ülkelere de ihraç etmektedirler. Bu anlamda enerji kaynakları bakımından yetersiz ya da kaynakları işleyecek teknolojiye sahip olmayan ülkeler ise ihtiyacı olan enerjiyi daha çok ithalat yoluyla karşılamaktadırlar. Bu bağlamda kimi ülkeler enerjide daha az dışa bağımlı olurken kimi ülkeler ise Türkiye, İtalya vb. neredeyse tamamen dışa bağımlı konumdadırlar. Enerji bağımlılığı şüphesiz ki ülkelerin cari açıklarına ve dolayısıyla ekonomilerine de etki etmektedir.

Enerji kaynakları sınıflandırılırken yenilenemeyen ve yenilenebilen enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır. Özellikle yenilenemeyen enerji kaynaklarının yeryüzündeki dağılımı eşit değildir. Bu da bazı ülkeleri avantajlı yaparken bazılarını da dezavantajlı konuma taşımaktadır. Dünya çapında enerji ihtiyacı ve talebinin karşılandığı kaynaklar daha çok yenilenemeyen enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Diğer bir deyişle dünya enerji tüketiminin büyük bir çoğunluğu kömür, petrol, nükleer enerji ve doğalgaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılanmaktadır.

Dünya enerji tüketiminin çok büyük bir kısmının yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılanmasından dolayı çevre üzerinde büyük bir tahribat meydana gelmektedir. Özellikle günümüzün ve geleceğimizin en önemli sorunlarından biri olarak görülen küresel iklim değişikliği hususunda bu durumun önemli bir etkisi vardır. Yenilenemeyen enerji kaynakları tüketiminden kaynaklanan hava kirliliği ve sera gazı etkisinin oluşmasında etkili olan gazlar dünya ortalama sıcaklığını artırmaktadır. Bu durumun engellenmesi ya da etkisinin en aza indirilmesi amacıyla çeşitli uluslararası kuruluşlar kurulmuş ve katılımcı ülkeler ile toplantılar gerçekleştirilmiştir. Bunun dışında ülkelerin iklim değişikliği ile mücadele etmek için alternatif enerji kaynaklarına yani yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Gelişmişlik düzeyi, kalkınma, refah seviyesi ve ekonomi gibi kavramlar üzerinde etkisi olan enerji, Türkiye açısından daha çok ithalat yoluyla karşılanan bir kaynak olmuştur. Her ne kadar jeopolitik konumu itibariyle çok stratejik yerde de olsa enerji anlamında ihtiyacının büyük bir kısmını ithal ederek karşılamaktadır. Bu durumun ise Türkiye'nin ekonomik göstergelerine negatif bir etkisi vardır. Son yıllarda enerji tüketimi, hava kirliliği, iklim değişikliği ve ekonomik göstergelerin dünya varlığı üzerindeki etkisinin artmasıyla birlikte bu kavramlar sıkça tartışılmaya başlanmış ve bu kavramlar arasındaki etkileşiminin iktisat literatüründe incelenmesine yol açmıştır.

Yapılan literatür araştırmalarında çalışılan birçok konu Doğan (2010) ve Selvi (2017) vb. ekonomik büyüme ve enerji kaynakları tüketimi arasında yapılmıştır. Bu durum hem dünya genelinde hem de Türkiye özelinde geçerliliğini korumaktadır. Fakat yapılan literatür taramalarında Türkiye için enerji tüketiminden kaynaklı hava kirliliği hususunda yeterli çalışmalara rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu çalışmayı önceki çalışmalardan ayıran en önemli özellik enerji ve çevre arasındaki ilişkinin incelenmesidir.

Yapılan bu çalışmanın birinci kısmında yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynakları açıklanmış ve aynı zamanda dünya ve Türkiye için rezerv miktarları, üretim ve tüketim gibi hususlara dair ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir. İkinci bölümünde ise çevre, iklim değişikliği ve sera gazı kavramları tanımlanıp açıklanmıştır. Üçüncü bölümde ise ilgili literatürdeki benzer çalışmalara yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise Türkiye özelinde yapılan enerji tüketimi ve hava kirliliği arasındaki ilişki üzerine gerçekleştirilen ampirik uygulamalar yer almaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ TANIMI, ENERJİ TÜRLERİ VE ENERJİ TÜKETİMİ

1.1.ENERJİ TANIMI VE ÖNEMİ

Enerji kelimesi Yunan kökenli “energon” kelimesinden meydana gelmektedir. En kelimesi “iç”, ergon kelimesi ise “iş” anlamına gelerek enerjiyi içeride oluşan “iç iş” olarak tanımlamak mümkündür. Enerji hareket sağlayan güç anlamı da taşımaktadır. Başka bir deyişle enerjiyi maddelerin iş yapabilme yeteneği olarak da ifade edebiliriz. Daha önceki dönemlerden bugüne kadar meydana gelen üretim faaliyetlerinde belirli bir enerji kaynağının kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Enerji, insan emeğinin yanı sıra diğer kaynaklarda olabilir (Demirbaş, 2002:1). Üretimin meydana gelebilmesi için birtakım enerjinin harcanması gerekliliği söz konusu olmuştur. Yüzyıllar boyunca en önemli ve en büyük enerji kaynağı insan olmuştur (Doğanay ve Coşkun, 2017:1). Enerjinin çeşitli türleri günlük hayatta doğrudan ya da dolaylı olarak kullanıldığından dolayı enerji insan hayatında çok önemli bir yere sahiptir (Berberoğlu, 1982:9).

Çok eski dönemlerden bu yana insan yaşamının devamlılığı için en temel öğelerden biri enerji olmuştur. Stratejik açıdan da önemli bir konuma sahip olan enerji, aynı zamanda büyüme ve gelişme üzerinde de etkili olmuştur. Bilhassa sanayi devrimin yaşanmasından sonra yaşanan gelişmeler enerjiye olan ihtiyacın da artmasına neden olmuştur (Yatar, 2007: 1). Üretim faaliyetlerinin yapılabilmesi, ülkelerin büyümesi, bilgi çağındaki yerlerini alabilmesi ve insan yaşamı için önemli ölçüde enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır (Nehir, 1999: 6).

Sanayi devriminden önce tarımsal faaliyetler daha ön plandayken sanayi devrimiyle birlikte enerji, sanayinin en önemli parçası olmuştur. Enerji gibi önemli bir unsurun sanayi sektörüne girmesi sonucunda üretim faaliyetleri artmış ve bu durum refah seviyesini artırmıştır. Bununla beraber şehirleşme hızı artmış ve nüfusta da meydana gelen artışla beraber enerjiye olan talepte de artış meydana gelmiştir (Aydın, 2010: 318).

1974 yılında yaşanan petrol krizi neticesinde küresel çapta petrol fiyatları yükselmiştir. Bu yükselme sonucunda sanayi sektörü zora girmiş ve ülkelerin üretim faaliyetleri sekteye uğramıştır. Büyümelerini ve üretim faaliyetlerini devam ettirmek

zorunda olan ülkeler farklı ve alternatif enerji kaynaklarına yönelmek zorunda kalmışlardır.

Enerji aynı zamanda günlük yaşam için de vazgeçilemeyecek kadar önemli bir unsur olmuştur. Tarım, sanayi ve ulaştırma gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Ekonomik kalkınma bağlamında da önemli bir konumda olmuştur. Enerji olmadan üretim faaliyetlerinin yapılamayacağı göz önünde bulundurulduğunda sanayileşme ve dolayısıyla ekonomik büyüme için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır (İpek, 2008: 4).

1.2.ENERJİ TÜRLERİ

Günümüzde kullanılan enerji kaynaklarını birçok kriterlere göre ayırmak mümkündür. Ancak temelde iki gruba ayrılırlar. Bunlardan birincisi yenilenemeyen diğer adlarıyla birincil ve fosil enerji türleri ikincisi ise yenilenebilir enerji türleri olarak ayrılmaktadır (Yalçinkaya, 2012: 6).

Tablo 1: Enerji Türlerinin Sınıflandırılması

Yenilenebilir Enerji	Yenilenemeyen Enerji
Güneş Enerjisi	Kömür Enerjisi
Rüzgâr Enerjisi	Nükleer Enerji
Jeotermal Enerji	Doğal Gaz
Hidrolik Enerji	Petrol
Biokütle Enerji	

Yenilenebilir enerji tabiatta sınırsız diyebilecek kadar bol miktarda bulunan, temiz ve tekrar tekrar kullanılabilen enerji türlerini içermektedir. Bunlar güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik ve biokütle enerjileridir. Yenilenemeyen veya diğer adıyla fosil enerji ise binlerce yıl önceden fosilleşmeye başlayan bitki ve hayvan kalıntılarından meydana gelmektedir. Kullanılması halinde çevreye verdiği zararların yüksek olması ve sınırlı miktarda bulunması özellikleri ile bilinmektedir. Kömür, nükleer enerji, doğal gaz ve petrol yenilenemeyen enerji türleri sınıfına girmektedir.

1.2.1.Yenilenebilir Enerji Türleri

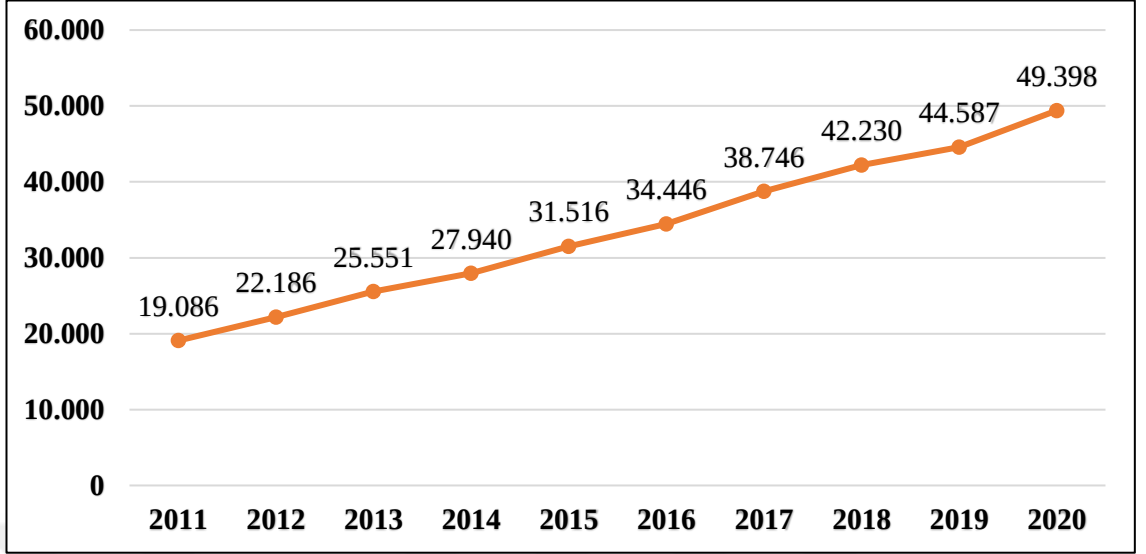
Yenilenebilir enerji doğada var olan kendini tekrar edebilen, sürekliliği olan, tükenmez bir kaynaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye duyarlı olması sebebiyle bu kaynakların kullanımı cazip hale gelmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları doğrudan kullanılabilirdiği gibi elektrik enerjisine çevrilerek de kullanılabilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında ortaya çıkan karbondioksit (CO₂) salınımının çok az olması ve yine kullanımının ucuz olması ülkelerin enerji yatırımlarının yenilenebilir enerji üretimine doğru kaymasına neden olmuştur. Dünya nüfusunun her geçen gün artması enerjiye olan ihtiyacın ve talebin de artmasını beraberinde getirmektedir. Ülkeler artan bu enerji ihtiyacını karşılayabilmek için sınırlı olan enerji kaynaklarını değil de hem sınırsız olan hem de çevreyi kirletmeyen yenilenebilir enerji kaynaklarını tercih etmeye başlamışlardır.

İnsanlar, tarih boyunca yaşamış oldukları ortamlardaki doğal kaynakları kullanmışlardır. Zaman geçtikçe insanların ihtiyaçlarındaki farklılaşma ve gelişen teknoloji sebebiyle enerjiye olan ihtiyaç artmıştır. İnsanlar artan bu enerji ihtiyacını karşılamak maksadıyla fosil yakıtları kullanmışlardır. Ancak milyonlarca yılda meydana gelen bu yakıtların kullanımı doğadaki düzen üzerinde olumsuz etkilere neden olmuştur. Bu etkiler küresel iklim değişikliklerine yol açmıştır (Aykal, Gümüş ve Özbudak Akça, 2009: 78).

Yenilenebilir enerji kaynakları; jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi hidrolik enerji ve biokütle enerji şeklinde inceleyebiliriz. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sahip oldukları bazı avantajlar vardır. Bunları şöyle özetleyebiliriz:

- Temiz bir enerji kaynağı olması
- Sınırsız olması
- CO₂ salınımının az olması
- İşletme maliyetlerinin az olması
- Güvenlik harcamalarının az olması
- İstihdam yaratması
- Enerji de dışa bağımlılığı azaltmaya yardımcı olması
- Ekonomik gelişmeyi desteklemesi gibi avantajlara sahiptir.

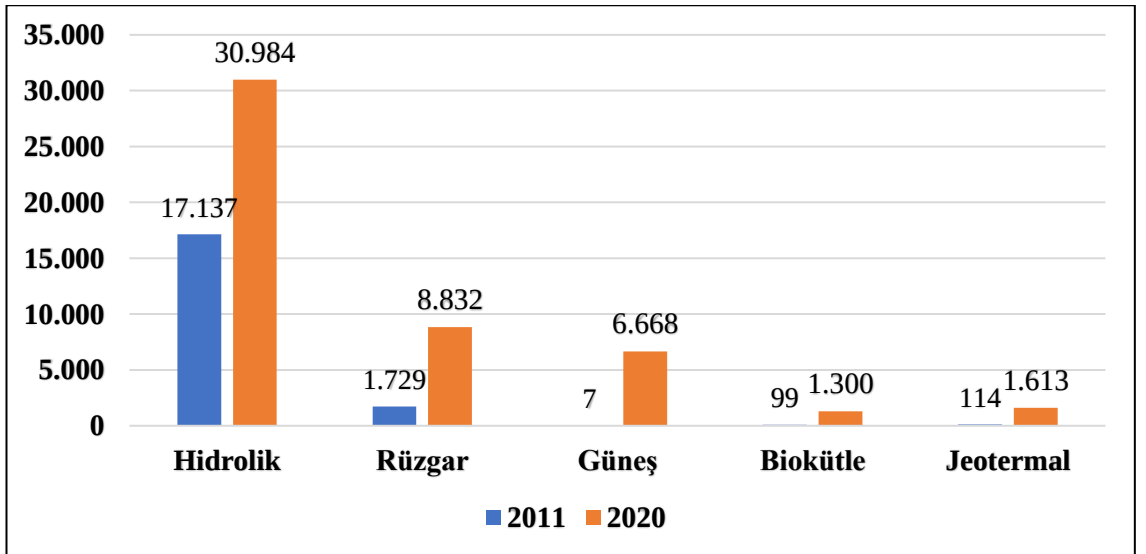
Şekil 1: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Toplam Kapasitesi (MW)



Kaynak: IRENA Renewable Capacity Statistic, 2021: 4.

Şekil 1’de Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı’na göre (IRENA) 2011-2020 yılları arasında Türkiye’nin yenilenebilir enerji bakımından toplam kapasitesi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında ülkemizin toplam kapasitesi her geçen yıl artmıştır. 2011 yılından 19.086 Mw olan kapasite 2015 yılında 31.516 Mw ve 2020 yılında 49.398 Mw olarak kaydedilmiştir.

Şekil 2: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Toplam Kapasitesi Kaynak Dağılımı (MW)



Kaynak: IRENA Renewable Capacity Statistic, 2021: 5-38.

Şekil 2’de Türkiye’nin toplam yenilenebilir enerji kapasitesinin kaynaklara göre dağılımının 2011 ve 2020 yıllarındaki değerleri verilmiştir. Bu grafiğe göre hem 2011 hem de 2020 yılında toplam kapasitedeki en büyük pay hidrolik enerji kaynağının olmuştur. 2020 yılında hidrolik enerji 30.984 Mw olurken onu sırasıyla 8.832 Mw ile rüzgâr enerjisi, 6.668 Mw ile güneş enerjisi, 1.300 Mw ile biokütle enerjisi ve 1.613 Mw ile jeotermal enerji takip etmiştir. Grafiğe göre tüm enerji kaynaklarının 2011’den 2020 yılına kadar geçen sürede ciddi bir artış olmuştur.

1.2.1.1.Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, genel olarak güneşin çekirdeğinde bulunan hidrojen gazının helyuma dönüşmesi yani füzyon süreci ile ortaya çıkan ışıma enerjisi olarak tanımlanmaktadır. Atmosferin dışındaki güneş enerjisinin gücü yaklaşık 1.370 W/m^2 oranında olup fakat bu enerjinin dünyaya ulaşan miktarı atmosferin etkisi sebebiyle $0-1100 \text{ W/m}^2$ arasında farklılık göstermektedir. Bu güneş enerjisinin yeryüzüne ulaşan kısmı insanlığın halihazırda ki enerji tüketiminden çok fazladır. Güneş enerjisinden faydalanma yönündeki çalışmalar 1970’li yıllardan sonra ivme kazanmıştır (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes>, Erişim Tarihi: 31.03.2021).

Güneş enerjisi miktar bakımından fazla olması, ücretsiz olması, sürekliliği olan bir enerji türü olması ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almasının yanı sıra insan yaşamı için önemlilik arz eden bir problem haline gelen çevreyi kirletici bir yönünün bulunmaması, işletmede olan kolaylılığı, basit bir teknolojiye sahip olması, işletme maliyetlerinin düşük olması gibi pozitif üstünlükleri nedeniyle son zamanlarda ortaya çıkan çevresel sorunların tesirini azaltmak için kullanılan çeşitli enerji kaynaklarından biridir (Varınca ve Varank, 2005: 4).

Güneş enerjisini depolayıp ve daha sonra bu depolanan enerjinin kullanılması için güneş ışınlarının yoğun geldiği bölgeler bu enerjiden yararlanmak üzere kullanılmaktadır. Güneş panelleri vasıtasıyla bu panellere gelen güneş ışınları belirli bir miktarda depolanıp elektrik akımına çevrilerek bu enerjiden istifade edilmektedir.

Güneş enerjisi, kaynağının sınırsız miktarda bulunması ve dünyamızın her köşesine erişmesi nedeniyle büyük bir enerji potansiyeli konumundadır. Bazı yörelerde bütün yıl bazı bölgelerde mevsimlik değişkenlik gösteren bu enerji türü bol miktarda

bulunan ülkeleri enerjiye olan bağımlılıklarından kurtarabilecek potansiyele sahiptir (Karadaş, 2008: 82).

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasında (GEPA) sunulan verilere göre;

- Toplam yıllık ortalama güneşlenme süresi = 2741,07 saat/yıl
- Toplam günlük ortalama güneşlenme süresi = 7,50 saat/gün
- Toplam yıllık ortalama ışıınım şiddeti = 1527,46 kwh/m² –yıl
- Toplam günlük ortalama şiddeti = 4,18 kwh/m² – gün

şeklinde hesaplanmıştır (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes>, Erişim Tarihi: 31.03.2021).

Malzeme ve yöntem açısından farklılık gösteren güneş enerjisi teknolojisi iki ana başlık altında toplanır. Bu ana başlıklardan birincisi güneş pilleri ikincisi ise ısı güneş teknolojileridir. Güneş enerjisinden ısı ortaya çıkarmak için kullanılan güneş teknolojilerinden elde edilen ısı doğrudan kullanılmasının yanı sıra elektrik üretimi içinde kullanılabilir (Varınca ve Gönüllü, 2006: 271-272).

Fotovoltaik Piller (PV): Güneş pilleri olarak da isimlendirilen ve yarı iletken malzemeler ile yapılarak güneş ışığını direkt olarak elektriğe çevirirler. Bu piller kristal silikon ve ince film olarak 2'ye ayrılır. Pil yapımında Galyum Arsenit (GaAs), Amorf Silisyum, Kristal Silisyum, Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe₂), Kadmiyum Tellürid (CdTe) maddeleri kullanılır (Deniz ve Çakallı, 2010: 22-23).

Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemlerde güneş enerjisinden ısı elde edilip, bu ısının doğrudan kullanılmasının yanı sıra elektrik üretimi içinde kullanılabilir. Bunlarda kendi aralarında yoğunlaştırıcı sistemler ve düşük sıcaklık sistemleri olarak 2'ye ayrılır. Parabolik çanak sistemleri, parabolik oluk kolektörleri ve merkez alıcı sistemler yoğunlaştırıcı sistemler başlığı altında toplanır. Güneş havuzları, su arıtma sistemleri, sera sistemleri, ürün kurutma, düzlemsel güneş kolektörleri ve güneş ocakları ise düşük sıcaklık sistemleri başlığı altında kendisine yer bulmaktadır (Deniz ve Çakallı, 2010: 22-23).

Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi (CSP) santralleri aynalar vasıtasıyla kendisine gelen güneş enerjisini daha yüksek bir ısıya çevirerek mekanik enerji ve son olarak da elektrik enerjisi üretir (Deniz ve Çakallı, 2010: 22-23). Güneş enerjisinin belli başlı avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Güneş enerjisinin çevreye zarar veren herhangi bir yönü olmadığı için çevre dostu bir enerji türü olması

- Sınırsız, temiz, tekrarlanabilen ve sürekliliği olan bir enerji türü olması
- Kullanımı kolay bir teknolojiye sahip olması
- İşletme bakımından zahmetsiz olması
- Yerel olarak kullanılabilmesi ve yıllarca problemsiz çalışabilmesi
- Mekanik bakımdan yıpranma payının olmaması gibi avantajları vardır (Ataman, 2007: 104).

Güneş enerjisinin avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da mevcuttur. Bu dezavantajları şöyle sıralayabiliriz:

- Yüksek kurulum maliyetlerinin olması
- Mevsimsel farklılıklardan dolayı güneş ışınlarının depolanmasına ihtiyaç duyulması
- Güneş ışınlarından maksimum seviyede yararlanmak için güneş ışınlarının dik açı ile geldiği bir yerde olması ve sistemin açık olması
- Büyük bir alana ihtiyaç duyulması gibi dezavantajları vardır (Çelik, 2012: 6).

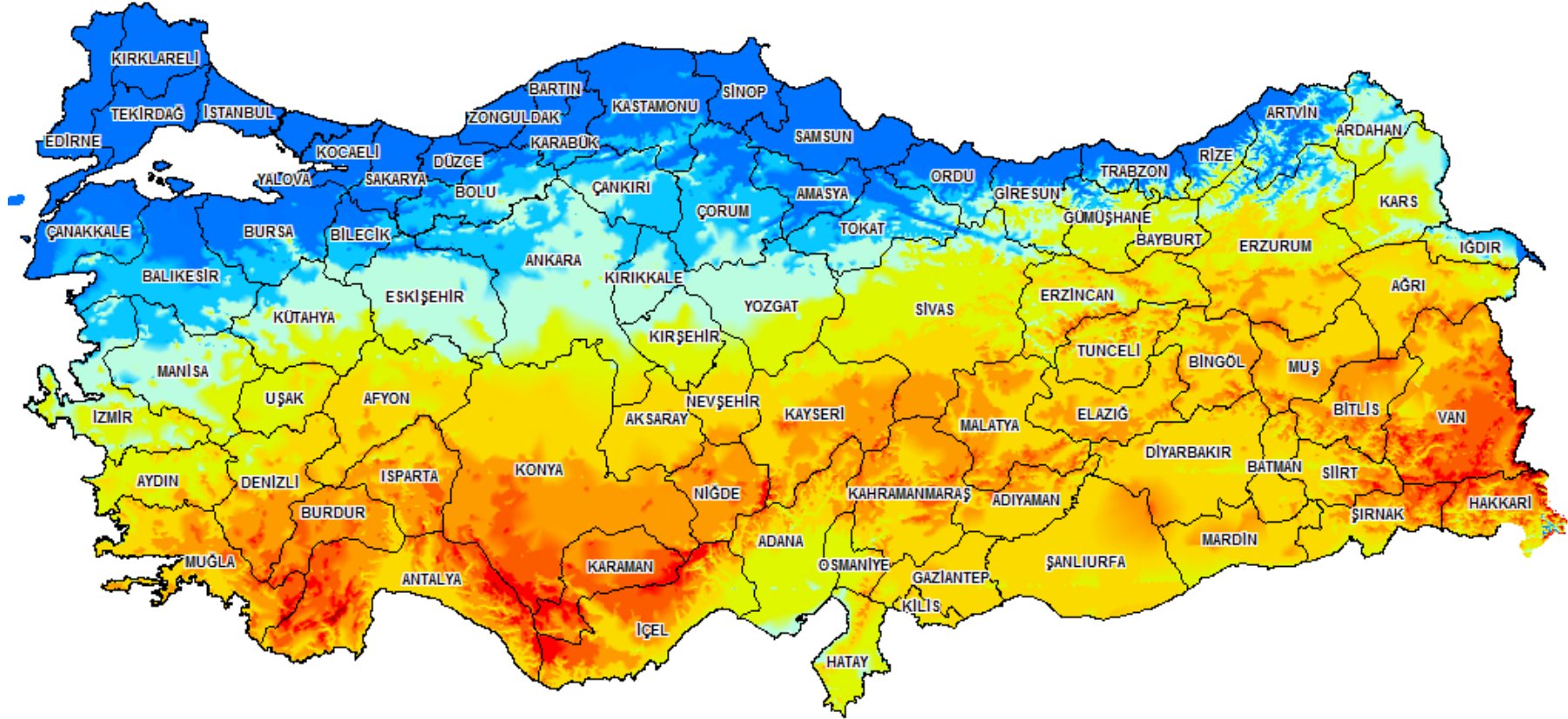
Tablo 2: Türkiye’deki Güneş Enerji Santralleri Genel Görünümü

Kayıtlı Santral Adedi	667
Kurulu Güç	7,325 MWe
Kurulu Güce Oranı	%7,51
Yıllık Elektrik Üretimi	~11,056 GWh
Üretimin Tüketime Oranı	%3,69
Lisans Durumu	36 Lisanslı, 631 Lisanssız

Kaynak: <https://www.enerjiatlasi.com/gunes/> Erişim Tarihi: 31.03.2021.

Tablo 2 ülkemizdeki güneş enerjisi santralleri ile ilgili genel görünümü bize vermektedir. Bu tabloya bakıldığında ülkemizdeki kayıtlı santral sayısı 667 tanedir. Bu santrallerin 36 tanesi lisanslı olup 631 tanesi ise lisanssız olarak kayıtlarda yer almaktadır. Bu santrallerde yıllık yaklaşık olarak 11,056 GWh değerinde elektrik üretilmektedir. Bu santrallerin kurulu gücü ise 7,325 MWe olmuştur. Gerçekleştirilen üretimin yapılan tüketime oranı ise %3,69 olmuştur.

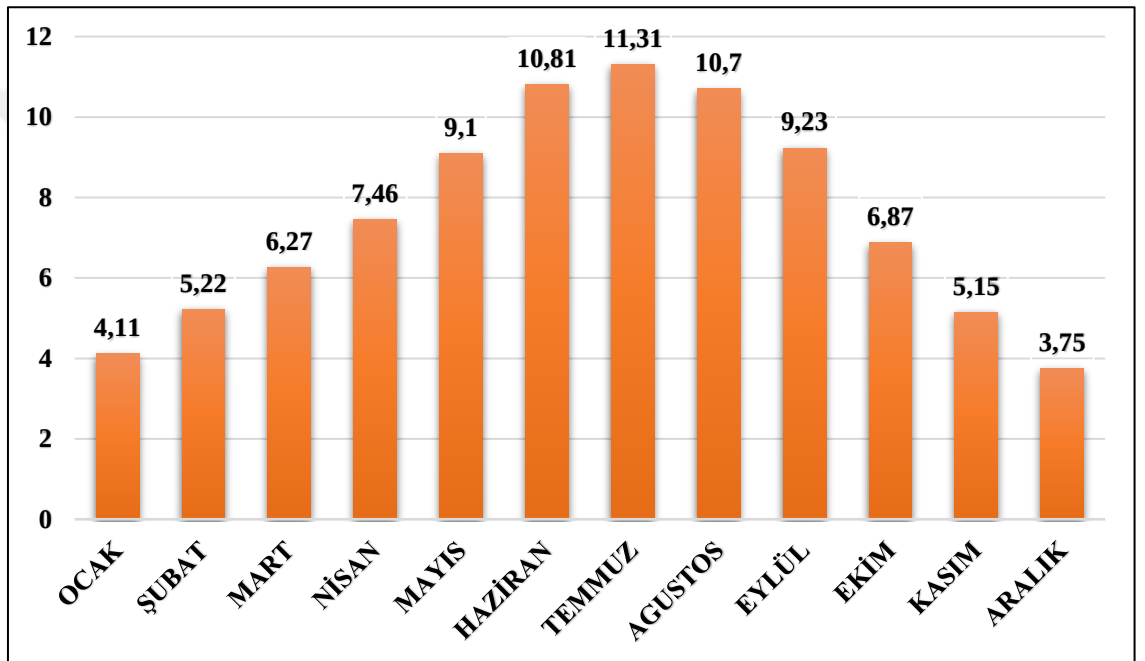
Şekil 3: Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası



Kaynak: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> Erişim Tarihi: 31.03.2021.

Şekil 3’de de görüldüğü gibi ülkemizin ekvatora yakın olan kısmı diğer bir ifade ile ülkemizin güney bölümü güneş enerjisi bakımından bir hayli yüksek bir potansiyele sahiptir. Ülkemizin bu bölgesinin güneş enerjisi bakımından oldukça elverişli olması sebebiyle ülkemiz ve ülkemizin güney kısmı adına ihmal edilmemesi gereken bir enerji türü olarak göze çarpmaktadır. Bu bölgedeki var olan güneş enerjisi potansiyelinden faydalanılması hem ülkemizin genelinde hem de bu bölgedeki çevre kirliliği problemi azaltmaya yardımcı olacaktır.

Şekil 4: Türkiye’de Güneşlenme Süreleri (Saat)



Kaynak: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> Erişim Tarihi: 31.03.2021.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın (ETKB) internet ortamında sunmuş olduğu verilere göre Türkiye’deki güneşlenme süreleri şekil 4’de görülmektedir. Türkiye’de güneşlenme sürelerinin en yüksek olduğu dönem haziran ve temmuz ayları yani yaz mevsimi olduğu görülmektedir. Güneşlenme sürelerinin en düşük olduğu dönem ise aralık ve ocak ayları olup kış mevsimine denk geldiği görülmektedir. Buna paralel olarak güneşlenme süresi ile radyasyon değerleri birbirleri ile doğru orantılı olup radyasyon değerleri en yüksek seviyeye yaz mevsiminde ulaşmaktadır. Yani güneşlenme süresi arttıkça radyasyon miktarı da artmaktadır. Bu da bize ülkemizde var olan güneş enerjisi potansiyelini göz ardı etmememiz gerektiğini göstermektedir.

1.2.1.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr, güneşin dünyayı eşit miktarda ısıtmamasından oluşan yoğunluk, sıcaklık ve basınç farklarından meydana gelmektedir. Güneş ışınları kutuplarda ısı kaybına neden olurken tropikal bölgelerde ise ısı kazancına neden olur. Topoğrafi özellikleri ve bölgeden bölgeye farklılık gösteren ısı değişimleri rüzgâr enerjisi dağılımında değişkenliklere yol açmaktadır. Atmosferdeki sıcaklık ve basınç farkından meydana gelen rüzgarlar, rüzgâr türbinleri vasıtasıyla kinetik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürürler (Ertürk, Akkoyunlu ve Varınca, 2006: 35).

İnsanoğlunun kaynağından faydalandığı ilk enerji türü rüzgâr enerjisidir. Rüzgâr enerjisi tarihin ilk ışıklarından beri itici güç olarak kullanılmıştır. Bu enerji türünden ilk faydalananlar Çinliler ve Mısırlılar olmuştur. Eski bir enerji kaynağı olmasına rağmen fosil yakıtlarının kullanımının giderek artması ve yaygınlaşması sebebiyle rüzgâr enerjisinin gelişimini duraklatmıştır (Çukurçayır ve Sağır, 2007: 263).

Rüzgâr enerjisinin geçmişi milattan önce (M.Ö.) yel değirmenlerinin kullanımına kadar gitmektedir. 1970'li yıllarda meydana gelen petrol krizi ile rüzgâr türbinlerinin gelişimi başlamıştır. Modern rüzgâr türbinlerinin kanat çapları 1 metre ile 30 metre arasında farklılık göstermekte olup 23 kanattan oluşmaktadır (Kükrer, 2007: 18).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan rüzgâr enerjisi bu başlık altındaki diğer enerji türlerinden ticari anlamda en karlı ve en gelişmiş enerji kaynağıdır. Tükenmez oluşu, insan sağlığı için uygun, çevreye olan duyarlılığı ve zamanla azalan işletim maliyetleri gibi üstünlükleri sebebiyle tercih edilen enerji kaynağıdır (Bayraç, 2011: 38). Yeryüzünün ihtiyaç duyduğu enerjinin tamamı güneş vasıtasıyla gelmektedir. Güneş yeryüzüne 100.000.000.000.000 KWh oranında yani diğer bir ifadeyle 1017 W kuvvetinde bir enerji yaymaktadır. Güneşten dünyamıza gelen enerjinin yaklaşık değer olarak %1-2'si rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Dolayısıyla rüzgâr enerjisi, güneş enerjisinin hız enerjisine dönüşmüş halidir.

Rüzgâr enerjisi kullanım esnasında herhangi bir kaynak maliyeti oluşturmamasına karşın en büyük maliyeti %69'luk bir oran ile türbin maliyeti oluşturmaktadır. Maliyetlerin geri kalan %31'lik kısmı ise işletme, bakım, kullanılacak alanın maliyeti gibi giderlerden oluşmaktadır (Çetin, 2009: 371). Rüzgâr enerjisinden faydalanmak için rüzgâr türbinlerinin açık arazilere ve rüzgâr hızının yüksek olduğu bölgelere kurulması

gerekmektedir. Rüzgâr türbinlerinin kurulduğu bu bölgelerde rüzgâr hızı ne kadar fazla olursa rüzgâr enerjisinden faydalanma oranı da o kadar yüksek olmaktadır.

Türkiye’de 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızı ve yer seviyesinden 50 metre yüksekte olan bölgelerde km² başına 5 Mw güce sahip rüzgâr santrali kurulabilmesi için uygun değerler olarak kabul edilmiştir. Türkiye’de potansiyel rüzgâr enerjisinin değeri 48.000 Mw olarak belirlenmiştir. Türkiye yüz ölçümünün %1,30’u bu potansiyele karşılık gelen toplam alan olarak belirlenmiştir (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar>, Erişim Tarihi: 10.04.2021).

Rüzgâr enerjisinin diğer kaynaklarda olduğu gibi kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır. Rüzgâr enerjisinin avantajlarını şöyle sıralamak mümkündür:

- Rüzgâr enerjisi tükenmeyen, doğada sürekli olarak var olan, bol bir enerji kaynağı olması
- Rüzgâr türbinlerinin inşa edildikleri alanın %1’lik bir bölümünü kaplaması (Apaydın vd., 2009: 103).
- Yenilenebilir ve çevre dostu bir enerji kaynağı olması
- İşletme maliyeti düşük olması
- İşletilmesinin basit ve zahmetsiz olması (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar>, Erişim Tarihi: 10.04.2021) şeklinde sıralamak mümkündür.

Rüzgâr enerjisinin dezavantajlarını ise şöyle sıralayabiliriz:

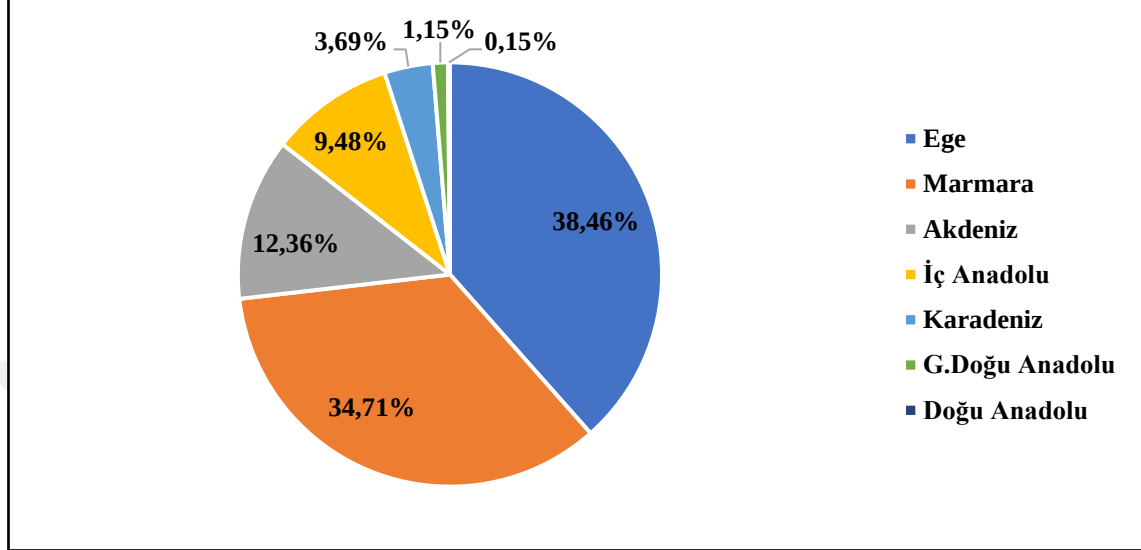
- Rüzgâr türbinlerinin fiziksel görünümü sebebiyle görüntü kirliliği oluşturması
- Pervanelerinin dönüş hızının fazla olması sebebiyle kuş ölümlerine yol açması
- Rüzgarların istikrarlı olmamasından dolayı enerji üretiminde kopuklukların olması
- Kurulmuş olduğu alana yakın yerlerde haberleşme dalgalarını olumsuz yönde etkilemesi (Hayli, 2001: 11-12)

şeklinde sıralamak mümkündür.

Şekil 5 2020 yılından itibaren ülkemizdeki kurulu rüzgâr enerjisi gücünü göstermektedir. Bu şekilden hareketle en fazla kurulu güce sahip olan bölgemiz %38,46 (3.098,15 MW) ile Ege bölgesi olurken onu sırasıyla %34,71 (2.796,45 MW) ile Marmara bölgesi, %12,36 (996,10 MW) ile Akdeniz bölgesi, %9,48 (763,90 MW) ile İç Anadolu bölgesi, %3,69 (397,20 MW) ile Karadeniz Bölgesi, %1,15 (93,05 MW) ile Güney Doğu

Anadolu bölgesi ve son olarak en düşük paya sahip bölgemiz olan Doğu Anadolu bölgemiz ise %0,15 (11,70 MW) ile takip etmektedir.

Şekil 5: 2020 Yılı İtibariyle Bölgelere Göre Rüzgâr Enerjisi Gücü (%)



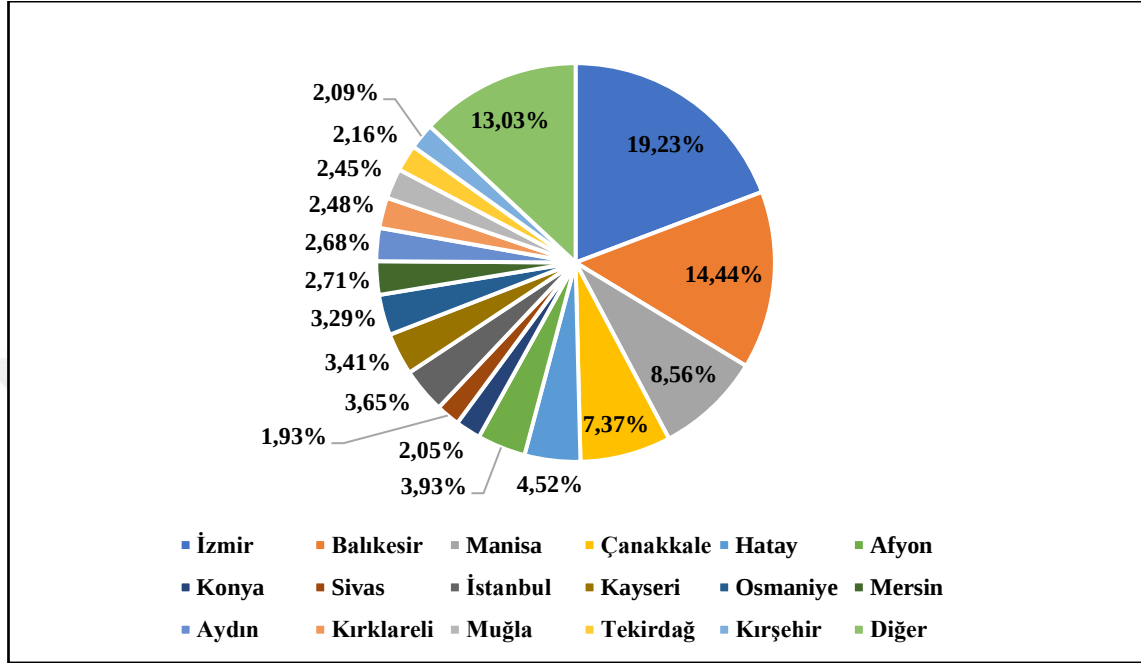
Kaynak: Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, 2020: 23.

2015 yılında ülkemizde 261.783 GWh elektrik elde edilmiş olup rüzgâr enerjisinin bu üretim içerisindeki payı 11.652 GWh değerinde olmuştur. Başka bir ifade ile rüzgâr enerjisinin verdiği katkı toplam elektrik üretiminin %4,45 oranına denk gelmektedir. 2016 tarihinde ise toplam üretilen 273.387 GWh değerindeki elektriğin içindeki rüzgâr enerjisi payı 15.492 GWh olurken bu oran toplam elektrik üretiminin yaklaşık %5,66'sına denk gelmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2017: 18). 2019 yılında ise toplam 294.251,30 GW elektrik üretilmiş ve bunun içerisindeki rüzgâr enerjisinin payı 21.636,30 GW yani %7,4 olmuştur. 2020 yılına gelindiğinde ise toplam 294.084,73 GW değerinde bir elektrik üretimi olmuş 24.561,36 GW yani %8,4 ile rüzgâr enerjisi katkıda bulunmuştur (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2021: V).

Şekil 6 faaliyette olan rüzgâr enerjisi santrallerinin illere göre dağılımını vermektedir. Bu şekilden hareketle %19,23'lük pay ile İzmir ili en fazla santrale ev sahipliği yaparken Balıkesir %14,4 ile ikinci sırada yer almaktadır. %8,56'lık pay ile Manisa üçüncü sırada yer almaktadır. En fazla santrale ev sahipliği yapan bu üç ili

sırasıyla Çanakkale, Hatay, Afyonkarahisar, İstanbul, Kayseri, Osmaniye, Mersin, Aydın, Kırklareli, Muğla, Tekirdağ, Kırşehir, Konya ve Sivas takip etmektedir.

Şekil 6: 2020 Yılı Faaliyetteki Rüzgâr Enerji Santrallerin İllere Göre Dağılımı (%)



Kaynak: Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, 2020: 25.

1.2.1.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yer kabuğunun farklı derinliklerindeki bölgelerde var olan ısının meydana getirdiği sıcaklık dereceleri atmosferik ortalama sıcaklığın üstünde olup aynı zamanda etrafındaki yer üstü ve yer altı sularına oranla daha fazla erimiş mineral, gaz ve tuz içeren buhar ve sıcak su vasıtasıyla yer yüzüne çıkan ısı enerjisidir (Kılıç, 1998: 1).

Jeotermal kaynaklar, yer kabuğunun en alt tabakasında bulunan magmadan aldığı enerji vasıtasıyla yer altı sularının ısınması sonucu oluşmaktadır. Magmadan aldığı bu enerji ile ısınan sular yeryüzüne çıkmasıyla jeotermal enerji elde edilmiş olur (Elmas, 2012: 49).

Jeotermal enerji insanlık tarihinde çok eski dönemlerden beri bulunmasına rağmen ancak Birinci Dünya Savaşından sonra kullanılmaya başlanılmıştır. 1841 yılında Paris'te jeotermal enerji için ilk sondaj çalışması yapılmasına rağmen 1975 yılında yaşanan petrol krizinden sonra kullanımı hızlanmıştır. Jeotermal enerjinin elde edilmiş şekli

Ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre farklılık göstermektedir. Gelişmiş lkeler bu enerji türünü sondaj faaliyetleri ile elde ederken gelişmemiş ülkelerde jeotermal enerji deprem, volkanik faaliyetler gibi doğal afetler sonucunda meydana gelmektedir. Petrol krizi döneminde ambargoyu derinden hisseden Amerika Birleşik Devletleri (ABD) bu sebepten ötürü Araştırma Geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerine zen göstermiş ve 1960'lı yıllarda jeotermal enerji çalışmalarının arttığı görülmüştür (Selvi, 2017: 29; Elmas, 2012: 49).

Jeotermal enerji karbon salınım miktarı açısından düşük, sürekliliği olan ve hava kirliliğine neden olmadığı için alternatif bir enerji kaynağıdır (Arslan, Darıcı ve Karahan, 2001: 22). Jeotermal enerjinin ticari amaçla kullanılabilmesi için öncelikle bir ısı üretim aşamasından ve ayrıca pazarlanabilmesi ve ulaşılabilir olması için yeterli bir dönüşüm teknolojisinin mevcut olması gerekmektedir (Serpen, 2005:436). Dünya'nın alt katmanlarında bulunan ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan bu enerji türü tedavi, ısıtma ve pişirme gibi amaçlar içinde kullanılmaktadır (Süren, 2012: 36).

Jeotermal enerji, kullanım yönünden doğrudan ve dolaylı kullanım olarak ikiye ayrılmaktadır. 50 dereceden yüksek entapili adı verilen sıcak sulardan yerin üzerine inşa edilen bir düzenekle elektrik enerjisi elde edilmesi dolaylı kullanım olarak nitelendirilmektedir. Doğrudan kullanım ise en yaygın, ekonomik ve tercih edilen yöntemdir. Doğrudan kullanımın en tercih edilen kullanım amacı ise konut ve sera ısıtmalarıdır. 150 derecelik bir jeotermal kaynaktan elde edilen enerji dolaylı kullanımda verimi %10- 15 arası olurken doğrudan kullanımda bu verim %80'lere kadar çıkmaktadır (Gürsoy, 2004 :133).

Jeotermal enerjinin çeşitli kullanım alanları vardır. Bunları şöyle sıralamak mümkündür:

Isı retimi: rn kurutma, organik tarım, sera ve bölgesel ısı ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla değerlendirilmesidir.

Elektrik retimi: Jeotermal enerji potansiyelinin olduğu alanlarda kuyular açılarak elde edilen su ve buhar trbn ve jeneratörler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülür.

Termal turizm ve sağlık amaçlı kullanım: Faydalı minareler içermesi ve insan sağlığı için faydalı olduğundan sağlık amaçlı kullanılmaktadır (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal> Erişim Tarihi: 24.10.2021).

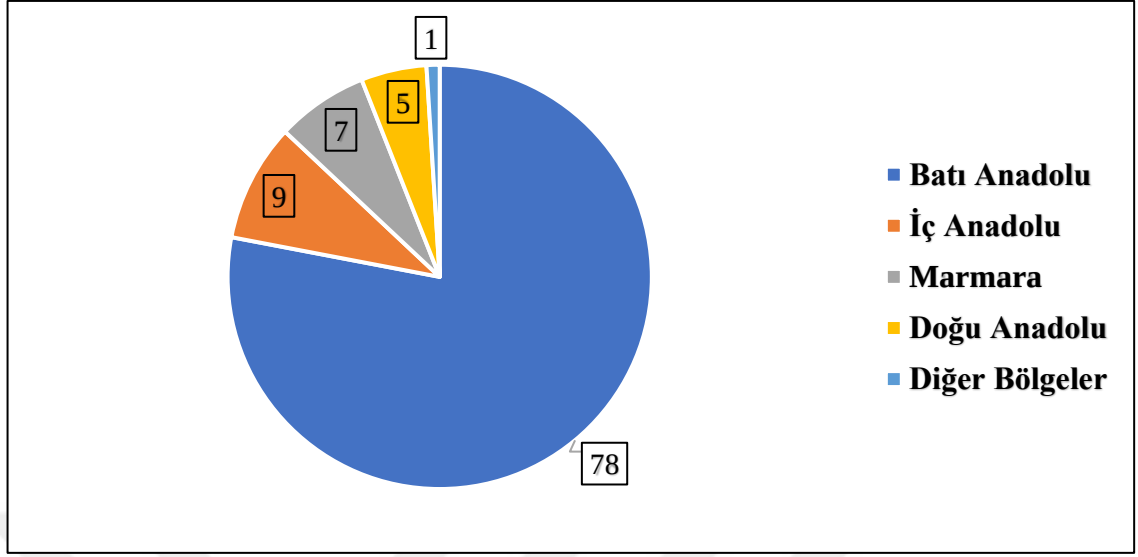
Şekil 7’de Türkiye’nin jeotermal potansiyel enerji haritası görülmektedir. Bu haritada ki kırmızı renkli alanlar sıcaklığı 70-100 derece arasında olan kaynaklar, sarı renkli alanlar sıcaklığı 50-69 derece arasında olan kaynaklar ve mor renkte ki alanlar ise sıcaklığı 20-49 derece arasında olan kaynakları temsil etmektedir.



Şekil 7: Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli



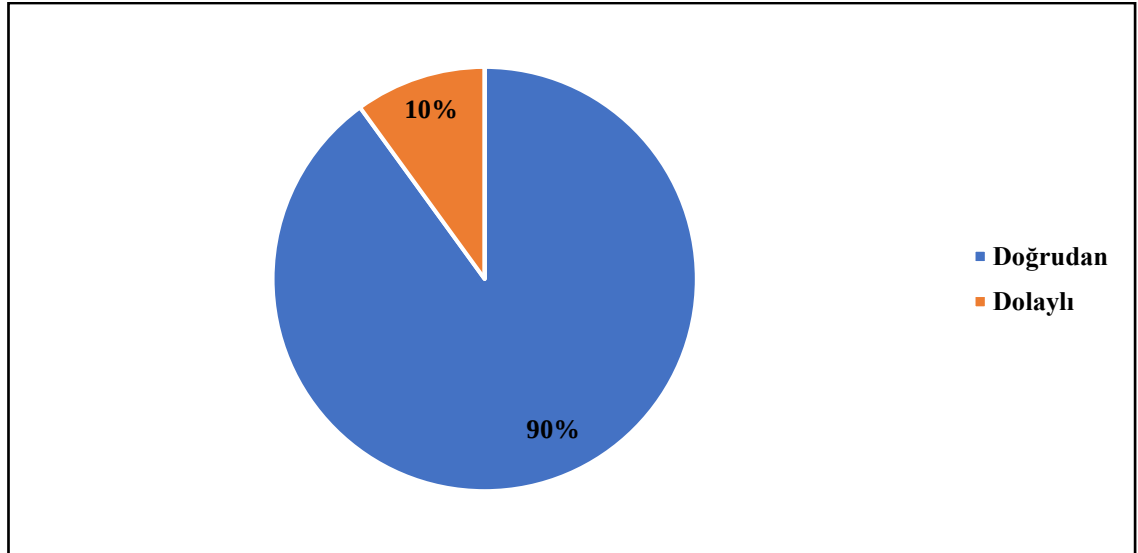
Şekil 8: Türkiye'nin Jeotermal Potansiyel Alanları (%)



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal> Erişim Tarihi: 24.10.2021.

Şekil 8’de Türkiye’nin jeotermal enerji açısından bölgelere yayılmış potansiyeli görülmektedir. Bu şekilden hareketle %78 ile en büyük potansiyele sahip bölge Batı Anadolu bölgesi olup onu sırasıyla %9 ile İç Anadolu %7 ile Marmara %5 ile Doğu Anadolu ve %1 ile diğer bölgeler takip etmektedir.

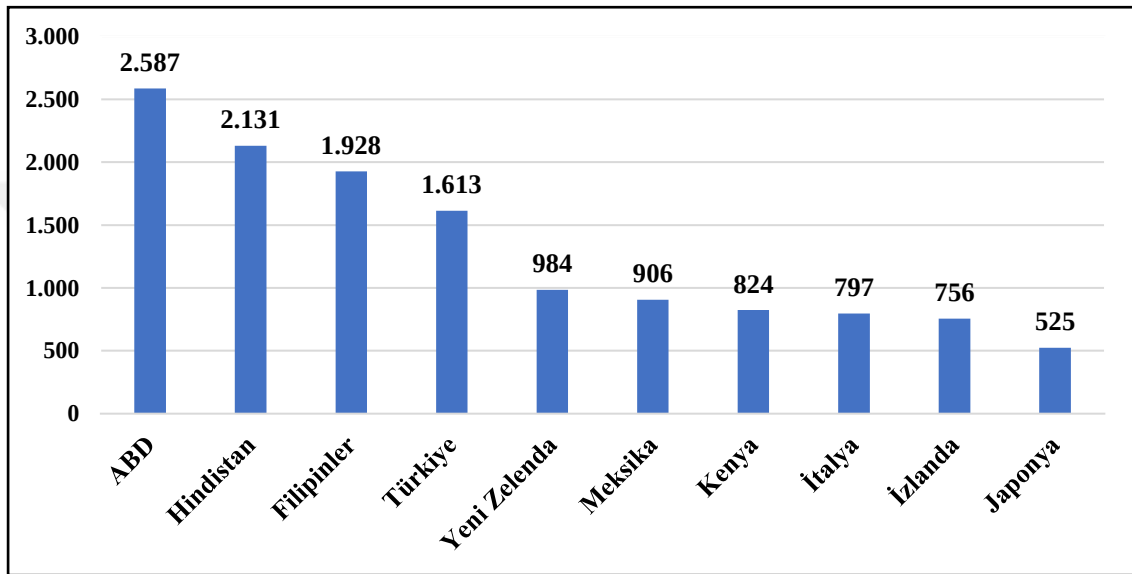
Şekil 9: Türkiye’de Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları (%)



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal>, Erişim Tarihi: 24.10.2021.

Şekil 9’da Türkiye’nin jeotermal enerjisinin kullanım alanlarının doğrudan ve dolaylı olarak ne derecede kullanıldığı görülmektedir. Bu şekilden hareketle ülkemizde jeotermal enerji %90 gibi çok yüksek bir oranla doğrudan kullanım olan ısıtma, termal turizm, sera kullanımı gibi alanlarda gerçekleşirken dolaylı kullanım olan elektrik enerjisi üretme payı %10 olmuştur.

Şekil 10: En Fazla Kurulu Jeotermal Enerji Gücüne Sahip İlk 10 Ülke (MW)



Kaynak: IRENA Renewable Capacity Statistic 2021: 38.

Şekil 10 küresel çapta jeotermal enerjisi bakımından en fazla kurulu gücüne sahip ilk 10 ülkeyi ve sahip oldukları güç miktarlarını bize göstermektedir. Bu şekilden hareketle en fazla güce sahip olan ülke 2.587 MW güç ile ABD olurken onu sırasıyla 2.131 MW ile Hindistan, 1.928 MW ile Filipinler, 1.613 MW ile Türkiye, 984 MW ile Yeni Zelanda, 906 MW ile Meksika, 824 MW ile Kenya, 797 MW ile İtalya, 756 MW ile İzlanda ve son olarak 525 MW değerinde güç ile Japonya takip etmektedir.

1.2.1.4.Hidrolik Enerji

Hidrolik enerji, bir akarsuyun gücünü kullanarak kurulmuş olan hidrolik santraller aracılığıyla suyun bu gücü elektrik enerjisine dönüştürüldüğünde ortaya çıkan yenilenebilir enerji türüdür (Ataman, 2007: 142).

Hidrolik enerji suyun mevcut potansiyel enerjisini kinetik enerjiye dönüştürerek elde edilen bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu enerji türünün çevreye olan olumsuz etkisinin çok düşük olması, doğada bulunabilen ve çevre kirliliğine neden olmaması gibi pozitif üstünlüklere sahip olmasından ötürü bu enerji türünün önemi gün geçtikçe artmaktadır (Çukurçayır ve Sağır, 2007: 267).

İlk çağlarda insanlığın hayatının bir parçası olarak su değirmenleri kullanılmıştır. Suyun gücü geçmişte olduğu gibi günümüzde de hala vazgeçilmez bir enerji kaynağı olmaya devam etmektedir. Genel görünüm itibarıyla doğada mevcut olan bütün enerji kaynakları güneş ışınlarının kimyasal ve fiziksel etkilerinden meydana gelmektedir (Dalkır ve Şeşen, 2011:14).

Dünya üzerinde sudan hidroelektrik üretimi 1880 senesinde Amerika'nın Wisconsin eyaletinde basit bir santral yapımı ile başlamıştır. Suyun gücünden elde edilen enerjinin uzak yerlere taşınamaması problemi yüzünden hidrolik enerjinin yaygınlaşması ancak 1900'lü yılların başında mümkün olmuştur. Ayrıca Hidroelektrik Santralleri (HES)'nden ve büyük çaplı barajlardan üretim son 50 yılda devreye girmiştir (Fidan, 2006:17). Ülkemizin hidrolik enerji santrallerinin 114 yıllık bir tarihi olup bu enerjiden ilk kez 1902 yılında kurulan 88 Kw'lık kapasiteye sahip Tarsus santrali olmuştur (Demirbaş, 2002: 87-88).

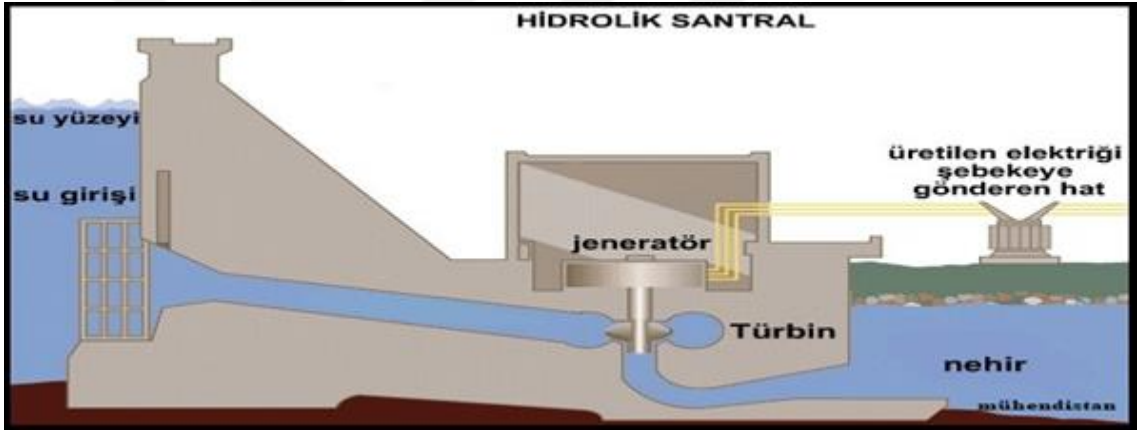
Hidroelektrik enerjisi çok eski ve çok yaygın kullanılan bir enerji türü olmasına karşın bio çeşitliliğin yok olması, toprak erozyonu gibi olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Bu enerji türünün uzun ve doğrudan sera gazına neden olmadığı için kullanımı en çok tercih edilen enerji kaynağıdır (Önal ve Yarbay, 2010: 82).

Birçok ülkenin enerji ihtiyacının %25'ten fazlasını karşılayan hidrolik enerji aynı zamanda elektrik üretimi için kullanılan önemli bir kaynaktır. Hidrolik enerjinin kullanım şekilleri arasında en yaygın olanı barajlar kurarak suyu biriktirip ve suyun bu gücünü kullanıp elektrik enerjisine çevirerek faydalanması temeline dayanmaktadır (Eniş, 2003: 303). Hidrolik kaynaklar kullanarak enerji üretmek için kurulan santrallerin kurulum maliyeti oldukça fazladır. Ancak işletme maliyetinin az olması, uzun ömürlü olması bir tesis olması, yakıt maliyetinin olmayışı kurulum maliyetindeki olumsuzluğa pozitif etki etmektedir. Hidrolik enerji yüksek verime sahip olmasının yanı sıra çevreye olan duyarlılığı fazla olan bir enerji kaynağıdır (Görgün, 2009: 11).

Hidrolik enerjisinin kullanım alanı gelişen teknoloji sayesinde daha da yaygınlaşmıştır. Hidrolik enerjinin endüstrinin hemen her alanında kullanılmasının yanı sıra denizcilik, demir-çelik, gemicilik ve madencilik alanında da kullanılmaktadır. Hidrolik enerji sadece endüstri alanında değil balıkçılık, içme ve sulama suyu ihtiyacında, turizmi geliştirmek, yeşil alan oluşturmak gibi alanlarda kullanılmaktadır (Koçak, 2012: 38).

Akarsudaki suyun enerji potansiyeli suyun düşme hızı ve akma hızına bağlıdır. Dolayısıyla yüksek bir yerden düşen suyun ya da büyük bir nehirden akan suyun enerji potansiyeli oldukça fazladır. Kanal ve borulara taşınan su, türbinlere doğru akarak jeneratörlerin de bağlı bulunduğu türbinleri döndürerek mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirip hidrolik enerji elde edilmektedir (Ataman, 2007: 142).

Şekil 11: Hidroelektrik Enerji Üretimi



Kaynak: Dalkır ve Şeşen, 2011: 15.

Hidroelektrik santralleri birtakım avantajlara sahiptir. Bu avantajlardan şu şekilde söz edilebilir:

- Enerji elde etmek için istifade edilen bu yöntemin üretim aşamasında çevreye zarar vermemesi, çevre dostu olması
- Hidroelektrik santrallerinin ana kaynağı olan su doğada bol miktarda olması ve yenilenebilir bir kaynak olması sebebiyle kurulan santrallerin işletme, kuruluş ve onarım masrafları dışında başka maliyetlerinin olmaması (Görez ve Alkan, t.y.).

Ülkemizdeki hidrolik kaynakların teorik hidroelektrik bakımından potansiyeli 433 milyar KWh ancak teorik olarak değerlendirilebilir potansiyel bakımından 216 milyar

KWh'dır. Ülkemizde 2018 yılında hidroelektrik enerji kaynaklı 59,9 milyar KWh elektrik üretilirken 2019 yılında hidroelektrik kaynaklı elektrik üretimi 68.452 GWh olmuştur. 2018 yılında işletme de olan 28.291 Mw'lık kurulu güce sahip olan 653 tane HES Türkiye'nin kurulu gücünün %31,9'una denk gelmektedir (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik> Erişim Tarihi: 24.10.2021).

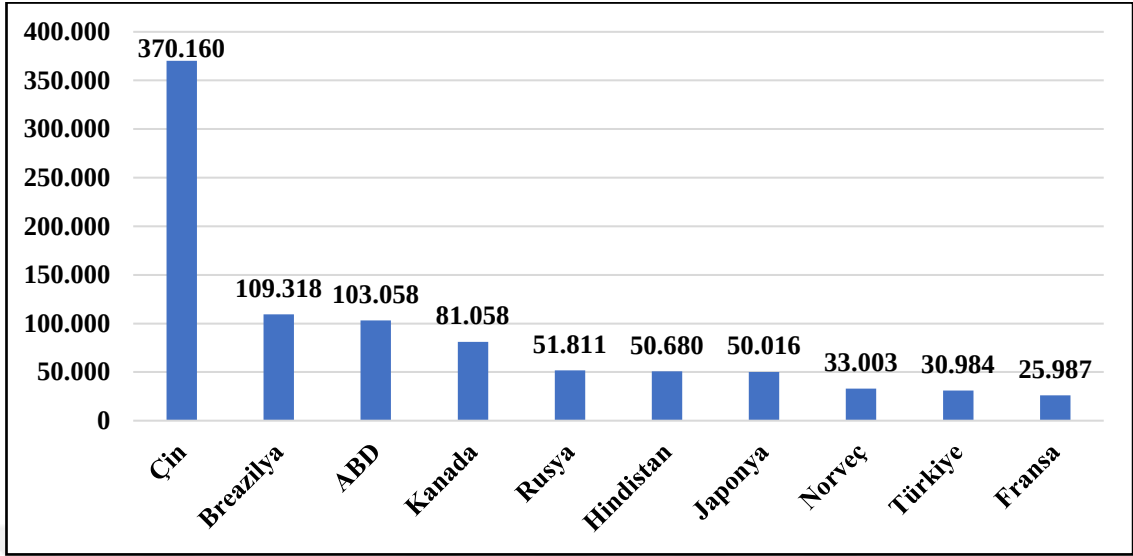
Tablo 3: Türkiye’de Bulunan Bazı Önemli Hidroelektrik Enerji Santralleri

HES ADI	Kapladığı Alan (km ²)	Kurulu Güç (MW)	Üretim Kapasitesi (GWh)	Kurulduğu Yer
Atatürk Barajı	817	2.400	8.900 GWh	Adıyaman, Şanlıurfa
Karakaya Barajı	298	1.800	7.354 GWh	Malatya, Elazığ, Diyarbakır
Keban Barajı	675	1.330	6.000 GWh	Elazığ, Tunceli, Erzincan
Altınkaya Barajı	118	700	1.632 GWh	Samsun
Menzelet Barajı	42	248	515 GWh	Kahramanmaraş
Aslantaş Barajı	49	133	569 GWh	Osmaniye
Hirfanlı Barajı	262	128	400 GWh	Ankara, Kırşehir
Sarıyar Barajı	83	128	378 GWh	Ankara, Eskişehir
Kılıçkaya Barajı	64	124	332 GWh	Sivas, Giresun
Demirköprü Barajı	47	69	193 GWh	Manisa
Seyhan Barajı	67	54	350 GWh	Adana
Karacaören Barajı	45	32	142 GWh	Burdur, Isparta

Kaynak: <http://molekulerbiyolojiyegenetik.org/turkiyenin-temiz-enerji-devrimi/> Erişim Tarihi: 01.11.2021.

Tablo 3’te Türkiye’de bulunan bazı önemli HES’lerin kurulu güç ve üretim kapasiteleri yer almaktadır. Atatürk Barajı 817 km² kapladığı alan ile en fazla yer işgal eden HES olurken 2.400 MW ile de en fazla kurulu güce sahip olan HES olarak görülmektedir. Onu sırasıyla 1.330 MW kurulu kapasite Karakaya Barajı, 1.330 MW ile Keban Barajı, 700 MW ile Altınkaya Barajı, 248 MW ile Menzelet Barajı, 133 MW ile Aslantaş Barajı, 128 MW ile Hirfanlı Barajı, 128 MW ile Sarıyar Barajı, 124 MW ile Kılıçkaya Barajı, 69 MW ile Demirköprü Barajı, 54 MW ile Seyhan Barajı, 32 MW ile Karacaören Barajı takip etmektedir.

Şekil 12: En fazla Hidroelektrik Kapasitesine Sahip İlk 10 Ülke (MW)



Kaynak: IRENA Renewable Capacity Statistic 2021: 4-7.

Şekil 12’de küresel çapta en fazla hidrolik enerji kapasitesine sahip olan ilk 10 ülke yer almaktadır. Türkiye bu listede 9. Sırada yer almaktadır. En fazla kapasiteye sahip olan birinci ülke 370.160 MW ile Çin olurken onu sırasıyla 109.318 MW ile Brezilya, 103.058 MW ile ABD, 81.058 MW ile Kanada, 51.811 MW ile Rusya, 50.680 MW ile Hindistan, 50.016 MW ile Japonya, 33.003 MW ile Norveç, 30.984 MW ile Türkiye ve 25.987 MW ile de Fransa takip etmektedir.

1.2.1.5.Biokütle Enerjisi

Biyoenerjinin temel kaynağı fotosentez yapan bitkilerin bünyelerinde muhafaza ettikleri enerjidir. Enerji depolayan bu bitkilerin yetiştirilmesinde mevsim, biyolojik yapı, iklim, tarım teknikleri gibi faktörler önem arz etmektedir (Akova, 2003: 65-66).

Biyolojik kökene sahip ancak fosil olmayan organik madde kütesine biokütle adı verilir. Hidrojen (H), karbon, azot (N), oksijen (O), alkali toprak ve ağır metaller biokütlenin kimyasal içeriğinde bulunan maddelerdir. Karbonhidrat bileşiklerine sahip bitkisel veya hayvansal kökeni olan tüm doğal maddeler biokütle enerji kaynağı olup bu kaynaklardan ortaya çıkan enerjiye ise biokütle enerjisi adı verilir. ISO/TC (International Organization for Standardization/Technical Committee) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre biokütleden ortaya çıkan biyoenerjiyi katı, sıvı ve gaz olarak

sınıflandırarak sıvı biyoyakıtları ISO/TC/28/SC7, katı biyoyakıtları ise ISO/TC 238 ile tanımlamıştır (Sözen vd., 2017:149).

Biokütle enerjisi elde edilirken bazı atıklar ortaya çıkar. Bu atıkların enerji alanında kullanımı bakımından çeşitli geri dönüşüm metotları uygulanmaktadır. Ön işlemlerden geçirirken atıkların ısı, elektrik, ısı vb. ihtiyaçların giderilmesinde bazı teknolojilerden faydalanılmaktadır. Kullanılan bu teknolojiler fiziko-kimyasal dönüşüm, termokimyasal dönüşüm ve biokimyasal dönüşüm olarak üç gruba ayrılmaktadır. Kullanılan bu teknolojik yöntemlerden biri olan termokimyasal yöntem vasıtasıyla atıkların büyük bir bölümü elektrik ve ısı enerjisine dönüştürülmektedir (Kılıç, 2011: 99).

Biokütle enerjisi, dünyanın her geçen gün kalabalıklaşan nüfusu ve sanayileşmenin getirdiği enerji ihtiyacını doğaya zarar vermeden devamlılığı olacak bir şekilde enerji ihtiyacına cevap verebilecek en önemli enerji kaynaklarından birisidir. Biokütle enerjisinin kaynağı olan güneş ve bitki, varlığını sürdürdüğü sürece biokütle enerjisi de tükenmeyen bir kaynak olmaya devam edip bu şekilde nitelendirilecektir (Karayılmazlar vd., 2011:64).

Kentleşme, sanayileşme, nüfusun hızlı artışı gibi faktörler sebebiyle enerji tüketimi artmış ve artan bu nüfus kaynakların tükenmesine yol açmıştır. Bu faktörlere bağlı olarak son 100 yılda enerji tüketim miktarı yaklaşık 17 kat artış göstermiştir. Bu artışlar yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biokütle enerjisi üzerine yapılan çalışmalara ivme kazandırmıştır. Dünyanın en büyük 4. Kaynağı olan biokütle enerjisi, bu önemli konumu sebebiyle birçok gelişmiş ülkenin biokütle enerjisini geleceğin enerji kaynağı olarak görmesini sağlamıştır (Kapluhan, 2014: 99-100).

Biyogaz enerjisinin bileşenlerinin bir parçası olan CO₂ doğada bulunan CO₂ oranına eşit olduğu için kirlilik etkisi oluşturmaz ve atmosfere zararı yoktur. Ayrıca biokütleden üretilen biyogaz içeriğinde var olan metan gazı (CH₄) sayesinde doğal gaz enerjisinin yerine kullanılabilecek en büyük potansiyele sahip enerji kaynağıdır (Şenol vd., 2017: 81).

Ülkemizde ilk olarak 1934'de Atatürk orman çiftliğinde bulunan traktörlerde bitkisel yağları kullanarak ilk kez biyoyakıt testleri yapılmış sonrasında ise bu testlere ara verilmiştir (Duygu ve Cısdık, 2011:18).

Tablo 4: Başlıca Biokütle Kaynakları

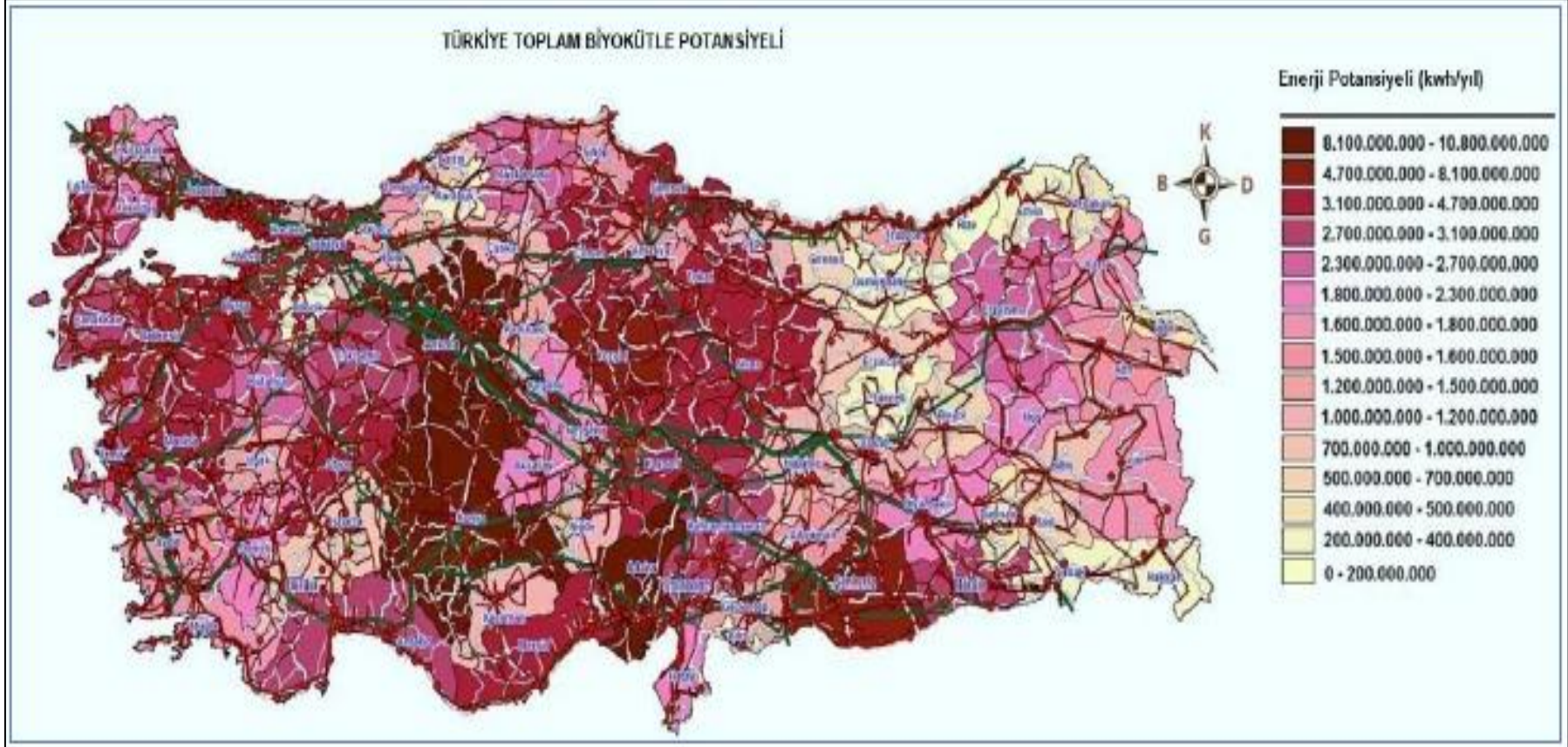
Bitkisel Biokütle Kaynakları	Hayvansal Biokütle Kaynakları	Orman ve Orman Ürünleri Kaynaklı	Organik Çöp ve Endüstriyel Atık Kaynaklı
Tohumu yağlı bitkiler (Konola, Soya vb.) Nişasta ve şeker bitkileri (patates, mısır, buğday vb.) Protein içeren bitkiler (fasulye, bezelye vb.) Bitkisel ve tarımsal atıklar (sap, dal, saman vb.) Elyafli bitkiler (kenevir, keten vb.)	Sığır, koyun, at gibi hayvanların dışkıları	Odun ve ormansal atıklar	Kanalizasyon, kâğıt, sanayi, belediye, endüstriyel ve evsel atıklar

Kaynak: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle> Erişim Tarihi: 15.11.2021.

Biokütle enerjisi bazı avantajlara sahiptir. Bu avantajlar:

- Kükürt dioksit (SO₂) ve azot oksit salınımının çok az olmasından kaynaklı çevre kirliliğine sebebiyet vermemesi
- Depolama fırsatının olması
- Asit yağmurlarına neden olmaması
- Genel olarak her yerde yetiştirilmesi
- 5-35 derece sıcaklık değerlerinin yeterli olması (Kapluhan, 2014: 99).

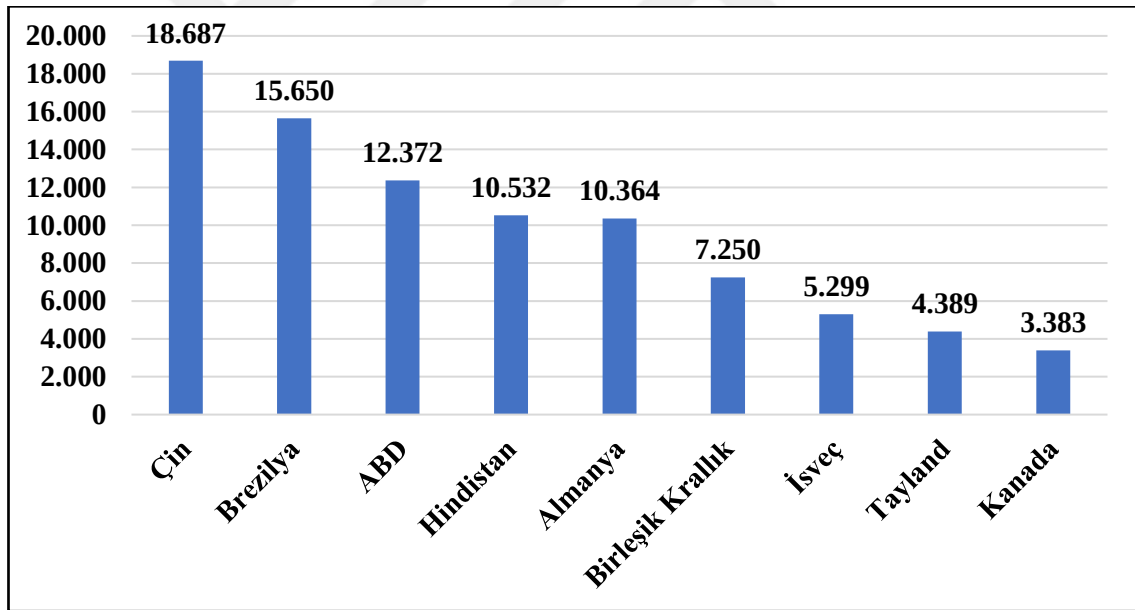
Şekil 13: Türkiye'nin Biokütle Enerjisi Potansiyel Atlası



Kaynak: Toklu, 2017: 240.

Şekil 13 ülkemizin biokütle enerjisi potansiyel atlasını göstermektedir. Ülkemiz biokütle üretimi açısından uygun iklim şartlarının mevcut olması, tarıma elverişli alanların varlığı, su kaynaklarının ve güneşin de biokütle enerjisi için elverişli olması nedeniyle biokütle enerjisi bakımından bol miktarda kaynak sunmaktadır. Ülkemizin biokütle enerji kaynakları genel olarak hayvan, organik atık, tarım ve orman gibi kaynaklardan oluştuğundan dolayı Türkiye'nin Biokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi olmuştur (Toklu, 2017: 240). Haritadaki koyu renkler potansiyelin yüksek olduğu yerleri temsil ederken potansiyel miktarı düştükçe renkler koyudan açık renklere dönüşmektedir. KWh/yıl cinsinden hesaplanarak hazırlanan bu haritada en yüksek potansiyelin ülkemizin iç kesimlerinde olduğu görülmektedir. Doğu ve Güney Doğu Anadolu bölgeleri ülkemizin diğer bölgelerine kıyasla daha az potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 14: En Fazla Biokütle Enerji Kapasitesine Sahip İlk 10 Ülke (MW)



Kaynak: IRENA, Renewable Capacity Statistic 2021: 27.

Şekil 14'te küresel çapta en fazla biokütle enerji kapasitesine sahip olan ilk 10 ülke yer almaktadır. Bu tablodan da anlaşılabacağı üzere 18.687 MW kapasite ile Çin ilk sırada yer alırken onu sırasıyla 15.650 MW ile Brezilya, 12.372 MW ile ABD, 10.532 MW ile Hindistan, 10.364 MW ile Almanya, 7.250 MW ile Birleşik Krallık, 5.299 MW ile İsveç, 4.389 MW ile Tayland ve son olarak 3.383 MW ile Kanada takip etmektedir.

Tablo 5: Türkiye’de BEPA’nın Genel Görünümü

Nüfus	82.003.882
Hayvan Sayısı (Adet)	422.832.374
Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl)	193.878.079
Hayvansal Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	4.385.371
Hayvansal Atıkların Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	1.084.506
Bitkisel Üretim Miktarı (ton/yıl)	184.593.134
Bitkisel Atık Miktarı (ton/yıl)	62.206.754
Bitkisel Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	6.009.049
Bitkisel Atıkların Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	1.462.159
Belediye Atıkları Miktarı (ton/yıl)	32.170.975
Belediye Atıklarının Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	3.373.011
Belediye Atıklarının Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	485.858
Orman Varlığı Artıkları (ster/yıl)	3.914.904
Orman Artıklarının Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	859.899
Biodizel İşletme Lisansı Sahibi Firma Sayısı	8
Bioetanol İşletme Sahibi Firma Sayısı	5
Biokütle Kaynaklı Elektrik Üretim Santral Sayısı	199
Atıkların Toplam Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	14.627.331

Kaynak: <https://bepa.enerji.gov.tr/> Erişim Tarihi: 15.11.2021.

Tablo 5 Türkiye’nin biokütle enerji atlasına ait genel bilgiler yer almaktadır. Tablodaki bu bilgiler ışığında 82.003.882 nüfuslu olan ülkemizin hayvansal atıklardan elde edilebilecek teorik enerji miktarı 4.385.371 TEP/yıl olarak hesaplanmıştır. Bitkisel atıklardan elde edilebilecek teorik enerji miktarı ise 6.009.049 TEP/yıl değerindedir. Belediye atıklarının teorik enerji eşdeğer miktarları ise 3.373.011 TEP/yıl olarak kayıtlara

geçmiştir. Orman artıklarının enerji miktarı 859.899 TEP/yıldır. Tüm bu atıkların toplam enerji eşdeğer miktarı ise 14.627.331 TEP/yıl olmuştur.

Tablo 6: Türkiye'nin Kurulu Güç Bakımından En Büyük İlk 10 Biokütle Enerji Santrali

Santral Adı	Kurulu Güç	Bulunduğu Yer
Odayeri Çöp Gazı Santrali	34 Mw	İstanbul
Toros Tarım Samsun Atık Isı Santrali	31 Mw	Samsun
Mutlular Biokütle Santrali	30 Mw	Balıkesir
Mamak Çöplüğü Biogaz Tesisi	25 Mw	Ankara
Çadırtepe Biokütle Santrali	23 Mw	Ankara
Sofulu Çöplüğü Biogaz Santrali	16 Mw	Adana
Akçansa Çimento Atık Isı Santrali	15 Mw	Çanakkale
ITC Antalya Biokütle Santrali	14 Mw	Antalya
Kömürcüoda Çöplüğü Biogaz Santrali	14 Mw	İstanbul
Eti Alüminyum Atık Isı Elektrik Santrali	13 Mw	Konya

Kaynak: <https://www.enerjiatlasi.com/biyogaz/> Erişim Tarihi: 01.12.2021.

Tablo 6 ülkemizde bulunan en büyük ilk 10 biokütle enerji santrallerinin isimleri, kurulu güçleri ve bulundukları konumları yer almaktadır. Bu doğrultuda en büyük ilk 10 enerji santralleri sıralamasında İstanbul ve Ankara illerine ait 2 adet biokütle enerji santrali bulunmaktadır. Kurulu güç bakımından en büyük güce sahip olan santral 34 Mw ile İstanbul'da bulunan Odayeri Çöp Gazı Santrali olmuştur.

1.2.2.Yenilenemeyen Enerji Türleri

Yenilenemeyen enerji uzun yıllar sonucunda fosilleşme olarak meydana gelmektedir. Doğada sınırlı miktarda bulunan bu enerjinin çevredeki tahribatı da göz ardı edilmeyecek düzeydedir.

Dünyada bulunan fosil enerji kaynaklarının dünyadaki bölgelere dağılımı açısından bir eşitliğin söz konusu olmadığı görülmektedir. Kömür nispeten eşit bir dağılım gösterse de doğal gaz ve petrol belirli bazı bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Yenilenemeyen enerji kaynakları sınırlı olduğu için zamanla azalacak ve bu durumda da enerji fiyatlarının artmasına yol açacaktır. Dünya ölçeğindeki gelişen teknoloji

beraberinde fosil yakıtlardan üretilen enerjiye olan ihtiyacın artması durumunu getirmiştir. Kullanım açısından çok geniş bir alana sahip olan fosil enerji kaynakları sadece endüstri alanında değil günlük hayatta da kullanımı yaygındır. Ayrıca yenilenemeyen enerji kaynaklarından elde edilen enerji dünya enerji ihtiyacının neredeyse %80'ini karşılamaktadır (Yalçınkaya, 2012: 9; Doğan, 2010: 3).

Fosil yakıt kullanımında ortaya çıkan sorunlar göz ardı edilmeyecek düzeydedir. Yüksek ithalat gideri, dışa bağımlılık ve çevre problemleri bu sorunlardan bazıları olarak göze çarpmaktadır (Doğan, 2010: 4).

Yenilenemeyen enerji, tüm ülke ekonomileri açısından oldukça önemli olmasının yanında elektrik üretiminde en çok yararlanılan ve ihtiyaç duyulan enerji kaynağı, yenilenemeyen enerji kaynakları olduğundan dünya genelinde kullanımı çok yaygın olmuştur (Novruzova, 2015: 7). Fosil yakıtların bir gün biteceğinin bilinmesi ve bu yakıtlardan elde edilen enerjinin çevreye verdiği zararlardan dolayı ülkeler, fosil yakıtlara alternatif olacak enerji kaynakları bulmaya yönelmişlerdir. Ülkelerin bu yönelimleri doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırımların arttığı görülmektedir (Bayrak ve Esen, 2014: 139-158).

Yenilenemeyen enerji türleri olarak bilinen enerji kaynakları;

- Kömür
- Nükleer Enerji
- Doğal Gaz
- Petrol şeklinde söz edilebilir.

1.2.2.1.Kömür

Kökeni bitki ana elemanı ise karbon olan kömür, kimyasal ve fiziksel olarak farklı bir yapıya sahip oksijen, hidrojen ve azottan meydana gelen içeriğinde kükürt ve mineral de bulunduran bir maddedir. En eski kömür oluşumunun 600 milyon yıl öncesine dayandığı tahmin edilmektedir (Ünver, 1998:21). Kömür yüzyıllar boyunca insanlar tarafından bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. En çok kullanılan enerji kaynağı kömür olarak göze çarpmaktadır (Doğanay ve Coşkun, 2017:9).

1970'lerde petrol krizinin gündeme gelmesiyle kömürü gaz haline getirip petrole benzer bir ürün elde etme çabalarında bulunulmuştur. Kullanılan proliz ve hidrojenleme

yöntemleri vasıtasıyla kömürden yağ, benzin ve sentetik doğal gaz üretmeye çalışılmış ancak petrolün yerine geçmesi düşünülen yakıt, petrolden benzin üretilmesinden daha pahalı olduğu için bu çalışmalara son verilmiştir. Kömürün bu kadar çok tercih edilmesinin altında yatan sebep bol ve ucuz olmasıdır (Özuslu, 1975:43).

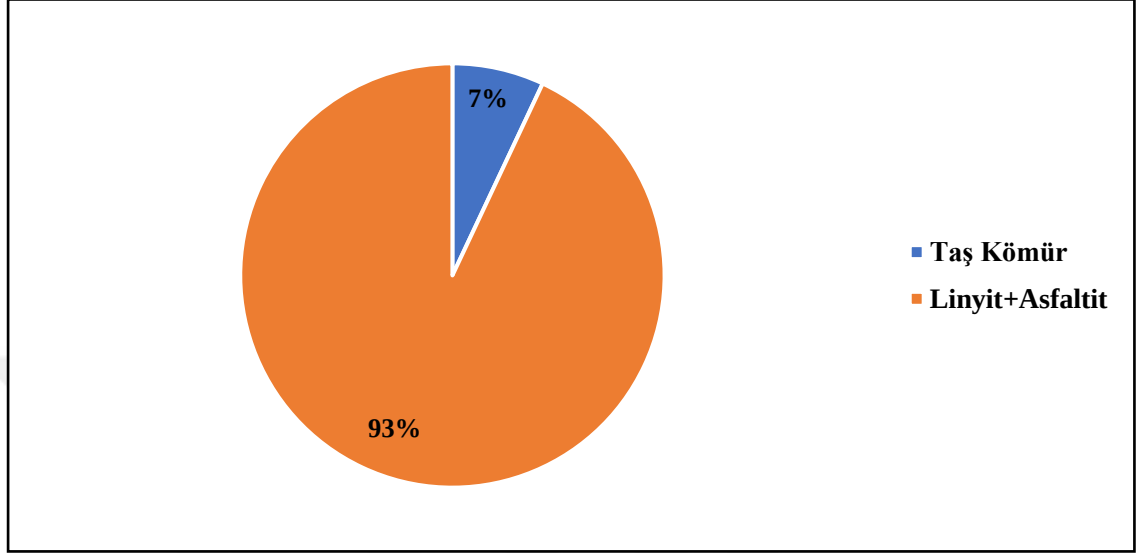
Dünya’da kömür üretimi her geçen gün artarak ilerlemektedir ve son otuz yılda kömür üretimi yaklaşık iki katına çıkmıştır. Elektrik üretiminde kömürün payının çok fazla olması sebebiyle kömür üretimini oldukça etkilemiştir. Kömür üretiminde meydana gelen bu artıştaki en büyük pay Çin ve Asya kıtasındaki elektrik enerjisine olan talep olmuştur (T.C. ETKB Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, 2016: 5). Kömür önemli bir enerji kaynağı olmasına rağmen çevrede oluşturduğu olumsuz etkiler büyüktür.

Dünya’daki kömür üretimi ele alındığında 2015 yılında 7,9 milyar ton üretim yapılmış olup bu üretimin %47,7’sine karşılık gelen 3,7 milyar ton üretimi Çin yapmıştır. Çin’i sırasıyla takip eden ülkeler ise ABD, Hindistan ve Avustralya olmuştur (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2017: 11). Dünya enerji konseyinin 80 ülkeyi dahil ederek hazırlamış olduğu rapora göre dünyadaki bulunan kömür rezervlerinin en büyük bölümü 237,3 milyar tonluk oran ile ABD’de yer almaktadır. ABD’yi sırasıyla Rusya 157 milyar ton ve Çin 114,5 milyar ton ile izlemektedir. Sahip olduğu kömür rezervleri açısından zengin olan diğer ülkeler ise 76,4 milyar ton ile Avustralya, 60,6 milyar ton ile Hindistan, 40,5 milyar ton ile Almanya, 33,9 milyar ton ile Ukrayna, 33,6 milyar ton ile Kazakistan ve 30,2 milyar ton kömür rezervi ile Güney Afrika olmuştur. Ülkemizde taşkömürü, linyit ve asfaltit ile beraber toplam 20,66 milyar ton oranında kömür kaynağı bulunmaktadır. Ülkemizin sahip olduğu linyit kaynağının ısı değerleri 1000-4200 kcal/kg, taşkömürü kaynağının alt ısı değeri 6200-7250 kcal/kg arasında değişmekle beraber bu kaynakların %90’lık bölümünün alt ısı değeri 3000 kcal/kg’dan düşüktür (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-tabii-kaynaklar-komur> Erişim Tarihi: 18.04.2021).

2018 yılında ülkemizin sahip olduğu satılabilir kömür üretimi 81,08 milyon ton linyit, 1,10 milyon ton taş kömürü ve 1,75 milyon ton asfaltit olarak gerçekleşmiş ve toplam üretim 83,9 milyon ton olmuştur. 2018’de yerli kömür kaynaklı santrallerden 50.260,1 GWh ve ithal kömür kaynaklı santrallerden 62.988,5 GWh olup toplam 113.248,6 GWh elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Kömür kaynaklı elektrik üretimi toplam

elektrik üretimi içindeki payı %37,16 olmuştur (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-tabii-kaynaklar-komur> Erişim Tarihi: 18.04.2021).

Şekil 15: Türkiye'nin Kömür Kaynak Dağılımı (%)



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-tabii-kaynaklar-komur> Erişim Tarihi: 18.04.2021.

Şekil 15'te Türkiye' kömür kaynağının dağılımı görülmektedir. Bu şekilden hareketle Türkiye'deki kömürün %93'ü linyit ve asfaltit kaynaklı olduğu %7'si ise taş kömür kaynaklı olduğu görülmektedir.

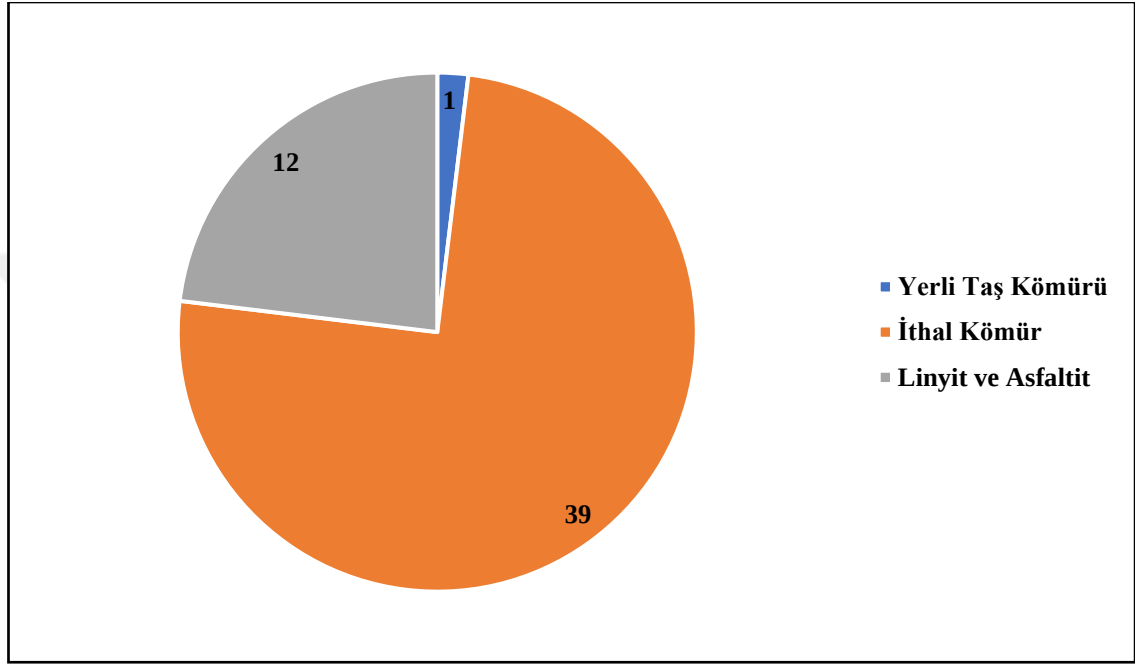
Tablo 7: Türkiye 2019 Yılı Termal Taşkömür İthalatı Yaptığı Ülkeler (Bin Ton)

Ülke	İthalat Miktarı
Polonya	83
ABD	0
Diğer OECD	-
Kolombiya	18.030
Güney Afrika	1.045
Rusya	12.348
Diğer	224
TOPLAM	31.730

Kaynak: T.C. ETKB Türkiye Taş Kömürü Kurumu, 2021: 29.

Tablo 7’de ülkemizin 2019 yılında yapmış olduğu termal taşkömür ithalatının ülkeler düzeyinde miktarları verilmiştir. Toplam 31.730 bin ton değerinde gerçekleşen ithalat miktarında en büyük paya sahip olan ülke 18.030 bin ton ile Kolombiya olmuştur. Onu sırasıyla Rusya, Güney Afrika ve Polonya izlemiştir.

Şekil 16: Türkiye’nin 2018 yılı Kömür Tüketimi (Milyon Ton)



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-tabii-kaynaklar-komur> Erişim Tarihi: 18.04.2021.

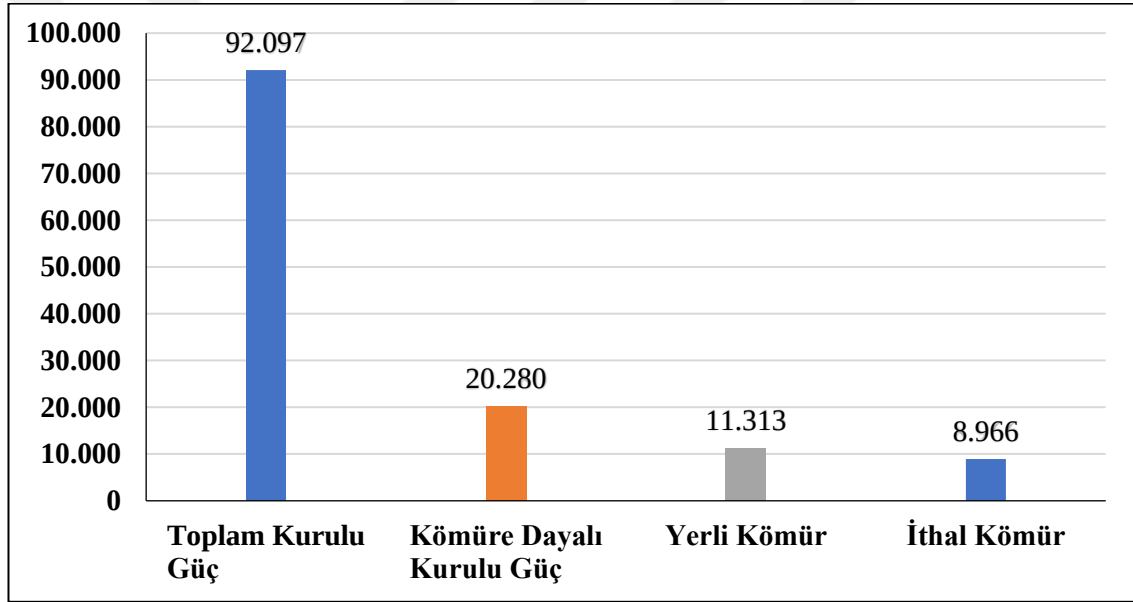
Şekil 16’ da Türkiye’nin 2018 yılındaki kömür tüketimi verilmiştir. Bu tüketimi 82 milyon ton gibi büyük bir oranla linyit ve asfaltit oluşturmaktadır. Linyit ve asfaltiti sırasıyla 39 milyon ton ile ithal kömür ve 1 milyon ton ile yerli taş kömürü oluşturmaktadır. Bu şekilden hareketle Türkiye’nin 2018 yılı toplam tüketimi 122,7 milyon ton olmuştur. Bu şekilden de anlaşılacağı gibi ülkemizin tükettiği ve dolayısıyla en fazla talep ettiği kömür türü linyit ve asfaltit türü olmuştur.

Türkiye’de miktar bakımından en yoğun bulunan kömür çeşidi linyittir. Ülkemiz sahip olduğu 8,4 milyar ton linyit rezervi sayesinde linyit açısından çok zengin bir ülkedir. Ancak ülkemizin sahip olduğu bu rezervin büyük bir kısmının ısı değeri düşük olduğu için termik santrallerde kullanılır. Antrasit kömür türüne ise ülkemizde rastlanmamıştır (<http://kayaclardankomur.blogspot.com/2015/10/turkiyede-komur-ve-komurun-tarihcesi.html> Erişim Tarihi: 18.04.2021).

Kömür çeşitleri ise şunlardır:

- **Taş kömür:** Linyit kömüre kıyasla sahip olduğu karbon miktarı yüksek ancak nem miktarı düşüktür. Demir-çelik sanayisinde kullanılmaktadır.
- **Linyit:** Mat görünümlü, yumuşak ve kırılgan bir yapıya sahiptir. Karbon oranı düşük nem miktarı yüksektir. Elektrik enerjisi için kullanılır.
- **Antrasiten:** Değerli bir kömür çeşididir. Sert ve dayanıklı olmasının yanında karbon miktarı yüksektir. Bu nedenle daha fazla ısı verir. Siyah ve parlak bir görünüme sahiptir (<https://www.dunyaatlasi.com/komur-nasil-olusur-turleri-cesitleri-nelerdir/> Erişim Tarihi: 18.04.2021).

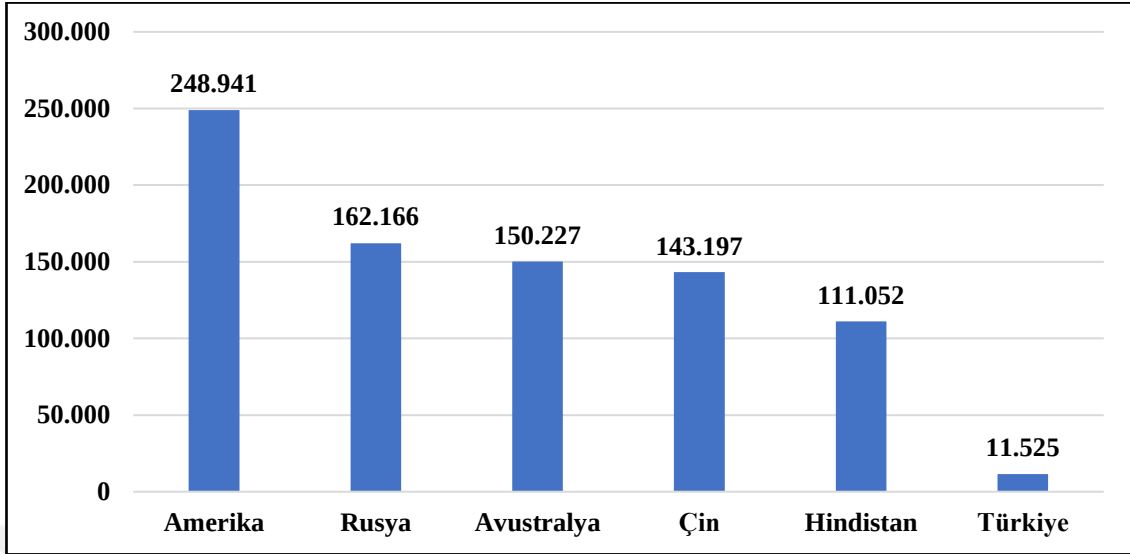
Şekil 17: Türkiye'nin 2020 Yılı Kömüre Dayalı Kurulu Güç ve Toplam Kurulu Güç (Mw)



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-tabii-kaynaklar-komur> Erişim Tarihi: 18.04.2021.

Yukarıdaki şekil 17 ülkemizin kömüre dayalı kurulu gücünü ve toplam kurulu güç miktarlarını bir arada sunmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı sitesinde yer alan verilere göre ülkemizin 2020 yılı toplam kurulu gücü 92.097 Mw iken kömüre dayalı kurulu güç ise 20.280 Mw olarak hesaplanmıştır. Ayrıca yerli kömüre dayalı kurulu güç 11.313 Mw olurken ithal ettiğimiz kömürlere dayalı kurulu güç ise 8.966 Mw olmuştur.

Şekil 18: 2020 Yılı En Fazla Kömür Rezervine Sahip İlk 5 Ülke ve Türkiye (Milyon Ton)



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 2021: 46.

Yukarıdaki şekil 18’de 2020 yılı itibariyle en fazla kömür rezervine sahip ilk 5 ülke ve Türkiye’nin sahip olduğu rezerv miktarı görülmektedir. Bu şekilden hareketle en fazla rezervin sahibi 248.941 milyon ton ile Amerika olmuştur. Onu takip eden Rusya ise 162.166 milyon ton ile ikinci sırada yer alırken, Avustralya 150.227 milyon ton ile üçüncü sırada, 143.197 milyon ton ile Çin dördüncü sırada yer alırken Hindistan 111.052 milyon ton ile beşinci sıradadır. Ülkemiz ise 11.525 milyon ton kömür rezervine sahip olmuştur.

1.2.2.2.Nükleer Enerji

Nükleer enerji, fizyon yani radyoaktif atomların ve nötronun çarpışması sonucu küçük atomlara ayrılması ya da füzyon yani hafif radyoaktif atomların birbirleriyle birleşip daha ağır atomları oluşturarak büyük bir enerjiyi açığa çıkarması sonucu oluşur. Fizyon tepkimesi sonucu oluşan enerji nükleer santrallerde elektrik enerjisine çevrilir. Füzyon reaksiyonlar ise güneşteki reaksiyonlar olup ortaya çıkardığı sıcaklık fizyon reaksiyonunun ortaya çıkardığı sıcaklıktan daha fazladır (Nalbant, 2005: 60). Uranyum ve toryum maddeleri nükleer enerjinin hammaddesini oluşturduğu bilinmektedir.

Evrende bulunan her çeşit enerjinin temel kaynağı nükleer enerjidir. Güneş sisteminde var olan diğer enerji türleri de nükleer enerjinin bir türevidir olduğu görülmektedir. Nükleer enerjiyi ortaya çıkaran üç fiziksel olay vardır. Bunlar; füzyon-

nükleer kaynaşma tepkimeleri, fizyon-nükleer parçalanma ve radyoaktif bozulmadır. Nükleer enerjinin çeşitli kullanım alanlarının olmasının yanı sıra en önemli kullanım yeri santraller vasıtasıyla elektrik üretimidir (Çetiner ve Sunal, 2008: 194-197).

Fransız fizikçi Henri Becquerel tarafından 193 yıl önce tesadüfen bulunan nükleer enerjinin keşfi 1896 yılında tamamen tesadüf bir şekilde fotoğraf plakları ile uranyumun yan yana durması ve karanlıkta ortaya çıkan X-Ray ışınlarını fark etmesi sonucu gerçekleşmiştir (Kaya, 2012: 72).

1970’li yıllarda ortaya çıkan petrol krizi nükleer enerjinin öneminin artmasına ve nükleer santrallerin yaygınlaşmasına neden olmuştur. Petrol sahibi olmayan ülkeler hem enerji arzlarını gerçekleştirmek hem de petrol gibi kaynaklara olan bağımlılıklarını nükleer enerji üretimine önem vererek azaltmaya çalışmışlardır. Fakat 1979’da ABD’de Three Mile Island ve 1989’da yaşanan Çernobil nükleer kazaları sonucu nükleer enerjiye karşı bir kaygı oluşmuş ve nükleer santrallerin kurulumunda yavaşlama olmasına rağmen yine de nükleer enerji santrallerinin yapımına tüm dünyada devam edilmiştir (Kum, 2009: 209-210).

Dünyanın sahip olduğu uranyum rezervi 5.326,500 milyon ton olmakla beraber bu kaynağın; Avustralya %31’lik, Kazakistan %12’lik, Rusya %9’luk, Kanada ve Nijerya %8’lik kısmına sahiptir ve sırasıyla Güney Afrika, Brezilya, Namibya, ABD ve Çin bu ülkeleri ardı sıra takip etmektedir (Aydın, 2014: 183; Akt. Selvi, 2017: 14).

Uranyum maddesine birden fazla ülke sahiptir ve uranyum maddesinin işlenme süreci 20 ülkede gerçekleşmiştir. Bu ülkelerin bir bölümü hali hazırda buluna uranyum miktarının yarısını işlemektedir. Bu ülkelerden söz edersek bunlar; Kanada, Rusya, Avustralya, Nijerya gibi ülkeler olup Kazakistan için ayrıca söz etmek gerekirse Kazakistan dünyadaki uranyum üretim miktarının %36’sını üstlenmektedir. Kazakistan’ı sırasıyla %15,4 ile Kanada ve %12 ile Avustralya takip etmektedir (Aydın, 2014: 181; Akt. Selvi, 2017: 13).

Bugün nükleer teknoloji, elektrik enerjisi üretiminde kullanılan nükleer santrallerin yardımıyla 30’dan fazla ülkede aktif olarak bulunmaktadır. 2006 yılı itibariyle toplam kapasitesi 369,552 MWe’e sahip 443 adet aktif halde bulunan nükleer santralin varlığının yanı sıra bu nükleer santraller dünyanın elektriğe olan gereksiniminin ancak %16’sına cevap vermektedir. 17 ülke elektrik ihtiyacının en az %25’ini nükleer santraller yardımıyla karşılamaktadır (Çetiner ve Sunal 2008: 198).

Temmuz 2020 yılı esas alındığında 31 ülkede 440 nükleer tesis işletmede olup ayrıca 19 ülkede ise 54 nükleer tesis de yapım aşamasındadır. Dünya elektrik arzının yaklaşık olarak %10'luk kısmı bu santrallerde üretilmektedir. Ülke düzeyinde ele alındığında Fransa elektrik talebinin %71'ini, Ukrayna %54'ünü, İsveç %34'ünü, Belçika %48'ini, Güney Kore %26'sını ve ABD ise %20'sini nükleer enerji sayesinde ürettikleri elektrik ile karşılamaktadır (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-nukleer-enerji> Erişim Tarihi: 21.04.2021).

Türkiye'nin iki tane nükleer enerji santrali projesi mevcuttur. Bunlardan birisi yapım diğeri ise proje aşamasındadır. Türkiye'de hayata geçirilmesi planlanan ilk nükleer enerji santrali Mersin'in Gülnar ilçesinde kurulacak 4.800 Mw kapasiteye sahip Akkuyu nükleer enerji santralidir. Bu santralin kurulumundan sonra Sinop'ta 440 Mw kapasiteye sahip Sinop nükleer santralinin kurulması planlanmaktadır (<https://www.enerjiatlası.com/nukleer/> Erişim Tarihi: 21.04.2021).

Türkiye 12 Mayıs 2010'da Rusya ile Mersin-Akkuyu sahasında nükleer güç santralinin tesisi için anlaşma imzalamıştır. 1 Aralık 2014'de Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Çevresel Etki Değerlendirme raporu olumlu olmuş ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) 15 Haziran 2017'de elektrik üretim lisansı vermiştir. 19 Ekim 2017'de sınırlı çalışma izni alınmış olup nükleer yapının güvenlikle ilgili olmayan kısmının inşa aşaması başlamıştır. 2 Nisan 2018'de ilk reaktör ünitesinin yapımına başlanmış ve ilk reaktör ünitesinin 2023 yılında hizmet vermesi planlanmaktadır (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-nukleer-enerji> Erişim Tarihi: 21.04.2021).

Akkuyu nükleer enerji santrali toplam 4 tane nükleer reaktörden oluşacak olup ilk ünite 2023 yılında faaliyete geçmesi ve tam kapasite olarak da 2026 yılında hizmete geçmesi planlanmaktadır. Her bir ünite 1.200 Mw kapasiteye sahip 4 reaktörden meydana gelecek olan Akkuyu nükleer santrali toplamda 4.800 Mw'lık bir kapasiteye sahip olacak ve 35 GWh elektrik üretmiş olacaktır. Ülkemizde 2016 yılında 275 Mw'lık bir elektrik tüketimi gerçekleşmiştir. Son dönemlerdeki elektrik tüketim miktarları göz önünde bulundurulduğunda ülkemizde elektrik tüketimi her yıl yaklaşık %5 arttığı görülmektedir. Bu artışlar göz önüne alındığında Akkuyu nükleer enerji santralinin tam kapasiteye ulaşacağı 2026 yılında ülkemizde yaklaşık 452 milyar KWh elektrik tüketimi olacağı tahmin edilmektedir. Akkuyu nükleer enerji santralinin tam kapasiteye ulaşacağı 2026 yılında enerji ihtiyacımızın yaklaşık %7'sini karşılayacaktır

(<https://www.enerjiatlası.com/nukleer/akkuyu-nukleer-santrali.html> Erişim Tarihi: 21.04.2021).

Sinop nükleer santrali ise Türkiye ve Japonya'nın ortaklaşa kurmayı hedeflediği Sinop nükleer enerji santrali 4.480 Mw kurulu güce sahip olacaktır. Bu tesis Sinop'un inceburun yarımadasında kurulacak şekilde projelendirilmiştir. Her biri 1.120 Mw kapasiteye sahip 4 reaktörden oluşacak olup toplam 4.480 Mw'lık bir güce sahip olması planlanmıştır. Sinop nükleer enerji santralinin işletmesi Türkiye, Fransa ve Japonya tarafından gerçekleştirilecektir. Bu işletmeyi Türkiye adına Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ) %49'luk hisse ile iki Japon şirketi toplamda %30'luk hisse ile ve bir Fransız şirketi %21'lik hisse ile yapacaktır (<https://www.enerjiatlası.com/nukleer/sinop-nukleer-santrali.html> Erişim Tarihi: 21.04.2021).

Diğer enerji kaynaklarında olduğu gibi nükleer enerjinin de kendine has sahip olduğu avantaj ve dezavantajları vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz;

Avantajları:

- Hammaddesinin büyüklüğüne kıyasla daha yüksek bir enerji sağlar. Örneğin 1 kilogram uranyumun sağladığı enerjinin 50.000 KWh elektrik enerjisi olması gibi (Temurçin ve Aliagaoglu, 2003: 27).
- Atık kül üretimine sebep olmazlar (Turan, 2006: 5).
- Ekonomik, kolay ve depolanabilmesi gibi özellikleri sebebiyle enerji arz ve güvenliğine katkıda bulunur (Yıldırım ve Örnek, 2007:39).
- Fosil kaynaklı enerjilerden üretim elde edilirken meydana gelen sera gazı emisyonları nükleer enerjide görülmediği için CO₂ emisyonlarının azalmasına etki etmesinin dışında asit yağmurlarına da sebep olmamaktadır (Yıldırım ve Örnek, 2007:39).
- 7 gün 24 saat durmadan elektrik üretebilirler.

Dezavantajları:

- Nükleer tesislerin ürettiği atık maddelerde radyasyon bulunmaktadır (Kaya, 2012: 74).
- Nükleer santraller yüksek güvenlik gerektirdiği için ilk yatırım maliyeti yüksektir. Yatırım maliyetinin %40'ını güvenlik harcamaları oluşturmaktadır (Turan, 2006: 5).

- Nükleer enerji üretilirken kullanılan hammaddelerden biri olan uranyum hafif fakat çıkarım esnasında çok fazla işleme maruz kaldığından dolayı fazla miktarda atık oluşturur (Temurçin ve Aliğaoğlu, 2003: 28).

1.2.2.3.Doğal Gaz

Fosil yakıtlar içerisinde yer alan doğal gaz, ana bileşen olarak içerisinde %90 gibi yüksek bir oranla metan daha düşük bir miktarda propan (C_3H_8), etan (C_2H_6), ağır hidrokarbonlar ve düşük miktarlarda oksijen, azot, karbondioksit, kükürt ve su bulundurmaktadır (Türkyılmaz vd. 2006: 5).

Doğal gaz kaynağından yeryüzüne çıkarılışı bakımından petrol ile neredeyse aynıdır. Talep yönünden istikrarlı bir şekilde sürekli olarak artış göstermekle birlikte sanayi ve ev gibi alanlarda yaygın olarak kullanılan bir enerji kaynağı olmuştur. Elektrik üretiminde de etkin bir şekilde kullanılan bir kaynaktır. Verimliliğin yüksek fakat çevreye verdiği zararın çok düşük olması, ucuz olması, lojistik ve depolama gibi problemlerinin olmayışı doğal gaz enerjisini daha cazip getirdiği için bu enerji kaynağına olan talep artmaktadır (Demir, 2013: 5).

Doğal gaz ilk olarak M.Ö 6000-2000’li dönemlerde İran’da gün yüzüne çıkmıştır. Doğal gazı yakıt anlamında kullananlar ise Çinliler olup suyu ısıtma amaçlı kullanmışlardır. Avrupa’nın doğal gaz ile tanışması 17. yüzyıl da başta aydınlatma daha sonra ise ocak, endüstriyel ve ısınma olarak kullanımıyla olmuştur. Modern anlamda doğal gaz transferi borular vasıtasıyla ABD tarafından yapılmıştır (<https://www.enerjisistemlerimuhendisligi.com/dogalgaz-enerjisi.html> Erişim Tarihi: 22.04.2021).

Kokusunun, renginin, tadının olmaması ve ayrıca havadan bile hafif olması doğal gazın bir diğer özelliklerinden bazılarıdır. Sıcaklığın -161 derece ve üzerinde olduğu durumlarda gaz haline geçebilir. Herhangi bir sızıntı, kaçak gibi durumlar meydana geldiğinde kokusundan anlaşılabilmesi için içeriğine sülfür eklenir (Beşergil, 2009:135).

İlk defa 1980’li dönemlerde ülkemizde ısınmak için kullanılan doğalgaz yakın dönemlerde sanayide ve elektrik üretiminde kullanılmasıyla önemli bir konuma gelmiştir. Ülkemizde üretilen toplam doğal gaz miktarı 760 milyon Sm^3 olurken aynı dönemde ithalatımız ise 43. 874 milyon Sm^3 olmuştur. Gerçekleşen bu ithalatın %63’lük gibi büyük

bir bölümü Rusya'dan olmuştur (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu, 2012: 30-31).

Doğal gaz rezervlerinin büyük bir bölümü ülkemizin etrafında bulunmasına karşın doğal gaz ihtiyacımızın çoğunu ithalat yoluyla karşılamaktayız. Türkiye bulunduğu coğrafi konumdan ötürü Kuzey-Doğu yönlü doğal gazın başka ülkelere taşınması hususunda bir köprü görevi görmektedir. Bu amaca hizmet etmesi için faaliyete geçirilmesi planlanan doğal gaz boru hattı projeleri bulunmaktadır. Bu projelerden söz etmek gerekirse Hazar bölgesinin sahip olduğu kaynakların Türkiye ve AB'ne transferi için diğer adı Şahdeniz Projesi olan Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal gaz boru hattı (BTE) 15 Aralık 2006'da hizmet vermeye başlamıştır. Ortadoğu ve Hazar bölgesinde ki doğal gaz kaynaklarını Avrupa'ya taşımak amacıyla 2007 yılında Türkiye-Yunanistan-İtalya boru hattı (TYİ) çalışmalarına başlamıştır. Bir diğer proje ise Nabucco projesi olmuştur. Bu proje Hazar ve Ortadoğu bölgesi kaynaklarını Türkiye vasıtasıyla Avrupa Birliği'ne (AB) transfer için Macaristan, Avusturya, Romanya, Bulgaristan'a bağlı olması planlanmaktadır (Ağaçbiçer, 2010: 112-113). Trans Adriyatik Boru Hattı Projesi'nin güzergahının belirlenmesiyle birlikte doğalgaz Arnavutluk, İtalya, Türkiye, Yunanistan ve Azerbaycan üzerinden sağlanacaktır. Bu sebepten ötürü Nabucco Projesi iptal edilmiştir.

Ülkemiz doğal gaz ithalatı yaparken çeşitli ülkelerle yapmış olduğu anlaşmalar neticesinde bazı boru hatları vasıtasıyla bu ticareti gerçekleştirmektedir. Rusya-Türkiye doğal gaz boru hattı olan diğer adıyla batı hattı bunlardan biridir. Ülkemiz 18.09.1984'de Rusya ile bu amaç doğrultusunda bir anlaşma yapmıştır. Türkiye'ye Bulgaristan sınırında bulunan Malkoçlar beldesinden giriş yapan doğal gaz Hamitabat, Ambarlı, İstanbul, İzmit, Bursa ve Eskişehir istikametini izleyerek başkent Ankara'ya uzanan hattın uzunluğu 845 km olmuştur. 1984 senesinde anlaşma imzalandıktan sonra 1987 senesinde doğal gaz ithalatına başlayan Türkiye en fazla alımı 6 milyar m³ ile 1993 senesinde yapmıştır. Yapılan yatırım ve gelişmeler ile bu hattın kapasitesi 14 milyar m³ değerine ulaşmıştır. Doğal gaz ithalatı hususunda ülkemizin anlaşma yaptığı ve boru hattı kurduğu bir diğer ülke ise İran olmuştur. Boru Hatlarıyla Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ) ve İran Ulusal Gaz Şirketi arasında 08.08.1996'da 9,6 milyar m³ değerinde doğal gaz alımı için anlaşma yapılmıştır. Bu boru hattının uzunluğu 1.491 km olup başlangıç noktası Doğubeyazıt olup Erzurum, Sivas ve Kayseri istikametinden Ankara'ya ulaşmaktadır.

İran'dan doğal gaz ithalatı ise 10.12.2001'de başlamıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2017: 72).

Mavi Akım olarak da bilinen doğal gaz boru hattı Türkiye ile Rusya arasında doğal gaz ticaretine olanak sağlamaktadır. BOTAŞ ve Gazexport arasında 15.12.1997'de yılda 16 milyar m³ değerinde doğal gaz ticareti için anlaşma yapılmıştır. Bu boru hattı ile Doğal gaz Rusya-Karadeniz-Türkiye istikametinde taşınmaktadır. Üç ana bölümden oluşan bu doğal gaz hattının Rusya topraklarında ki uzunluğu 308 km ve 62 km olarak toplamda 370 km olurken Türkiye topraklarında ki uzunluğu ise 501 km olmuştur. Bu barı hattı 20.02.2003'de faaliyete geçmiş ve 17.11.2005'de resmen açılışı yapılmıştır. Doğal gaz ticareti ve taşınması için yapılan bir diğer boru hattı ise Bakü-Tiflis- Erzurum doğal gaz boru hattı olmuştur. Hazar Denizi'nde meydana getirilen doğal gazı ülkemize iletmek için yapılmış olan bu hat 690 km uzunluğunda olmakla beraber en fazla 20 milyar m³ doğal gaz taşıma kapasitesi bulunmaktadır. İki ülke kendi aralarında hükümetler arası anlaşma yaparken diğer yandan da BOTAŞ ile Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet Petrol Şirketi (SOCAR) arasında 6,6 milyar m³ değerinde doğal gaz ticareti için anlaşma yapılmıştır. Söz konusu bu boru hattı Temmuz 2017'de faaliyete geçmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2017: 73).

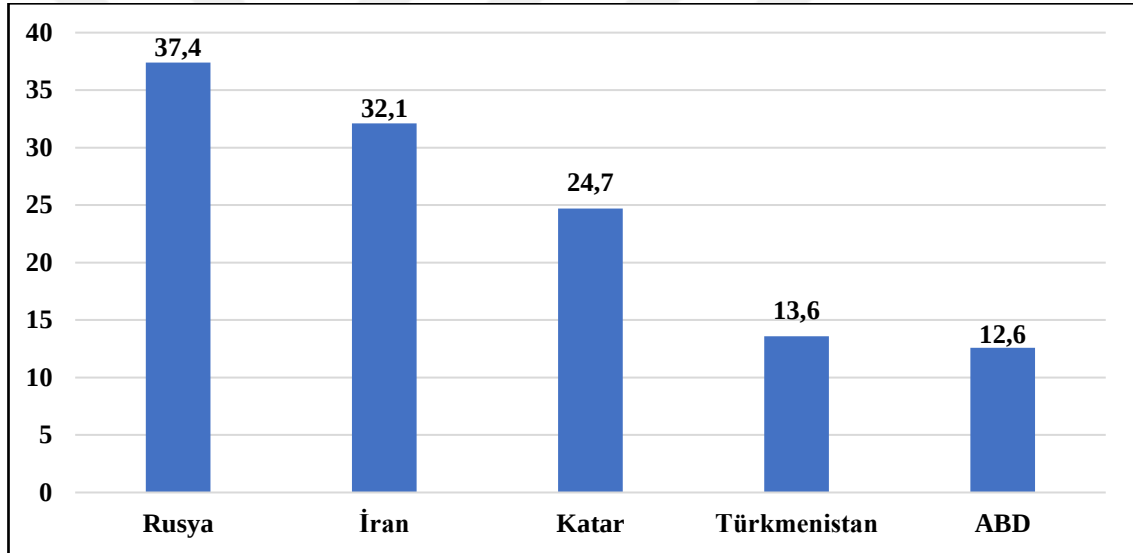
Doğal gaz ticareti ile ilgili olarak ana üretim bölgeleri olan Rusya, Ortadoğu ve Afrika bölgelerinde üretilen doğal gazın ana tüketim bölgeleri olan Çin, Japonya, Avrupa, Hindistan ve Kuzey Amerika'ya ihraç edilmektedir. 2030 yılına kadar doğal gaz ticaretinin 3 kat artacağı tahmin edilmektedir (Gümüş, 2010: 19).

Dünya doğal gaz tüketim miktarları bölgeler bazında ele alındığında Avrupa ve Asya bölgeleri %34,1, Kuzey Amerika %26,9, Asya Pasifik %18,3 oranında tüketim gerçekleşmektedir. Bölgesel değerlendirmenin yanı sıra ülke bazında ise 690,1 milyar m³ ile ABD en fazla doğal gaz tüketen ülke olup onu 424,6 milyar m³ tüketim miktarı ile Rusya, 130,7 milyar m³ tüketim oranı ile İran takip etmektedir (Topçu, 2013:17).

EPDK verilerine göre Türkiye'de 2019 yılında 473,87 milyon Sm³ üretimi yapıp satışa sunulmuştur. Bu miktar yani üretimi yapıp satışa sunulan miktar bir önceki yıl olan 2018'e kıyasla %10,62 oranında bir artış göstermiştir. Türkiye'nin 2019'da ithal ettiği doğal gaz miktarı bir önceki yıl olan 2018'e kıyasla %10,8 azalarak 45.211,47 milyon Sm³ olmuştur. Bu ithalat miktarında %33,61'lik bir payla Rusya ilk sırada yer

almıştır. 2019 yılı ihracat verilerine göre BOTAŞ, Yunanistan'a 762,63 milyon Sm³, Aygaz Doğal Gaz Toptan Satış Anonim Şirketi ise Bulgaristan'a 0,05 milyon Sm³ oranında sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) ihraç etmiştir. Dolayısıyla 2019 yılında gerçekleşen doğal gaz ihracatı bir önceki yıl olan 2018'e göre %13,28 artmıştır. Türkiye'nin 2019 yılında tükettiği doğal gaz miktarı 45.285.424,37 Sm³ olmuş ve Türkiye'nin doğal gaz tüketimi 2018 verilerine göre %7,96 azalmıştır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2019 Yılı Sektör Raporu, 2020: ii). Doğal gazın yanma işlemi sonrasında ortaya çıkan zararlı gazların çok düşük seviyede olmasından dolayı doğal gaz çevreye duyarlı bir enerji kaynağı yapmaktadır. Bu da doğal gaz enerjisinin pozitif yönlü bir özelliği olarak gözer çarpmaktadır.

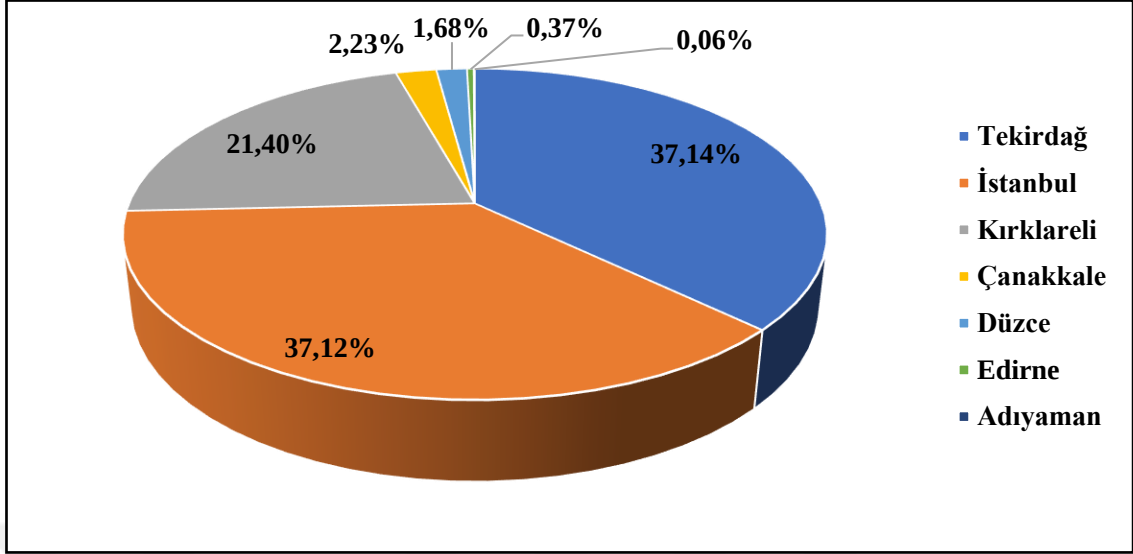
Şekil 19: 2020 Yılı En Fazla Doğal Gaz Rezervine Sahip İlk 5 Ülke (Trilyon m³)



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 34.

Şekil 19 en fazla doğal gaz rezervine ev sahipliği yapan ilk 5 ülkeyi ve sahip olduğu rezerv miktarlarını göstermektedir. Bu şekilden hareketle en fazla doğal gaz rezervi bulunan ülke 37,4 trilyon m³ ile Rusya olurken onu sırasıyla 32,1 trilyon m³ ile İran, 24,7 trilyon m³ ile Katar, 13,6 trilyon m³ ile Türkmenistan ve 12,6 trilyon m³ ile ABD takip etmektedir. Rezervlerin %19,9'u Rusya'da, %17'si İran'da, %13'ü Katar'da, %17'si Türkmenistan'da, %6'sı ABD 'de bulunmaktadır (BP Statistical Review of World Energy, 2021: 34).

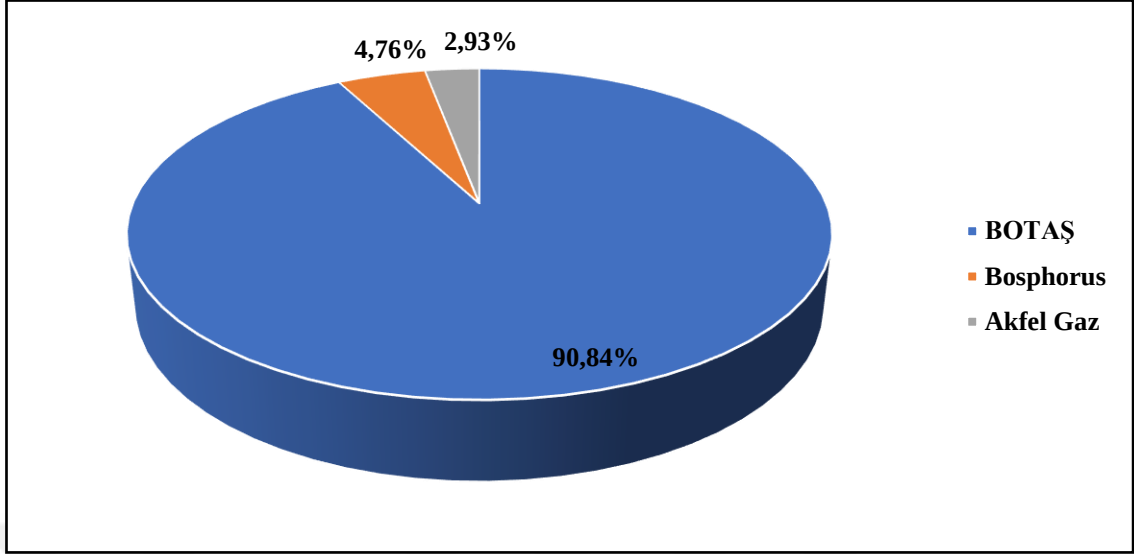
Şekil 20: 2020 Yılı İllere Göre Doğal Gaz Üretim Oranları (%)



Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 4.

Şekil 20’de 2020 yılında doğal gaz üreten illerimizin üretime yapmış oldukları katkı oranları görülmektedir. En fazla üretimin yapıldığı ilimiz olan Tekirdağ’ın üretimdeki payı %37,14 olmuştur. Onu takip eden diğer ilimiz İstanbul’un ise üretimdeki payı %37,12 olmuştur. Kırklareli %21,40, Çanakkale %2,23, Düzce %1,68, Edirne %0,37 ve Adıyaman %0,06 oranında doğal gaz üretiminde payı bulunmaktadır. Bu oranlara karşılık gelen üretim miktarları ise şöyledir; Adıyaman 0,244 milyon Sm³ değerinde üretim gerçekleştirirken Çanakkale 9,830 milyon Sm³, Düzce 7,410 milyon Sm³, Edirne 1.654 milyon Sm³, İstanbul 163,811 milyon Sm³, Kırklareli 94,441 milyon Sm³ ve Tekirdağ ise 163,876 milyon Sm³ üretim gerçekleştirirken toplam üretim miktarı ise 441,266 milyon Sm³ olmuştur (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 4).

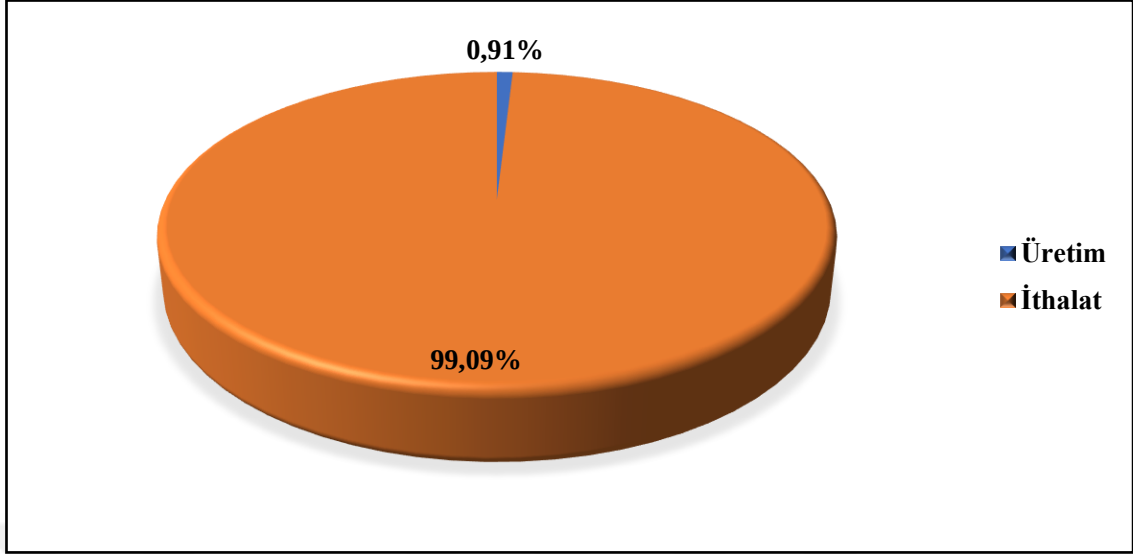
Şekil 21: 2020 Yılı Doğal Gaz İthalatında Şirketlerin Payı (%)



Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 13.

Şekil 21’de 2020 yılında en fazla doğal gaz ithalatında bulunan şirketlerin payları görülmektedir. Buradan hareketle en fazla ithalat yapan şirket %90,84 gibi çok yüksek bir oranlar BOTAŞ olurken, Bosphorus %4,76 ve Akfel Gaz %2,93 oranında ithalat yapmıştır. Bu oranlara karşılık gelen doğal gaz ithalat miktarları ise; BOTAŞ 43.717,45 milyon Sm³, Bosphorus 2.289,38 milyon Sm³ ve Akfel 1.411,62 milyon Sm³ olmuştur. Bu şirketlerin dışında ithalat yapmaya yetkisi bulunan şirketlerin yapmış olduğu ithalat miktarları %1’den daha düşük seviyelerde kalmıştır. Bu sebeple şekilde sadece 3 şirkete yer verilmiştir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 13).

Şekil 22: 2020 Yılı Toplam Doğal Gaz Arzının Karşılandığı Kaynakların Payları (%)



Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 23.

Şekil 22’de Türkiye’nin toplam doğal gaz arzını karşılandığı kaynakların dağılımı, payları görülmektedir. Bu şekilden hareketle Türkiye doğal gaz arzının %0,91’lik kısmını yurt içindeki üretimle karşılarken geri kalan %99,09 gibi çok büyük bir kısmını yurt dışından ithal ederek karşılamaktadır. Bu şekilden hareketle ülkemizin doğal gaz talebini karşılamak için en azından yarısını bile karşılamak için yeterli rezervlere sahip olmadığını anlayabiliriz. Dolayısıyla ülkemizin doğal gaz rezervlerinin yetersiz oluşu bizi doğal gaz ithalatına mecbur bırakmış ve bu durumda ülkemizin doğal gaz kaynaklı enerji harcamalarını artırmıştır. Ülkemizde bulunan doğal gaz rezervlerini optimal düzeyde kullanarak veya yeni doğal gaz rezervleri bulup üretime dahil ederek ithalat miktarımızı ve enerji harcamalarımızda ki doğal gaz payını azaltabiliriz.

Doğal gazın stoklanması için yapılan yatırımlar sayesinde gerek yer altı depolama kapasitesinde gerekse de sıvılaştırılmış doğal gazın depolama kapasitesine önemli ölçüde artışların olduğu gözlenmektedir. 2020 sonu itibariyle yer altındaki doğal gaz depolama kapasite miktarı 3.691 m³ olmakla beraber sıvılaştırılmış doğal gazın ise 0,964 milyon m³ değerinde olmuştur (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 26).

Tablo 8: Türkiye'nin 2020 Yılı Ay Sonu Doğal Gaz Stok Miktarı (Milyon Sm³)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ocak	1.137,03	1.324,09	1.708,55	1.183,18	2.742,08	2.729,27	2.237,64
Şubat	771,25	1.019,49	1.274,30	919,16	2.777,72	2.167,46	1.914,51
Mart	760,34	599,13	884,75	976,92	2.888,64	1.677,21	1.584,80
Nisan	1.197,15	249,76	1.191,85	1.205,73	3.021,92	1.475,93	1.423,20
Mayıs	1.586,83	644,68	1.485,92	1.611,42	3.094,31	1.580,07	2.150,38
Haziran	1.796,99	927,09	1.787,80	2.142,49	3.243,02	2.054,40	1.882,57
Temmuz	2.023,92	1.306,61	2.125,45	2.533,83	3.190,54	2.285,79	2.128,59
Ağustos	2.383,78	1.597,04	2.484,97	2.884,04	3.245,63	2.791,74	2.430,96
Eylül	2.611,47	2.181,86	2.773,51	3.144,58	3.274,47	3.236,40	2.814,84
Ekim	2.566,16	2.377,36	2.820,56	3.194,05	3.359,33	3.465,64	3.258,84
Kasım	2.346,69	2.661,03	2.285,98	2.906,36	3.362,98	3.452,07	2.961,69
Aralık	1.873,08	2.126,76	1.695,34	2.948,37	3.167,23	3.095,44	2.852,00

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 26.

Tablo 8 ülkemizin son 7 yıldaki doğal gaz stok miktarlarının aylık dağılımını göstermektedir. 2014 yıl sonunda doğal gaz stok miktarı 1.873,08 milyon Sm³ olurken 2018 yılında 3.167,23 milyon Sm³ değerine yükselmiş ve 2020 yılında bu stok miktarı bir parça azalarak 2.852,00 milyon Sm³ olarak gerçekleşmiştir. Bu stok miktarları söz konusu tüm yıllar içinde birçok kez azalıp yükselerek bir dalgalanma seyri izlemektedir.

1.2.2.4.Petrol

Petrol, fosil enerji kaynakları arasında yer alan petrol şüphesiz ki en önemli kaynaklardan birisidir. Petrol kelimesi köken olarak Latince kökenli petra (kaya) ve oleum (yağ) olarak iki kelimeden oluşmuştur. Petrol kelimesi genelde sıvı halde bulunan mineral yağı tarif etmek için kullanılır. Petrol çoğunlukla maddenin üç hali olan katı, sıvı ve gaz şeklinde yer kürenin iç kısımlarında bulunmaktadır (Gülay, 2008: 5).

M.Ö. 3200'lü yıllarda Mezopotamya'da inşaat ve gemicilikte kullanılmış olup M.Ö. 300'lerde ise Mısır'da mumyalama işlemlerinde kullanılmıştır. 13. yüzyılın son dönemlerinde uzak doğuya seyahat ederek sıvı petrolü anlatan Marco Polo aynı zamanda

petrolün ticari yönünden de söz etmiştir. M.Ö. Çin ve Milattan Sonra (M.S.) ise İran, Roma, Yunanistan gibi Avrupa ve Orta Doğu ülkeleri petrolü aydınlatma ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanmışlardır (T.C. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, 1995: 1). Petrole olan esas talebin 1859 yılında Albay Drake'nin Pennsylvania eyaletinde petrolü bulmasıyla "Petrole Hücum" denilen dönemde başlamıştır. Bu hücum zamanla ABD sınırlarını aşip günümüze kadar ulaşmıştır (Bilgin, 2007: 23).

Petrolden enerji elde edilmesinin dışında plastik, kozmetik, boya, eczacılık, demir-çelik gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Sanayi alanında üretilen ham maddelerin girdisinin petrol olması sebebiyle petrolün kullanıldığı alan ve etkinin günden güne artması aynı zamanda petrolün değerini de artırmaktadır (Doğan, 2010: 5). Petrolün bir enerji kaynağı olmasının yanı sıra öyle önemli bir noktaya gelmiştir ki uluslararası arena da devletlerin ilişkilerinde stratejik duruş ve konumları üzerinde etkili bir faktör olmuştur (Emeklier ve Ergül, 2010: 60).

Dünya'nın bilinen toplam petrol rezervi 1700 milyar varildir. Bu rezervin 811 milyar varili yani %47,54'ü Ortadoğu'da bulunmaktadır. En çok petrol rezervi bulunan ülke olan Venezüella'nın 239,5 milyar varil petrol rezervi bulunmaktadır. Ancak Venezüella aynı başarıyı üretim konusunda gösterememektedir. Suudi Arabistan, Amerika, Rusya en fazla üretimin yapıldığı ülkelerdir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016: 10-12). Dünya ispatlanmış petrol rezerv miktarı 2019 yılında toplam 1733,9 milyar varil olmuştur. 833,8 milyar varili Ortadoğu'da bulunmaktadır. Bunu sırasıyla 3241,1 milyar varil ile Güney ve Orta Amerika, 244,4 milyar varil ile Kuzey Amerika takip etmektedir (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-petrol> Erişim Tarihi: 26.04.2021).

Türkiye 2016 yılında 27,6 milyon ton ham petrol tüketmiştir. 2002-2016 yılları arasındaki periyotta ham petrol tüketimimiz 2016 yılında 2002 yılına göre %5,7 oranında artmıştır. Türkiye yurt içindeki petrol üretim ve arama çalışmaları için 2002 yılında 90 milyon dolar yatırım yapmışken 2016 yılına gelindiğinde bu rakam 135 milyon dolara yükselmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2017: 38-39).

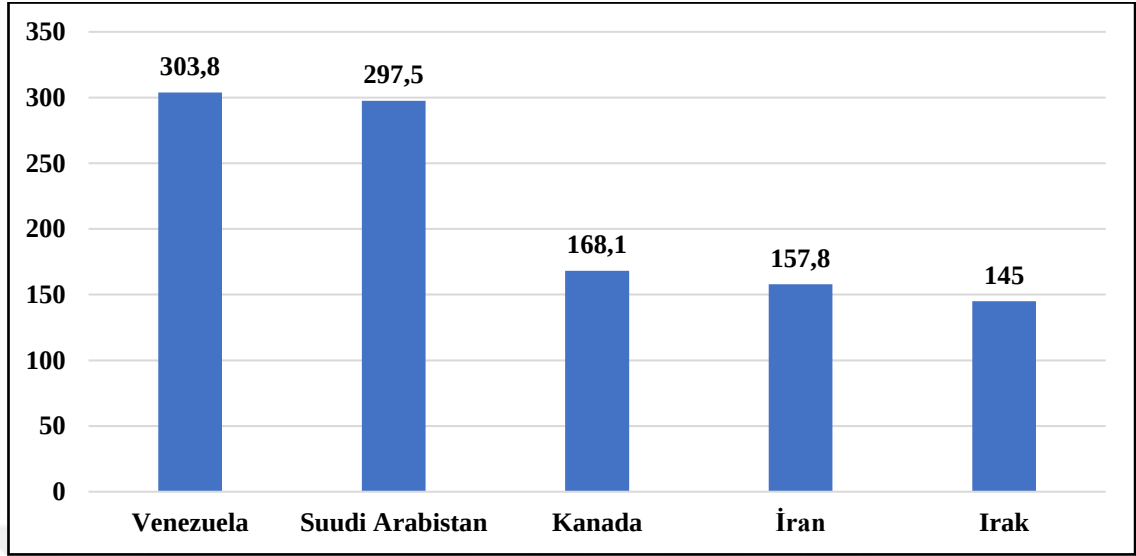
Ülkemiz 2019 yılında 31 milyon ton petrol ithal ederken aynı zamanda 13,7 milyon ton ise petrol ürünü ithalatı yapmıştır. İhraç ettiğimiz petrol ürünlerinin değeri ise 14,3 milyon ton olmuştur. Türkiye'nin ham petrol ithalatındaki en büyük pay %36 ile

Rusya olmuştur. Bunu sırasıyla %21 ile Irak, %7 ile Kazakistan ve Hindistan, %5 ile İran, %4 ile Suudi Arabistan takip etmektedir. Türkiye’de 2019 yıl sonu itibariyle 9.536,832 metre sondaj yapılmış ve 5.063 tane kuyu açılmıştır. Deniz altında yapılan çalışmalarda ise 200.301 km iki boyutlu, 67.422 km ise üç boyutlu sismik arama çalışmaları yapılmıştır. Sadece 2019 yılında 340.863 metre sondaj ile 153 tane kuyu açılmış olup ham petrol üretimimiz 2.984,800 ton rezerv ise 51.076,078 ton olarak kayıtlara geçmiştir (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-petrol> Erişim Tarihi: 26.04.2021).

Ülkemiz de 2019 yılında gerçekleşen rafineri üretimi bir önceki yıla kıyasla %38,84 oranında artarak 34.715.676,927 ton olmuştur. Aynı şekilde motorin üretimi %46,81 artarak 13.642.113,671 ton ve benzin üretimi ise %12,89 artarak 5.287.867,933 ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye petrol ithalatında 2019 yılında bir önceki yıla göre toplam ithalat miktarı %17,99 artırarak 44.822.756,254 ton seviyesinde gerçekleşmiştir. Yine aynı şekilde toplam ihracatı ise %60,92 artarak 14.281.813,497 ton olmuştur (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2019 Yılı Sektör Raporu, 2020: III).

Enerji Piyasası Düzenle Kurumu tarafından 2019 yılı petrol piyasası sektör görünümü adlı raporunda yayınlanan bilgiler ışığında ülkemizin 2019 yılında yaptığı toplam petrol ithalat rakamları görülmektedir. Bu verilere göre toplam petrol ithalatımız 44.822.756,254 ton olarak gerçekleşmiş olup en fazla pay %69,33 ile ham petrolün olmuştur. Bunu %24,32 ile motorin ürünleri takip etmiştir. En düşük pay ise %0,07 ile denizcilik yakıtlarında gerçekleşmiştir. Toplam ihracat miktarı 14.281.813,497 ton olarak gerçekleşmiş olup en büyük paya %35,41 ile havacılık yakıtları sahip olmuştur. Bunu %20,81 ile benzin türleri takip etmektedir. En az paya sahip olan ürün ise %4,10 ile fuel-oil türleri olmuştur (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2019 Yılı Sektör Raporu, 2020: 11).

Şekil 23: En fazla Petrol Rezervine Sahip İlk 5 Ülke (Bin milyon varil)



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 16.

Dünya genelinde en fazla petrol rezervlerine sahip ilk beş ülkelere bakıldığında yukarıdaki şekil meydana gelmektedir. Bu şekle göre en fazla petrol rezervine sahip ülke 303,8 bin milyon varil ile Venezuela olurken onu sırasıyla 297,5 bin milyon varil ile Suudi Arabistan, 168,1 bin milyon varil ile Kanada, 157,8 bin milyon varil ile İran ve son olarak 145 bin milyon varil rezerv miktarı ile Irak takip etmektedir.

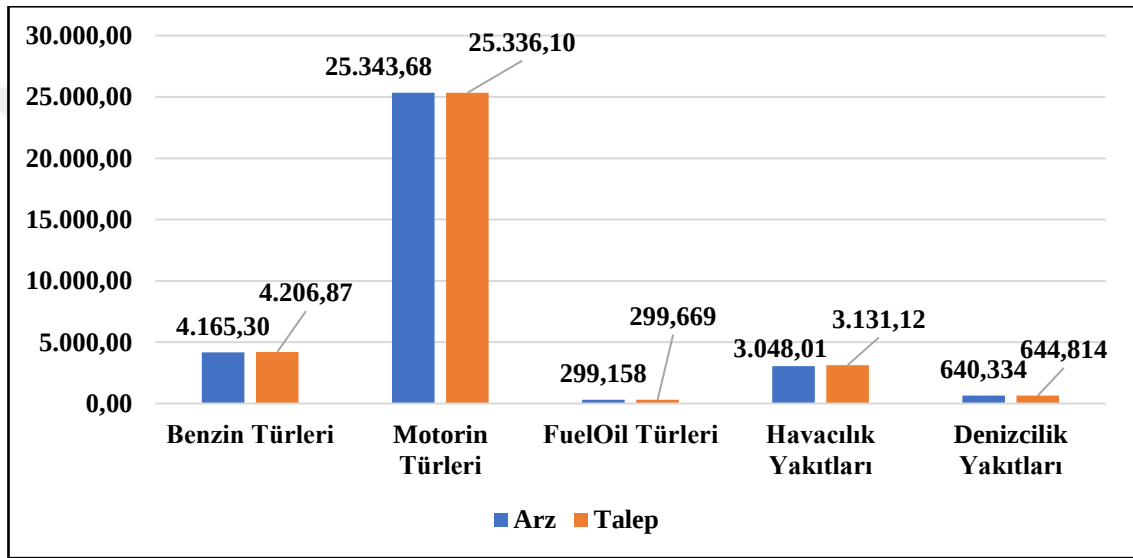
Tablo 9: Türkiye'nin Petrol Rafineri Kapasitesi (Günlük bin varil)

Yıllar	Miktar
2010	613
2011	596
2012	596
2013	596
2014	596
2015	596
2016	596
2017	596
2018	818
2019	822
2020	822

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 31.

Tablo 9 bize ülkemizin bazı yıllara ait sahip olduğu rafineri kapasitesini ait bilgileri vermektedir. Buna göre ülkemiz 2010 yılında 613 günlük bin varil rafineri kapasitesine sahip iken, 2015 yılında 596 günlük bin varil ve son olarak 2020 yılında 822 günlük bin varil rafineri kapasitesine sahip olmuştur. 2010 yılından 2011 yılına geçişte rafineri kapasitesi miktarında bir azalış yaşanmış ve 2017 yılına kadar belirli bir miktarda sabit kalmıştır. 2017 yılından sonra önemli bir miktarda artış yaşanmış ve bu artış 2019 yılında da devam etmiştir. 2019 ve 2020 yılında ki rafineri kapasitesi sabit kalmıştır.

Şekil 24: 2020 Yılı Petrol Piyasası Arz ve Talep Dengesi (Ton)



Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: VII.

Şekil 24’te ülkemizin 2020 yılındaki petrol piyasasına ait arz ve talep dengesine ait bilgileri bize sunmaktadır. Buna göre arz kısmının toplam değeri 33.496.477 milyon ton olurken bunun çok büyük bir kısmı üretimden oluşmaktadır. Geriye kalan küçük bir kısım ise ithalattan oluşmaktadır. Talep kısmının toplam değeri ise 33.618.570 milyon ton olurken bunun çok büyük bir bölümünü tüketim oluşturmaktadır. Geriye kalan küçük bir bölüm ise ihracattan oluşmaktadır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: VII). Şekle bakıldığında en fazla arzı ve talebi bulunan petrol ürünü motorin ve türleri olduğu görülmektedir. Daha sonra benzin türleri, havacılık yakıtları, denizcilik yakıtları ve son olarak hem arz bakımından hem de talep bakımından en az olan fueloil türleri gelmektedir.

1.3.ENERJİ TÜRLERİ TÜKETİMİ

1.3.1.Yenilenebilir Enerji Türleri Tüketimi

Geçmiş yıllardan günümüze kadar enerji kaynakları ve bu enerji kaynaklarının devamlılığı daima önemini koruyan unsurlardan bir tanesi olmuştur. Gün geçtikçe azalan enerji kaynakları ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının sorumsuzca kullanılmasından kaynaklı çevre deformasyonları göz önünde bulundurularak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmıştır. Enerjiye olan ihtiyacın sürekli artış göstermesinden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen faydanın artırılması yönünde bilim insanlarının birçok çalışması bulunmaktadır. Rüzgâr değirmeni ve güneş pilleri bu yöndeki çalışmalar olarak görülmektedir (Külekçi, 2009: 83).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sürekli, bitmeyen bir kaynak olmasını dışında farklı faydaları da vardır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarına kıyasla çevreye olan negatif etkilerinin çok düşük seviyede olması, enerji güvenliği, AR-GE faaliyetleri, teknoloji, iş ve ekonomi gibi faydaları bulunmaktadır (Aslan ve Dinçer, 2008: 76-78). Teknolojinin sürekli olarak yenilik içerisinde olması, enerjiye olan ihtiyacın devamlı artması, çevre, sosyal hayat ve ekonomik faaliyetlerdeki devamlılığın sağlanması gibi etmenler yenilenebilir enerji kaynaklarını odak noktası haline getirmiştir. Yenilenebilir enerji türlerinin bir gün tükenecek olması gerçeği alternatif kaynaklara yöneltmiştir (Karadağ vd., 2009: 24). Geleceğin enerji kaynağı gözüyle bakılan yenilenebilir enerji kaynakları ekonomik, teknik ve kurumsal problemler bu enerji kaynakları için dezavantaj oluşturmaktadır. Bunun yanında depolama problemlerinin olması ve kurulum maliyetlerin yüksek olması gibi sorunlar da bulunmaktadır. Halihazırda yenilenemeyen enerji kaynaklarıyla rekabet gücü az olsa da gerek temiz enerjiye özendirme gerekse içerisinde farklı enerji türlerini barındırması gün geçtikçe önem arz etmektedir (Bayraç, 2009: 120).

Tablo 10: Bölgelerde ve Dünyada Yenilenebilir Enerji Üretimi (Terawatt-Saat)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Kuzey Amerika	201.7	231.9	261.9	301.5	335.3	372.2
Orta ve Güney Amerika	50.9	54.0	64.1	73.8	88.6	107.1
Avrupa	313.6	379.5	449.9	509.2	549.7	627.5
Avrasya	0.6	0.7	0.6	0.7	1.0	1.4
Orta Doğu	0.4	0.7	0.9	1.1	1.8	2.4
Afrika	6.3	6.9	7.6	8.8	12.5	19.7
Asya Pasifik	187.6	234.5	282.9	350.4	425.2	504.0
Dünya	761.2	908.2	1067.9	1245.5	1414.0	1634.4
	2016	2017	2018	2019	2020	2020 Pay
Kuzey Amerika	431.9	479.3	525.0	563.1	642.1	%20,4
Orta ve Güney Amerika	126.4	142.6	159.4	181.4	192.9	%6,1
Avrupa	640.2	719.7	759.9	840.0	921.0	%29,3
Avrasya	1.8	2.1	2.5	3.8	8.1	%0,3
Orta Doğu	3.8	5.0	7.7	13.8	18.6	%0,6
Afrika	23.6	27.0	31.2	38.0	42.3	%1,3
Asya Pasifik	623.6	804.3	992.9	1149.2	1322.0	%42,0
Dünya	1851.3	2180.2	2478.6	2789.2	3147.0	%100

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 56.

Tablo 10’da bölgelerde ve dünya genelinde gerçekleşen yenilenebilir enerji tüketim miktarları yer almaktadır. 2020 yılında Kuzey Amerika’da 642.1 TWh yenilenebilir enerji üretimi gerçekleşmiştir. Bu üretim miktarı Orta ve Güney Amerika’da 192.9 TWh, Avrupa bölgesinde 921.0 TWh, Avrasya bölgesinde 8.1 TWh, Orta Doğu’da 18.6 TWh, Afrika’da 42.3 TWh ve Asya Pasifik bölgesinde 1322.0 TWh değerinde yenilenebilir enerji üretimi gerçekleşmiştir. Dünya genelindeki üretim miktarı ise 3147.0 TWh olmuştur. Dünya genelinde üretilen yenilenebilir enerji miktarları içerisinde en büyük pay %42,0 ile Asya Pasifik bölgesinde gerçekleşirken en az pay %0,3 ile Avrasya bölgesine ait olmuştur. 2020 yılında en fazla yenilenebilir enerji üretimi yapan ülkelere bakıldığında Çin 863.1 TWh üretim yaparak dünya genelindeki üretimin %27,4’ünü karşılayarak ilk sırada yer almaktadır. Amerika Birleşik Devletleri ise 551.7 TWh üretim yapmış ve %17,5 oranında paya sahip olmuş ve ikinci sırada yer almıştır. Üçüncü sırada bulunan Almanya ise %7,4 oranına karşılık gelen 232.4 TWh değerinde üretim yapmıştır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkeleri 1788.6 TWh üretim yapmış ve

%56,8 oranında bir paya sahip olmuştur. Avrupa Birliği üyesi ülkeler ise 710.4 TWh üretim yapmış ve %22,6 oranında bir paya sahip olmuştur (BP Statistical Review of World Energy, 2021: 56).

Tablo 11: Bölgelerde ve Dünyada Yenilenebilir Enerji Tüketimi (Mtep)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Kuzey Amerika	34.2	39.3	45.6	52.5	59.3	69.8
Orta ve Güney Amerika	7.8	8.7	11.3	12.0	14.3	16.4
Avrupa	54.1	61.2	71.0	85.9	101.5	114.7
Avrasya	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
Orta Doğu	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
Afrika	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7	2.0
Asya Pasifik	26.8	33.4	41.1	51.3	61.7	79.2
Dünya	124.1	144.0	170.6	203.6	238.8	282.5
	2014	2015	2016	2017	2018	2018 Pay
Kuzey Amerika	77.9	83.6	96.7	108.4	118.8	%21,2
Orta ve Güney Amerika	19.7	23.9	28.2	31.5	35.4	%6,3
Avrupa	123.8	141.5	144.5	162.3	172.2	%30,7
Avrasya	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	%0,1
Orta Doğu	0.4	0.7	1.0	1.3	1.7	%0,3
Afrika	2.8	4.4	5.3	6.1	7.2	%1,3
Asya Pasifik	94.5	114.0	140.7	180.2	225.4	%40,2
Dünya	319.5	368.5	416.8	490.2	561.3	%100,0

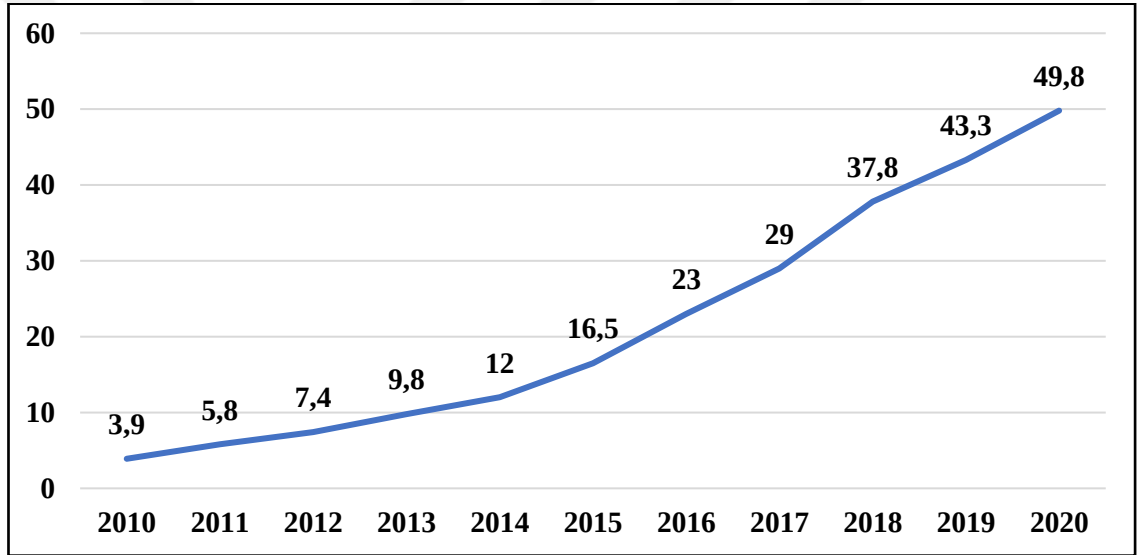
Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2019: 51.

Tablo 11 bölgelerde ve dünya genelindeki yenilenebilir enerji tüketime ait bilgileri bize sunmaktadır. Kuzey Amerika bölgesindeki tüketim 118.8 Mtep olmuş ve dünya genelindeki payı %21,2 olmuştur. Orta ve Güney Amerika’da tüketim miktarı %6,3 paylık oran ile 35.4 Mtep olmuştur. Avrupa’da ise gerçekleşen yenilenebilir enerji tüketim miktarı 172.2 Mtep olmuş toplam tüketimdeki payı %30,7 oranında olmuştur. Avrasya bölgesinde ise 0.6 Mtep tüketim gerçekleşmiş olup aldığı pay %0,1 oranında olmuştur. Orta Doğu’da %0,3 pay ile 1.7 Mtep yenilenebilir tüketimi gerçekleştirmiştir. Afrika bölgesi yenilenebilir enerji tüketim rakamlarına bakıldığında gerçekleşen tüketim miktarı %1,3’lük pay ile 7,2 Mtep olmuştur. En fazla tüketimin gerçekleştiği bölgelerden biri olan Asya Pasifik bölgesinde %40,2’lik pay ile 225.4 Mtep olmuştur. Dünya

genelinde gerçekleşen yenilenebilir enerji tüketim miktarı 561.3 Mtep değerinde gerçekleşmiştir. En fazla tüketim Asya Pasifik bölgesinde olurken en az tüketim ise Avrasya bölgesine ait olmuştur.

2018 yılında en fazla yenilenebilir enerji tüketimi yapan ülke 143.5 Mtep ve %25,6 oranında pay ile Çin olmuştur. İkinci sırada ise 103.8 Mtep ve %18,5'lik pay ile ABD yer alırken üçüncü sırada 47.3 Mtep ve %8,4 ile Almanya yer almaktadır. OECD üyesi ülkelerin gerçekleştirdiği tüketim miktarı %58,9'luk oran ile 330.4 Mtep olurken Avrupa Birliği'ndeki tüketim miktarı %28,4'lük oran ile 159.6 Mtep olarak gerçekleşmiştir (BP Statistical Review of World Energy, 2019: 51).

Şekil 25: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Üretimi (Terawatt-Saat)



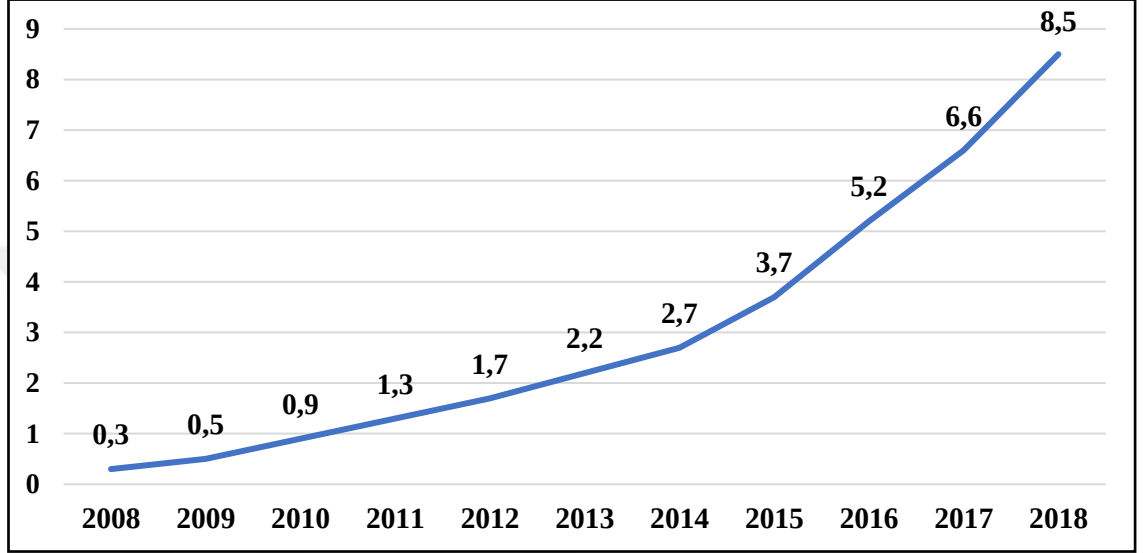
Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 56.

Şekil 25'de ülkemizin yıllar içerisinde gerçekleştirmiş olduğu yenilenebilir enerji üretimine ait rakamları göstermektedir. Türkiye her geçen yıl yenilenebilir enerji kaynaklarından elde ettiği üretim miktarını artırmıştır. 2010 yılında 3,9 TWh üretim gerçekleştirirken 2015 yılında bu üretim miktarı 16,5 TWh ve son olarak 2020 yılında 49,8 TWh değerinde gerçekleşmiştir.

Türkiye 2019 yılında toplamda 43,3 TWh değerinde yenilenebilir enerji üretimi yapmış olup bu üretim miktarı içerisinde 21,7 TWh değerinde rüzgâr enerjisi, 9,2 TWh değerinde güneş enerjisi ve toplamda 12,4 TWh değerinde de diğer yenilenebilir enerji kaynakları yer almaktadır. 2020 yılında ise toplam 49,8 TWh değerinde yenilenebilir

enerji üretimi gerçekleşmiştir. Bu üretim miktarı içerisinde 24,8 TWh değerinde rüzgâr enerjisi, 10,8 TWh değerinde güneş enerjisi ve toplamda 14,2 TWh değerinde de diğer yenilenebilir enerji kaynakları yer almaktadır (BP Statistical Review of World Energy, 2021: 57).

Şekil 26: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Tüketimi (Mtep)



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2019: 51.

Şekil 26'da yer alan bilgiler bize ülkemizde gerçekleşen yenilenebilir enerji tüketim miktarlarını göstermektedir. Gelişen teknoloji, artan nüfus ve enerjiye olan talebin her geçen gün artması gibi sebepler enerji tüketimini de artmış olması yenilenebilir enerji kaynaklarının da bu durumdan etkilenmesine neden olmuştur. Ülkemizin yenilenebilir enerji tüketimi her geçen yıl artmıştır. 2010 yılında 0,9 Mtep değerinde olan tüketim miktarı 2015 yılında 3,7 Mtep ve 2018 yılında 8,5 Mtep değerine yükselmiştir.

1.3.1.1. Güneş Enerjisi Tüketimi

Güneş enerjisi çekirdeğinde bulunan hidrojenlerin bir araya gelerek helyum atomlarını ortaya çıkarmasıyla açığa çıkan enerji türü olarak bilinmektedir. Güneşin içerisinde meydana gelen bu olayda bir saniyede 700 milyon ton hidrojen maddesi helyuma dönerek 5 milyon ton madde güneş enerjisine dönmüş olmaktadır. Başka bir

deyişle bir saniye de güneşin 5 milyon ton eksilmesi anlamını taşımaktadır (Batman, 2001: 6). Dünyamıza en yakın yıldız olan güneşin bünyesinde %92 oranında hidrojen, %8 miktarında helyum elementleri bulunmaktadır (Ayan ve Pabuçcu, 2013: 91).

Güneş enerjisinden aktif sistem veya pasif sistem yoluyla faydalanmak mümkündür. Aktif sistemde güneş ışınlarından elektrik enerjisi elde edilerek faydalanılmaktadır. Bu sistemde yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının aynalar vasıtasıyla bir araya getirilerek derece bakımından yüksek sıcaklıkların meydana gelmesi bu sıcaklıkla ısınan suyun kazanlardan geçerek buharlaşması ve buharın da türbinler aracılığı ile jeneratörün mekanik bir hareket kazanması elektrik enerjisini meydana getirmektedir (Ağaçbiçer, 2010: 57-58).

Güneş enerjisinin kullanımı çok eski dönemlere kadar uzanmaktadır. Rivayetlere göre M.Ö. 212 senesinde Arşimed, aynaları kullanarak güneş ışıklarını bir araya getirip oluşan ısı enerjisi ile düşman gemilerini yakarak hasar vermiştir. Zaman ilerleyip 17-18. yüzyıla geldiğinde Arşimed'in kullandığı bu yöntem geliştirilerek madenlerin ısıtılarak eritilmesinde kullanılmıştır. Daha sonra 19. yüzyılda buharlı ısıtıcılarda kullanılarak güneş enerjisinden istifade etmişlerdir. Tarihler 20. yüzyılı gösterdiğinde güneşten gelen ışınlardan ve güneşli su ısıtıcılarından elektrik enerjisi meydana getiren güneş pilleri yaşamımızda yer almaya başlamıştır (Gülay, 2008: 41-42).

Güneş enerjisi elektrik üretiminde, ışık ve ısı üretiminde de kullanılmaktadır. Güneşten yer yüzüne gelen enerjiyi başka enerji türlerine çeviren düzeneklere güneş pilleri ya da fotovoltaik piller adı verilmektedir. Pillerin cinsine bağlı olarak güneş enerjisi, %5-24 oranında elektrik enerjisine dönüşmektedir (Demircan ve Alakavuk, 2008: 17-19). Güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisinin en ekonomik yolla elde edilmesi daha çok güneş ışınlarının fazla olduğu sahra çölü gibi ya da az yağmur alan bölgelerde gerçekleşmektedir. Ancak bu bölgelerin enerji tüketim alanlarına uzak olması ve depolama gibi sorunlarla karşılandığı için farklı yararlanma yöntemleri bulunmaya çalışılmaktadır. Yapılan tahminlere göre 2050 senesinde dünya enerji ihtiyacının yaklaşık %15'i güneşten elde edilecek olan enerji ile karşılanacaktır (Doğan, 2000: 34).

Güneşten dünyamıza gelen enerji yalnızca 2,2 milyarda bir olarak bilinmektedir. Gelen bu enerji canlı yaşamının devamlılığı için temel kaynak teşkil etmektedir. Güneş enerjisinin şiddeti atmosferin dışında ki ortamda yaklaşık 1370 W/m² değerinden olup

fakat dünyamıza ulaşan miktar ise 0-1.100 W/m² değerinde olmaktadır (<https://www.enerjiportali.com/gunes-enerjisi-nedir-4/> Erişim Tarihi: 30.09.2021).

Dünya da kullanılan güneş enerjisi miktarı her geçen gün artmaktadır. Ülkeler enerjiye duydukları ihtiyacı güneşten elde etme yoluna yönelmektedirler Güneş enerjisi kaynaklı elde edilen sıcak su kapasitesi %4 miktarında artış göstermiş ve 472 GW seviyesine gelmiştir. 2017 senesinde güneş enerjisine en fazla yatırımı Çin, ABD, Hindistan, Japonya ve Türkiye yapmıştır (Akdoğan, 2019: 31). Dünya güneş enerjisi kapasitesi 127 GW artmış ve enerji üretimi %20 artış göstererek 148 TWh olmuştur. Son 10 yılda güneş enerjisinin elektrik üretimi içindeki payı sürekli artmıştır. Güneş enerjisinin elektrik üretimindeki payı yalnızca %3,2'dir. Buna rağmen güneş enerjisinden elde edilen üretim, yenilenebilir enerji üretiminin %27'sine karşılık gelmektedir (<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy.html> Erişim Tarihi: 30.09.2021).

Elektrik üretiminde yenilenemeyen enerji kullanmak yerine güneş panellerinden üretilmiş olan elektriği tüketmek çevre bakımından elbette daha faydalı olmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarından üretilen enerji tüketiminin karbondioksit salınımı güneş enerjisinden ya da yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin tüketilmesi sonucu açığa karbondioksit salınımından çok daha fazla olduğu herkesçe bilinmektedir. Güneş enerjisinden elektrik üretmek için gerekli teknolojinin var olmasına rağmen kullanım bakımından yaygın olmamasının nedeni güneş pillerinin maliyetinin yüksek olması olarak görülmektedir.

Güneş enerjisi dünya genelinde çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları:

- Pirene Dağları (İspanya ve Fransa arasında) üzerinde yer alan 12 metre çapında olan güneş kolektörü, 320 dereceye kadar ulaşan sıcaklık üretmekte olup bir saatte 75 kilogram ağırlığındaki demiri eritebilmektedir.
- Kaliforniya'da bulunan bir alüminyum yansıtıcıdan yaklaşık 5000 derece değerinde bir ısı elde edilmektedir.
- Georgetown Üniversitesi okulun ihtiyaç duyduğu tüm enerjiyi güneş panellerinden elde etmektedir.
- Hindistan'da üretilen güneş fırını ½ litre suyu yaklaşık 20 dakikada kaynatabilmektedir (Şentürk, 2009: 34).

Tablo 12: Bölgelerde ve Dünya’da Kurulu Güneş Enerjisi Kapasitesi (MW)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Afrika	331	411	725	1.730	2.256	3.399	5.216	8.072	9.353	10.581
Asya	9.62	16.004	34.591	56.544	84.901	136.69	206.42	274.60	329.20	407.03
Avrasya	8	13	21	48	316	936	3.678	5.651	7.146	8.231
Avrupa	54.7	73.72	84.17	91.092	99.612	106.17	112.36	121.65	142.64	163.46
Orta Doğu	215	274	613	904	1.079	1.586	2.216	3.489	5.933	6.968
Kuzey Amerika	6.18	9.439	14.33	19.610	26.132	37.766	46.702	58.839	68.432	84.540
Güney Amerika	65	161	193	469	921	1.609	3.760	5.718	8.600	12.768
Avrupa Birliği	54.5	72.21	82.97	89.502	97.682	103.80	109.38	117.53	134.12	152.91
Dünya	73.7	104.0	139.5	176.0	222.2	296.1	389.4	488.7	587.1	713.9

Kaynak: IRENA, Renewable Capacity Statistic 2021: 20.

Tablo 12 güneş enerjisinin bölgelere göre ve küresel ölçekteki kurulu gücünü göstermektedir. Genel görünüm itibariyle dünya genelinde her geçen yıl güneş enerjisinin kapasitesi artmaktadır. Bu tablonun detaylarına göre Afrika bölgesinde 2011 yılın 331 Mw olan güneş enerjisi kapasitesi 2015 yılında 2.256 Mw olmuş ve bu oran her geçen gün artarak 2020 yılında 10.581 Mw kurulu güce ulaşmıştır. Avrasya bölgesi ise 2011 yılında sadece 8 Mw kurulu güce sahipken 2015 yılında bu kapasite 316 Mw olmuş ve son olarak ta 2020 yılında 8.231 Mw kapasiteye ulaşmıştır. Avrupa bölgesi ise en büyük kapasiteye sahip bölge olarak göze çarpmaktadır. 2011 yılından kurulu kapasitesi 54.721 Mw iken her geçen yıl bu kapasiteyi artırarak 2015 yılında 99.612 Mw’ a çıkarmış ve 2020 yılında ulaştığı kapasite oranı 163.466 Mw olarak gerçekleşmiştir. Orta Doğu’da ise 2011 senesinde 215 Mw kapasiteye sahipken 2013 yılına geldiğinden bir önceki yıla göre nispeten daha fazla kapasite artışı sağlanmıştır. 2015 yılında kapasite oranı 1.079 Mw iken 2020 yılından bu oran 6.968 Mw olarak gerçekleşmiştir. Kuzey Amerika’nın sahip olduğu kapasite oranı 2011 yılında 6.180 Mw iken 2015’ de 26.132 Mw olmuş ve 2020 yılından bu oran 84.540 Mw ‘a yükselmiştir. Güney Amerika’ da güneş enerjisi kapasitesi 2011 yılından sadece 65 Mw olarak gerçekleşirken 2015 yılından 921 Mw olmuş ve bu oran 2020 senesinde 12.768 Mw ‘a ulaşmıştır. Dünyadaki güneş enerjisi kapasitesinin büyük bir kısmı Avrupa bölgesine ait olduğu görülmektedir. Bu sebeple Avrupa Birliği’nin sahip olduğu kapasite miktarı diğer bölgelere nazaran biraz daha yüksek

olmaktadır. 2011 yılından 54.549 Mw olan kapasite oranı 2015’ de 97.682 Mw olurken 2020 yılında 152.917 Mw oranına yükselmiştir. Son olarak dünya genelinde sahip olunan kapasite miktarı 2011 yılında 73.745 Mw iken bu miktar 2015 yılında 222.213 Mw olmuş ve 2020 yılında 713.,970 Mw olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 13: Bölgelerde ve Dünya’da Güneş Enerjisi Üretimi (Terawatt-Saat)

	2017	2018	2019	2020
Kuzey Amerika	82.5	101.3	119.6	150.3
Orta ve Güney Amerika	7.5	12.4	19.1	22.8
Avrupa	124.5	138.6	152.8	178.9
Avrasya	0.8	0.9	1.7	4.8
Orta Doğu	4.4	6.1	11.9	16.4
Afrika	6.6	9.9	10.9	12.4
Asya Pasifik	227.2	313.2	392.0	470.3
Toplam Dünya	453.5	582.8	707.9	855.7

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 57; 2020: 55; 2019: 52.

Tablo 13 bölgelerde ve dünyada gerçekleşen güneş enerjisi üretimini göstermektedir. Bu tabloya bakıldığında genel görünüm itibariyle her bölgede ve toplam dünyada üretilen enerji miktarı her geçen yıl artış göstererek ilerlemiştir. Kuzey Amerika’ da gerçekleşen üretim her geçen eşen üretim her geçen yıl artarak devam etmiştir. Buna göre 2017 yılında 82.5 TWh olurken 2018 yılında 101.3 TWh, 2019 yılında 119.6 TWh ve son olarak 2020 yılından 150.3 TWh değerine ulaşmıştır. Orta ve Güney Amerika’da gerçekleşen üretim değerleri 2017 yılında 7.5 TWh iken 2018 yılında 12.4 TWh’ a yükselmiş 2019 yılında 19.1 TWh olurken 2020 yılında bu oran 22.8 TWh olarak gerçekleşmiştir. Avrupa bölgesinde gerçekleşen üretim miktarları ise şöyledir: 2017 yılında 124.5 TWh, 2018 yılında 138.6 TWh, 2019 yılında 152.8 TWh ve son olarak 2020 yılında 178.9 TWh olarak kayıtlara geçmiştir. Güneş enerjisi üretimi ise en az Avrasya bölgesinde gerçekleşmiştir şöyle ki: 2017 yılında üretim miktarı 0.8 TWh, 2018 yılında 0.9 TWh, 2019 yılında 1.7 TWh ve son olarak ise 4.8 TWh değerinde olmuştur. Orta Doğu’da güneşten elde edilen enerji miktarı 2017’de 4.4 TWh saat olurken bu oran her geçen yıl artmış ve 2018 yılında 6.1 TWh, 2019 yılında 11.9 TWh ve 2020 yılında ise 16.4 TWh değerinde olmuştur. Afrika bölgesinde yapılan üretim miktarı 2017 yılında 6.6

TWh olurken bu miktarlar artarak devam etmiş ve 2018 yılında 9.9 TWh, 2019 yılında 10.9 TWh ve 2020 yılında 12.4 TWh olarak kayıtlara geçmiştir. Tablodaki verilere göre güneş enerjisinden en fazla enerji üreten bölge olarak Asya Pasifik bölgesi dikkat çekmektedir. Üretim miktarları ise 2017 yılında 227.2 TWh, 2018 yılında 313.2 TWh, 2019 yılında 392.0 TWh ve en sonda 2020 yılında 470.3 TWh olmuştur. Toplam dünyada üretilen güneş enerjisi miktarlarına bakılırsa her geçen yıl daha fazla üretim yapıldığı görülmektedir. 2017 yılından 453.5 TWh üretim yapılırken bu oran 2020 yılında 855.7 TWh değerine yükselmiştir.

Tablo 14: Dünyada En Fazla Kurulu Güneş Enerjisi Gücüne Sahip İlk 5 Ülke (GW)

Ülke	Miktar (GW)	Yüzde (%)
Çin	253.8	%35,9
ABD	73.8	%10,4
Japonya	67.0	%9,5
Almanya	53.8	%7,6
Hindistan	39.0	%5,5

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 58.

Tablo 15 dünyada güneş enerjisi bakımından en fazla kurulu güce sahip olan ilk 5 ülke yer almaktadır. Çin, 253 GW kurulu güç ile dünya genelinde ilk sırada yer alırken on sırasıyla 73.8 GW ile ABD, 67.0 GW ile Japonya, 53.8 GW ile Almanya ve son olarak 39.0 GW güç ile Hindistan takip etmektedir.

Türkiye dünya üzerinde bulunduğu lokasyon itibariyle güneş enerjisi bakımından oldukça yüksek bir potansiyele sahip olmuştur. Türkiye'nin doğusunda ve güneyinde yer alan bölgeler güneş ışınlarını dik ve yoğun bir şekilde aldığı için bu bölgelerin etrafında bulunan yüksek kesimli yerler güneş ışınlarından enerji üretmek için uygun yerler olarak görülmektedir. Tarım açısından uygun görülmeyen verimsiz ve kurak alanlar toplam yüz ölçüme oranı %6 civarındadır. Bu yüzdeler kısmı güneş enerjisi üretmek için önemli bir potansiyel taşımaktadır (Ağaçbiçer, 2010: 61-62). Güneşten yeryüzüne gelen enerji yaklaşık değer olarak saniyede 170 milyon MW değerindedir. Ülkemizde üretilen enerjinin yılda 100 milyon MW olduğunu düşünürsek güneşten yeryüzüne bir saniyede ulaşan enerji miktarı ülkemizin yıllık enerji üretiminin 1.700 katı kadar olduğu görülmektedir (Varınca ve Gönüllü, 2006: 271-272).

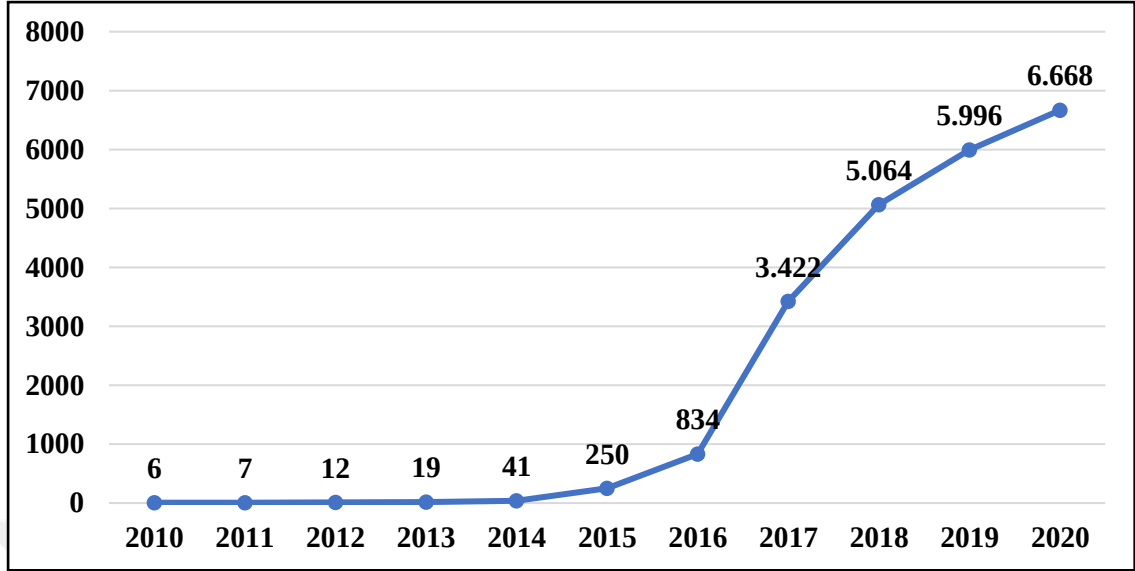
Ülkemizin her geçen gün enerji ihtiyacının artması ve bu ihtiyacı karşılamak için yapılan ithalata karşın yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin payını artırması gerekmektedir. Bunun sağlanması için de gerekli çalışmalar yapılarak güneş enerjisinden en fazla şekilde yararlanılması gerekmektedir. Yapılan çalışmalar ile EPDK tarafından 5 tane güneş enerjisi santraline lisans ve 28 tane santrale de ön lisans verilmiştir. 2017 senesi itibariyle 2104 tane lisansız güneş enerji santrali faaliyete geçerken bu santrallerin sahip olduğu kurulu güç ise 1.753 MW değerinde olmuştur (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2018 Yılı Bütçe Sunumu, 2017: 29).

Daha önceki kısımda da belirtildiği gibi Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlas'ına göre ülkemizde ortalama günlük güneşlenme süresi 7,50 saat olurken bu rakam ortalama yıllık güneşlenme süresinde 2741,07 saat olarak gerçekleşmiştir. Ülkemize gelen güneş ışınlarının şiddeti ise ortalama günlük olarak 4,18 KWh olurken yıllık ortalama ışınım şiddeti 1527,46 KWh olmuştur (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> Erişim Tarihi: 31.03.2021).

Malatya İnönü Üniversitesi 2014 senesinde güneş ışınlarından enerji elde etmek ve üretilen bu enerjiden yararlanmak amacıyla 100 dönümlük bir arazide 5 MW değerinde enerji üretecek güneş enerji santrali kurmak için çalışmışlardır. Buradan elde edilecek enerji ile Turgut Özal Tıp Merkezi hastanesinin elektrik ihtiyacının bir kısmını karşılamayı ve 1650 adet hanenin de elektrik gereksinimlerine cevap vermeyi amaçlamışlardır (Behçet vd., 2014: 45).

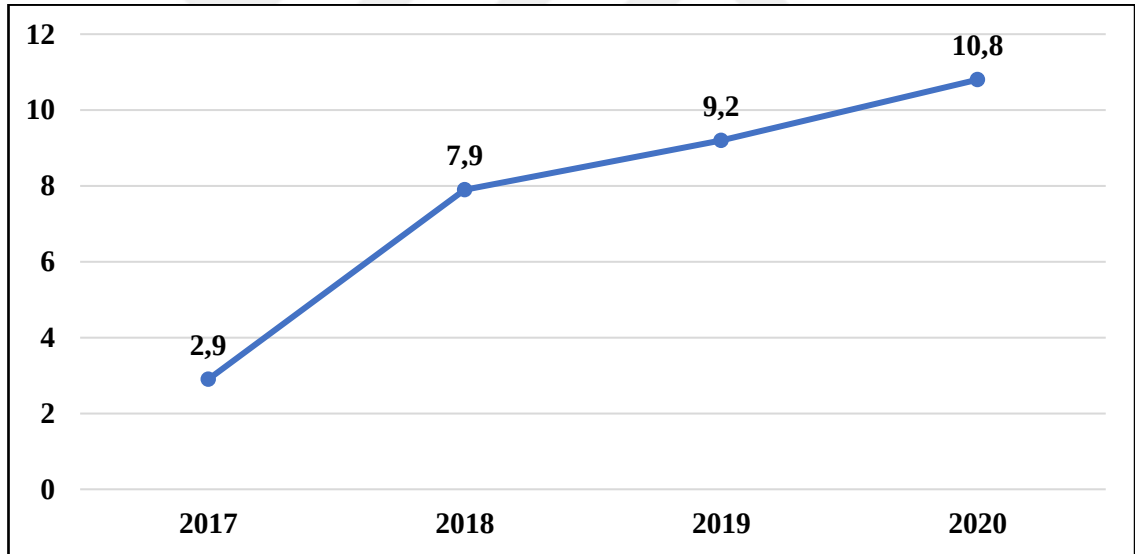
Şekil 27'de 2010-2020 yılların arasındaki Türkiye'de kurulu güneş enerjisi kapasitesi görülmektedir. Türkiye'de kurulu güneş enerjisi kapasitesi 2013 yılına kadar düşük bir seyir izlerken 2014 yılından itibaren ciddi bir ölçüde artmaya başlamıştır. Türkiye'de kurulu güneş enerjisi kapasitesi 2010 yılında 6 Mw iken 2015 yılında 250 Mw ve 2019 yılında 5.596 Mw' ye çıkmıştır. Son olarak 2020 yılında ise güneş enerjisi kapasitesi 6.668 Mw olarak gerçekleşmiştir. Türkiye yeryüzündeki coğrafi konum itibariyle en fazla güneş alan ve güneş enerji potansiyeli yüksek olan ülkeler arasında yer almaktadır.

Şekil 27: Türkiye’de Kurulu Güneş Enerjisi Kapasitesi (Mw)



Kaynak: <https://www.irena.org/solar> Erişim Tarihi: 31.03.2021.

Şekil 28: Türkiye’de Güneş Enerjisi Üretimi (Terawatt-Saat)



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 57; 2019: 52.

Şekil 28’de ülkemizde üretilen güneş enerjisine ait veriler sunmaktadır. Bu şekilde görüldüğü gibi ülkemiz güneş enerjisi üretme konusunda her geçen yıl üretim miktarını artırmıştır. Buna göre 2017 yılında 2,9 TWh üretim miktarı yapan Türkiye 2018 yılında nispeten diğer yıllara göre üretim miktarını daha fazla artırarak 7,9 TWh’a çıkarmıştır. 2019 yılında yine bir önceki yıla göre üretim miktarını artırarak 9,2 TWh değerinde olmuştur. Son olarak 2020 yılında ise üretim miktarı 10,8 TWh olarak gerçekleşmiştir.

Türkiye enerji ihtiyacının büyük bir kısmını ithal eden bir ülke konumundadır. Bu sebepten ötürü yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edeceği enerji miktarı ve bu hususta gerçekleştireceği yatırımlar önemlilik arz etmektedir. Türkiye güneş enerjisi bakımından oldukça yüksek bir potansiyele sahiptir. Sahip olduğu bu yüksek potansiyeli en verimli şekilde kullanarak hem ithal ettiği enerji maliyetlerini düşürmek hem de günümüzün en büyük sorunlarından biri haline gelen iklim değişikliği ve çevre kirliliği hususunda daha az kirlletici konumuna gelmeye çalışmalıdır.

Tablo 15: Güneş Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanslı Elektrik Miktarı İçindeki Payı (GWh)

Yıllar	Miktar	Yüzde (%)	Toplam Üretilen Elektrik Miktarı
2016*	2.636,79	%0,00'dan az	272.563.626,49
2017	24,56	%0,01	292.595,42
2018	65,56	%0,02	295.442,15
2019	194,40	%0,1	294.251,30
2020	416,98	%0,1	294.084,73

* 2016 yılı değerleri MWh cinsinden hesaplanmıştır.

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2021: V; Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2019: VII; Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2018: VII.

Tablo 15’de bazı yıllara ait güneş enerjisinin toplam üretilen lisanslı elektrik miktarların içerisindeki payı görülmektedir. Tabloya bakıldığında genel görünüm itibariyle üretilen elektrik miktarları ve bunun içindeki güneş enerjisi payı yaklaşık değer olarak birbirine yakın miktarlardır. 2016 yılında toplam lisanslı üretim miktarı 272.563.626,49 MWh olmuş ve bu üretim miktarının içindeki güneş enerjisinin payı 2.636.79 GWh olmuştur. 2017 yılına gelindiğinde ise toplam üretilen elektrik miktarı 292.595,42 GWh olurken güneş enerjisinin bunun içindeki payı %0,01 oranına denk gelerek 24,56 GWh olarak gerçekleşmiştir. 2018 yılında ise üretilen toplam lisanslı elektrik miktarı 295.442,15 GWh olarak kayıtlara geçmiş olup güneş enerjisinin içindeki payı ise %0,02 oranına karşılık gelen 65,56 GWh olmuştur. 2019 yılına gelindiğinde ise üretilen toplam elektrik miktarı bir önceki bir önceki yıla göre nispeten artış göstererek 294.251,30 GWh olmuştur. Güneş enerjisinin bu üretim miktarındaki payı önceki yıla

göre nispeten artış göstererek %0,1'e denk gelen 194,40 GWh değerinde gerçekleşmiştir. Ve son olarak 2020 yılında ise toplam 294.084,73 GWh değerinde lisanslı elektrik üretimi olmuştur. Güneş enerjisinin payı ise 416,98 GWh olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 16: Güneş Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanssız Elektrik Miktarı İçindeki Payı (MWh)

Yıllar	Miktar	Yüzde (%)	Toplam Üretilen Elektrik Miktarı
2015	184.995,03	%83,07	222.985,01
2016	1.031.358,00	%90,64	1.137.831,75
2017	2.836.553,09	%93,57	3.031.558,05
2018	7.859.766,42	%95,71	8.212.409,37
2019	9.425.911,41	%95,90	9.829.393,70
2020	10.825.501,82	%96,27	11.245.481,50

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2021: VI; Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2019: VIII; Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2018: VIII; Elektrik Piyasası 2015 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2016: 8.

Tablo 16 lisanssız olarak üretilen toplam elektrik miktarları içindeki güneş enerjisi paylarını göstermektedir. Buna göre tablonun genel görünümü itibariyle lisanssız olarak üretilen toplam elektrik miktarında güneş enerjisinin payı oldukça yüksektir. 2015 yılında üretilen toplam elektrik miktarı 222.985,01 MWh değerinde olurken güneş enerjisinin bunun içindeki payı ise %83,07'ye karşılık gelerek 184.995,03 MWh olmuştur. 2016 yılında ise toplam üretilen elektrik miktarı önceki yıla göre artarak 1.137.831,75 MWh olmuştur. Güneş enerjisinin buradaki payı ise %90,64'e çıkarak 1.031.358,00 MWh olarak gerçekleşmiştir. 2017 senesinde ise 3.031.558,05 MWh olarak gerçekleşen toplam üretimin içindeki güneş enerjisinin payı %93,57 oranına yükselmiştir. 2018 yılında ise hem toplam elektrik üretimi hem de toplam elektrik üretimin içindeki güneş enerjisi payı artış göstermiştir. Bu doğrultuda 2018 yılından toplam 8.212.409,37 MWh değerinde elektrik üretilmiş ve güneş enerjisinin payı 7.859.766,42 MWh ile %95,71 olmuştur. 2019 yılına gelindiğinde hem toplam elektrik üretiminde hem de bu üretimin içinde güneş enerjisi payı bir önceki seneye göre çok az miktarda artış göstermiştir. Bu doğrultuda toplam üretilen elektrik miktarı 9.829.393,70 MWh değerinde olurken güneş enerjisinin

payı 9.425.911,41 MWh ile %95,90 oranında olduğu kayıtlara geçmiştir. Ve son olarak 2020 senesine gelindiğinde yine önceki yıla kıyasla az bir miktar artış göstererek toplam elektrik üretimi 11.245.481,50 MWh olarak gerçekleşmiş olup güneş enerjisinin buradaki payı ise 10.825.501,82 MWh ile %96,27 değerinde gerçekleşmiştir.

1.3.1.2.Rüzgâr Enerjisi Tüketimi

Dünyamızda rüzgârın meydana gelmesinin temel kaynağı güneşin yer yüzeyini farklı ısıtması olarak bilinmektedir. Sıcaklık, basınç, nem ve yüzeylerin farklı ısınması hava hareketine sebep olarak rüzgârın meydana gelmesine neden olmaktadır. Yeryüzüne ulaşan güneşin yaklaşık değer olarak ancak %2'si rüzgâr enerjisine dönüşebilmektedir (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar> Erişim Tarihi: 11.10.2021).

Rüzgâr çok eski dönemlerden bu yana yaklaşık 4.000 yıldır bir enerji kaynağı olarak görülmüş ve kullanılmıştır. Taşıdığı enerji potansiyeli bakımından yenilenebilir enerji endüstrisi içinde en popüler enerji kaynağı olmuştur. Rüzgâr türbinleri zaman içinde değişim göstermiştir. Bu değişim çok kanatlı ve yavaş pervanelerden şebekeye bağlı üç kanatlı pervanelere doğru olmuştur (Keskin, 2000: 51). 1985 yılında faaliyet gösteren rüzgâr türbinlerinin kapasitesi 0,05 MW ve rotor çapı ise 15 metre iken günümüzde ise bu oranlar denizde 3 ile 5 MW, karada 2 MW olmuştur. Ticari faaliyetler amacıyla temin edilen türbinlerin rotor çapları 164 metre kapasiteleri ise 8 MW değerine kadar ulaşmıştır. Ortalama türbin kapasitesi 2009 senesinde 1,6 MW olurken bu oran 2014 senesinde 2 MW değerine yükselmiştir (<https://www.irena.org/wind> Erişim Tarihi: 11.10.2021).

Petrol krizinin yaşanmasıyla birlikte sanayi devrimi dönemi içerisinde alternatif diğer kaynaklara kıyasla daha az maliyetle enerji sağlaması rüzgâr enerjisini o dönemde tekrardan gündeme getirmiştir. Uzak yerleşim bölgelerindeki enerjiye olan ihtiyacı karşılamak ve su pompalamak amacıyla kullanılmak istenmiştir (Taşgetiren, 1998: 23-30).

Rüzgâr doğal bir kaynak olduğundan ötürü herhangi bir satın alma maliyeti yoktur. Ancak rüzgârın getirdiği enerjiyi muhafaza edip onu da elektriğe çeviren sistemlerin belirli bir maliyeti bulunmaktadır. Kuruluş maliyeti bakımından oldukça yüksek olmasına karşın herhangi bir yakıt maliyeti yoktur (Reeves, 2003: 10-11). Rüzgâr

enerjisi halihazırdaki teknoloji baz alındığında en fazla sermaye gerektiren enerji kaynağı olarak görünse de işletme ve yakıt maliyetleri son derece düşük olan bir enerji kaynağıdır (Gökçepınar ve Uyumaz, 2008: 700).

Yaşanan teknolojik gelişmeler ve yeniliklerle rüzgâr türbinlerinin elektrik enerji üretim kapasitesi artmış ve buda rüzgâr enerjisinin elektrik üretimi içerisindeki payını artırmıştır. Rüzgâr enerjisinin kullanımına ilişkin yatırımları artmasının sebebi ise yenilenebilir olması, düşük üretim maliyetinin olması ve temiz bir enerji kaynağı olması olarak görülmektedir. 2008 yılından itibaren yaklaşık 51,4 milyar dolar ile yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en fazla yatırım alan enerji kaynağı olmuştur. Ayrıca tek başına bu kadar yatırım payı almış ilk yenilenebilir enerji türü olmuştur (Kum, 2009: 217).

2015 verilerine göre dünya üzerinde rüzgâr enerjisinden en fazla yararlanan ülkeler Çin, Almanya, ABD gibi gelişmiş ülkelerin olduğu göze çarpmaktadır. Bu doğrultuda sahip oldukları potansiyel bakımından Çin 145 MW olurken ABD 74 GW ve Almanya 45 GW rüzgâr enerjisi potansiyeline sahiptir. Dünya toplam rüzgâr enerjisi potansiyelinin 433 GW olduğu göz önünde bulundurulursa Çin'in bu konuda ki konumunun ne kadar önemli olduğu görülmektedir (REN21 Renewables Global Status Report, 2016: 75-76).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en hızlı büyüyen enerji kaynağı olarak göze çarpan rüzgâr enerjisine yönelik olarak Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansının yayınladığı verilere göre denizde ve karada dünya çapında kurulu güç kapasitesi 1997 yılında 7,5 GW olurken 2018 yılında 564 GW değerine yükselmiştir. Yani kapasite olarak son 20 yılda yaklaşık 75 kat artış göstermiştir. 2009-2013 arası yıllarda rüzgârdan elde edilen elektrik miktarı 2 kat artmıştır. 2016 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik miktarı içindeki rüzgâr enerjisinin payı %16 olmuştur (<https://www.irena.org/wind> Erişim Tarihi: 11.10.2021).

Küresel çapta rüzgâr enerjisinden daha fazla ve daha verimli bir şekilde yararlanmak için birçok çalışmalar yapılmaktadır. Rüzgâr enerji potansiyelinin az olduğu coğrafyalarda elektrik üretim miktarlarını daha üst seviyelere çıkarmak için geçtiğimiz birkaç yıl içerisinde kıyı teknolojileri çok fazla geliştirildi. 2017 yılında dünya genelinde üretilen elektrik miktarının içindeki rüzgâr enerjisinin payı yaklaşık olarak %4 olmuştur. Gelecek beş yıl içerisinde rüzgâr enerjisinin kapasitesinin 839 GW olacağı tahmin

edilmektedir. Artması beklenen bu kapasite durumuna ABD, Avrupa, Çin ve Hindistan gibi ülkelerin öncülük edeceği tahmin edilmektedir (Akdoğan, 2019: 35).

Her enerji türünün avantajları olduğu gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Rüzgâr enerjisinin dışa bağımlılığının olmaması ve temiz bir enerji kaynağı olması onun avantajı olarak görülmesinin yanında değişken bir enerji türü olması da dezavantajı olarak görülmektedir. Diğer bir dezavantajı ise faaliyet gösterdiği esnada çıkarmış olduğu gürültüdür ve bunun yanında türbinlere gelen enerjinin rüzgâr hızının küpü ile değişmesidir. Yani rüzgâr hızının 2 kat artması enerjinin 8 katına çıkması demektir (Çağlar vd., 2008: 5).

Ancak belirli bir rüzgâr hızına ulaşma koşulu ile elektrik üretebilen rüzgâr türbinleri, cut-in ve cut-out adı verilen rüzgâr hızları arasında üretim yaparlar. Yeni model rüzgâr türbinlerinin cut-in hızları 2-4 m/s olurken nominal hızları 10-15 m/s ve cut-out hızları ise 25-35 m/s değerindedir. Rüzgâr türbinleri için belirlenmiş olan bir rüzgâr hızı vardır bu hızda sistemden elde edilen güç maksimum değere ulaşır. Bu maksimum güce nominal güç ve bu rüzgâr hızına ise nominal hız denilmektedir. Belirli bir rüzgâr hızından sonra rüzgâr türbinlerinin zarar görmemesi için türbinlerin stop konumuna gelmesi otomatik olarak gerçekleşmektedir. Bu maksimum hız düzeyine ise sistemin cut-out hızı denilmektedir (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar> Erişim Tarihi: 11.10.2021).

Tablo 17 bölgelerdeki ve dünyadaki rüzgâr enerjisi kapasitesini göstermektedir. Genel görünüm olarak kapasite miktarı her geçen yıl artış göstermiştir. Dünya genelindeki kapasite oranına bakarsak 2011 yılında 220.1 GW iken 2015 yılında 416.2 GW kapasiteye yükselmiş ve son olarak 2020 yılında bu oran 733.3 GW olarak gerçekleşmiştir. Ayrıntılı şekilde bakıldığında ise en fazla kapasiteye sahip olan bölge 341.9 GW ile Asya Pasifik bölgesi olurken onu sırasıyla 216.6 GW ile Avrupa, 139.4 GW Kuzey Amerika, 26.4 GW ile Güney ve Orta Amerika, 6.5 GW kapasite ile Afrika daha sonra 1.5 GW ile Avrasya ve son olarak da 0.9 GW kapasite ile Orta Doğu gelmektedir. 2011 yılında Kuzey Amerika'da kapasite miktarı 51.5 GW iken bu oran 2015 yılından 87.1 GW olmuş ve son olarak 2020 yılına gelindiğinde ise 139.4 GW oranına yükselmiştir. Güney ve Orta Amerika'da her sene kapasitesi artış gösteren bir diğer bölge olmuştur. 2011 yılında 2.2 GW değerinde iken 2015 yılında bu oranı artırarak 11.2 GW değerine daha sonra ise 2020 yılına gelindiğinde 26.4 GW değerine ulaşmıştır.

En fazla kapasiteye sahip ikinci bölge olan Avrupa’da ise 2011 yılında 96.4 GW rüzgâr enerjisi kapasitesi varken 2015 yılında bu kapasite 147.5 GW değerine yükselmiş ve tarih 2020 yılını gösterdiğinde ise bu oran 216.6 GW olmuştur. Avrasya bölgesinde ise 2014 yılına kadar kapasite oranı yok denecek kadar azdı. 2014 yılında az da olsa bir değere sahip olan Avrasya bölgesi bu tarihte 0.1 GW değere ulaşmış ve 2020 yılına gelindiğinde kapasite oranı 1.5 GW oranına ulaşmıştır. Orta Doğu bölgesinde ise enerji kapasitesi de çok az miktarda olduğu görünmektedir. 2011 yılında 0.1 GW iken 2015’te 0.3 GW ve 2020 yılında 0.9 GW değerinde olmuştur. Orta Doğu bölgesinde de enerji kapasitesi Avrasya bölgesine göre nispeten fazla olsa genel tabloda düşük kaldığı görülmektedir. 2011 yılında 1.4 GW iken 2015 yılında 3.3 GW ve son olarak 2020 yılında 6.5 GW değerinde bir kapasiteye sahip olmuştur. Son yıllarda en fazla kapasiteye sahip olan Asya Pasifik bölgesi 2011 yılında 68.7 GW kapasite değerine sahipken 2015 yılında 166.7 GW değerine ulaşmış ve son olarak 2020 yılında 341.9 GW değerinde bir kapasite oranına ulaşmıştır.

Tablo 17: Bölgelerde ve Dünyada Kurulu Rüzgâr Enerji Kapasitesi (GW)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Kuzey Amerika	51.5	67.1	69.9	76.5	87.1	97.3	104.2	112.1	123.6	139.4
Güney ve Orta Amerika	2.2	3.1	3.6	7.5	11.2	14.5	17.3	20.8	22.6	26.4
Avrupa	96.4	109.4	121.0	133.8	147.5	161.5	177.1	189.0	203.9	216.6
Avrasya	<0.05	<0.05	<0.05	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	1.5
Orta Doğu	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9
Afrika	1.0	1.1	1.7	2.4	3.3	3.8	4.6	5.5	5.8	6.5
Asya Pasifik	68.7	86.0	103.4	128.8	166.7	189.2	210.5	235.6	265.1	341.9
Dünya	220.1	267.1	300.3	349.7	416.2	466.9	514.4	563.8	622.2	733.3

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2021: 59.

Tablo 18 bize son yıllardaki bölgeler ve dünya genelin düzeyinde yapılan üretim miktarlarını sunmaktadır. Tablonun genel görünümüne değinirsek eğer üretim miktarları artarak devam etmiştir. 2017 yılında Kuzey Amerika’da gerçekleşen üretim miktarı 296.6 TWh iken 2020 yılına gelindiğinde üretim miktarı 396.7 TWh’ a yükselmiştir. Orta ve Güney Amerika’da 2017 senesinde 56.1 TWh rüzgâr enerjisi üretilirken 2020 yılında bu

rakam 85.4 TWh değerine yükselmiştir. En fazla üretimin yapıldığı ikinci bölge olan Avrupa’da 2017 yılında 384.3 TWh enerji üretilmiş olup 2020 yılında 510.1 TWh enerji üretimi gerçekleşmiştir. Avrasya’da ise 2017 senesinde 0.6 TWh 2020 yılında ise 2.6 TWh rüzgâr enerjisi üretilmiştir. En az üretimin gerçekleştiği bölgelerden biri olan Orta Doğu’da 2017 senesinde 0.9 TWh enerji üretilmiş yıl 2020’ye geldiğinde bu miktar 1.9 TWh olarak gerçekleşmiştir. 2017 yılında Afrika’da 12.8 TWh, Asya Pasifik’te 376.7 TWh enerji üretilirken 2020 yılına gelindiğinde Afrika’da 21.8 TWh Asya Pasifik’te ise 572.6 TWh enerji üretilmiştir. En fazla enerjinin üretildiği bölge Asya Pasifik bölgesi olmuştur. Dünya genelinde yapılan rüzgâr enerjisi üretimine bakıldığında ise 2017 yılında 1128.0 TWh üretim yapılmış olurken 2020 yılında 1591.2 TWh enerji üretilmiştir.

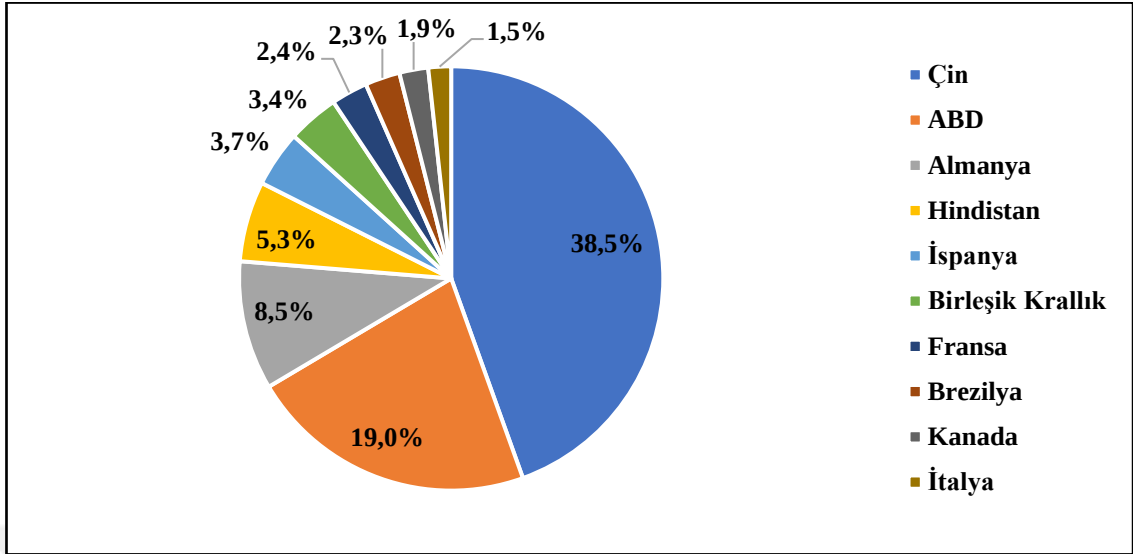
Tablo 18: Bölgelerde ve Dünyada Rüzgâr Enerjisi Üretimi (Terewatt-Saat)

	2017	2018	2019	2020
Kuzey Amerika	296.6	322.5	348.3	396.7
Orta ve Güney Amerika	56.1	65.9	78.8	85.4
Avrupa	384.3	404.4	460.0	510.1
Avrasya	0.6	1.0	1.3	2.6
Orta Doğu	0.9	1.1	1.6	1.9
Afrika	12.8	14.7	18.9	21.8
Asya Pasifik	376.7	460.5	509.4	572.6
Dünya	1128.0	1270.0	1418.2	1591.2

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2019: 52; 2021:57.

Şekil 29’da 2020 yılında en fazla rüzgâr enerji kapasitesine sahip ilk 10 ülke yer almaktadır. Bu şekilden hareketle dünyada en fazla rüzgâr enerjisi kapasitesine sahip ülke %38,50 (282.0 GW) ile Çin olurken onu sırasıyla %19,00 (139.4 GW) ile ABD, %8,5 ile (62.2 GW) Almanya, %5,30 (38.6 GW) ile Hindistan, %3,70 (27.1 GW) ile İspanya, %3,40 (24.7 GW) ile Birleşik Krallık, %2,40’lık değer (17.4 GW) ile Fransa, %2,30 (17.2 GW) ile Brezilya, %1,90 (13.6 GW) ile Kanada ve son olarak %1,50 (10.8 GW) ile İtalya takip etmektedir.

Şekil 29: En Fazla Kurulu Rüzgâr Enerjisi Gücüne Sahip İlk 10 Ülke



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2021:59.

Türkiye sahip olduğu 8.500 metre uzunluktaki kıyı şeridi ile teorik bakımdan elektrik tüketiminin yaklaşık iki katına potansiyeline sahiptir. Ülkemiz Avrupa ülkeleri göz önünde bulundurulduğunda en yüksek potansiyele sahip ülke olarak göze çarpmaktadır. Bir yılda gerçekleşen ortalama rüzgâr hızı Marmara’da 3,3 m/s iken Orta Anadolu’da bu hız 2,1 m/s olarak gerçekleşmektedir. Rüzgâr gücü bakımından Ege, Güneydoğu Anadolu ve Marmara bölgeleri en yüksek potansiyele sahip olurken üretim için en uygun yerler olarak görülmektedir (Oğulata, 2003: 479).

Ülkemizde ilk kez 1986 senesinde Çeşme’nin Altinyunus tesislerinde kurulan rüzgâr türbinleri sayesinde 55 KW nominal güce sahip bir elektrik enerjisi elde edilmiştir. Uluslararası nitelikte olan ilk elektrik enerjisi ise 1998 yılında yine Çeşme ilçesinin Germiyan köyünde elde edilmiştir. Alaçatı’da bulunan 12 tane rüzgâr türbinlerinden oluşan ARES adı da verilen rüzgâr çiftliği ise 1998 senesinde Yap-İşlet-Devret metodu ile faaliyete açılan ilk rüzgâr enerji tesisi olma özelliği taşımaktadır. Yine aynı metotla kurulan Bozcaada Rüzgâr Enerji Santrali 10,2 MW gücü ile ülkemizin en büyük rüzgâr enerji santrali olma özelliği taşıyarak 25 Temmuz 2000 tarihinde faaliyete girmiştir (Eniş, 2002: 188). Türkiye 83.000 MW rüzgâr enerji potansiyeli ile teorik olarak ihtiyaç duyduğu elektrik ihtiyacının tümünü karşılayabilir. Rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından Marmara, Ege, Doğu Akdeniz kıyıları en yüksek potansiyele ev sahipliği yapan bölgelerdir (Çağlar vd., 2008: 12). Türkiye’nin en fazla rüzgâr alan sınıfına giren bölgelerin potansiyeli yaklaşık 48.000 MW gücü destekleyebilecek potansiyeli olduğu

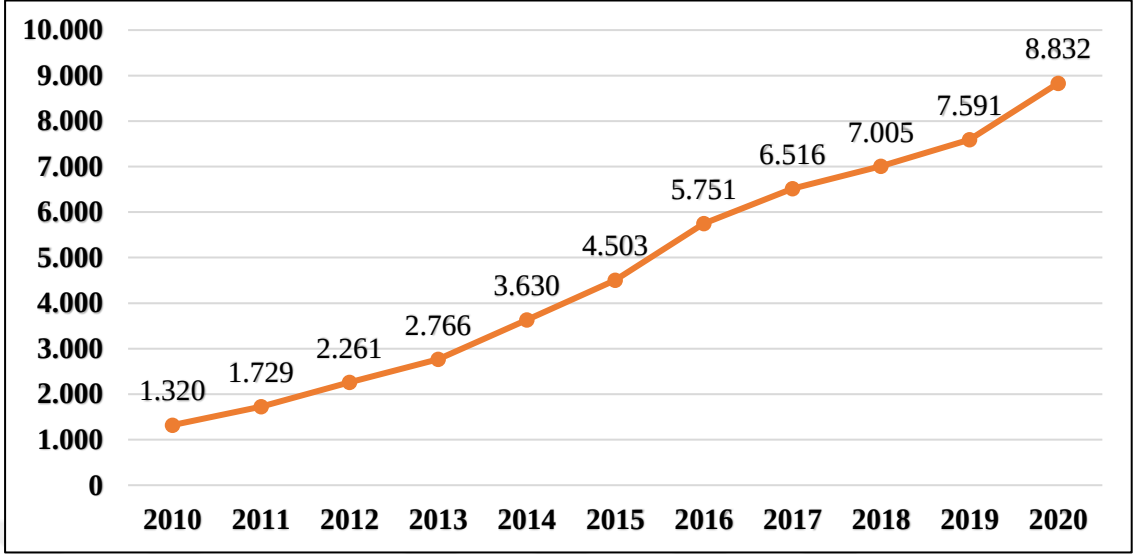
hesaplanmıştır. Sahip olunan bu potansiyeli elektrik üretiminde kullanılması sonucu 147 Milyar KWh enerji elde edilebilmektedir (Malkoç, 2007: 49).

2002 yılında Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü (DMİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİEİ) birlikte rüzgâr enerjisi için sektör alt yapısını oluşturmak, uzun, orta ve kısa vadede gelişimini sağlamak ve Türkiye'nin potansiyelini ortaya çıkarmak amacıyla ülkemizin rüzgâr atlasını yayınlamışlardır. Siverek, Florya, Karadeniz Ereğlisi, Çanakkale, Çeşme, Gökçeada gibi bazı bölgelerde potansiyel saptama çalışmaları yapılmış ve Çanakkale, Çorlu, Gökçeada, Sinop, Mardin, Kumköy ise rüzgâr enerjisi açısından zengin olan yerler olarak belirlenmiştir (Eniş, 2002: 188).

Türkiye 2.810 puanlık bir rüzgâr enerji potansiyeline sahiptir. Bu oran İngiltere hariç diğer tüm Avrupa Birliği ülkelerinin puanlarından fazladır. Hesaplanan değerler doğrultusunda ülkemizin en düşük 2.000 puanı ve büyük olasılıkla da 3.000 puanın üzerinde bir kapasitesi vardır. Avrupa Birliği tarafından belirlenen puanlara göre Almanya'nın 76, Hollanda'nın 280, İspanya'nın 454, Yunanistan'ın 684 ve İrlanda'nın 888 puanı vardır. Rüzgâr enerjisi, enerji ihtiyaçlarını ithalat ile gidermeye çalışan ülkelerin dışa bağımlılığını azaltmasına yardımcı olduğu için bir hayli ilgi görmektedir. Türkiye'de bu sınıfa giren ülkelerden biri olmuştur. Bu nedenden ötürü ülkemizde rüzgâr enerjisinden gün geçtikçe daha fazla faydalanmayı amaçlamıştır. Yenilenebilir enerji türü olması hem çevreye duyarlı hem de enerji açığını azaltması en önemli özellik olarak görülmüştür. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de giderek yaygınlaşmaya başlamıştır. Gerekli yatırımların ve teşviklerin yapılması ülkemizin enerji geleceği açısından son derece önemli bir husus olmuştur.

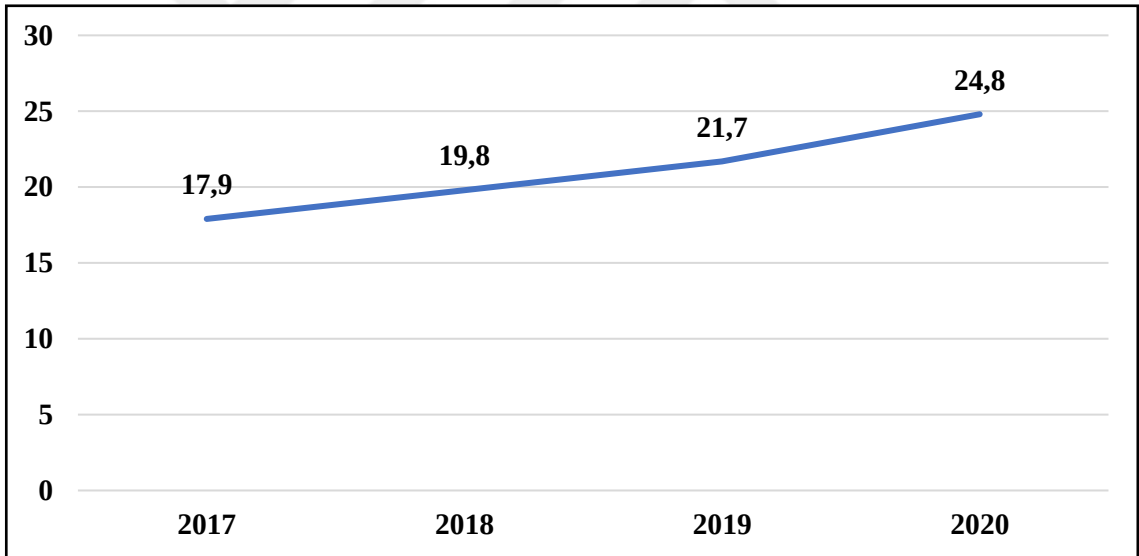
Şekil 30'da 2010-2020 yılları arasında Türkiye'de ki kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesi görülmektedir. 2010 yılında 1.320 Mw olan kapasite yıllar geçtikçe artarak devam etmiştir. Bu rüzgâr enerjisi kapasitesi 2015 yılında 4.503 Mw, 2020 yılında ise 8.832 Mw olarak belirlenmiştir. Aynı zaman da ülkemizde her geçen yıl arttığı görülen rüzgâr enerjisi kapasitesi çevre kirliliğinin azaltmasına yardımcı olmaktadır.

Şekil 30: Türkiye’de Kurulu Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi (MW)



Kaynak: <https://www.irena.org/wind> Erişim Tarihi: 11.10.2021.

Şekil 31: Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Üretimi (Terewatt-Saat)



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 57; 2019: 52.

Şekil 31’de bazı yıllara ait Türkiye’de üretilen rüzgâr enerjisi miktarlarını vermektedir. Genel görünüm itibariyle üretim miktarı her geçen yıl artış göstererek devam etmiştir. Buradan hareketle Türkiye’de 2017 yılında 17,9 TWh üretim yapılırken bu miktar 2018 yılında 19,8 TWh olarak gerçekleşmiştir. 2019 yılına gelindiğinde üretim miktarı bir önceki yıla göre kıyasla artış göstererek 21,7 TWh olarak gerçekleşmiştir. Son

olarak ise 2020 yılına gelindiğinde üretim miktarı yine önceki yıla kıyasla artış göstererek 24,8 TWh olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 19: Rüzgâr Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanslı Elektrik Miktarı İçindeki Payı (GWh)

Yıllar	Miktar	Yüzde (%)	Toplam Üretilen Elektrik Miktarı
2016*	15.501,030	%5,6	272.563.626,49
2017	17.859,86	%6,1	292.595,42
2018	19.891,37	%6,7	295.442,15
2019	21.636,30	%7,4	294.251,30
2020	24.561,36	%8,4	294.084,73

* 2016 yılı değerleri MWh cinsinden hesaplanmıştır.

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2021: V; Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2019: VII; Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2018: VII.

Tablo 19 bize Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından yayınlanan raporlara göre bazı yıllara ait elektrik üretimi içindeki rüzgâr enerjisinin katkısını ve payını göstermektedir. Rüzgâr enerjisinin payı her sene bir önceki yıla kıyasla arttığı görülmektedir. 2016 yılında üretilen 272.563.626,49 MWh değerindeki elektrik üretiminin içinde 15.501.030,56 GWh yani %5,6 oranında rüzgâr enerjisi payı bulunmaktadır. 2017 senesinde ise 292.595,42 GWh elektrik üretilmiş olup rüzgâr enerjisinin payı 17.859,86 GWh diğer bir deyişle %6,1 olmuştur. 2018 yılında rüzgâr enerjisinin payı %6,7 yani 19.891,37 GWh olurken toplam üretilen elektrik miktarı ise 295.442,15 GWh olmuştur. 2019 yılında bu pay 21.636,30 GWh ile %7,4 olmuştur. Ve son olarak 2020 yılına gelindiğinde rüzgâr enerjisinin payı artış göstererek 24.561,36 GWh ile %8,4 oranında olmuştur.

Aşağıdaki tablo 20, bazı yıllara ait üretilen elektrik miktarının içerisindeki rüzgâr enerjisinin payını bize vermektedir. 2015 yılında üretilen toplam 222.685,01 MWh değerindeki elektriğin içerisindeki rüzgâr enerjisinin katkısı %0,18 ile 393,88 MWh değerinde olmuştur. 2016 yılında ise rüzgâr enerjisi 8.268,44 MWh'lık pay ile %0,73 oranında bir katkı sağlamıştır. 2017 yılına gelindiğinde 3.031.331,42 MWh elektrik üretilmiş rüzgâr enerjisinin payı ise %1,22 olmuştur. 2018 senesinde ise rüzgâr enerjisi

toplam elektrik üretimine 111.990,43 MWh değerinde katkı sağlayarak %1,36 oranında bir paya sahip olmuştur. 2019 ve 2020 yılından yüzdeler payı düşmüş olsa da miktar bakımından artış göstermiştir. 2019 yılından ki payı 113.558,01 MWh ile %1,16 olurken 2020 yılında 119.466,89 MWh ile %1,06 olmuştur.

Tablo 20: Rüzgâr Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanssız Elektrik Miktarı İçindeki Payı (MWh)

Yıllar	Miktar	Yüzde	Toplam Üretilen Elektrik Miktarı
2015	393,88	%0,18	222.685,01
2016	8.268,44	%0,73	1.137.871,75
2017	36.954,64	%1,22	3.031.331,42
2018	111.990,43	%1,36	8.212.409,37
2019	113.558,01	%1,16	9.829.393,70
2020	119.466,89	%1,06	11.245.481,50

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2021: VI; Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2019: VIII; Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2018: VIII; Elektrik Piyasası 2015 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2016: 8.

1.3.1.3. Jeotermal Enerji Tüketimi

Yenilenebilir enerji türlerinden bir olan jeotermal enerji yeraltının derinliklerinde oluşmuş ve birikmiş olan ısıнын meydana getirdiği, etrafındaki gerek yerüstünde bulunan sulara gerekse yerin altında bulunan sulara kıyasla bünyesinde daha fazla erimiş mineral, gaz ve tuzlar bulunduran sıcak su buharı olarak tanımlamak mümkündür (Arslan, Darıcı ve Karahan, 2001: 22).

Jeotermal enerjiden faydalanma çabaları eski Roma dönemine kadar uzanmaktadır. Termal banyolarda ve sağlık alanından sıcak sudan yararlanmışlardır. İleriki zamanlarda 1891 ve 1990 yılında Idaho ve Oregon’da konut ısıtmasında jeotermal enerjiden faydalanmışlardır. İlk defa kuru buhardan elektrik enerjisi ise 1904 senesinde İtalya’nın Larderello kentinde elde edilmiştir. Ticari anlamda ilk jeotermal kaynaklı elektrik üretimi ise 1960 yılından Kaliforniya’da gerçekleşmiştir. 1969 yılında ise jeotermal enerjiyi Fransa’da şehirlerin ısıtılmasında kullanıldığını görmekteyiz.

Jeotermal enerjinin bu denli önemli bir kaynak olmasında ki nedenler; 5-10 MW çapta küçük santraller kurularak üretime uygun olması, doğal gaz ile yarışacak kadar fiyatının düşük olması, fosil yakıtlarda oluşabilecek fiyat dalgalanmalarından etkilenmemesi ve çevreye yaydığı emisyon salınımlarının çok düşük olması şeklinden söylenebilir (Eniş, 2002: 189). Her ülkeye göre sınıflandırma türleri farklılık gösterse de genel olarak üç şekilde sıcaklık anlamında sınıflandırma yapılabilir. Bunlar: yüksek sıcaklı sahalara (150 dereceden fazla), orta sıcaklıklı sahalara (70 ile 150 derece) ve düşük sıcaklı sahalara (20 ile 70 derece) olarak ayırmak mümkündür (Külekçi, 2009: 86). Bu enerji kaynağına olan ilgi ikinci dünya savaşından sonra hız kazanmıştır. Jeotermal enerji kaynağının bölgesel bir özelliğe sahip olması ve ithal edilemez bir enerji kaynağı olması bir diğer özellikleridir (Dickson ve Fanelli, 2004: 6).

Jeotermal enerji Yeni Zelanda, İzlanda, El Salvador, Kenya, Filipinler gibi yerlerde elektrik ihtiyacının yüksek bir oranını ve İzlanda'daki ısıtma ihtiyacının ise %90 gibi yüksek bir miktarının karşılamaktadır. Hava şartlarından bağımsız olması, kapasite faktör oranlarının fazla olması, uzun ve kısa vadede esneklik sağlaması önemli avantajlarındanır (<https://www.irena.org/geothermal> Erişim Tarihi: 18.10.2021). Önceki bölümde de bahsedildiği üzere jeotermal enerjinin %90 gibi yüksek bir oranı doğrudan kullanılırken %10 gibi düşük bir miktarı ise dolaylı olarak kullanılmaktadır.

Tablo 21: Bölgelerde ve Dünya'da Jeotermal Enerji Kapasitesi (MW)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Afrika	205	213	213	373	611	645	655	671	831	831
Asya	3.636	3.721	3.728	8.854	3.896	4.001	4.231	4.384	4.584	4.584
Avrasya	195	243	390	483	702	899	1.138	1.357	1.589	1.687
Avrupa	1.441	1.450	1.162	1.504	1.504	1.506	1.558	1.617	1.622	1.652
Kuzey Amerika	3.296	3.416	3.430	3.327	3.448	3.443	3.409	3.491	3.491	3.493
Okyanusya	782	782	854	980	997	997	997	1.008	1.008	1.040
Orta Amerika ve Karayip	579	656	641	637	640	629	665	665	722	723
Güney Amerika	-	-	-	-	-	-	24	48	40	40
Dünya	10.134	10.481	10.718	11.159	11.799	12.122	12.677	13.241	13.886	14.050

Kaynak: IRENA Renewable Capacity Statistic 2021: 38.

Tablo 21'de 2011 ve 2020 yılları arasındaki dönemde bölgelerin ve dünya genelinin sahip olduğu jeotermal enerji kapasitesi görülmektedir. 2020 yılı esas

alındığında en yüksek kapasiteye sahip bölge Asya bölgesi olurken onu sırasıyla Kuzey Amerika, Avrasya, Avrupa, Okyanusya, Afrika ve Güney Amerika takip etmektedir. 2011 yılında Afrika'da 205 MW kapasite oranı mevcut iken 2015 yılına gelindiğinde 611 MW ve 2020 yılında ise 831 MW değerine yükselmiştir. 2011 yılında Asya bölgesi 3.636 MW kapasiteye sahip olurken Avrasya 195 MW, Avrupa 1.441 MW, Kuzey Amerika 3.296 MW, Okyanusya 782 MW, Orta Amerika ve Karayipler 579 MW oranında bir kapasiteye sahip olmuştur. Bu yılda ise Güney Amerika bölgesinde herhangi bir kapasite oranı hesaplanamamıştır. 2015 yılına gelindiğinde ise Güney Amerika bölgesi hariç tüm bölgelerde ve dünya genelinde kapasite oranı artış göstermiştir. Bu yılda Afrika 611 MW, Asya 3.896 MW, Avrasya 702 MW, Avrupa 1.504 MW, Kuzey Amerika 3.448 MW, Okyanusya 997 MW, Orta Amerika ve Karayipler 640 MW kapasite miktarına sahip olmuş ancak Güney Amerika bölgesinde yine herhangi bir kapasite oranı hesaplanamamıştır. Son olarak 2020 yılında Afrika 831 MW, Asya 4.584 MW, Avrasya 1.687 MW, Avrupa 1.652 MW, Kuzey Amerika 3.493 MW, Okyanusya 1.040 MW, Orta Amerika ve Karayipler 723 MW, Güney Amerika ise 40 MW değerinde bir kapasiteye sahip olmuştur.

Tablo 22: Bölgelerde ve Dünyada Jeotermal Enerji Üretim Miktarları (GWh)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Afrika	1.497	1.587	1.906	3.026	4.481	4.689	4.871	5.169	5.384
Asya	22.13	22.41	21.76	23.11	23.83	24.37	25.63	27.12	27.76
Avrasya	1.216	1.376	1.808	2.819	3.882	5.264	6.562	7.857	9.384
Avrupa	10.64	11.03	11.27	11.54	11.61	11.80	11.88	12.66	12.74
Kuzey Amerika	24.34	23.95	24.49	24.71	25.05	24.73	24.67	24.14	23.69
Okyanusya	6.638	6.723	7.069	7.827	8.409	8.396	8.434	8.376	8.441
Orta Amerika ve Karayip	3.380	3.757	4.049	4.079	3.927	4.017	3.895	3.969	4.432
Güney Amerika	-	-	-	-	-	-	64	214	202
Dünya	69.856	70.842	72.361	77.294	81.205	83.271	86.018	89.521	92.047

Kaynak: IRENA Renewable Energy Statistic 2021: 79.

Tablo 22'de 2011 ile 2019 yılları arasındaki dönemde bölgelerin ve dünya genelinin ürettiği jeotermal enerji miktarlarını göstermektedir. Tablonun genel görünümü

itibariyle üretilen enerji miktarı gün geçtikçe artmaktadır. 2011 yılında Afrika'da 1.497 GWh jeotermal enerji üretilirken Asya'da 22.13 GWh, Avrasya'da 1.216 GWh, Avrupa'da 10.648 GWh, Kuzey Amerika'da 24.34 GWh, Okyanusya'da 6.638 GWh, Orta Amerika ve Karayipler 3.380 GWh değerinde jeotermal enerji üretilirken Güney Amerika'da herhangi bir üretim miktarı hesaplanamamış olup aynı yıl dünya genelinde 69.856 GWh enerji üretimi gerçekleşmiştir. 2015 yılına gelindiğinde ise Afrika'da 4.481 GWh enerji üretimi gerçekleşmiş olup Asya'da 23.83 GWh, Avrasya'da 3.88 GWh, Avrupa'da 11.61 GWh, Kuzey Amerika'da 25.05 GWh, Okyanusya'da 8.409 GWh, Orta Amerika ve Karayipler 'de 3.927 GWh ve toplam dünyada ise 81.205 GWh jeotermal enerjisi üretilmiştir. Son olarak 2019 yılında ise üretilen jeotermal enerji miktarları Afrika'da 5.384 GWh, Asya'da 27.76 GWh, Avrasya'da 9.384 GWh, Avrupa'da 12.74 GWh, Kuzey Amerika'da 23.69 GWh, Okyanusya'da 8.441 GWh, Orta Amerika ve Karayipler' de 4.432 GWh, Güney Amerika'da 202 GWh ve dünya çapından üretilen jeotermal enerji ise 92.047 GWh değerinde olmuştur.

Küresel çapta jeotermal enerji kaynaklarının dağılım alanları ise:

- And Volkanik Kuşak: Kolombiya, Ekvator, Şili, Bolivya, Peru, Arjantin, Venezuela ve Güney Amerika'nın Batı sahillerini kapsamaktadır.
- Alp- Himalaya Kuşağı: Tayland, İtalya, Myanmar, Yugoslavya, Çin, Yunanistan, Tibet, Türkiye, Hindistan, İran ve Pakistan'ı kapsayarak en geniş jeotermal kuşak alanlarından birisidir.
- Doğu Afrika Rift Sistemi: Zambiya, Etiyopya, Malavi, Kenya, Tanzanya ve Uganda'yı içerisine almaktadır.
- Karayip Adaları: Aktif volkanizmalar hakimdir.
- Orta Amerika Volkanik Kuşağı: çok miktarda jeotermal kaynak bulunduran bu kuşak içerisine El Salvador, Kosta Rika, Guatemala ve Nikaragua'yı almaktadır (Külekçi, 2009: 87).

Türkiye'nin jeotermal enerji bakımından zengin olmasının nedeni Alp-Himalaya deprem kuşağı içinden bulunması ve bu kuşakta aktif fay hatlarının varlığı olarak görülmektedir. Ülkemizde yaklaşık olarak 1.000 civarında doğal olarak yer altından çıkan sıcak su kaynağı vardır. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) ise yaptığı araştırma ve çalışmalar neticesinde 198 jeotermal enerjiye uygun alan belilemiş ve

jeotermal enerji kaynaklı ısı potansiyeli 31.500 MW olarak hesaplamıştır (Yılmaz, 2012: 43).

Türkiye'nin jeotermal enerji bakımından en yüksek potansiyele sahip bölgelerine bakıldığında sırasıyla %78 ile Batı Anadolu, %9 ile İç Anadolu, %7 ile Marmara Bölgesi, %5 ile Doğu Anadolu ve %1 ile diğer bölgeler takip etmektedir. Jeotermal kaynaklarımızın %90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar vb.) için, %10' u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal> Erişim Tarihi: 24.10.2021).

Ülkemiz jeotermal enerji kaynaklı ilk elektrik üretimini 1975 senesinde MTA Genel Müdürlüğü tarafından 0.5 MWe sahip Kızıldere Santrali'nde gerçekleştirmiştir. MTA tarafından bulunan 173 tane jeotermal enerji sahası sondajlı çalışmalar neticesinde 10 tanesi elektrik üretimine elverişli olmuş ve yeni sahaların bulunmasıyla saha sayısı 239 adete çıkarılmıştır. Toplamda ise bugüne dek 634 tane ve 412.250 m sondajlı arama faaliyetleri yapılarak kuyulardan 5.000 MWt değerinde ısı enerjisi elde edilmiştir. 2002 senesinde elektrik üretimi için elverişli olan saha sayısı 16 adet iken 2018 yılında 25 adet olmuştur. Ülkemiz görünür ısı kapasitesi 2002 senesinde 3.000 MWt olurken bu oran özel sektörün de desteğiyle 2019 senesinde 35.500 MWt değerine çıkmıştır. Konut ısıtmasında kullanılan jeotermal enerji 2002'de 30.000 konut seviyelerindeyken 2019'da 125.000 konuta çıkmıştır. Sera ısıtması amaçlı kullanılan alanlar 2002 senesinde 500 dönüm olurken 2019 senesinde 4.052 dönüme yükselmiştir (<https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari> Erişim Tarihi: 24.10.2021).

Jeotermal enerji arayışına yönelik çalışmalar hız kazanarak sondaj seviyesi 2.000 m düzeyinden 28.000 m düzeylerine kadar çıkarılmıştır. 2008 senesinde Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'nun devreye girmesiyle birlikte özel sektörde jeotermal enerji arama faaliyetlerine katılmış ve 2004 yılında 3.100 MWt olan ısı kapasitesi 35.000 MWt' e ulaşmıştır. Türkiye jeotermal enerji potansiyeli bakımından oldukça zengin alanlara sahiptir. Sahip olduğu bu alanların %78'i Batı Anadolu'da, %9'u İç Anadolu'da, %7'si Marmara Bölgesi'nde, %5'i Doğu Anadolu'da ve %1'i ise diğer bölgelerde yer almaktadır. Türkiye'nin sahip olduğu jeotermal kaynakların %90'ı orta ve düşük sıcaklıkta olup doğrudan kullanım alanları olan ısıtma, termal turizm gibi alanlarda

%10'u ise dolaylı kullanım olan elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal> Erişim Tarihi: 24.10.2021).

Ülkemizde jeotermal enerji 2004 senesinde itibaren hızlı bir biçimde gelişmeye başlamış ve 2004 senesinde 15 MW olan gücü 2015 senesinden 623,9 MW değerine ulaşmıştır. 2016 senesinin Eylül ayı sonunda ise bu güç 725,2 MW seviyesine çıkmıştır. 2015'de üretilen toplam elektriğin içerisinde bulunan jeotermal enerjinin payı 3.424 GW olurken 2016 senesinde ise 3.506 GW değerinde paya sahip olmuştur (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2016: 18-22). Türkiye jeotermal enerjiden elektrik dışında faydalanma hususunda dünyada ikinci sırada yer almaktadır. Halihazırdaki kaynaklarla küresel çapta üretilen 73 TWh elektrik dışındaki üretimin 12,2 TWh değerindeki miktarını kendi başına üretmektedir. Bu oran ise dünya üretiminin yaklaşık %16,7'sine karşılık gelmektedir (Selvi, 2017: 29).

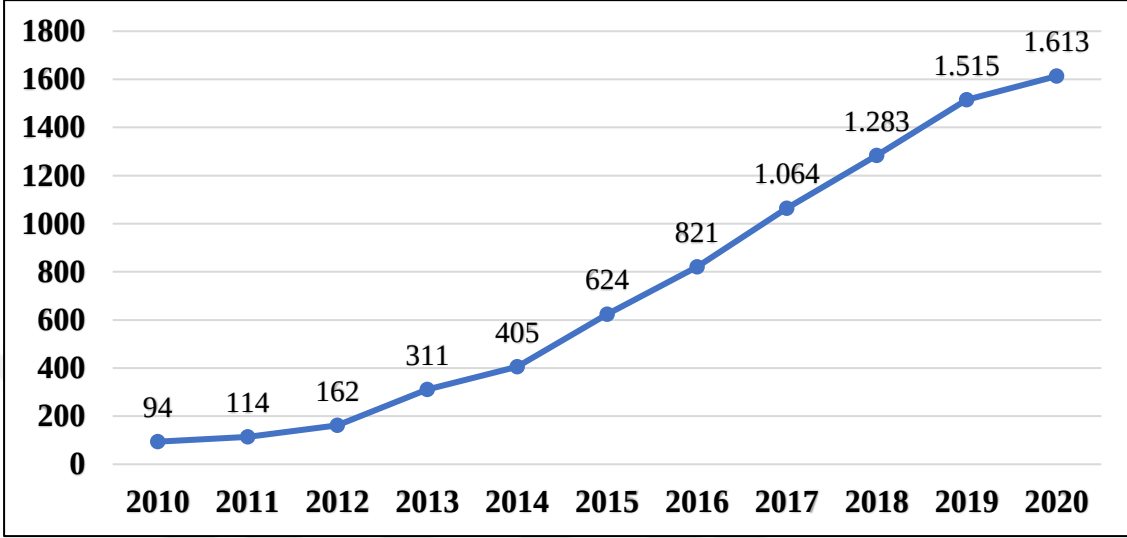
Jeotermal enerji kaynağı sahip olduğu sıcaklık değerine göre birçok alanda değerlendirilmektedir. Ülkemizde en yaygın kullanım alanı ise bölgesel ısıtma olduğu görülmektedir. Ülkemizde ilk merkezi ısıtma amaçlı kurulan sistemlerin jeotermal enerjiye dayalı olarak kurulduğu bilinmektedir. Uygun teknoloji ve yöntemlerin kullanılması durumunda ilk işletme ve yatırım maliyetleri bakımından ucuz sistemler olmuştur (Mertoğlu, 2000: 103). Jeotermal enerjinin, elektrik üretiminde kullanılmasının yanı sıra turizm sektörü için de kullanılmaktadır. Termal turizm olarak bilinen bu sektör ülkemiz gibi jeotermal enerji kaynağı bakımından zengin olan ülkeler için bir gelir kaynağı oluşturmaktadır.

Türkiye dünyada jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı bakımından Çin'den sonra gelerek ikinci sırada yer almaktadır. Dünya'da jeotermal enerjiyi en fazla doğrudan kullanan ikinci ülke olan Türkiye'yi sırasıyla İzlanda, Japonya, Yeni Zelanda, Macaristan, Rusya, İtalya, ABD ve Brezilya takip etmektedir. Türkiye'de geçen 10 yılda jeotermal enerjisine yapılan yatırımlar ağırlıklı olarak elektrik üretme amaçlı olup doğrudan kullanım için yapılan yatırımlar bir miktar azalmıştır (REN21 Renewables Global Status Report, 2021: 103).

Şekil 32'de Türkiye'nin jeotermal enerjisi bakımından kapasitesi değerleri görülmektedir. Bu şekilden hareketle ülkemizin jeotermal enerji kapasitesi her yıl artarak devam ettiği görülmektedir. 2010 yılında 94 Mw olan kapasite 2015 yılından 624 Mw' e

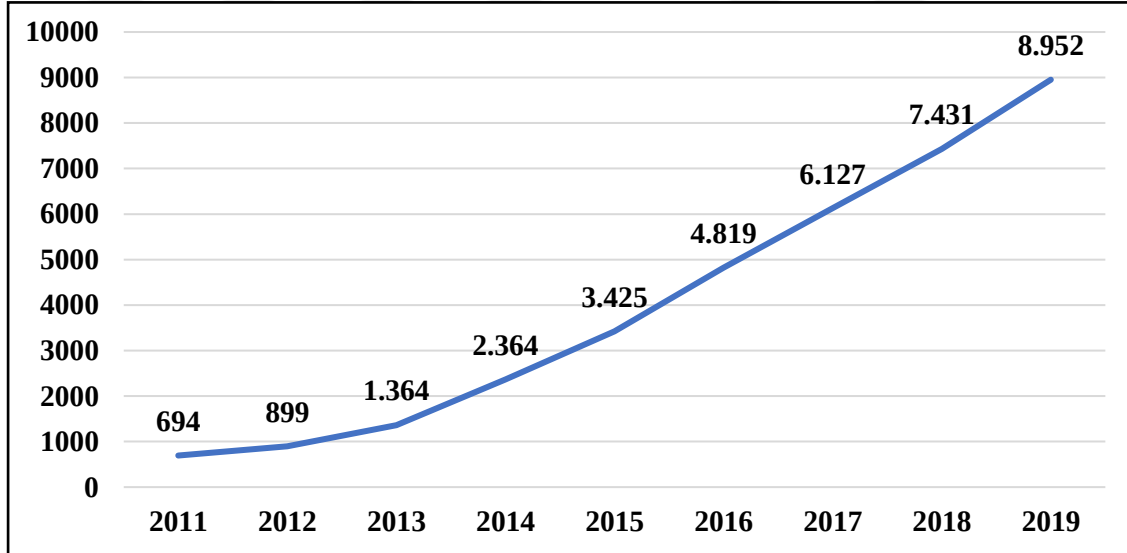
yükselmiştir. 2018 yılında 1.283 Mw değerinde gerçekleşen kapasite oranı 2019 yılına gelindiğinde 1.515 Mw olmuş ve son olarak 2020 yılında ise 1.613 Mw' e yükselmiştir.

Şekil 32: Türkiye’de Kurulu Jeotermal Enerjisi Kapasitesi (Mw)



Kaynak: <https://www.irena.org/geothermal> Erişim Tarihi: 18.10.2021.

Şekil 33: Türkiye’de Üretilen Jeotermal Enerji Miktarları (GWh)



Kaynak: IRENA Renewable Energy Statistic, 2021: 79.

Şekil 33 Türkiye’de üretilen jeotermal enerji miktarlarını yıllara düzeyinde göstermektedir. Bu şekilden hareketle üretim miktarı her geçen yıl artarak devam etmiştir. Özellikle 2013’den itibaren üretimde hızlı bir artış gözlenmiştir. 2011 yılından 694 GWh değerinde üretim yapılırken 2015 yılına gelindiğinde bu oran artış göstererek 3.425 GWh

olarak gerçekleşmiştir. 2017 yılında 6.127 GWh, 2018 yılında 7.431 GWh ve son olarak 2019 yılında ise 8.952 GWh düzeyine çıkmıştır.

Tablo 23: Jeotermal Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanslı Elektrik Miktarı İçindeki Payı (GWh)

Yıllar	Miktar	Yüzde (%)	Toplam Üretilen Elektrik Miktarı
2016*	4.818.523,69	%1,77	272.563.626,49
2017	5.969,48	%2,4	292.595,42
2018	7.611,58	%2,58	295.442,15
2019	8.929,70	%3,0	294.251,30
2020	9.929,41	%3,4	294.084,73

* 2016 yılı değerleri MWh cinsinden hesaplanmıştır.

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2021: V; Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2019: VII; Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2018: VII.

Tablo 24 bize bazı yıllara ait lisanslı elektrik üretiminin içerisindeki jeotermal enerjinin payını göstermektedir. 2016 yılında üretilen toplam 272.563.626,49 MWh değerindeki elektriğin içerisindeki jeotermal enerjinin payı 4.818.523,69 GWh yani %1,77 olmuştur. 2017 yılında ise 292.595,42 GWh değerinde toplam elektrik üretilmiş olup bunun 5.969,48 GWh yani %2,4'ü jeotermal enerjiden karşılanmıştır. 2018 yılına gelindiğinde ise toplam üretim miktarı 295.442,15 GWh olmuş bunun 7.611,58 GWh diğer bir deyişle %2,58'i jeotermal enerji kaynaklı olmuştur. 2019 yılında üretilen toplam elektrik miktarı bir önceki yıla kıyasla parça düşmüş olsa da içerisindeki jeotermal enerji payı artmıştır. Buna göre 2019 yılında 294.251,30 GWh toplam üretim olmuş bunun 8.929,70 GWh yani %3,0'lık kısmı jeotermal enerji kaynaklı olmuştur. Son olarak 2020 yılına gelindiğinde toplam lisanslı elektrik üretim miktarı 294.084,73 GWh olmuş ve jeotermal enerjinin payı ise 9.929,41 GWh yani %3,4 olmuştur.

1.3.1.4.Hidrolik Enerji Tüketimi

Hidroelektrik, suyun akmasıyla meydana gelen bir enerji türüdür. Antik Yunan halkı 2.000 yıldan daha uzun bir zaman önce akarsuyun gücünü kullanarak çarkları çalıştırmış ve tahıl öğütmüşlerdir. Maliyet bakımından elektrik üretiminde kullanılan en uygun yöntem olduğundan tercih edilmektedir. Dünyanın en büyük hidroelektrik enerji santrali Çin’de bulunan ve 22,5 GW enerji üreten Three Georges Barajı’dır. Senede 80-100 TWh elektrik üretmekte olup 70-80 milyon evin elektrik ihtiyacını karşılamaktadır. Norveç ise elektrik ihtiyacının %99’unu hidroelektrikten karşılamaktadır (<https://www.irena.org/hydropower> Erişim Tarihi: 29.10.2021).

Hidrolik enerjinin çalışma prensibi yer yüzünde çok miktarda bulunan suyun potansiyel enerjisini birtakım sistemler vasıtasıyla kinetik enerjiye çevrilme esasına dayanmaktadır. Hidrolik enerji bakımından asıl potansiyele sahip olan yerler Asya ve Latin Amerika kıtalarındaki gelişmekte olan ülkeler olmasına karşın hidrolik alanların büyük bir kısmı Kuzey Amerika ve Avrupa’da geliştirilmiştir. Dünyanın sahip olduğu hidrolik enerji potansiyeli yılda 40.150 TWh/yıl olmasına karşın uygulanabilir potansiyeli ise yılda 14.060 TWh olarak hesaplanmıştır (Gökdemir, Kömürcü ve Evcimen, 2012: 18-19).

Kanada OECD ülkelerin içinde 69.205 MW ile en büyük hidroelektrik üreten ülke konumundadır. Norveç ve ABD ise Kanada’dan sonra gelmektedirler. Söz konusu bu üç ülkenin üretim miktarları OECD ülkelerinin toplam üretiminin yarısından fazlasına denk gelmektedir. Ülkemiz ise 1971-1990 arası dönemde ortalama %12,2 oranındaki artışla dikkatleri üzerine çekmiştir (Sohtaoğlu ve Papur, 2011: 133). Hidrolik enerjisi kurulu gücü tüm dünyada 720.000 MW civarında olduğu bilinmektedir. Bu oran dünya çapında kurulu elektrik kapasitesinin %25’ine karşılık gelmektedir. 2000 senesinde bu kapasite sayesinde dünya çapında elektrik tüketiminin %17,5 ve birincil enerji tüketiminin ise %2,3’üne karşılık gelen 2700 TWh elektrik üretme fırsatı vermiştir. Gerçekleşen üretimin üçte biri gelişmekte olan Hindistan, Çin ve Brezilya’da, üçte ikisi ise gelişmiş ülkelerde ortaya çıkmaktadır (Nazlı, 2007: 53).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen hidrolik enerji yer yüzündeki su havzalarının dağılımı ile ilgilidir. Dünyada var olan hidrolik enerji potansiyelinin büyük bir kısmı gelişmekte olan ülkelerde olmasına rağmen faydalanma konusunda aynı oranı

yakalayamamışlardır. Dünya’da hidrolik enerji tüketiminin başında %13,7 ile Çin, %11,5 ile Kanada, %11,5 ile Brezilya, %9,6 ile ABD ve %5,8 ile Rusya gelmektedir (Akbulut, 2008: 131). Hidrolik enerji santrallerinin kurulum maliyetlerinin oldukça yüksek olması bir dezavantaj olarak görülse de uzun tesis ömrü ve işletme maliyetlerinin çok düşük olması bu dezavantajların yarattığı olumsuzluğu bir parça azaltmaktadır.

Tablo 24: Bölgelerde ve Dünyada Hidrolik Enerji Kapasitesi (MW)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Afrika	27.642	28.836	28.924	29.452	31.381	34.643	36.034	36.710	37.309
Asya	414.36	451.28	479.67	500.14	516.19	531.08	544.05	552.22	566.80
Avrasya	74.340	77.952	80.223	82.610	83.479	84.566	85.821	86.922	89.710
Avrupa	209.34	211.26	211.99	214.53	217.99	219.66	220.72	221.63	222.48
Orta Doğu	13.001	13.521	14.685	16.709	16.931	17.273	17.419	17.502	17.813
Kuzey Amerika	188.36	188.82	190.19	193.95	195.66	196.26	196.93	196.81	197.10
Okyanusya	14.153	14.165	14.166	14.184	14.184	14.189	14.441	14.450	14.453
Güney Amerika	142.69	144.95	149.60	153.67	163.75	167.55	172.52	177.76	178.95
Orta Amerika ve Karayip	6.266	6.357	6.580	6.843	7.661	7.913	8.049	8.148	8.254
Dünya	1.090,172	1.137,162	1.176,046	1.212,113	1.247,246	1.273,151	1.295,996	1.312,169	1.332,885

Kaynak: IRENA Renewable Energy Statistic, 2021: 10-15.

Tablo 24, bize bölgeler ve dünya geneli düzeyindeki hidrolik enerji kapasitesini göstermektedir. 2012 yılında kapasite miktarı Afrika bölgesinde 27.642 MW, Asya’da 414.36 MW, Avrasya bölgesinde 74.340 MW, Avrupa’da 209.34 MW, Orta Doğu’da 13.001 MW, Kuzey Amerika’da 188.36 MW, Okyanusya bölgesinde 14.153 MW, Güney Amerika’da 142.69 MW, Orta Amerika ve Karayipler ’de 6.266 MW olurken Dünya genelinde ise 1.090,172 MW olmuştur. 2015 yılına gelindiğinde yine kapasite miktarı Afrika bölgesinde 29.452 MW, Asya’da 500.14 MW, Avrasya’da 82.610 MW, Avrupa’da 214.53 MW, Orta Doğu’da 16.709 MW, Kuzey Amerika’da 193.95 MW, Okyanusya bölgesinde 14.184 MW, Güney Amerika’da 153.67 MW, Orta Amerika ve Karayipler ’de 6.843 MW olurken Dünya genelinde bu miktar 1.212,113 MW değerinde gerçekleşmiştir. Son olarak 2020 yılında gerçekleşen kapasite miktarı ise Afrika’da 37.309 MW, Asya’da 566.80 MW, Avrasya bölgesinde 89.710 MW, Avrupa’da 222.48 MW, Orta Doğu’da 17.813 MW, Kuzey Amerika’da 197.10 MW, Okyanusya bölgesinde

14.453 MW, Güney Amerika’da 178.95 MW, Orta Amerika ve Karayipler ‘de 8.254 MW ve Dünya genelinde 1.332,885 MW olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 25: Bölgelerde ve Dünyada Hidrolik Enerji Üretimi (GWh)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Afrika	113.58	115.33	121.56	126.05	125.02	122.27	130.96	139.32	145.51
Asya	1.138,685	1.328,883	1.389,569	1.550,963	1.606,868	1.686,459	1.732,128	1.776,689	1.864,540
Avrasya	234.47	237.33	255.19	230.69	250.61	268.69	259.78	268.21	299.39
Avrupa	541.65	596.25	630.18	631.52	597.67	613.41	557.41	612.79	567.04
Orta Doğu	20.372	21.340	23.346	19.399	17.605	21.145	18.436	18.709	21.614
Kuzey Amerika	756.96	710.88	710.37	703.39	684.70	708.71	751.99	735.84	714.31
Okyanusya	43.855	39.005	43.371	44.510	39.805	43.064	43.412	44.293	43.483
Güney Amerika	713.86	698.61	675.76	662.58	642.82	671.67	660.23	655.46	642.58
Orta Amerika ve Karayip	22.955	24.735	24.309	23.383	23.821	24.706	29.762	29.168	23.133
Dünya	3.586,416	3.772,390	3.873,672	3.992,501	3.988,946	4.160,138	4.184,129	4.280,510	4.321,616

Kaynak: IRENA Renewable Energy Statistic, 2021: 11-15.

Tablo 25 bölgelerde ve dünyada gerçekleşen hidrolik enerji üretimini göstermektedir. 2011 yılında Afrika’da 113.58 GWh hidrolik enerji üretimi gerçekleşirken 2015 yılında bu miktar 125.02 GWh ve 2019 yılında ise 145.51 GWh olarak gerçekleşmiştir. Asya bölgesinde ise 2011 yılında 1.138,685 GWh, 2015 yılında 1.606,868 GWh ve 2019 yılında 1.864,540 GWh oranında hidrolik enerji üretimi yapılmıştır. Avrasya bölgesinde yapılan üretim miktarı ise 2011’de 234.47 GWh, 2015’de 250.61 GWh ve 2019 yılında 299.39 GWh olmuştur. Avrupa’da gerçekleşen üretim miktarı ise 2011 yılında 541.65 GWh, 2015 yılında 597.67 GWh ve 2019 yılında 567.04 GWh olmuştur. Orta Doğu’da ise 2011 yılında 20.372 GWh, 2015 yılında 17.605 GWh ve 2019 yılında 21.614 GWh hidrolik enerji üretimi yapılmıştır. Kuzey Amerika bölgesinde gerçekleşen üretim miktarı 2011 yılında 756.96 GWh, 2015 yılında 684.70 GWh ve 2019 yılında 714.31 GWh olmuştur. Okyanusya bölgesinde elde edilen hidrolik enerji miktarı 2011 yılında 43.855 GWh, 2015 yılında 39.805 GWh ve 2019 yılında 43.483 GWh olmuştur. Güney Amerika’da ise 2011 yılında üretilen hidrolik enerji miktarı 713.86 GWh olurken 2015 yılında 642.82 GWh ve 2019 yılında 642.58 GWh olmuştur. Orta Amerika bölgesinde 2011 yılında 22.955 GWh, 2015 yılında 23.821 GWh

ve 2019 yılında 23.133 GWh değerinde hidrolik enerji üretimi gerçekleştirilmiştir. Dünya genelinde meydana gelen üretim miktarı ise 2011 yılında 3.586,14 GWh olurken 2015 yılında 3.998,946 GWh ve 2019 yılında 4.321,616 GWh değerinde olmuştur.

Ülkemiz hidrolik enerji bakımından bilhassa Doğu Karadeniz Bölgemiz bu enerji türü bakımından zengin bir bölgedir. Yağış koşullarına da bağlı olarak değişkenlik gösteren hidrolik enerji 1950 senesinde 30.000 GWh üretebilirken 1995 senesinde %17 oranında bir artışla 35.541 GWh değerinde gerçekleşmiştir. 1995 senesinin sonunda 125 milyar KWh değerinde olan potansiyel enerjinin %30'unu değerlendirilmiştir. 26 akarsu havzasına dağılmış olan su kaynaklarının hidrolik enerji üretimi bakımından debisi 186 km³/yıl civarında olmaktadır. Bu akarsulardan en büyük paya sahip olanlar sırasıyla %17 ile Fırat, %11,5 ile Dicle, %8 oranında Doğu Karadeniz ve %5,9 oranında Antalya iline aittir (Yamak, 2006: 41).

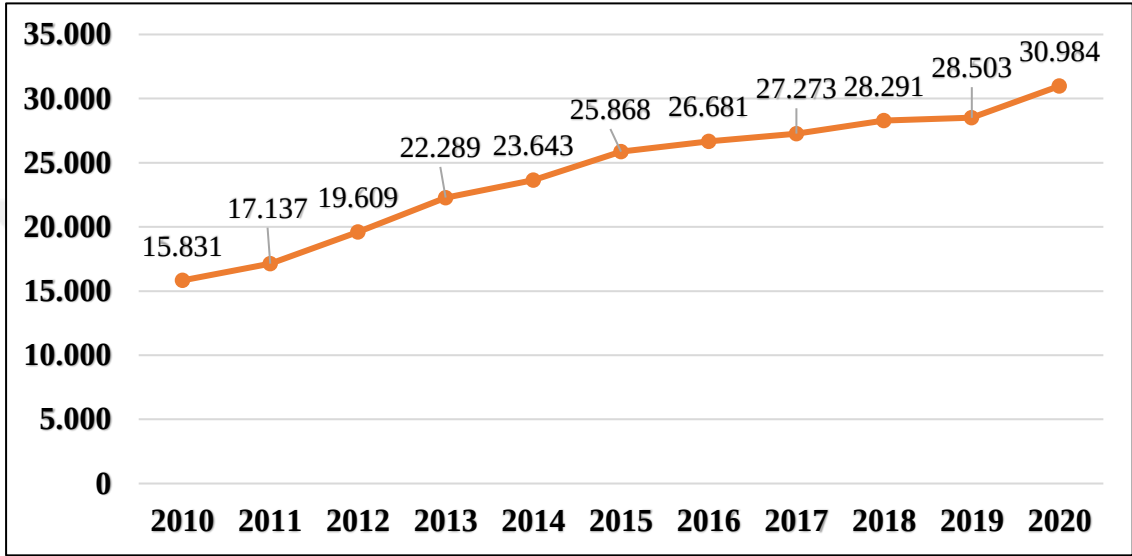
ABD teknik bakımından hidrolik enerji potansiyelinin yaklaşık %86'sını, Japonya %78'sini, Norveç %72 oranını, Kanada %56 ve Türkiye %72'sini geliştirmiştir. Türkiye'de elektrik tüketim miktarı her geçen yıl %8 civarında artış göstermektedir. Artan bu elektrik ihtiyacını karşılamak için enerji projelerinin finanse edilmesi bakımından her yıl 5 milyar dolar ayırmaktadır. Ülkemizdeki hidrolik enerji türü birincil enerji üretiminin %14'ünü gerçekleştiren toplam tüketimin ise %3,9'unu karşılamaktadır (<http://molekulerbiyolojivegenetik.org/turkiyenin-temiz-enerji-devrimi/> Erişim Tarihi: 10.11.2021).

Toplam elektrik enerjisi kurulu gücü bakımından 2002 senesinde %38,4'lük pay ile hidrolik enerji ilk sırada yer almıştır. Hidrolik enerjiyi sırasıyla %26,5 ile doğalgaz, %21,9 ile kömür, %0,1 ile rüzgâr + jeotermal enerji takip etmektedir. Arta kalan %13 ise diğer kaynaklardan meydana gelmektedir. 2016'da ise hidrolik enerjinin elektrik üretimi içindeki payı %34 olmuş ve onu %28,3 ile doğal gaz, %22,1 ile kömür, %9,4 ile jeotermal enerji + rüzgâr + güneş takip etmiştir. Bunların dışından kalan diğer kaynaklar ise %6,2 oranında bir paya sahip olmuştur (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünü, 2017: 20).

Ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli açısından mühim bir konuma sahip olan hidrolik enerjisinin teorik potansiyeli 433 milyar KWh olurken değerlendirilebilir potansiyeli 216 milyar KWh olmuştur. Ekonomik açıdan potansiyeli ise 160 milyar KWh/yıl olduğu tespit edilmiştir. Hidrolik kaynaklı elektrik üretimi 2018 yılında 59,9

milyar KWh olurken 2019 yılı ağustos ayı sonunda yine hidrolik kaynaklı elektrik üretimini 68.452 GWh olarak gerçekleştirmiştir. 2018 yılında 653 tane hidroelektrik santrali 28.291 MW kurulu güç ile ülkemizdeki toplam kurulu gücün %31,9'una denk gelmektedir. Ağustos 2019'da ise kurulu güç değeri 28.437 MW olmuştur (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik> Erişim Tarihi: 08.11.2021).

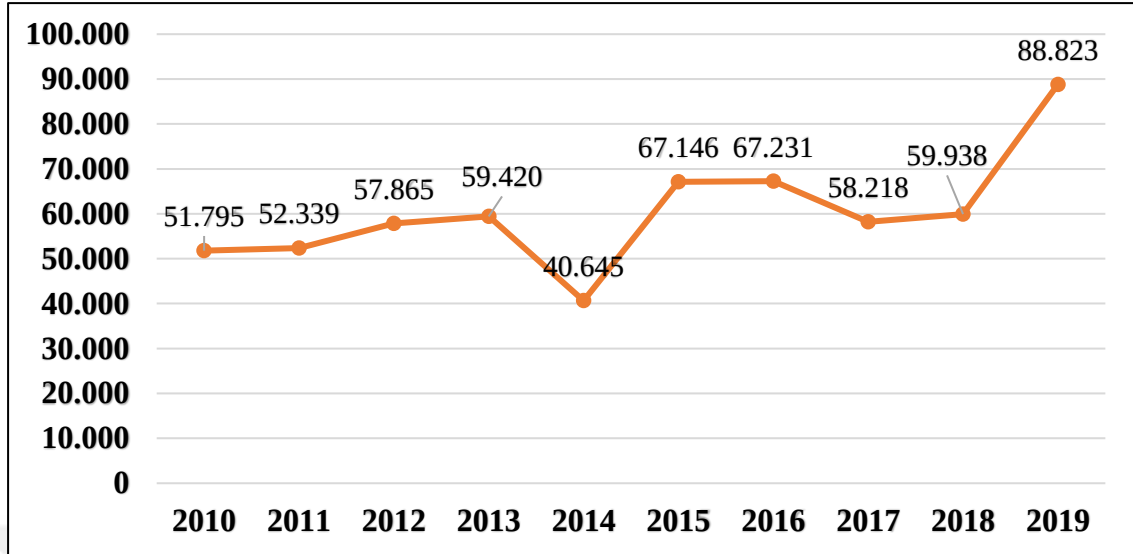
Şekil 34: Türkiye’de Kurulu Hidrolik Enerji Kapasitesi (MW)



Kaynak: <https://www.irena.org/hydropower> Erişim Tarihi: 29.10.2021.

Şekil 34’ de Türkiye’ deki kurulu hidrolik enerji kapasitesinin 2010-2020 yıllarını kapsayan değerleri görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında hidrolik enerji kapasitesi her geçen yıl büyük ölçekli olarak artmasa da küçük farklarla artarak ilerleyişini hiç azalış göstermeden devam ettirmiştir. 2010 yılından kurulu hidrolik enerji kapasitesi 15.831 Mw olmuş 2015 yılında bu oran 25.868 Mw ’ye ve son olarak da 2020 yılında 30.984 Mw ’ye yükselmiştir. Ülkemizin hidrolik enerji kapasitesindeki bu artış hem çevre kirliliği hem de sera gazı salınımına yaptığı pozitif etkiyi de göz ardı etmemek gerekir.

Şekil 35: Türkiye’de Hidrolik Enerjiden Elektrik Üretimi (GWh)



Kaynak: <https://www.irena.org/hydropower> Erişim Tarihi: 29.10.2021.

Şekil 35’de Türkiye’deki hidrolik enerjiden 2010-2019 yıllarını kapsayan elektrik üretim miktarları görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında elektrik üretim miktarları yıllar içinden kısmen dalgalanma göstermiştir. 2010 yılında 51.795 GWh olan elektrik miktarı 2014 yılında azalış göstererek 40.645 GWh olmuştur. 2014 yılında ki bu azalışın hemen ardından 2015 yılında tekrar bir artış eğilimi göstererek üretim miktarı 67.146 GWh olmuş ve bu miktar 2018 yılında 59.938 GWh olarak kayıtlara geçmiştir. Son olarak 2019 yılında ise hidrolik enerji kaynaklı üretim miktarı 88.823 GWh olmuştur. Ülkemiz de hidrolik enerjiden elde edilen elektrik enerjisi bu şekilde yıllar içinde istikrarlı bir şekilde artmak yerine dalgalanarak artış göstermesi ülkemizin aleyhine bir durum olduğu söylenebilir.

Aşağıdaki tablo 26 bize ülkemizde bazı yıllarda üretilen lisanslı elektrik enerjisi içerisindeki hidrolik enerji miktarını göstermektedir. Bu tablodan hareketle 2016 yılında 272.563.626,49 MWh değerinde toplam lisanslı elektrik üretilmiş ve üretilen bu elektrik miktarı içerisinde hidrolik enerjinin payı 48.906.203,33 MWh ile %17,94 olmuştur. 2017 yılında ise 292.595,42 GWh toplam lisanslı elektrik üretilmiş hidrolik enerjinin payı ise 41.269,59 GWh ile %14,10 olmuştur. 2018 senesinde hidrolik enerjinin, toplam üretilen elektrik enerjisi içindeki payı %13,86 ile 40.961,45 GWh olmuştur. 2019 yılında hidrolik enerjinin payı 88.850,20 GWh ile %30,2 oranına yükselmiştir. 2020 yılına gelindiğinde bu pay miktarı %26,6 ile 78.087,88 GWh değerinde gerçekleşmiştir.

Tablo 26: Hidrolik Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanslı Elektrik Miktarı İçindeki Payı (GWh)

Yıllar	Miktar	Yüzde (%)	Toplam Üretilen Elektrik Miktarı
2016*	48.906.203,33	%17,94	272.563.626,49
2017	41.269,59	%14,10	292.595,42
2018	40.961,45	%13,86	295.442,15
2019	88.850,20	%30,2	294.251,30
2020	78.087,88	%26,6	294.084,73

* 2016 yılı değerleri MWh cinsinden hesaplanmıştır.

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2021: V; Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2019: VII; Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2018: VII.

Tablo 27: Hidrolik Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanssız Elektrik Miktarı İçindeki Payı

Yıllar	Miktar (MWh)	Yüzde (%)	Üretilen Elektrik Miktarı (MWh)
2015	201,40	%0,09	222.685,01
2016	6.115,42	%0,54	1.137.871,75
2017	19.546,21	%0,64	3.031.331,42
2018	34.750,58	%0,42	8.212.409,37
2019	34.437,65	%0,35	9.829.393,70
2020	27.066,66	%0,24	11.245.481,50

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2021: VI; Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2019: VIII; Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2018: VIII; Elektrik Piyasası 2015 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2016: 8.

Tablo 27’de 2015- 2020 yılları arasında gerçekleşen lisanssız elektrik üretimi içindeki hidrolik enerjinin payını göstermektedir. 2015 yılında lisanssız olarak gerçekleşen toplam elektrik miktarı 222.685,01 MWh olurken hidrolik enerjinin payı 201,40 MWh ile %0,09 olmuştur. 2016 yılında hidrolik enerjinin payı %0,54 ile 6.115,42 MWh olurken bu miktar 2017 yılına gelindiğinde %0,64 yani 19.546,21 MWh değerine yükselmiştir. Hidrolik enerjinin payı 2018 senesinde %0,42 ile 34.750,58 MWh olurken

2019 yılında %0,35 ile 34.437,65 MWh olmuştur. Ve son olarak 2020 yılına gelindiğinde bu pay miktarı 27.066,66 MWh yani %0,24 olarak gerçekleşmiştir.

1.3.1.5.Biokütle Enerji Tüketimi

Yenilenebilir enerji türleri sınıfında gösterilen biokütle enerjisi teknik potansiyeli olan bir kaynak olarak dikkat çekmektedir. Hayvansal ve bitkisel kökenli olup ana bileşenlerinde karbon hidrat bulunan tüm maddelere biokütle enerji kaynağı adı verilmektedir. Bu kaynaklardan açığa çıkan enerjiye ise biokütle enerjisi adı verilmektedir (Eniş, 2002: 195). Bu enerji türünü diğerlerinden farklı kılan en önemli etmen fosil bazlı yakıtların atmosfere yayılan karbonun tekrar kaynağına dönerek karbon dengesinin sağlanmasıdır (Say vd., 2010: 264).

Biokütle enerji kaynağından en fazla kullanım şekli biotenol ve biodizel elde etme yönünde olmuştur. 2012 senesinde Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılan taşıt yakıtlarının içerisindeki biyoyakıt payı %10 olurken bu rakamın 2025 yılında yaklaşık %25 olacağı tahmin edilmektedir. Küresel çapta olan toplam bitkisel ürünlerin %1'i biyoyakıt üretmek için kullanılmaktadır (Burak, 2012: 15).

Dünya'nın biokütle enerjisinden elde edebilecek yıllık enerji potansiyeli yaklaşık 23.100.000 MW olduğu ve bunun 17.700.000 MW şeker kamışı, odunsu bitkiler vb. 1.360.000 MW orman atıklarından, 2.400.000 MW çöpler vasıtasıyla, 500.000 MW hayvan dışkılarından ve 1.120.000 MW samandan olacağı belirlenmiştir (Duranay, vd., 2007: 54). Küresel çaptaki yenilenebilir enerji kullanımının yarısından daha fazla geleneksel yöntemle biokütle kullanımından ve neredeyse 4/3 bioenerji içerikli kullanımlardan meydana gelmektedir. 2015 senesinde dünya ölçeğinde elektrik üretim miktarının %1,9 ve nihai enerji tüketim miktarının ise neredeyse %10'unu oluşturmaktadır (<https://www.irena.org/bioenergy> Erişim Tarihi: 15.11.2021).

2020 yılında küresel düzeydeki biyoyakıt üretimi %6 oranında azalırken etanol üretimi ise bütün bölgelerde %7-12 oranında azalış göstermiştir. Kuzey Amerika ve Güney ve Orta Amerika'da etanol üretimi baskın olurken Asya ve Avrupa'da Biodizel üretimi etkin olmuştur. Biyoyakıt tüketiminde ise 2020 yılında %5 oranında bir azalış görülmüştür. 2019 yılından küresel düzeyde etanol, biyoyakıtların %59'unu oluşturmakla birlikte biodizelin payı sürekli artış göstermiş olup 2010 yılında %26 iken bu oran 2020

yılında %41 olarak gerçekleşmiştir (<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy.html#biofuels-production> Erişim Tarihi: 15.11.2021).

Tablo 28: Bölgelerde ve Dünyada Biokütle Enerji Kapasitesi (MW)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Afrika	1.073	1.180	1.253	1.354	1.451	1.486	1.564	1.655	1.708	1.709
Asya	15.192	16.237	18.518	21.189	24.564	29.930	32.777	36.452	40.563	41.216
Orta Amerika ve Karayip	1.510	1.644	1.738	1.960	2.050	2.348	2.444	2.571	2.847	2.952
Avrasya	1.297	1.340	1.406	1.628	1.679	1.767	1.887	2.003	2.398	2.715
Avrupa	28.544	30.055	31.377	33.067	34.468	35.489	36.885	39.718	41.064	42.257
Orta Doğu	65	67	72	80	101	108	108	108	108	108
Kuzey Amerika	12.511	13.379	14.312	15.030	16.109	16.219	17.194	17.192	16.835	16.765
Okyanusya	1.004	1.009	1.001	1.012	1.013	1.047	1.058	1.058	1.069	1.080
Güney Amerika	10.549	11.087	14.178	14.662	15.236	16.060	16.587	16.879	17.484	17.755
Dünya	71.745	76.617	83.855	89.981	96.671	104.45	110.50	117.63	124.07	126.55

Kaynak: IRENA Renewable Capacity Statistic, 2021: 27.

Tablo 28’de görüldüğü üzere bazı yıllara ait bölgeler ve dünya geneli düzeyindeki biokütle enerji kapasitesi görülmektedir. Afrika bölgesinde 2011 yılında biokütle enerji kapasitesi 1.073 MW iken 2015 yılında 1.451 MW ve 2020 yılında ise 1.709 MW değerine yükselmiştir. Asya bölgesinde 2011’de 15.192 MW olurken 2015 yılında 24.564 MW ve 2020 yılında 41.216 MW olarak gerçekleşmiştir. Orta Amerika ve Karayip bölgesinde ise benzer şekilde 2011 yılında 1.510 MW, 2015 yılında 2.050 MW ve 2020 yılında 2.952 MW olarak hesaplanmıştır. Avrasya bölgesinde hesaplanan kapasite miktarı ise 2011 yılında 1.297 MW, 2015 yılında 1.679 MW ve 2020 yılında 2.715 MW olmuştur. Avrupa’da gerçekleşen kapasite miktarı ise 2011’de 28.544 MW olurken 2015 yılında 34.468 MW ve 2020 yılına gelindiğinde 42.257 MW olmuştur. Orta Doğu bölgesinde 2011’de kapasite miktarı 65 MW iken 2015 yılında 101 MW değerine yükselmiş ve 2020 yılında 108 MW olmuştur. Kuzey Amerika bölgesine bakacak olursak 2011’de 12.511 MW, 2015 yılında 16.109 MW ve 2020 yılında 16.765 MW olarak hesaplanmıştır. Güney

Amerika bölgesinde ise 2011 yılında 10.549 MW, 2015 yılında 15.236 MW ve 2020 yılında 17.755 MW olmuştur. Dünya genelindeki kapasite oranı ise 2011 yılında 71.745 MW, 2015 yılında 96.671 MW ve son olarak 2020 yılında 126.55 MW olmuştur.

Tablo 29: Bölgelerde ve Dünyada Biokütle Enerji Üretimi (Bin varil petrol günlük eşdeğeri)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Kuzey Amerika	514	574	548	574	609	625	664	686	707	689	623
Orta ve Güney Amerika	336	309	316	356	384	396	392	399	461	482	446
Avrupa	204	201	217	234	256	260	252	286	304	309	295
Avrasya	1	<0.5	1	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Orta Doğu	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Afrika	2	2	2	2	2	3	3	2	3	3	3
Asya	68	109	132	158	191	159	180	188	246	306	310
Dünya	1125	1195	1215	1325	1443	1444	1491	1562	1721	1790	1677

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 60.

Yukarıdaki tabloda ise 2010-2020 yıllarını kapsayan biokütle enerji üretiminin bölge ve dünya geneli düzeyinde miktarları verilmiştir. Bu tabloya göre Kuzey Amerika’da 2010 yılında 514 bin varil petrol eşdeğeri biokütle enerjisi üretilirken 2015 yılında bu miktar 625 ve 2020 yılında ise 623 bin varil petrol eşdeğeri biokütle enerjisi üretimi yapılmıştır. Orta ve Güney Amerika’da üretilen biokütle enerjisi miktarı 2010 yılında 336, 2015 yılında 396 ve 2020 yılında 446 bin varil petrol eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir. Avrupa bölgesine bakıldığında ise 2010 yılında 204 bin varil petrol eşdeğerinde biokütle enerjisi üretimi yapılmış olup 2015 yılına gelindiğinde bu oran 260 bin varil petrol eşdeğerine ve 2020 yılında ise 295 bin varil petrol eşdeğerine yükselmiştir. Avrasya bölgesinde yapılan üretim miktarları çok düşük oranda kalmakla beraber yalnızca 2010 ve 2012 yılında bin varil petrol eşdeğerinde biokütle enerjisi üretimi yapılırken diğer yıllarda ise yapılan üretim miktarı bu oranı bile yakalayamamıştır. Orta Doğu’da ise biokütle enerji üretimi 2010 ve 2020 yılları arasında çok düşük düzeyde kalmıştır. Afrika bölgesinde 2010’da 2 bin varil petrol eşdeğerinde yapılan biokütle enerji üretimi 2015 ve 2020 yılında 3 bin varil petrol eşdeğeri biokütle üretimi yapılmıştır. Asya

bölgesinde yapılan üretim miktarı 2010 yılında 68 bin varil petrol eşdeğerinde üretim yapılırken 2015 yılında 159 ve 2020 yılında 310 bin varil petrol eşdeğerinde biokütle enerjisi üretimi yapılmıştır. Dünya genelinde yapılan biokütle enerjisi üretim miktarları ise 2010 yılında 1125, 2015 yılında 1444 ve 2020 yılında 1677 bin varil petrol eşdeğeri oranında gerçekleşmiştir.

Tablo 30: Bölgelerde ve Dünyada Biokütle Enerji Tüketimi (Bin varil petrol günlük eşdeğeri)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Kuzey Amerika	497	543	551	593	603	623	668	678	669	671	598
Orta ve Güney Amerika	287	272	265	307	338	395	365	387	439	482	464
Avrupa	241	255	276	253	269	271	276	298	323	336	339
Avrasya	1	1	1	<0.5	<0.5	<0.5	1	2	2	3	3
Orta Doğu	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Afrika	<0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asya	89	96	114	142	171	147	184	176	223	279	274
Dünya	1112	1168	1206	1297	1382	1438	1495	1538	1658	1772	1679

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy ,2021: 61.

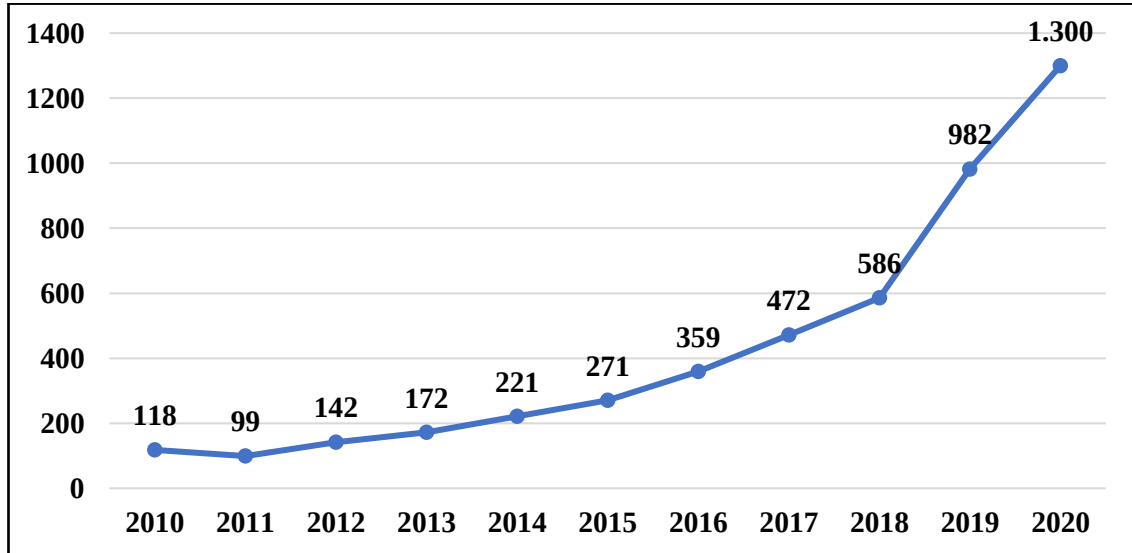
Tablo 30’da biokütle enerji tüketiminin bölgeler ve dünya düzeyindeki miktarları verilmiştir. Bu tablodan hareketle Kuzey Amerika bölgesinde 2010 yılında 497 bin varil petrol eşdeğerinde tüketim yapılırken 2015 yılında bu rakam 623 ve 2020 yılında 598 bin varil petrol eşdeğerinde olmuştur. Orta ve Güney Amerika’daki tüketim miktarı 2010 yılında 287, 2015 yılında 395 ve 2020 yılında 464 bin varil petrol eşdeğeri olmuştur. Avrupa bölgesine bakıldığında ise biokütle enerjisi tüketim miktarı 2010 yılında 241, 2015 yılında 271 ve 2020 yılında 339 bin varil petrol eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir. Avrasya bölgesinde gerçekleşen tüketim miktarı düşük seviyelerde kalırken 2010 yılında bin varil petrol eşdeğeri seviyesinde iken 2015 yılında bu oran daha da düşmüş ve 2020 yılına gelindiğinde 3 bin varil petrol eşdeğerine yükselmiştir. Orta Doğu ve Afrika bölgelerinde ise 2010-2020 yıllarında tüketim miktarı çok düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Asya bölgesinde bakıldığında biokütle enerjisi tüketim miktarı 2010 yılında 89, 2015 yılında 147 bin varil petrol eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Dünya

genelindeki tüketim miktarlarına bakıldığında 2010 yılında 1112, 2015 yılında 1438 ve 2020 yılında ise 1679 bin varil petrol eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir.

Biokütle enerjisinin ülkemizde en çok kullanım şekli; hayvan dışkılarının yakılması, odunların yakılması ve fındık kabuklarının ısınmak maksadıyla yakılması şeklindedir. Biokütle enerjisinden büyük bir oranda klasik yöntemlerle faydalanan ülkemizin ekonomik anlamdaki biokütle potansiyeli 25 mtep/yıl olduğu ön görülmektedir (Say vd. 2010: 268). Ülkemizin sahip olduğu atık biokütle enerji potansiyelinin yaklaşık 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) olduğu ve bundan üretilebilecek biogazın 1,5-2 milyon ton eşdeğer petrol olduğu öngörülmektedir (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle> Erişim Tarihi: 15.11.2021).

Ülkemizde ortaya çıkan tarım atıklarından her sene 5,4 mtep üretebilecek enerji potansiyeli olduğu bilinmektedir. Bunun dışından hayvan atıklarından elde edebilecek 1,5 mtep ve sanayi, ağaç ve orman atıklarından da 5,9 mtep elde edebilecek potansiyel enerji bulunmaktadır. Bu potansiyel enerjilerin toplamında 12,8 mtep değerindeki enerji ile ülkemizin enerji kullanımının %40 gibi bir oranı karşılanabilmektedir (Koçer vd., 2006:18).

Şekil 36: Türkiye’de Kurulu Biokütle Enerji Kapasitesi (MW)

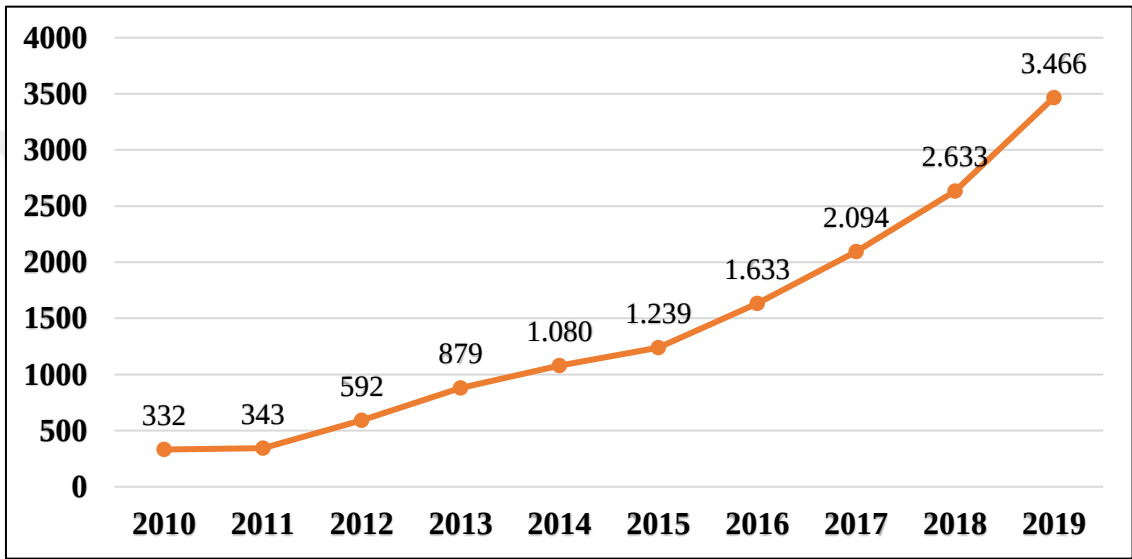


Kaynak: <https://www.irena.org/bioenergy> Erişim Tarihi: 15.11.2021.

Şekil 36’ da Türkiye’de 2010 ve 2020 yıllarını kapsayan biokütle enerjisinin kurulu kapasitesi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında 2010 yılında biokütle enerji kapasitesi 118 Mw iken bu kapasite oranı 2011 yılında bir miktar azalış göstererek 99

Mw olmuştur. 2011 yılından itibaren sürekli olarak artış gösteren bu enerji kapasitesi 2015 yılında 271 Mw olmuş ve en büyük sıçrayışını 2018 yılından 2019 yılına geçerek yapmıştır. 2018 yılında 586 Mw olurken 2019 yılında bu oran 992 Mw olmuş ve son olarak 2020 yılında ise 1.300 Mw olarak hesaplanmıştır. Ülkemizin bu enerji türüne yapacağı yatırımlar ve maksimum düzeyde elde edeceği verim sayesinde çevre kirliliği ve enerjide dışa bağımlılığın azalmasına olumlu etkisi olacaktır.

Şekil 37: Türkiye’ Biokütle Enerjisinden Elektrik Üretimi (GWh)



Kaynak: <https://www.irena.org/bioenergy> Erişim Tarihi: 15.11.2021.

Şekil 37’de 2010 ve 2019 yılları arasında Türkiye’de biokütle enerjisinden üretilen elektrik miktarları verilmiştir. Bu grafiğe bakıldığında her geçen yıl elektrik üretimi artarak devam etmiştir. 2010 yılında 332 GWh olan elektrik üretimi 2015 yılında 1.080 GWh olmuş ve 2018 yılında benzer şekilde artış göstererek 2.633 GWh değerine ulaşmıştır. Son olarak 2019 yılında ise elektrik üretimi 3.466 GWh olarak hesaplanmıştır. Ülkemizde biokütle enerjisinden elde edilen enerjinin her yıl artarak devam etmesi ülkemizin lehine bir durum olduğu gibi çevre kirliliği bakımından da olumlu etkileri olduğu görülmektedir.

Tablo 31: Biokütle Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanslı Elektrik Miktarı İçindeki Payı (GWh)

Yıllar	Miktar	Pay (%)	Toplam Üretilen Elektrik Miktarı
2016*	1.590.695,39	%0,58	272.563.626,49
2017	1.939,72	%0,66	292.595,42
2018	2.410,00	%0,82	292.442,15
2019	4.266,30	%1,4	294.251,30
2020	5.228,50	%1,8	294.084,73

* 2016 yılı değerleri MWh cinsinden hesaplanmıştır.

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2021: V; Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2019: VII; Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2018: VII.

Tablo 31 bize bazı yıllarda ülkemizde gerçekleşen lisanslı elektrik miktarlarının içerisindeki biokütle enerjisinin payını göstermektedir. Bu tablodan hareketle 2016 senesinde üretilen toplam lisanslı elektrik miktarı 272.563.626,49 MWh olurken biokütle enerjisinin payı ise 1.590.695,39 MWh ile %0,58 olmuştur. 2017 senesinde ise 292.595,42 GWh lisanslı elektrik üretilmiş olup bunun 1.939,72 GWh yani %0,66'sı biokütle enerjisi kaynaklı olmuştur. 2018'de biokütle enerjisinin payı 2.410,00 GWh olurken bu miktar 2019 senesinde 4.266,30 ve 2020 senesinde 5.228,50 GWh olarak gerçekleşmiştir.

Aşağıdaki tablo 32'de bazı yıllarda ülkemizde üretilen lisanssız elektrik üretimindeki biokütle enerjisinin payı ve katkısı görülmektedir. 2015 senesinde üretilen 222.685,01 MWh değerindeki toplam elektrik miktarında biokütle enerjisinin payı 37.094,70 MWh ile %16,66 olmuştur. 2016 senesinde ise 1.317.871,75 MWh lisanssız elektrik üretilmiş olup biokütle enerjisinin payı %8,10'luk değer ile 92.129,90 MWh olarak gerçekleşmiştir. 2017 senesinde biokütle enerjisinin payı 138.657,08 MWh, 2018 senesinde 205.901,95 MWh, 2019 senesinde 255.486,63 MWh ve son olarak 2020 senesinde 273.446,13 MWh olarak gerçeklemiştir.

Tablo 32: Biokütle Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanssız Elektrik Miktarı İçindeki Payı (MWh)

Yıllar	Miktar	Pay (%)	Toplam Üretilen Elektrik Miktarı
2015	37.094,70	%16,66	222.685,01
2016	92.129,90	%8,10	1.317.871,75
2017	138.657,08	%4,57	3.031.331,42
2018	205.901,95	%2,51	8.212.409,37
2019	255.486,63	%2,60	9.829.393,70
2020	273.446,13	%2,43	11.245.481,50

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2021: VI; Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2019: VIII; Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2018: VIII; Elektrik Piyasası 2015 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2016: 8.

1.3.2.Yenilenemeyen Enerji Türleri Tüketimi

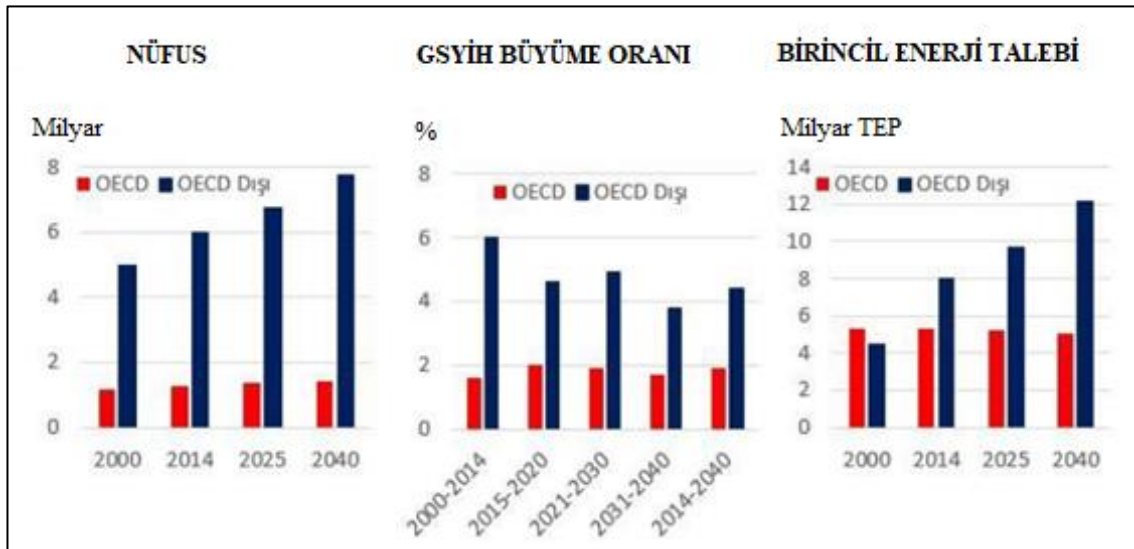
Fosilleşme sonucu oluşan yenilenemeyen enerji kaynakları ülke ekonomileri için önemli bir yer tutmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarından elde edilen enerji, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjiye kıyasla daha büyüktür. Bunu yanında yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanım alanı oldukça geniş olduğundan dünya genelinde bu enerji sınıfındaki kaynaklara olan talep bir hayli fazladır. Zaman içerisinde artan nüfus ve gelişen ekonomilerle birlikte enerji ihtiyacı ve talebi de artmaktadır. Artan bu talebin karşılanması için yenilenemeyen enerji kaynaklarına daha sık başvurulmaktadır. Adından da anlaşılacağı gibi bu enerji kaynakları doğada sabit bulunan, tekrarlanamayan ve yerine yenisi koyulamayan bir enerji kaynaklarıdır. Bu durum yenilenemeyen enerji kaynaklarının en büyük özelliğidir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı sırasında çevreye salınan zararlı gazların bir hayli yüksek olması en büyük dezavantajlarından biri olarak göze çarpmaktadır. Özellikle içerisinde bulunduğumuz küresel iklim değişikliği konusunda da olumsuz bir katkısının olduğu aşikardır.

Yenilenemeyen enerji kaynakları, dünya genelinde coğrafi açıdan bir dağılım göstermektedir. Bu sebeple bazı ülkelerin sahip olduğu kaynaklar fazla iken bazı

ülkelerinki daha az olabilmektedir. Kaynak miktarları fazla olan ülkeler kendi ihtiyaçlarını karşıladıktan sonra geri kalanını ihraç edebilmektedir. Kaynak bakımından yoksun olan ülkeler ise ihtiyaç duyduğu enerji kaynağını diğer ülkelerden ithal etmek zorunda kalmaktadır. Dolayısıyla bir enerji ithalatı ve ihracatı durumu söz konusu olmaktadır. Bu da ülkelerin ekonomi kalemlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Tüm bunların yanında yenilenemeyen enerji kaynaklarının bir gün tükeneceği gerçeği de göz ardı edilmemesi gereken bir durumdur.

Nüfus ve ekonomik anlamda yaşanan büyüme enerji tüketimini de artırmıştır. Ancak 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizi ve buna bağlı olarak enerji fiyatları artmış ve tüketim miktarı azalmıştır. Yaşanan bu azalışın yanında gelişmekte olan ülkelerin enerjiye olan talepleri her geçen gün artmıştır. Yaşanan bu gelişmeler ışığında yapılan tahminlere bakıldığında önümüzdeki 30 yılda OECD üyesi olmayan ülkelerin enerji talebi %90 civarında artarken OECD üyesi olan ülkelerin ise %17 seviyesinde artacağı tahmin edilmektedir (Bahar, 2005: 38; Yılmaz, 2012: 34). Yaşanan gelişmelere, nüfus ve gelir artışlarına bakıldığında 2040 yılında küresel nüfusun 9,2 milyar kişiye dayanacağı ve ilave olarak 1,9 milyar kişiye enerji sunmak gerektiği tahmin edilmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017: 16).

Şekil 38: Birincil Enerji Talebi, GSYİH ve Nüfus Arasındaki İlişki Projeksiyonu



Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2017: 3.

Şekil 38’de enerji talebini etkileyen en önemli unsurlardan olan nüfus ve gelir ile olan ilişkiye ait projeksiyonu göstermektedir. Buradan hareketle nüfusun her geçen yıl artacağı ve büyüme oranının değişkenlik gösterse de genel görünüm olarak artacağı görülmektedir. Bunlara bağlı olarak enerjiye olan talebinde her geçen yıl artacağı tahmin edilmektedir. OECD üyesi olmayan ülkelerin nüfusa, büyümeye ve enerji talebine yapacağı etkinin OECD üyesi olan ülkelere kıyasla daha fazla olacağı tahmin edilmektedir.

Tablo 33: Bölgelerde ve Dünyada Birincil Enerji Tüketimi (Mtep)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Kuzey Amerika	2751.0	2623.1	2709.8	2714.4	2657.4	2730.1
Orta ve Güney Amerika	600.8	594.2	627.1	655.3	670.9	685.9
Avrupa	2773.3	2048.4	2124.6	2077.7	2072.3	2054.7
Avrasya	844.7	810.2	843.2	878.0	896.7	872.1
Orta Doğu	653.7	673.8	709.8	738.4	767.3	792.5
Afrika	365.4	372.0	383.8	385.3	399.2	409.7
Asya Pasifik	4316.2	4418.7	4701.5	4954.5	5121.6	5274.4
Dünya	11705.1	11540.3	12099.9	12403.7	12575.5	12819.4
	2014	2015	2016	2017	2018	2018 Pay
Kuzey Amerika	2758.9	2736.2	2737.2	2755.5	2832.0	%20,4
Orta ve Güney Amerika	692.9	6955.3	691.1	699.8	702.0	%5,1
Avrupa	1978.3	1996.8	2027.5	2050.0	2050.7	%14,8
Avrasya	880.3	867.9	881.5	891.2	930.5	%6,7
Orta Doğu	817.2	843.7	864.9	881.4	902.3	%6,5
Afrika	422.6	430.1	439.4	448.6	461.5	%3,3
Asya Pasifik	5389.6	5475.7	5587.0	5748.0	5985.8	%43,2
Dünya	12939.8	13045.6	13228.6	13474.6	13864.9	%100

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2019: 8.

Tablo 33’de yer alan bilgiler bölgelerde ve dünyada genelinde tüketilen birincil enerji miktarlarına aittir. Bu tablo ışığında Kuzey Amerika bölgesinde 2018 yılında 2832.0 Mtep değerinde birincil enerji tüketimi gerçekleşmiş olup dünya genelindeki tüketim payı ise %20,4 oranında olmuştur. Orta ve Güney Amerika’da ise tüketim miktarı 702.0 Mtep olurken tüketimde ki payı %5,1 olarak gerçekleşmiştir. Avrupa bölgesinde

yapılan tüketim değeri %14,8'lik paya denk gelen 2050.7 Mtep olarak hesaplanmıştır. Avrasya'da gerçekleşen tüketim miktarı ise %6,7 ile 930.5 Mtep olmuştur. Orta Doğu'daki birincil enerji tüketimi 902.3 Mtep olmuş ve dünya genelindeki tüketimden aldığı pay %6,5 olmuştur. Afrika'da 461.5 Mtep enerji tüketimi olmuş ve bu tüketim miktarı %3,3 oranındaki paya denk gelmektedir. Asya Pasifik bölgesine baktığımızda tüketim miktarı 5985.8 Mtep değerinde olmuş ve dünya tüketimi içerisindeki payı %43,2 oranında olmuştur. Dünya genelinde ise gerçekleşen tüketim 13864.9 Mtep olmuştur. En fazla birincil enerji tüketimi gerçekleştiren bölge %43,2 ile Asya Pasifik bölgesi olurken en az tüketim ise %3,3 ile Afrika bölgesinde olmuştur.

2018 yılında en fazla birincil enerji tüketimi gerçekleştiren ülkelere baktığımızda ilk sırada 3273.5 Mtep ve %23,6'lık tüketim payı ile Çin yer almaktadır. Çin'i sırasıyla 2300.6 Mtep ve %16,6 ile ABD, 809.2 Mtep ve %5,8 ile Hindistan ve 720.7 Mtep değerinde tüketim ve %5,2'lik pay ile Rusya takip etmektedir. Türkiye ise 153.5 Mtep değerinde tüketim gerçekleştirmiştir ve dünya tüketimindeki payı %1,1 oranında olmuştur. OECD üyesi olan ülkelerin tüketimi ise 5669.0 Mtep ile %40,9 oranında olmuştur. Avrupa Birliği'ne baktığımızda ise tüketim değeri 1688.2 Mtep ile %12,2 oranında gerçekleşmiştir (BP Statistical Review of World Energy, 2019: 8).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın yayınlamış olduğu rapora göre yenilenemeyen enerji kaynaklarında olan petrol rezervlerinin 51 yıl, kömür rezervlerinin 114 yıl ve doğal gaz rezervlerinin ise 53 yıllık bir ömrü kalmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2017: 4). Diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de enerji tüketimi, sanayileşmeye ve nüfus artışına bağlı olarak bir artış trendi içerisinde olmuştur. Bilhassa 1980 ve sonraki dönemlerde bu tüketim artışı gözlenmiştir. Bu dönemlerde hizmet ve sanayi sektörleri öne çıkmış tarım sektörü önemi nispeten kaybetmiştir. İhracata dayanan bir model uygulanmıştır. Uygulanan bu model sonrası enerji ihtiyacında artış yaşanmış kömür, petrol ve doğal gaz da özellikle bir talep artışı yaşanmıştır (Mucuk ve Uysal, 2009: 106).

Ülkemizde yenilenemeyen enerji tüketimi içerisindeki kaynakların payı %39 oranında petrolden, %27 oranında doğal gazdan, %27 oranında kömürden ve %13 oranında ise yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Enerji konusunda ithalatçı bir konumda olan ülkemizde ithalat oranı %70 seviyelerindedir. Doğal gaz ihtiyacının

%65 gibi yarısından fazlasını Rusya'dan ithal etmektedir. Bu durum enerji güvenliğini zaman zaman sıkıntıya sokmaktadır (Bayraç, 2009: 134).

Ülkemizin yenilenemeyen enerji talebinin 2023 yılında 218 Mtep değerine yükseleceği tahmin edilmektedir. BOTAŞ'ın 2016 yılında yayınladığı rapordaki verilere göre ülkemiz yenilenemeyen enerji ihtiyacının %2,5'ini yenilenebilir enerjilerden, %7'sini HES'lerden, %27'sini petrolden, %28,5'ini kömürden ve %35'inin ise doğal gazdan temin etmektedir. Ayrıca 2015 senesinde ülkemizin elektrik üretimindeki kaynakların payı %37 ile doğal gaz, %29,1 ile kömür, %25,6 ile HES'lerden, %4,5 ile Rüzgâr Enerjisi Santrallerinden (RES), %1,3 ile jeotermal ve %1,6 ile diğer kaynaklardan oluşmuştur. Ülkemiz petrol tüketiminin %89'unu ve doğal gaz tüketiminin neredeyse %99'unu ithal etmektedir (BOTAŞ, 2016: 13).

1.3.2.1.Kömür Tüketimi

Fosil enerji türü olarak da bilinen kömür, hidrojen, karbon ve oksijenden oluşan yanıcı özelliğe sahip bir tür kayadır. Basınç, ısı ve mikrobiyolojik etmenler sonucu çok uzun yıllardan sonra kayaların arasından çıkmaktadır. Dünya çapından en çok kullanılmasına neden olan faktör ise güvenilir olması ve maliyet açısından da düşük olması olarak görülmektedir. Ancak bu avantajlarının yanında kullanıldığında çevreye çok fazla zarar verdiği ve çevre kirliliğinde payı olması gibi bir dezavantaja da sahiptir. Bu sebeple kömür tüketimi gün geçtikçe azaltılmaya çalışılmaktadır (Akdoğan, 2019: 21).

Dünya genelinde bulunan toplam kömür rezervinin %1,3'ü Orta ve Güney Amerika'da, %1,5'i Ortadoğu ve Afrika bölgesinde, %12,8'i Avrupa'da, %17,8'i Avrasya bölgesinde, %23,9'u Kuzey Amerika'da ve %42,8'i ise Asya Pasifik bölgesindedir. 2020 yılı dünya kömür rezervi bakımından en çok paya sahip olan ülkelere bakıldığında ilk sırada Amerika %23,2 ile yer alırken %15,1 ile Rusya ikinci, %14,0 ile Avustralya üçüncü, %13,3 ile Çin dördüncü ve %10,3 ile Hindistan beşinci sırada yer almaktadır. 2020 yılında bu saydığımız beş ülke dünya kömür rezervinin %75,9'una sahiptir (BP, Statistical Review of World Energy, 2021: 46).

Aşağıdaki tablo 34'de 2020 yılı sonunda bölgelerde ve dünyada hesaplanan toplam kömür rezerv miktarları görülmektedir. Bu tablodan hareketle en fazla rezerve

sahip olan ülke 459.750 milyon ton ile Asya Pasifik olurken onu sırasıyla 256.734 milyon ton ile Kuzey Amerika, 190.655 milyon ton ile Avrasya, 137.240 milyon ton ile Avrupa, 16.040 milyon ton ile Orta Doğu ve Afrika ve son olarak 13.689 milyon ton ile Orta ve Güney Amerika bölgesi takip etmektedir. Son olarak ise dünya genelinde kömür rezervi 1.074.108 milyon ton olarak hesaplanmıştır.

Tablo 34: 2020 Yılı Sonu İtibariyle Toplam Kanıtlanmış Kömür Rezervleri (Milyon Ton)

Bölgeler	Toplam Rezerv Miktarı
Kuzey Amerika	256.734
Orta ve Güney Amerika	13.689
Avrupa	137.240
Avrasya	190.655
Orta Doğu ve Afrika	16.040
Asya Pasifik	459.750
Dünya	1.074.108

Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 2021: 46.

2020 yıl sonu itibariyle Kuzey Amerika toplam 256.734 milyon ton kömür rezervine sahip olurken bunun 224.444 milyon tonu antrasit-bitümlü kömür (taş kömür) ve 32.290 milyon tonu ise alt-bitümlü ve linyit rezervlerinden oluşmaktadır. Güney ve Orta Amerika’da 13.689 milyon ton kömür rezervi bulunurken bunun 8.616 milyon tonu antrasit-bitümlü kömürden meydana gelirken 5.073 milyon tonu ise alt-bitümlü ve linyit rezervlerinden meydana gelmektedir. Avrupa bölgesinde ise toplam kömür rezervi 137.240 milyon tondur. Bunun 59.084 milyon tonu antrasit-bitümlü, 78.156 milyon tonu ise alt-bitümlü ve linyit rezervi olduğu bilinmektedir. Avrasya bölgesinde var olan 190.655 milyon tonluk kömür rezervinin 100.208 milyon tonu antrasit-bitümlü kömür, 90.447 milyon tonu ise alt-bitümlü ve linyit rezervi olmuştur. Orta Doğu ve Afrika bölgesinde 16.040 milyon tonluk toplam kömür rezervinin 15.974 milyon tonu antrasit-bitümlü kömür, 66 milyon tonu ise alt-bitümlü ve linyit rezervi kaynaklı olmuştur. Asya Pasifik bölgesinde 459.750 milyon ton rezerv bulunurken bunun 753.639 milyon tonu antrasit-bitümlü kömürden meydana gelirken, 320.469 milyon tonu ise alt-bitümlü ve linyit rezervlerinden meydana gelmektedir. Dünya genelinde ise 1.074.108 milyon tonluk kömür rezervinin 753.639 milyon tonu antrasit-bitümlü ve 320.469 milyon tonu ise alt-

bitümlü ve linyit rezervli olarak hesaplanmıştır (BP, Statistical Review of World Energy, 2021: 46).

Tablo 35: Bölgelerde ve Dünyada Kömür Üretimi (Milyon Ton Eşdeğer Petrol)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Kuzey Amerika	609.4	552.9	566.4	573.1	534.9	519.1	525.5	466.1	387.1	400.7	400.7
Orta ve Güney Amerika	57.4	55.4	55.7	63.7	65.6	64.7	67.6	64.2	66.8	65.6	60.4
Avrupa	244.9	231.5	228.9	237.4	236.9	223.7	204.7	187.2	178.6	173.3	170.0
Avrasya	198.7	187.0	200.3	209.4	222.3	226.9	228.1	235.1	242.7	259.5	276.0
Orta Doğu	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Afrika	142.7	141.5	146.8	146.0	151.9	152.4	157.7	151.6	149.6	155.2	155.8
Asya Pasifik	2155.9	2240.7	2402.7	2636.2	2696.9	2790.5	2781.6	2755.9	2635.2	2690.1	2853.1
Dünya	3410.0	3409.8	3601.4	3866.5	3909.1	3978.0	3966.0	3860.9	3660.8	3755.0	3916.8

Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 2019: 44.

Tablo 35 bize dünya ölçeğinde ve bölgeler düzeyindeki kömür üretimine ait verileri sunmaktadır. 2008 yılında dünya genelinde gerçekleşen kömür üretim miktarı 3410.0 milyon ton olurken 2015 yılında 3860.8 milyon tona çıkmış ve 2018 yılına gelindiğinde ise 3916.8 milyon tona yükselmiştir. 2008 yılında üretimde en büyük paya Asya Pasifik bölgesi olmuştur. 2015 yılında ise yine Asya Pasifik bölgesi en çok üretim yapan bölge olmuştur. 2018 yılında bu konumunu koruyan Asya Pasifik bölgesini sırasıyla Kuzey Amerika bölgesi, Avrasya bölgesi, Avrupa bölgesi, Afrika bölgesi, Orta ve Güney Amerika bölgesi ve son olarak Orta Doğu bölgesi takip etmektedir.

Tablo 36’da belirli yıllara ait bölge ve dünya düzeyinde kömür tüketimi verileri yer almaktadır. Dünya kömür tüketimi 2008 yılında 3503.4 milyon ton olurken 2015 yılında 3769.0 milyon tona yükselmiş ve 2018 yılına gelindiğinde tüketim miktarı 3772.1 milyon tona yükselmiştir. 2008 ve 2015 yıllarında en büyük tüketimi Asya Pasifik ve Kuzey Amerika bölgesi yapmıştır. 2018 yılında ise en fazla tüketimi yine Asya Pasifik

bölgesi yaparken onu sırasıyla Kuzey Amerika bölgesi, Avrupa bölgesi, Avrasya bölgesi, Afrika bölgesi, Orta ve Güney Amerika ve Orta Doğu bölgesi takip etmektedir.

Tablo 36: Bölgelerde ve Dünyada Kömür Tüketimi (Milyon Ton)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Kuzey Amerika	575.5	505.2	536.3	507.5	449.9	465.4	463.2	404.8	371.7	365.1	343.3
Orta ve Güney Amerika	27.7	23.3	28.3	30.2	31.7	34.6	36.4	35.8	35.5	34.8	36.0
Avrupa	391.2	350.4	366.3	381.8	390.2	377.6	354.5	339.2	326.8	315.5	307.1
Avrasya	137.2	125.6	126.4	133.2	139.6	131.4	128.3	130.0	128.3	126.4	139.9
Orta Doğu	9.7	9.6	10.1	10.3	11.9	11.2	11.2	10.5	9.7	8.2	7.9
Afrika	101.4	101.0	100.1	98.4	96.0	97.2	101.9	97.7	99.1	97.6	101.4
Asya Pasifik	2260.8	2335.5	2442.6	2621.1	2677.8	2749.7	2768.6	2751.0	2738.9	2770.8	2841.3
Dünya	3503.4	3450.6	3610.1	3782.5	3797.2	3867.0	3864.2	3769.0	3710.0	3718.4	3772.1

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2019: 45.

British Petroleum (BP) 2019 Dünya Enerji İstatistikleri adıyla yayınlanan rapora göre dünyadaki kömür üretimi ve tüketimi konusunda ilk sırada Asya Pasifik bölgesi yer almaktadır. 2018 yılı kömür tüketim miktarlarına bakıldığında en fazla paya sahip olan ülke Asya Pasifik bölgesinde yer alan Çin olmuştur. Çin, 1906.7 milyon ton tüketim ile tek başına dünya kömür tüketiminin %50,5'ini tüketmektedir. İkinci sırada yer alan ülke ise yine aynı bölgede bulunan Hindistan olmuştur. Hindistan ise 452.2 milyon ton ile dünya kömür tüketiminin %12'sini tüketmektedir (BP, Statistical Review of World Energy, 2019: 45).

Aşağıdaki tablo 37'de dünya kömür ithalat ve ihracat miktarları yer almaktadır. 2008 yılında gerçekleşen ithalat miktarı 557.0 Mtep olurken ihracat rakamı ise yine 557.0 Mtep olmuştur. 2010 yılında ithalat ve ihracat miktarları artmış 535.3 Mtep olmuştur. 2015 yılında ithalat ve ihracat rakamları 744.2 Mtep olarak gerçekleşmiştir. 2018 yılına gelindiğinde ithalat ve ihracat değerleri bir miktar artış göstererek 858.8 Mtep olmuştur.

Tablo 37: Dünya Kömür İthalat ve İhracat Dengesi (Milyon Ton Eşdeğer Petrol)

Yıllar	İthalat	İhracat
2008	557.0	557.0
2009	535.3	535.3
2010	606.6	606.6
2011	659.7	659.7
2012	728.8	728.8
2013	778.3	778.3
2014	757.4	757.4
2015	744.2	744.2
2016	762.0	762.0
2017	806.6	806.6
2018	858.8	858.8

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2019: 47.

Ülkemizin kömür kaynaklı kurulu gücü 2015’de 15.493 Mw olarak hesaplanmıştır. Bu miktar toplam kurulu gücün %21,2’sine denk gelmektedir. Kömür, toplam kurulu gücün içindeki sahip olduğu bu pay ile yenilenebilir enerji ve petrolü geride bırakmıştır. Elektrik üretiminde en önce kullanılan ve tercih edilen bir kaynak olarak dikkat çeken kömür, çevre kirliliği bakımından çok fazla olumsuz etkiye sahip olduğundan ötürü doğalgaz enerjisinin gerisinde kalmıştır. Kömür gücüne dayalı elektrik enerjisi üretimi 2015 yılında 73,9 TWh olarak gerçekleşmiş olup toplam üretilen elektrik enerjisindeki yeri %28,5 olmuştur (T.C. ETKB Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, 2016: 35).

Ülkemizin en fazla öneme sahip taşkömürü rezervi Zonguldak Havzasında yer almaktadır. Türkiye’de taşkömürü madenciliği Türkiye Taşkömürü Kurumu’nun belirlediği alanlarda özel şirketler tarafından rüdevans (maden saha sahibinin belirli bir süre ile başkalarına vermesiyle ton başına elde edilen maden hasılatı-kira geliri) şekliyle yapılmaktadır. 1942 senesinden beri kayıtların tutulduğu havza bölgesinde 246 milyon ton taşkömürü üretimi yapmıştır (T.C. ETKB Türkiye Taş Kömürü Kurumu, 2018: 23-25).

Tablo 38: 2021 Yılı Türkiye’deki Taşkömür Rezerv Miktarları (Ton)

REZERV	Armutçuk	Kozlu	Üzülmaz	Karadon
Hazır	2.042.887	2.677.939	289.152	2.170.698
Görünür	6.719.80	62.764.565	132.927.168	129.167.328
Muhtemel	14.407.50	40.539.000	94.342.00	159.162.00
Mümkün	7.883.17	47.975.000	74.020.000	117.034.000
TOPLAM	31.053.342	153.956.504	301.578.320	407.534.026

REZERV	Amasra		TTK
	A	B	
Hazır	385.000	-	7.565
Görünür	5.605.00	395.954.757	733.138.62
Muhtemel	7.690.00	151.161.950	467.302.45
Mümkün	56.619.859	2.192.919	305.724.95
TOPLAM	70.299.859	549.309.626	1.513.731.68

Kaynak: T.C. ETKB Türkiye Taş Kömürü Kurumu, 2021: 24.

Tablo 38, 2021 yılında ülkemizde yer alan taşkömür rezervleri hakkında bilgi vermektedir. Bu doğrultuda Armutçuk havzasının sahip olduğu rezerv miktarı toplam 31.053.342 ton, Kozlu havzası 153.956.504 ton, Üzülmaz havzası 301.578.320 ton, Karadon havzası 407.534.026 ton olarak hesaplanmıştır. Amasra havzası ise A ve B bölgesi olarak ikiye ayrılmış olup A bölgesinde 70.299.859 ton, B bölgesinde 549.309.626 ton olmuştur. Türkiye Taşkömürü Kurumu’nun (TTK) toplam rezervi ise 1.513.731.68 ton olarak hesaplanmıştır.

Aşağıdaki tablo 39’da belirli yıllara ait ülkemizde gerçekleşen taşkömürü üretimine ait veriler yer almaktadır. Buradan hareketle 2010 yılından TTK 1.708.844 ton üretim yaparken özel sektör üretimi 883.074 ton olmuş ve toplam havza üretimi 2.591.918 ton olmuştur. 2015 yılında ise üretim miktarları azalış göstermiş olup TTK 948.573 ton üretim yapmış, özel sektör ise 486.309 ton üretim yapmıştır. 2015’de toplam havza üretimi 1.434.882 ton olmuştur. 2020 yılında ise yine üretim miktarları azalış göstermekle birlikte TTK 712.689 ton taşkömür üretimi, özel sektör ise 352.862 ton taşkömür üretimi yaparak toplam 1.065.551 ton taşkömür üretimi gerçekleştirmiştir.

Tablo 39: Türkiye’de Havza Taşkömürü Üretimi

Yıllar	TTK Üretimi (ton)	Özel Sektör Üretimi (ton)	Havza Toplamı (ton)
2010	1.708.844	883.074	2.591.918
2011	1.592.515	1.206.732	2.619.247
2012	1.457.515	835.157	2.292.255
2013	1.366.509	549.332	1.915.841
2014	1.300.154	488.187	1.788.341
2015	948.573	486.309	1.434.882
2016	911.002	404.968	1.315.970
2017	823.042	411.212	1.234.254
2018	686.142	415.442	1.101.584
2019	734.316	472.432	1.206.748
2020	712.689	352.862	1.065.551

Kaynak: T.C. ETKB Türkiye Taş Kömürü Kurumu, 2021: 26.

Kömür havzalarının kuruldukları günden bu yana en fazla üretim tüvenan kömür üretimi 8,5 milyon ton ile 1974 senesinde gerçekleşmiştir. Satılabilir sınıftaki kömür üretimi ise 1967 ve 1974 senelerinde 5 milyon ton miktarında gerçekleşmiştir. 1974 senesinden 5 milyon ton olarak gerçekleşen üretim miktarı 1982 senesinden sonra 4 milyon tondan daha az üretilmeye başlanmıştır. Bu da üretim miktarlarının yıl içinde korunamadığını göstermektedir (T.C. ETKB Türkiye Taş Kömürü Kurumu, 2021: 26).

Tablo 40: Türkiye Gerçekleşen Taşkömür Üretim, İthalat ve Tüketim Miktarları (Bin Ton)

YIL	ÜRETİM	İTHALAT	TOPLAM TÜKETİM
2011	2.619	23.679	26.298
2012	2.292	29.195	31.487
2013	1.915	28.200	30.115
2014	1.788	27.015	28.803
2015	1.434	31.494	32.928
2016	1.315	34.880	36.195
2017	1.234	36.632	37.866
2018	1.101	37.287	38.388
2019	1.206	38.300	39.506
2020	1.065	38.139	39.204

Kaynak: T.C. ETKB Türkiye Taş Kömürü Kurumu, 2021: 28

Tablo 40’da belirli yıllara ait olarak ülkemizde gerçekleşen üretim, ithalat ve tüketim miktarları verilmektedir. 2011 yılında 2.619 bin ton üretim gerçekleşirken 23.679 bin ton ithalat yapılmış ve 26.298 bin tonda tüketim gerçekleşmiştir. 2015 1.434 bin ton üretim, 27.015 bin ton ithalat ve 28.803 bin ton tüketim gerçekleşmiştir. 2020 yılına gelindiğinde ise 1.065 bin ton üretim, 38.139 bin ton ithalat ve 39.204 bin ton tüketim gerçekleşmiştir.

Türkiye’nin enerji tüketimi son on yılda %36,36 oranında artış göstermekle beraber üretim miktarı ise %42 oranında artmıştır. 2015 senesinde enerji üretim miktarımız, enerji tüketim miktarımızın gerisinde kalmıştır. Ancak 2019 yılına gelindiğinde üretim miktarımız tüketim miktarımızı yakalayacak duruma gelmiştir. Bu doğrultuda 2015 senesinin yerli üretimin tüketimi karşılama oranı %23,9 olurken 2019 senesine gelindiğinde bu oran %31,05 olarak hesaplanmıştır. Yerli kömür üretiminin tüketimi karşılama oranı ise 2018 senesinde %11,52 olurken 2019 senesine gelindiğinde %12,01 oranında gerçekleşmiştir. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu’nun (TKİ) satılabilir sınıftaki kömür üretimi 2019 senesine kıyasla %5,3 azalmış ve 23,4 milyon ton üretimden 22,17 milyon ton üretime gerilemiştir. Bu doğrultuda TKİ 2020 senesinde yerli satılabilir kömür üretiminin %35’ini gerçekleştirerek 64,37 milyon ton yerli satılabilir kömür üretimi gerçekleştirmiştir (T.C. ETKB Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, 2020: 29).

Tablo 41: Türkiye’de Taşkömürü Tüketiminin Sektörel Dağılımı (Bin Ton)

Tüketici	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Termik Santraller	11.777	14.044	16.071	16.928	18.822	19.872	21.896	21.854
Kok Fabrikaları	5.571	5.722	6.040	6.506	6.190	5.797	6.419	6.197
Demir-Çelik	972	942	1.077	951	547	894	1.134	1.090
Diğer	9.858	10.756	11.629	10.851	10.804	7.257	5.874	6.234
Toplam	28.178	31.464	34.817	35.236	36.363	33.820	35.330	35.380

Kaynak: T.C. ETKB Türkiye Taş Kömürü Kurumu, 2021: 29.

Tablo 41’de ülkemizde gerçekleşen taşkömür tüketiminin sektörel dağılımını belirli yıllara ait verilerle göstermektedir. Termik Santraller 2013 yılında 11.777 bin ton taşkömür kullanırken bu miktar 2015 yılında 16.071 bin tona ve 2020 yılında ise 21.854

bin tona yükselmiştir. Kok fabrikalarında gerçekleşen üretim miktarı ise 2013 yılında 5.571 ton iken 2015 yılında bu tüketim miktarı 6.040 bin tona, 2020 yılında ise 6.197 bin tona yükselmiştir. Demir-Çelik fabrikalarına bakıldığında 2013 yılından 972 bin ton kömür tüketiminde bulunmuş, 2015 yılına gelindiğinde 1.077 bin tona yükselmiş ve son olarak 2020 yılında ise 1090 bin ton kömür tüketimi gerçekleşmiştir. Bunların dışında kalan diğer sektörlerde ise 2013 yılında 9.858 bin ton, 2015 yılında 11.629 bin ton ve son olarak 2020 yılında 6.234 bin ton kömür tüketimi gerçekleşmiştir.

1980’li yıllarda kömür ithalat miktarları artmaya başlamış ve o dönemlerde toplam taşkömürü tüketiminin %80’i yerli kaynaklardan karşılanırken 1980’li yılların sonuna yaklaşıldığında %45’i yerli kaynaklardan karşılanmıştır. 2019 yılına gelindiğinde ise 39.506.000 ton taşkömürü tüketilirken bu tüketim miktarının %3’ü yerli kaynaklar olan TTK ve havza üretiminden karşılanmıştır (T.C. ETKB Türkiye Taş Kömürü Kurumu, 2021: 28). 2020 yılında Türkiye’de gerçekleşen kömür tüketiminde %61,77 ile termik santraller ilk sırada yer alırken onu sırasıyla %17,62 ile diğer sektörler, %17,52 ile kok fabrikaları ve %3.08 ile demir-çelik fabrikaları takip etmektedir (T.C. ETKB Türkiye Taş Kömürü Kurumu, 2021: 29).

Tablo 42: Kömür Enerjisinin Toplam Üretilen Lisanslı Elektrik Miktarı İçindeki Payı (GWh)

	Linyit	İthal Kömür	Taş Kömür	Asfaltit Kömür	Toplam Üretilen Elektrik Miktarı
2016*	38.543.567.01	47.741.879.99	3.292.613.86	2.873.837.86	272.563.626.49
2017	40.581.02	51.172.22	3.453.87	2.394.64	292.595.42
2018	45.055.29	62.949.64	3.005.55	2.328.50	295.442.15
2019	46.893.70	60.381.30	3.518.90	2.324.00	294.251.30
2020	38.163.85	62.466.47	3.415.83	2.222.88	294.084.73

* 2016 yılı değerleri MWh cinsinden hesaplanmıştır.

Kaynak: T.C. EPDK Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2021: V; Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2019: VII; Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2018: VII.

Tablo 42’de toplam lisanslı elektrik üretimi içindeki kömür enerjisinin payı görülmektedir. 2016 yılında 272.563.626.49 MWh toplam elektrik üretilmiş olup en

büyük pay %17,52 ile yani 47.741.879.99 MWh'lik enerji ile ithal kömürün olmuştur. 2017 yılında 292.595.42 GWh elektrik üretimi gerçekleşmiş en büyük paya sahip kömür türü ise %17,49 ile ithal kömür olmuş ve 51.172.22 GWh değerinde bir katkı sağlamıştır. 2018 yılında 295.442.15 GWh değerinde gerçekleşen elektrik miktarında en fazla yere 62.949.64 GWh ile %21,31 oranında ithal kömür olmuştur. 2019 ve 2020 yılında da üretilen toplam elektrik miktarı içerisindeki en büyük pay yine ithal kömürün olmuştur. 2019'da ithal kömürün payı %20,5 ile 60.381.30 GWh olmuş ve 2020 yılında %21,2 ile 62.466.47 GWh olarak gerçekleşmiştir.

1.3.2.2.Nükleer Enerji Tüketimi

Nükleer enerji üretim sisteminde en önemli parçalardan birini oluşturan nükleer reaktörler, nükleer enerjiyi elektriğe çevirmektedir. Söz konusu bu sistemler fisyon adı verilen süreçten sonran meydana nükleer enerjiyi ısı enerjisine dönüştürmektedir. Sonraki süreçte ise daha önce ısıya dönüştürülen bu enerji kinetik enerjiye ve jeneratör sistemleri vasıtasıyla elektriğe çevrilir (Sındır, 2012: 15).

Nükleer enerjiden faydalanma hususunda elektrik üretiminin yanında endüstri ve tıp alanında kullanıldığı bilinmektedir. Bu alanda kullanılmak için birçok izotop (proton sayıları aynı ancak nötron sayıları farklı) adı verilen element üretilerek insanlığın hizmetine sunulmuştur. Tıp ve endüstri ve araştırma alanında kullanmak amacıyla izotop üretimi için 59 ülke toplamda 273 araştırma reaktörü faaliyete almıştır. Nükleer enerji sadece bu hususlarda değil faaliyette bulunan ülkelerin milli gelir düzeylerine de katkı sunmaktadır. Kişi başına düşen nükleer enerji tüketim miktarı doğal olarak nükleer enerjinin kullanıldığı ülkelerde daha fazladır. Ve bu durum milli gelir düzeyinin de yüksek olmasına neden olmaktadır (Akkoyunlu, 2006: 137; Ağaçbiçer, 2010: 32).

Küresel çapta meydana gelen elektrik üretiminin yaklaşık %11 gibi bir oranı nükleer enerji vasıtasıyla üretilmektedir. En fazla nükleer enerji santrallerine ev sahipliği yapan ABD, 2015 senesinde ihtiyaç duyduğu elektrik üretim miktarının %19,5 gibi bir oranını nükleer enerji vasıtasıyla üretmiştir. Rusya üretmiş olduğu elektrik miktarının %18,6'sını nükleer enerjiden, Fransa %76,3'ünü, Güney Kore %31,7'sini karşılamıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2017: 53).

Tablo 43: Bölgelerde ve Dünyada Nükleer Enerji Tüketimi (Milyon Ton Eşdeğer Petrol)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Kuzey Amerika	215.8	212.9	213.9	211.5	206.5	213.8	216.2	215.4	217.0	216.9	217.9
Orta ve Güney Amerika	4.8	4.8	4.9	5.0	5.1	4.9	4.7	4.9	5.5	4.9	5.1
Avrupa	238.7	227.3	233.5	231.7	225.9	223.2	224.6	219.1	213.2	211.8	212.1
Avrasya	37.5	37.6	39.1	39.7	40.7	39.6	41.5	44.9	45.0	46.6	46.7
Orta Doğu	-	-	-	<0.05	0.3	1.0	0.9	0.8	1.5	1.6	1.6
Afrika	2.9	2.9	3.1	2.9	2.9	3.2	3.1	2.8	3.6	3.6	2.5
Asya Pasifik	119.7	125.3	131.7	109.1	78.0	78.1	83.9	95.0	106.0	111.7	125.3
Dünya	619.5	610.8	626.2	600.0	559.5	563.8	574.9	582.8	591.8	597.1	611.3

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2019: 48.

Belirli yıllara ait nükleer enerji tüketimi yukarıdaki tabloda görülmektedir. 2008 yılında Kuzey Amerika bölgesinde 215.8 Mtep oranında tüketim gerçekleşirken 2015’de bu oran 215.4 Mtep ve 2018 yılında 217.9 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Böylelikle dünya genelinde en büyük tüketimi Kuzey Amerika bölgesi gerçekleştirmiştir. Onu sırasıyla Avrupa bölgesi 2008 yılında 238.7 Mtep, 2015 yılında 219.1 Mtep ve 2018 yılında 212.1 Mtep, Asya Pasifik bölgesi 2008 yılında 119.7 Mtep, 2015 yılında 95.0 Mtep ve 2018 yılında 125.3 Mtep, Avrasya bölgesi 2008 yılında 37.5 Mtep, 2015 yılında 44.9 Mtep ve 2018 yılında 46.7 Mtep, Orta ve Güney Amerika bölgesinde 2008 yılında 4.8 Mtep, 2015 yılında 4.9 Mtep ve 2018 yılında 5.1 Mtep, Afrika bölgesi 2008 yılında 2.9 Mtep, 2015 yılında 2.8 Mtep ve 2018 yılında 2.5 Mtep son olarak ise Orta Doğu bölgesi 2015 yılından 0.8 Mtep ve 2018 yılında 1.6 Mtep ile takip etmektedir.

Küresel düzeyde nükleer enerji üreten ülkelerin OECD üyesi ülkeler olduğu göze çarpmaktadır. Buna neden olan etken ise nükleer enerji üretiminin yapılabilmesi için sadece hammaddenin bulunması değil gerekli teknolojik altyapının da gerekli olmasıdır. Nükleer enerjinin temelini oluşturan toryum, uranyum ve plütonyum gibi maddeler birçok ülkede olmasına karşın üretim sayılı ülkelerde yapılmaktadır. Nükleer enerji vasıtasıyla elektrik üretimi OECD ülkelerinin dışında en yaygın kullanım Eski Sovyet Cumhuriyetleri’nde gerçekleşmektedir (Ağaçbiçer, 2010: 32).

Tablo 44: Faaliyette ve Yapım Aşamasında Olan Nükleer Enerji Santral Sayıları ve Payları

Ülkeler	Faaliyette Olan Nükleer Santral Sayısı	Yapım Aşamasında Olan Nükleer Santral Sayısı	Elektrik Üretiminde Payı (%)
Arjantin	3	1	7,5
Ermenistan	1	-	34,5
Belarus	1	1	1,0
Belçika	7	-	39,1
Brezilya	2	1	2,1
Bulgaristan	2	-	40,8
Kanada	19	-	14,6
Çin	50	14	4,9
Çek Cumhuriyeti	6	-	37,3
Fransa	58	1	70,6
Finlandiya	4	1	33,9
Almanya	6	-	11,3
Macaristan	4	-	48,1
Japonya	33	2	5,0
Kore Cumhuriyeti	24	4	29,6
Meksika	2	-	4,9
Hollanda	1	-	3,2
Pakistan	5	1	7,1
Romanya	2	-	19,9
Rusya	39	4	20,6
Slovakya	4	2	53,1
Slovenya	1	-	37,8
Güney Afrika	2	-	5,9
İspanya	7	-	22,2
İsveç	7	-	29,8
İsviçre	4	-	32,9
Ukrayna	15	2	51,2
Birleşik Arap Emirlikleri	1	2	1,1
Birleşik Krallık	15	2	14,5
Amerika Birleşik Devletleri	96	2	19,7
Hindistan	22	6	3,3
İran	1	1	1,7
Toplam	448	52	NA

Kaynak: <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/NuclearShareofElectricityGeneration.aspx>,

Erişim Tarihi: 16.12.2021.

Yukarıdaki tabloda ülkelere ait faaliyette ve yapım aşamasında olan nükleer enerji santral sayıları verilmiştir. En fazla santral 96 adet faaliyette, 2 adette yapım aşamasında olan ABD’de bulunmaktadır. ABD elektrik ihtiyacının %19,7’sini nükleer enerjiden karşılamaktadır. ABD’den sonra en fazla nükleer santral Fransa’ya aittir. Fransa 58 adet faal, 1 adet yapım aşamasında olan nükleer santrale ev sahipliği yapmaktadır. Fransa ise elektrik ihtiyacının %70,6 gibi büyük bir kısmını nükleer enerjiden karşılamaktadır. Çin ise 50 adet işletme halinde olan santral, 14 adet ise yapım aşamasında olan nükleer santrale sahiptir. Elektrik ihtiyacının %4,9’unu nükleer enerjiden karşılamaktadır. Rusya’nın 39, Japonya’nın ise 33 adet aktif nükleer santrali vardır. Bu ülkeler en fazla nükleer santrale ev sahipliği yapmalarıyla göze çarpmaktadır. Türkiye ve Bangladeş’in tabloda yer almayan ama yapım aşamasında olan nükleer santralleri bulunmaktadır. Türkiye’nin 3 adet ve Bangladeş’in ise 2 adet inşaat halinde bulunan nükleer santralleri bulunmaktadır.

Tablo 45: Bölgelerde ve Dünyada Elektrik Üretimde Nükleer Enerjinin Payı (TWh)

	2016	2017	2018	2019	2020	Üretimdeki Payı % (2020)
Kuzey Amerika	955.0	958.6	963.2	963.9	940.4	%17,9
Orta ve Güney Amerika	24.3	21.8	22.5	24.6	26.0	%2,0
Avrupa	862.7	936.1	937.5	930.0	837.4	%21,6
Avrasya	279.9	205.8	206.6	211.2	218.0	%15,6
Orta Doğu	6.6	7.1	7.0	6.4	8.0	%0,6
Afrika	15.9	15.8	11.1	13.6	15.6	%5,4
Asya Pasifik	468.3	493.8	553.6	646.9	654.8	%5,0
Dünya	2612.8	2639.0	2701.4	2796.6	2700.1	%10,0

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 65; 2019: 56; 2018: 48.

Dünya genelinde ve bölgesel düzeyde gerçekleşen elektrik üretiminde nükleer enerjinin payı tablo 45’te gösterilmiştir. Buna göre Kuzey Amerika bölgesinde 2016 yılında 5332.9 TWh toplam elektrik üretilirken bunun 955.0 TWh’i nükleer enerjiden üretilmiştir. 2020 yılında ise 5243.6 TWh toplam elektrik üretilmiş olup nükleer enerjinin payı ise 940.4 TWh ile %17,9 olmuştur. Orta ve Güney Amerika bölgesinde 2016

senesinde 1303.5 TWh toplam elektrik üretilmiş olup bunun 24.3 TWh kadar miktarı nükleer enerjiden karşılanmıştır. 2020 senesinde ise 1282.8 TWh toplam elektrik üretimi olmuş nükleer enerjinin payı ise %2,0 oranına karşılık gelen 26.0 TWh olmuştur. Avrupa bölgesinde ise 3857.8 TWh toplam üretilen elektrik miktarı içindeki nükleer enerjinin payı 862.7 TWh olmuştur. 2020 yılında ise 3871.3 TWh toplam elektrik miktarı içindeki nükleer enerji payı %21,6 ile 837.4 TWh olmuştur. Avrasya bölgesinde 2016 yılından gerçekleşen toplam elektrik üretim miktarı 1532.6 TWh olurken nükleer enerjinin payı 279.9 TWh olmuş olup 2020 yılına gelindiğinde 1397.1 TWh toplam elektrik üretilmiş gerçekleşen bu üretim miktarı içindeki nükleer enerjinin payı %15,6 ile 218.0 TWh olmuştur. Orta Doğu'da 2016 yılında 1165.1 TWh gerçekleşen toplam elektrik miktarı içindeki nükleer enerjinin payı 6.6 TWh olmuştur. 2020 yılında 1265.2 TWh değerinde toplam elektrik üretilmiş olup bunun %0,6 'sı yani 8.0 TWh değerindeki miktarı nükleer enerjiden karşılanmıştır. Afrika bölgesinde 2016 senesinde gerçekleşen 798.0 TWh toplam elektrik üretiminde nükleer enerjinin payı 15.9 TWh değerinde olmuştur. 2020 senesinde ise 843.9 TWh kadar toplam elektrik üretimi yapılmış nükleer enerjinin payı %5,4 ile 15.6 TWh olmuştur. Asya Pasifik bölgesinde gerçekleşen toplam elektrik üretimi 2016 yılında 10940.3 TWh olurken nükleer enerjinin payı 468.3 TWh olmuştur. 2020 yılında ise toplam üretim 12919.3 TWh iken nükleer enerjinin bu üretim miktarındaki payı %5,0 ile 654.8 TWh olmuştur. Dünya genelinde ise 2016 yılında 24930.2 TWh toplam elektrik üretilmiş olup bunun 2612.8 TWh'ı nükleer enerjiden elde edilmiştir. 2020 yılında ise toplam üretim miktarı 26823.2 TWh olurken bunun %10,0 yani 2700.1 TWh' nükleer enerjiden karşılanmıştır.

Nükleer enerji santralleri ülkelere enerji konusunda önemli katkıları sunmasının yanı sıra güvenlik önlemlerinin de alınması gereken bir enerji türüdür. Nükleer enerji sistemini oluşturan elementlerden biri olan uranyumun tek bir tableti bile 480 m³ doğalgaz ve 807 kg kömür elde edilebilmektedir. Bu bilgi bile bize ülkelerin ekonomileri açısından nükleer enerjinin ne denli önemli bir konuma sahip olduğunu göstermektedir (Aydın, 2014: 181).

Nükleer enerji santrallerinin çevreye verdiği zararlar diğer fosil yakıtlara oranla daha az zarar vermekte fakat yenilenebilir enerji kaynaklara kıyasla ise daha fazla zararı olduğu bilinmektedir (Lee, Lee ve Bae Oh, 2007: 397-408). Bu santrallerin SO₂ ve CO₂ yol açmadığı aynı zamanda senede 42 milyon ton değerinde SO₂ salınımına, 2300 milyon

ton değerinde CO₂ salınımına engel olduğu ve nükleer enerjinin sera gazlarını salınımı çok düşük olduğu bilinmektedir (Rufael ve Menyah, 2010: 550-556).

Fakat nükleer enerjinin çevreye vereceği zararlar günümüzde hala tartışma konusu olmaktadır. Bu santrallerde kullanılan elementlerden bir olan uranyumun yenilenemeyen cinsten olmasının yanında bu elementin meydana getirdiği atıklar da çevre açısından önemli ölçüde kaygıya neden olmaktadır. Günümüzde nükleer atık miktarının 250 bin tonu geçmiş olması ve kullanılmış olan yakıtların depolanması sorunu dikkat çekmektedir. Söz konusu olan bu sorunun çözüme kavuşmaması durumunda reaktörlerin devre dışı kalabileceği ihtimali doğmaktadır. Çünkü reaktörler üretmiş oldukları atıkları hepsini depolayacak boyutta değildir (Kum, 2009: 209).

Tablo 46: Küresel Çapta Meydana Gelen Nükleer Enerji Kazaları

Yıllar	Ülke	Kazaya Verilen İsim	Kazanın Yol Açtığı Etkiler
1957	İskoçya	Windscale Nükleer Reaktör Kazası	Etrafa dağılan radyasyon gıda maddelerini etkilemesine rağmen radyasyon düzeyi yaşamı tehlikeye sokacak bir etkiye sahip olmamıştır.
1979	ABD	Three Mile Island Nükleer Santral Kazası	Radyasyon düzeyi çok düşük kalmış yaşamı tehlikeye sokacak durum ve ölüm yaşanmamıştır.
1986	Sovyetler Birliği	Çernobil Nükleer Santral Kazası	Kaza sonucu ortaya çıkan radyasyon 15 Avrupa ülkesini ve Türkiye'yi etkilemiştir. İnsanlar üzerinde etkilerinin olmasının yanında gıdalar üzerinde de etkileri olmuştur. Bununla birlikte işçi ölümlerine de neden olmuştur.
2011	Japonya	Fukuşima Nükleer Santral Kazası	Kaza sonucu ortaya çıkan sızıntıyla birlikte santral çevresinde ki yaklaşık 200 kişi tahliye edilmiştir. Santralde çalışan işçiler ise çok fazla miktarda radyasyona maruz kalmışlardır.

Kaynak: Ergün ve Atay Polat, 2012: 39.

Nükleer enerjiden elde edilen elektrik üretim faydasının yanında birtakım riskler de bulunmaktadır. Meydana gelecek herhangi bir nükleer kaza sonrasında etrafa radyasyon salınma olasılığı ciddiye alınması gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Geçmişte yaşanan nükleer enerji kazalarına baktığımızda yukarıdaki tablo

dikkat çekmektedir. 1957 yılında İskoçya’da meydana gelen nükleer kazada insan yaşamını tehlikeye sokacak düzeyde radyasyon yayılmamış olsa da gıdaları etkilemeyi başarmıştır. Aslında gıdaların etkilenmesi de dolaylı olarak insanı da etkilemiştir diyebiliriz. 1979 yılında ABD’de meydana gelen kaza ise İskoçya’daki kazaya benzer şekilde radyasyon miktarı düşük kalmış herhangi bir ölüm yaşanmadan atlatılmıştır. Şüphesiz nükleer enerji kazalarında en dikkat çeken 1986 yılında Sovyetler Birliğinde gerçekleşen Çernobil Nükleer Santral Kazası olmuştur. Bu kazanın etkileri diğerlerine kıyasla çok daha fazla olmuştur. Yaşanan kaza sonrasında etrafa salınan radyasyon miktarı o kadar fazlaydı ki Türkiye’de dahil olmak üzere 15 Avrupa ülkesine yayılmış ve etkilemiştir. Çeşitli kanser vakaları yaşanmıştır. Hem insanların hem de gıdaların üzerinde etkili olmuş ve insan ölümlerinin yaşanmasına neden olmuştur. 2011 yılından Japonya’da meydana gelen nükleer kazada ise sadece bölge insanı etkilenmiştir.

Türkiye gelişmekte olan bir ülke olarak bir büyüme hızı yakalamış ve bu büyümeyi devam ettirebilmesi için bir takım enerjiye ihtiyacı vardır. Her kesimde olduğu gibi ülkemiz içinde elektrik ihtiyacı giderek artan bir seyir izlemektedir. 2015 senesinde hesaplanan elektrik tüketim miktarı 265.724 GW olmuş bu rakamın 2023 senesinde 500.000 GW olacağı tahmin edilmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2016: 15). 2018 yılında fiili elektrik tüketim miktarı 302.772 GWh olmuştur. 2019 yılında ise bu fiili tüketim 301.982 GWh olarak hesaplanmış ve 2020 yılına geçişte bu tüketim miktarı %0,8 artarak 304.394 GWh olmuştur (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, 2021: X).

Ülkemizin nükleer enerji santrali hususunda tanık olduğu ilk gelişme Mersin iline bağlı Gülnar ilçesindeki Akkuyu isimli bölgede yapılması planlanan nükleer enerji santrali olmuştur. Yapılan çalışmalar neticesinde ülkemizin çeşitli bölgelerinde çıkarılabilecek toplam 9.130 ton uranyum rezervi olduğu anlaşılmıştır. Eskişehir-Beylikahır bölgesinde bulunan toryum yatağı dünyanın ikinci büyük toryum rezerv yatağı olarak bilinmektedir. Nükleer enerjinin temelini oluşturan bu iki hammadde yani uranyum ve toryumun ülkemizde bulunması nükleer enerjinin alternatif enerji olması yönünde düşüncelere sevk etmiştir (Akkoyunlu, 2006: 137-138).

Ülkemiz ile Rusya arasında 12 Mayıs 2010’da imzalanan anlaşma ilk nükleer enerji santralinin kurulmasına yönelik bir anlaşma olma özelliği taşımaktadır. Yapılan bu

anlaşma doğrultusunda 4 adet ünite VVER-1200 model (AES-2006) 4 adet reaktör ile toplamda 4.800 MWe kurulu güce bünyesinde barındıracaktır. Yapımı planlanan bu santralin proje ve programlarının yürütülmesi için 13 Aralık 2010'da Akkuyu Nükleer Güç Santrali Elektrik Üretim Anonim Şirketi kurulmuştur. Yürütülen bu faaliyetler doğrultusunda Elektrik Salınım Anlaşması, Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ) ve proje şirketi arasında imzalanacaktır. Yapılacak olan bu anlaşmaya göre TETAŞ, Akkuyu nükleer enerji santralının ilk iki ünitesinden üretilen elektrik miktarının %70, üçüncü ve dördüncü ünitesinden üretilen elektrik miktarının ise %30'unu 15 yıl boyunca satın alacaktır. Söz konusu bu santralin ilk ünitesi 2023, diğer ünitelerin bir yıl arayla 2026 yılına kadar faaliyete geçirilmesi planlanmaktadır. Sinop'ta toplam kurulu gücü 4.480 MW olacak Sinop Nükleer Santrali için 3 Mayıs 2013'de Türkiye ile Japonya arasında bir anlaşma imzalanmıştır. Yapılan bu anlaşmaya göre ilk iki adet ünite 2023 ve 2024 senelerinde geri kalan diğer ünitelerinde 2027 ve 2028 senelerinde faaliyete geçmesi planlanmaktadır. Üçüncü nükleer enerji santrali için proje geliştirilmesine yönelik 24 Kasım 2014' te EÜAŞ ile SNPTC ve Westinghouse EC firmaları arasında bir anlaşma yapılmıştır. (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2017: 55-57).

Türkiye'nin nükleer enerji alanındaki yolculuğu aşağıdaki tabloda görülmektedir. 1956 yılında Atom Enerjisi Kurumu'nun kurulmasıyla başlayan bu yolculuk 1957 yılında Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'na üye olarak devam etmiştir. 1972 yılında Nükleer Santral Dairesi kurulmuştur. 1974-1975 yıllarında Akkuyu Nükleer Enerji sahası seçilerek devam edildi. Ardından 1977 yılından Akkuyu nükleer enerji santrali için ilk ihale yapıldı. Ancak 1980 yılında yapılan bu ihale iptal edildi. 1980 yılından ikinci santral için Sinop sahası seçilerek devam edildi. 1988 yılında ise daha önce kurulan Nükleer Santral Dairesi kapatıldı. Akkuyu nükleer enerji santrali için toplamda dört kez ihale yapılmış ve iptal edilmiştir. 2010 yılında Türkiye ile Rusya ve 2013 yılında Türkiye ile Japonya arasında nükleer enerji santral yapımı hususunda anlaşmalar yapılırken 2014 yılında ise üçüncü nükleer enerji santrali için görüşmeler yapılmıştır.

Tablo 47: Türkiye'nin Nükleer Enerji Tarihçesi

Yıllar	Gelişme
1956	Atom Enerjisi Kurumu Kuruldu.
1956	İstanbul Teknik Üniversitesi ile İstanbul Üniversitesinin birlikte Reaktör Komitesi kurdu.
1957	Türkiye Uluslararası Atom Enerjisi Ajansına üye oldu.
1958	Reaktör Komitesi vazifesini Atom Enerjisi Kurumu'na bıraktı.
1962	TR-1 araştırma reaktörünün faaliyete alınması.
1967-1970	Nükleer enerji hususunda ilgili etütler yapıldı.
1972	Nükleer Santraller Dairesi kuruldu.
1974-1975	Akkuyu nükleer enerji sahası seçildi.
1977	Akkuyu nükleer enerji santrali hususunda ilk ihale yapıldı.
1980	Akkuyu nükleer enerji santrali ihalesi iptal edildi.
1980	İkinci santral için Sinop sahası seçildi.
1983	Akkuyu ve Sinop nükleer enerji santralleri için ihale teklifleri alındı. İkinci ihale.
1986	Akkuyu ve Sinop nükleer santraller için teklif veren firmalar ile yapılan görüşmeler durduruldu.
1988	Nükleer Santraller Dairesi kapatıldı.
1997	Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Akkuyu nükleer enerji santrali için üçüncü ihaleyi yaptı.
2000	Yapılan üçüncü ihalede iptal edildi.
2002	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesine dahil edildi.
2008	Akkuyu nükleer santral için dördüncü ihale yapıldı.
2009	Dördüncü ihale de iptal edildi.
2010	Akkuyu sahasında nükleer santralinin kurulması ve işletmesi için Türkiye ile Rusya arasında anlaşma imzalandı.
2013	Sinop sahasında nükleer santralinin kurulması için Türkiye ve Japonya arasında bir anlaşma imzalandı.
2014	Elektrik Üretim Anonim Şirketi ile SNPTC ve Westinghouse arasında üçüncü nükleer santral için görüşmelerin başlaması amacıyla mutabakat zaptı imzalandı.

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2017: 54.

1.3.2.3.Doğal Gaz Tüketimi

Doğal gaz; genel olarak petrol ile birlikte ortaya çıkan ve petrolün temelinde bulunan propan ve metan gibi maddelerden daha hafif, uçucu maddelerden oluşan ve büyük bir kısmı gaz şeklinde olan bir enerji kaynağıdır. Konut ve sanayi gibi oldukça

geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır (Doğanay ve Coşkun, 2017: 4). Doğal gaz, özellik bakımından kokusuz, havadan bile hafif, renksiz ve yanıcıdır. Çeşitli işleme aşamasına gerek duymadan sıvı şekline dönüştürülüp boru hatlarıyla taşınarak kullanılabilir (Akdoğan, 2019: 18).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2015 yılından yayınladığı verilere bakıldığında dünya rezerv miktarı 186,9 trilyon ton olarak hesaplandığı görülmektedir. En fazla rezerve ev sahipliği yapan bölgenin %42,8'lik kısmı Orta Doğu bölgesi olduğu görülmektedir. Avrasya ve Avrupa %30,4 ile ve Kuzey Amerika ise %28,1 ile Orta Doğu bölgesini rakip etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın ise 2017'de sunmuş olduğu verilere bakıldığında doğal gaz üretim miktarı bir önceki yıla göre %3,6 oranında artış yaşanarak 3.768 milyar m³ olmuştur. 2018 yılına bakıldığında en fazla rezervi olan ülke Rusya olmuştur (Akdoğan, 2019: 18). Doğal gaz diğer fosil enerji kaynaklarına göre daha temiz ve daha çevreci bir enerji kaynağı olarak bilinmektedir. Günümüzün ve geleceğin en önemli sorunlardan biri olan iklim değişikliği göz önünde bulundurulduğunda doğal gaz üretimi ve tüketimi diğer fosil yakıtlara göre önem kazanmaktadır.

Tablo 48: Bölgelerde ve Dünyada Toplam Kanıtlanmış Doğal Gaz Rezervleri (Trilyon m³)

	2000 Yılı	2010 Yılı	2019 Yılı	2020 Yılı Sonu	2020 Yılı
	Sonu	Sonu	Sonu		Toplam Pay
Kuzey Amerika	7.3	10.5	14.8	15.2	%8,1
Orta ve Güney Amerika	6.8	8.1	7.9	7.9	%4,2
Avrupa	5.4	4.7	3.3	3.2	%1,7
Avrasya	38.6	51.3	56.8	56.6	%30,1
Orta Doğu	58.3	77.8	75.8	75.8	%40,3
Afrika	11.9	14.0	14.9	12.9	%6,9
Asya Pasifik	9.8	13.5	16.8	16.6	%8,8
Dünya	138.0	179.9	190.3	188.1	%100

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 34.

Bölge ve dünya düzeyindeki doğal gaz rezervleri tablo 48'de görülmektedir. 2000 yılının sonunda Kuzey Amerika bölgesinde doğal gaz rezerv miktarı 7.3 trilyon m³ iken 2020 yılı sonunda bu kanıtlanmış rezerv miktarı 15.2 trilyon m³ oranına yükselmiştir. Orta ve Güney Amerika bölgesinde ise 2000 yılında kanıtlanmış rezerv miktarı 6.8 trilyon

m³ olmuş aradan geçen 20 yılın sonunda bu miktar 7.9 trilyon m³ değerine ulaşmıştır. Avrupa bölgesinin 2000 yılının sonunda sahip olduğu rezerv miktarı 5.4 trilyon m³ iken 2020 yılı sonu itibariyle 3.2 trilyon m³ olmuştur. Avrasya bölgesinde 2000 yılında 38.6 trilyon m³ olan rezerv miktarı 2020 yılında 56.6 trilyon m³ olmuştur. Orta Doğu'da hesaplanan rezerv miktarı 2000 yılının sonunda 38.6 trilyon m³ iken 2020 yılında 75.8 trilyon m³ olarak hesaplanmıştır. Afrika bölgesinde ki rezerv miktarlarına baktığımızda 2000 yılı sonunda 11.9 trilyon m³ seviyesinde iken 2020 yılında 12.9 trilyon m³ seviyesine yükselmiştir. Asya Pasifik bölgesindeki kanıtlanmış rezerv miktarı 2000 yılı sonunda 9.8 trilyon m³ değerinde iken 2020 yılının sonunda 16.6 trilyon m³ olmuştur. Dünya genelindeki kanıtlanmış rezerv miktarına bakıldığında 2000 yılı sonundaki miktar 138.0 trilyon m³ olurken 2020 yılının sonunda bu miktar 188.1 trilyon m³ seviyesine yükselmiştir. 2020 yılı doğal gaz rezerv miktarlarında bölgelerin payına bakılırsa en büyük paya sahip olan bölge %40,3 ile Orta Doğu bölgesi olurken %30,1 ile Avrasya bölgesi ikinci sırada yer almaktadır.

Tablo 49: Bölgelerde ve Dünyada Doğal Gaz Üretim Miktarları (Milyar m³)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Kuzey Amerika	775.9	820.5	850.3	860.1	915.0	949.0	943.0	958.3	1052	1130	1109
Orta ve Güney Amerika	160.4	164.1	170.6	173.8	176.0	178.0	177.9	181.4	175.9	172.3	152.9
Avrupa	310.1	284.8	287.5	280.0	266.1	260.8	259.9	262.7	251.4	235.2	218.6
Avrasya	740.0	775.4	764.2	778.3	761.4	754.9	756.3	800.2	841.3	858.2	802.4
Orta Doğu	474.6	520.0	545.5	562.6	582.6	600.8	624.1	639.5	663.3	678.2	686.6
Afrika	201.5	200.6	206.7	199.1	203.5	208.0	211.9	229.5	241.4	243.8	231.3
Asya Pasifik	488.1	492.6	502.1	512.2	533.3	560.0	579.0	604.6	626.6	658.2	652.1
Dünya	3150.8	3258.0	3326.8	3366.1	3437.9	3511.7	3552.1	3676.2	3852.9	3976.2	3853.7

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 36.

Tablo 49 bölgelerde ve dünyada gerçekleşen doğal gaz üretim miktarlarını vermektedir. Tablaya bakıldığında Kuzey Amerika bölgesinde gerçekleşen doğal gaz üretim miktarı 2020 yılında 1109 milyar m³ olmuştur. Orta ve Güney Amerika gerçekleşen üretim miktarı ise 152.9 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Avrupa bölgesinde

gerçekleşen üretim miktarı 2020 yılında 218.6 milyar m³ düzeyinde olmuştur. Bu üretim miktarları Avrasya bölgesinde 802.4 milyar m³, Orta Doğu'da 686.6 milyar m³, Afrika'da 231.3 milyar m³, Asya Pasifik bölgesinde 652.1 milyar m³ olarak gerçekleşmiştir. Dünya genelinde ise bu üretim miktarı 3853.7 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. 2020 yılı üretim miktarları esas alındığında en fazla üretimin gerçekleştiği bölge Kuzey Amerika bölgesi olarak göze çarpmaktadır.

Tablo 50: Bölgelerde ve Dünyada Doğal Gaz Tüketim Miktarları (Milyar m³)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Kuzey Amerika	806.3	830.1	861.6	890.8	911.5	934.8	938.6	936.3	1025	1055	1030
Orta ve Güney Amerika	147.3	152.1	161.8	167.3	172.6	177.8	174.2	176.3	169.2	163.3	145.6
Avrupa	622.9	580.4	565.7	554.4	500.0	509.2	537.4	558.7	548.3	553.4	541.1
Avrasya	529.8	548.0	543.7	535.7	538.4	528.2	537.1	547.9	580.6	574.2	538.2
Orta Doğu	380.5	398.2	411.0	423.4	447.4	479.2	500.9	516.7	530.3	544.5	552.3
Afrika	98.1	106.1	114.7	117.0	124.1	132.5	137.1	145.0	154.0	155.3	153.0
Asya Pasifik	575.6	620.7	662.0	686.1	706.0	716.4	733.3	772.6	829.7	858.1	861.6
Dünya	3160.5	3235.7	3320.5	3374.6	3400.1	3478.2	3558.6	3653.7	3837.9	3903.9	3822.8

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 38.

Küresel anlamda doğal gaz tüketim miktarları yukarıdaki tablo 50'de görülmektedir. 2020 yılında Kuzey Amerika'da gerçekleşen tüketim miktarı 1030 milyar m³ olurken Orta ve Güney Amerika'da bu miktar 145.6 milyar m³ seviyesinde gerçekleşmiştir. Avrupa'daki doğal gaz tüketim miktarı 2020 yılında 541.1 milyar m³ olmuştur. Avrasya bölgesinde ise tüketim miktarı 538.2 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Bu doğal gaz tüketim miktarları 2020 yılında Orta Doğu'da 552.3 milyar m³, Afrika'da 153.0 milyar m³, Asya Pasifik bölgesinde ise 861.6 milyar m³ şeklinde gerçekleşmiştir. Dünya geneline baktığımızda ise tüketim miktarı 3822.8 milyar m³ seviyesinde olmuştur. Tablonun genel görünümüne baktığımızda tıpkı üretim miktarlarında olduğu gibi tüketimde de Kuzey Amerika bölgesi en fazla tüketimin yapıldığı bölge olarak göze çarpmaktadır.

Tablo 51: Bölgelerde Gerçekleşen Doğal Gaz Ticareti (Milyar m³)

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ABD	İthalat	102.3	94.9	85.6	78.6	73.5	74.1	82.0	82.7	78.8	74.7	69.5
	İhracat	30.7	40.9	46.1	42.7	40.8	47.9	62.7	82.8	96.3	122.8	137.5
Diğer Kuzey Amerika	İthalat	37.3	46.1	51.7	51.3	50.2	54.7	64.5	72.7	75.3	82.6	79.5
	İhracat	90.2	85.1	80.8	75.9	71.9	71.6	79.6	80.6	76.7	73.3	68.2
Brezilya	İthalat	12.1	9.9	13.0	16.3	18.5	18.0	12.4	10.1	10.5	9.7	9.5
	İhracat	-	-	0.5	0.1	0.2	<0.05	0.6	0.2	0.1	-	-
Diğer Orta ve Güney Amerika	İthalat	6.4	9.3	11.1	12.9	12.5	12.1	12.6	11.7	11.6	9.9	10.5
	İhracat	30.7	32.7	32.9	35.1	34.7	32.6	29.7	27.5	29.0	28.9	26.1
Avrupa	İthalat	313.9	323.6	296.7	285.8	261.4	270.9	287.0	311.9	318.6	356.0	326.1
	İhracat	5.1	6.1	8.1	9.0	13.0	11.0	10.6	7.9	11.7	8.8	5.6
Rusya	İthalat	33.4	41.2	39.7	32.9	33.1	26.5	24.3	28.6	24.6	30.6	11.0
	İhracat	207.5	224.9	215.8	225.2	203.2	208.8	216.7	235.2	247.3	260.1	238.1
Diğer Avrasya	İthalat	26.5	25.4	25.2	24.0	26.3	25.4	26.3	28.8	30.4	29.8	26.7
	İhracat	51.1	71.8	69.7	69.5	75.4	72.6	72.8	78.0	80.8	85.5	61.8
Orta Doğu	İthalat	16.4	17.4	9.4	10.6	12.9	19.4	21.1	17.7	11.5	11.2	10.3
	İhracat	112.0	137.9	139.3	144.2	141.5	133.5	133.9	133.2	134.8	135.6	134.6
Afrika	İthalat	-	-	-	-	-	3.9	10.7	8.3	3.2	-	2.1
	İhracat	106.9	92.4	93.5	81.4	78.8	78.6	84.9	92.9	91.1	89.2	82.5
Çin	İthalat	16.4	30.5	40.8	51.5	57.5	59.4	73.5	92.8	121.3	132.5	139.1
	İhracat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-
Hindistan	İthalat	11.5	17.4	18.4	18.0	19.1	20.0	24.3	26.1	30.6	32.4	35.8
	İhracat	-	-	-	-	-	0.4	0.1	0.1	-	0.1	-
OECD Asya	İthalat	146.5	161.6	174.6	181.6	178.8	167.4	165.3	170.2	178.1	165.5	161.7
	İhracat	25.8	26.0	28.3	30.6	32.2	40.1	60.5	76.8	91.9	104.7	106.3
Diğer Asya	İthalat	15.0	17.3	18.5	22.4	25.2	29.8	33.0	40.2	45.5	55.3	58.3
	İhracat	77.6	76.8	70.0	72.3	77.5	84.5	85.0	86.6	80.2	81.1	79.3

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021:42.

Tablo 51’de bazı ülke ve bölgelere ait doğal gaz ticaretine ilişkin bilgiler yer almaktadır. Bu veriler ışığında 2020 yılında gerçekleşen ihracat miktarları bakımından 238.1 milyar m³ ile Rusya ilk sırada yer almaktadır. Rusya’yı sırasıyla 137.5 milyar m³ ihracat miktarı ile ABD, 134.6 milyar m³ ile Orta Doğu bölgesi, 106.3 milyar m³ ile OECD üyesi Asya ülkeleri ve 82.5 milyar m³ ihracat miktarı ile Afrika bölgesi takip etmektedir. 2020 yılında en fazla ihracat yapan 5 ülke ve bölge bu şekilde göze çarpmaktadır. 2020 yılı ithalat miktarlarına bakıldığında ise en fazla ithalat miktarı 326.1 milyar m³ ile Avrupa bölgesinde gerçekleşmiştir. Avrupa bölgesini sırasıyla 161.7 milyar

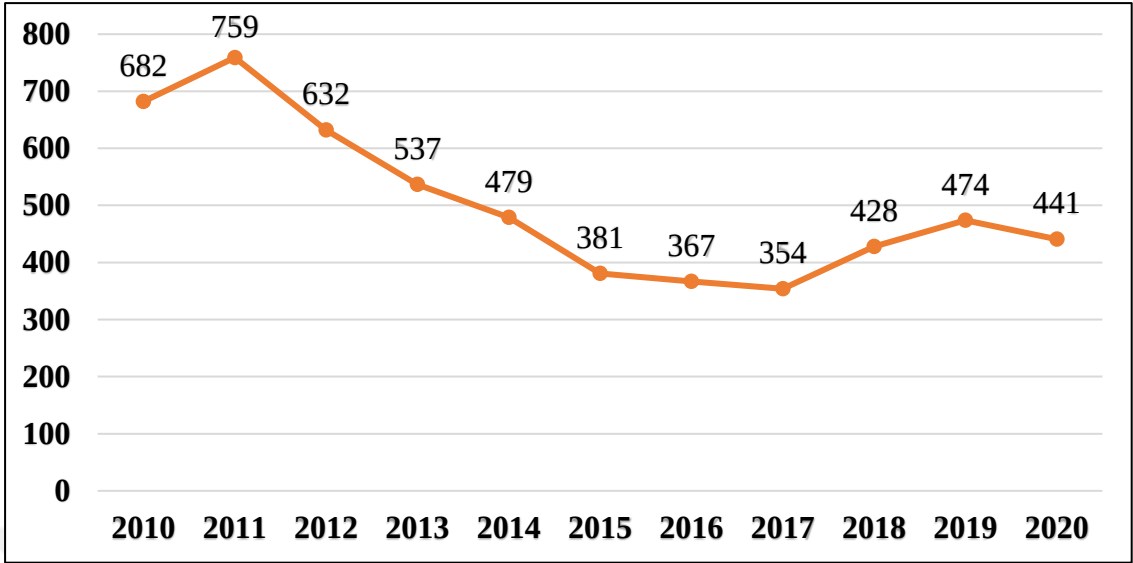
m³ ile OECD üyesi Asya ülkeleri, 139.1 milyar m³ ile Çin, 79.5 milyar m³ ile ABD dışında ki diğer Kuzey Amerika ülkeleri ve 69.5 milyar m³ ithalat miktarı ile ABD takip etmektedir. İthalat miktarı bakımından bu 5 ülke ve bölge ilk sıralarda yer almaktadır.

Sera gazları ve dünya çapında yol açtığı etkiler sebebiyle ortaya çıkan asit yağmurları doğal gaz tüketiminin artmasına sebep olan bir etki olarak görülmektedir. Doğal gazın kullanılması sırasında ortaya çıkan karbondioksit seviyesi diğer fosil yakıtlardan olan kömür ve petrol gibi enerji kaynaklarına kıyasla daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Bu özelliği bakımından çevre kirliliği hususunda bir avantaja sahiptir (Bayraç, 1999: 238-240).

En fazla doğal gaz rezervine sahip ülke olan Rusya sahip olduğu bu avantajdan maksimum düzeyde faydalanma ve bu avantajını stratejik anlamda da kullanma çabası içerisinde. Sergilemiş olduğu bu çaba doğrultusunda sahip olduğu rezervleri kullanmanın dışında Hazar Havzası'ndaki doğal gaz yatakları üzerinde de söz sahibi olmak istemektedir. Bunun için Türkmenistan ve Azerbaycan ile olan ilişkilerini ön planda tutmakta ve zaman zaman Çin ve İran ile birlikte hareket edebilmektedir. ABD ise sergilemiş olduğu kendi stratejisinden kaynaklı Rusya'nın sergilemiş olduğu bu stratejiye karşı durmaktadır. Her geçen gün artan enerji ihtiyaçlarından ötürü Çin, Orta Asya ve Hazar Havzası bölgesinde yaşananlar ile ilgilenmektedir. Yaşanan bu bölgesel güç mücadelesi Hazar Havzası'nda var olan kaynaklar için rekabet edilmesi durumunu ortaya koymuştur (Akpınar ve Başibüyük, 2011: 133).

Şekil 39' da 2010-2020 yıllarını kapsayacak şekilde doğal gaz üretim miktarları verilmiştir. 2010 yılında 682 milyon Sm³ olan üretim miktarı 2011 yılında artış göstererek 759 milyon Sm³ olmuştur. 2011 yılından başlayıp 2017 yılına kadar sürekli bir şekilde düşen üretim miktarı 2017 yılında 354 milyon Sm³ olmuştur. 2017 yılından sonra tekrar artış göstermeye başlayan üretim miktarı 2018'de 428 milyon Sm³, 2019 yılında ise 474 milyon Sm³ ve son olarak 2020 yılında 441 Sm³ miktarında üretim gerçekleşmiştir.

Şekil 39: Türkiye’de Gerçekleşen Doğal Gaz Üretim Miktarları (Milyon Sm³)



Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 2.

Ülkemizde doğal gaz üretimi gerçekleştiren ve satış yetkisi bulunan 9 adet şirket 2020’de 441,27 milyon Sm³ doğal gazı satışa sunmuştur. Bu miktar bir önceki yıla kıyasla %6,88 oranında azalış göstermiştir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından 2020 yılı için doğal gaz tüketimi 52.019.230.516 Sm³ olacağın yönünde tahminde bulunulmuş ancak tahmin edilen bu miktar %7,79 oranında bir sapmayla 48.261.352.140 Sm³ olmuştur. 2020 yılında tüketicilerin doğrudan tükettiği LNG miktarı 448,932 milyon Sm³ olmuştur. Bu miktar Türkiye’nin toplam tükettiği doğal gaz miktarı içerisinde %0,93’lük bir kısma denk gelmektedir. Doğal gaz amaçlı çelik boru hatlarının uzunluğu 2020 yılının sonunda 2019 yılına kıyasla %5,48 oranında artış göstererek 14.924 km uzunluğa ulaşmış ve polietilen boru hatlarının uzunluğu ise yine 2019 yılına kıyasla %6,64 oranında artış göstererek 101.496 km uzunluğuna ulaşmıştır. 2020 yılının sonunda doğal gaz dağıtım yetkisi bulunan şirketlerin doğal gazı ulaştırdığı abonelerin sayısı 2019 yılına kıyasla %6,18 oranında artış göstererek 16.848.604 olmuştur. Serbest tüketicilerin sayısı yine 2019 yılına kıyasla %5,05 oranında artış göstermiş ve 655.464 olmuştur. 2020 yılında abone sınıfında yer alan müşterilerin tükettiği doğal gaz miktarı 2019 yılına kıyasla %8,49 artmış ve 15.134,77 milyon Sm³ olarak gerçekleşmiştir. Serbest tüketici sınıfında yer alan müşterilerin tükettiği doğal gaz miktarı yine 2019 yılına kıyasla %3,24 azalmış

olup 9.770,28 milyon Sm³ değerinde gerçekleşmiştir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: IV-V).

Tablo 52: Türkiye’de Gerçekleşen Doğal Gaz Tüketim Miktarları (Milyon Sm³)

Yıl	Tüketim (milyon Sm ³)	Bir önceki yıla göre değişim (%)
2010	37.411	%6,22
2011	43.697	%16,8
2012	45.242	%3,53
2013	45.918	%1,5
2014	48.717	%6,1
2015	47.999	%-1,47
2016	46.480	%-3,16
2017	53.857	%15,87
2018	49.204	%-8,64
2019	45.286	%-7,96
2020	48.261	%6,57

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 69.

Tablo 52’de toplam doğal gaz tüketim miktarlarını 2010-2020 yıllarını kapsayacak şekilde verilmiştir. 2010 yılında tüketim miktarı 37,411 milyon Sm³ olmuş ve miktar 2014 yılına kadar artarak devam etmiştir. 2015 yılında 47,999 milyon Sm³ ve 2016 yılında 46,480 milyon Sm³ olarak azalış trendi izlemiştir. 2017 yılında 53,857 milyon Sm³ ile bir artış gösteren tüketim miktarı 2018 ve 2019 yılında tekrardan bir düşüş trendi içerisine girmiş ve 2019 yılında 45,286 milyon Sm³ tüketim gerçekleşmiştir. Son olarak 2020 yılına gelindiğinde 48.261 Sm³ değerinde tüketim gerçekleşmiştir.

Aşağıdaki tablo 53’te görölmek üzere ülkemizin 2019 ve 2020 yıllarında gerçekleştirdiğı doğal gaz tüketim miktarlarının sektörel dağılımlarına ait bilgiler yer almaktadır. 2019 yılında en fazla tüketim yapan sektör 14.396,42 milyon Sm³ ile konutlarda gerçekleşirken bunu sırasıyla 12.424,04 Sm³ ile sanayi sektörü, 11.258,00 Sm³ ile dönüşüm sektörü, 4.606,06 Sm³ ile hizmet sektörü, 1.986,82 Sm³ ile enerji sektörü ve son olarak 203,10 Sm³ değerindeki tüketim ile diğer sektörler yer almaktadır. 2019 yılında toplamda tüketilen doğal gaz miktarı 45.285,50 Sm³ değerinde olmuştur. 2020 yılına bakıldığında ise yine en fazla tüketim 15.613,23 Sm³ ile konutlarda gerçekleşirken bunu

bir önceki yıla kıyasla artış gösteren ve sanayi sektörünün üzerine çıkan dönüşüm sektörü 13.645,29 Sm³ ile takip ederken sanayi sektörü 12.697,67 Sm³, hizmet sektörü 4.288,43 Sm³, enerji sektörü 1.641,41 Sm³, ulaşım sektörü 257,89 Sm³ ve son olarak 117,43 Sm³ ile diğer sektörler takip etmektedir. 2020 yılındaki toplam tüketim miktarı ise 48.261,35 Sm³ olarak gerçekleşmiştir. Doğal gaz tüketiminde bir önceki yıla kıyasla artış gösteren sektörler dönüşüm sektörü, sanayi sektörü ve konut sektörü olurken azalış gösteren sektörler ise enerji sektörü, ulaşım sektörü ve hizmet sektörü olmuştur.

Tablo 53: Türkiye'nin Sektörler Bazında Doğal Gaz Tüketim Miktarları (Milyon Sm³)

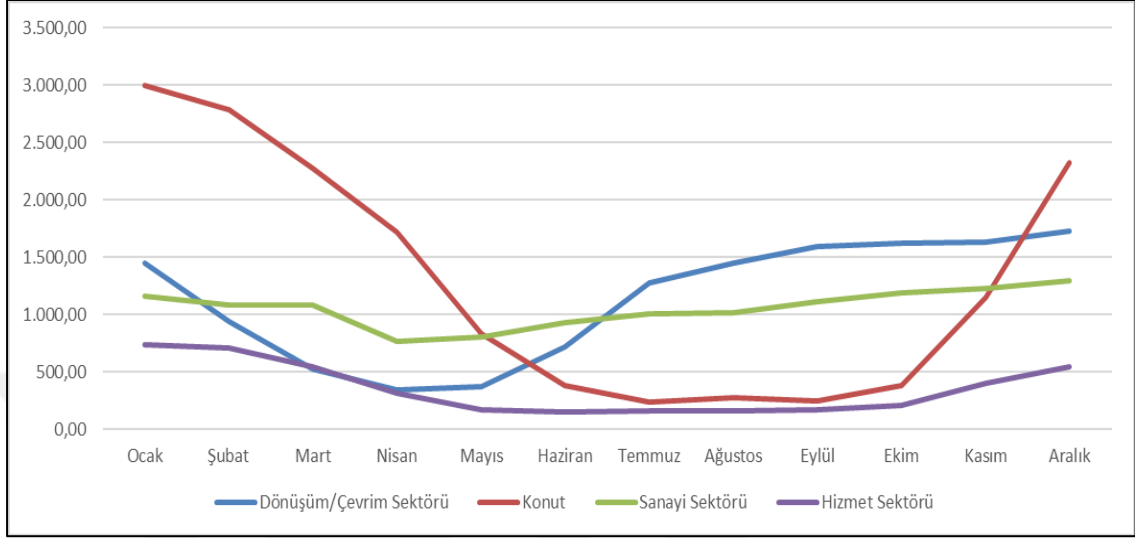
Kullanılan Sektör	2019	2020
Enerji	1.986,82	1.641,41
Çevrim-Dönüşüm	11.258,00	13.645,29
Ulaşım	411,06	257,89
Sanayi	12.424,04	12.697,67
Hizmet	4.606,06	4.288,43
Konut	14.396,42	15.613,23
Diğer	203,10	117,43
Toplam	45.285,50	48.261,35

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: VII.

Şekil 40 2020 yılında ülkemizde gerçekleşen doğal gaz tüketiminin sektörler bazında aylık seyrini göstermektedir. Bu grafiğe bakıldığında konut sektöründeki büyük değişim dikkat çekmektedir. Ocak, Şubat ve mart aylarında konutlardaki tüketim miktarı çok fazla iken havaların ısınmasıyla birlikte azalma eğilimine geçmiş olup haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarındaki tüketim miktarı çok düşük seviyelerde seyretmiştir. Ekim ayı itibariyle tekrardan tüketimin artma eğilimine girmesinde ki en büyük etken şüphesiz ki havaların soğuması ve ısınma ihtiyacının artması olmuştur. Sanayi sektöründe ise tüketim seyri genel görünüm anlamında stabil bir şekilde seyretmiş nisan ayında bir düşüş görülmüş diyebiliriz. Hizmet sektöründeki tüketim ise diğer sektörlerle kıyasla daha düşük seviyede kalmış ocak ayından sonra düşüş yaşanarak mayıs-ekim ayları arasında daha stabil bir seyir izlemiştir. Dönüş sektöründeki tüketim ise ocak ayından sonra önemli

ölçüde düşüş göstermiş olup bu düşüşü nisan ayına kadar sürdürdükten sonra mayıs ayı itibarıyla tüketim miktarını önemli ölçüde artırmıştır.

Şekil 40: Türkiye'nin 2020 Yılı Doğal Gaz Tüketimi Sektörel Düzeydeki Seyri (Milyon Sm³)



Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 73.

Ülkemizin doğal gaz ile tanışma dönemi 1970'lerde olmuş ve bu tarihten bu yana her geçen yıl enerji talebi artmış ve buna paralel olarak doğal gazın sağlamış olduğu avantajlar sebebiyle doğal gaza olan talepte artmıştır. Bu ihtiyaç ve talep artışlarının karşısında ülkemizin sahip olduğu rezervler ile birlikte üretimin de yetersiz kalmış olması doğal gazın ithal edilmesine mecbur bırakmıştır. Söz konusu bu mecburiyet doğrultusunda Rusya ile 1986 senesinde ilk kez doğal gaz ithalatına yönelik anlaşma imzalanmıştır. Yine bu amaca yönelik Mavi Akım Hattı'ndan Rusya ve İran ile anlaşmalar yapılmıştır. Ayrıca 2007 senesinden bu yana Azerbaycan ile de doğal gaz alım ticareti yapmaya başlamıştır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 8). Ülkemizin üretmiş olduğu doğal gaz çok düşük seviyelerde kalması ihtiyacımız olan doğal gazın neredeyse hepsini ithal etmemize neden olmaktadır. İhtiyacımız olan bu doğal gazı boru hatlarıyla İran, Türkmenistan, Rusya ve Azerbaycan'dan ve sıvılaştırılmış (LNG) doğal gazını tankerler vasıtası ile Cezayir ve Nijerya'dan karşılamaktayız (Umutlu ve Bayraç, 2020: 220). Ülkemizdeki ekonomik faaliyetlerin ve harcamaların zaman içinde artması enerji ihtiyacını artırmış ve buna paralel olarak doğal gaz tüketiminde de artışlar yaşanmıştır. Bu enerjiyi üretim kısmında

yetersiz kalmamız sebebiyle enerji ithalatı artmış ve bu durum da ülkemizin dış açık durumuna etki etmektedir (Işık, 2010: 441).

Doğal gazın teknik olarak veya boru hatları vasıtasıyla taşınmasının olanaksız olduğu durumlarda söz konusu doğal gazın ısısı -162°C kadar düşürülüp soğutularak sıvı hale getirilip 600 kat kadar hacminin küçültülüp sıvılaştırılmış doğal gaz olarak bu amaca hizmet için üretilen özel tanker yardımıyla taşınmaktadır. Doğal gaz ithal kaynaklarının çoğaltılması ve esnek hale getirilmesi maksadıyla 1994 senesinden bu yana Cezayir'den, 1999 senesinden bu yana da Nijerya'dan sıvılaştırılmış doğal gaz ithalatı yapılmaktadır. 2006'da Ukrayna ile Rusya'nın ilişkilerinde yaşamış olduğu doğal gaz krizi sebebiyle Batı Hattından sağlanan doğal gaz miktarının düşmesi ve bunun yanında İran'ın kendi iç doğal gaz tüketim talebini karşılayamadığını öne sürmesi sebebiyle ihraç ettiği doğal gaz miktarını kesmesi ve ülkemizin doğal gaz depolama kapasitesinin yetersiz olması gibi sebepler ülkemizin boru hatları vasıtasıyla gelen doğal gaz arzında birtakım sıkıntıların yaşamasına yol açmıştır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 8). 2020'de 15.078,38 milyon Sm^3 spot ve uzun dönemli de dahil olmak üzere sıvılaştırılmış doğal gaz ithalatı yapılmış ve bu miktar toplam ithalatın %31,33'üne denk gelmektedir. Spot sıvılaştırılmış gaz ithalatı toplam sıvılaştırılmış gaz ithalatının %54,03'üne denk gelmektedir. Geriye kalan diğer kısım ise BOTAŞ'ın Nijerya ve Cezayir'den yapmış olduğu uzun dönemli gaz ithalatını kapsamaktadır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: IV).

Tablo 54'te Türkiye'nin 2010-2020 yıllarını kapsayan doğal gaz ithalat miktarları görülmektedir. 2010 yılında toplam ithalat miktarı 38.036 milyon Sm^3 olurken bu ithalat miktarında ki en büyük pay %46,21 ile Rusya olmuştur. 2011 yılında ise yine benzer şekilde ithalatımız artış göstererek 43.874 milyon Sm^3 olmuş ve yine en büyük pay %57,91 ile Rusya'nın olmuştur. 2014 yılında ise doğal gaz ithalat miktarımız 49.262 milyon Sm^3 ve bu yılı takip eden 2015 ve 2016 yıllarında ithalat miktarı azalış trendi göstermiştir. Ancak 2017 ve 2018 yılından tekrardan artan ithalat miktarı 2017 yılında 55.250 milyon Sm^3 ve 2018 yılında 50.282 milyon Sm^3 olmuştur. 2019 yılında bir miktar azalış göstererek 45.211 milyon Sm^3 olmuştur. 2020 yılında ise gerçekleşen ithalat miktarı bir önceki yıla kıyasla artış göstermiş olup 48.126 milyon Sm^3 seviyesinde gerçekleşmiştir. Tabloda dikkat çeken ayrı bir husus ise bütün yıllarda ithalat miktarlarındaki en büyük paya sahip yani en çok doğal gaz ithal ettiğimiz ülke Rusya

olmuştur. Bu sebeple doğal gaz ithalatı bakımından Rusya'ya büyük oranda ihtiyacımız olduğu görülmektedir.

Tablo 54: Türkiye'nin Doğal Gaz İthalat Miktarları (Milyon Sm³)

Ülke	Rusya		İran		Azerbaycan	
Yıllar	Miktar	Pay (%)	Miktar	Pay (%)	Miktar	Pay (%)
2010	17.576	46,21	7.765	20,41	4.521	11,89
2011	25.406	57,91	8.190	18,67	3.806	8,67
2012	26.491	57,69	8.215	17,89	3.354	7,3
2013	26.212	57,9	8.730	19,28	4.245	9,38
2014	26.975	54,76	8.932	18,13	6.074	12,33
2015	26.783	55,31	7.826	16,16	6.169	12,74
2016	24.540	52,94	7.705	16,62	6.480	13,98
2017	28.690	51,93	9.251	16,74	6.544	11,85
2018	23.642	47,02	7.863	15,64	7.527	14,97
2019	15.196	33,61	7.736	17,11	9.585	21,2
2020	16.166	33,59	5.321	11,06	11.548	24,00

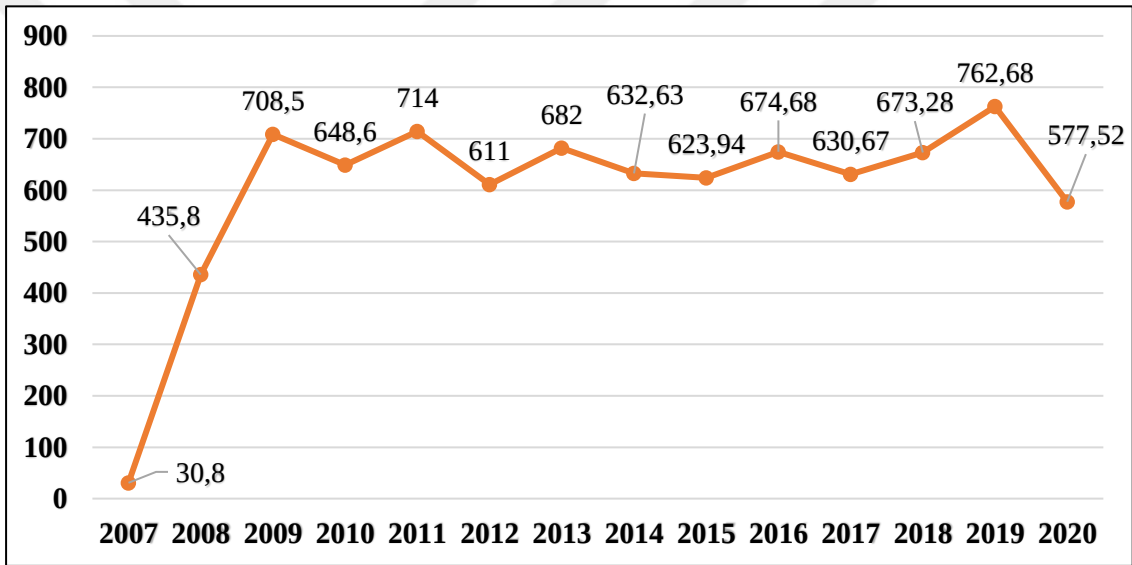
Ülke	Cezayir		Nijerya		Diğer*		Toplam	Bir Önceki Yıla Göre Yüzde Değişim
Yıllar	Miktar	Pay (%)	Miktar	Pay (%)	Miktar	Pay (%)	Miktar	
2010	3.906	10,27	1.189	3,13	3.079	8,09	38.036	6,08
2011	4.156	9,47	1.248	2,84	1.069	2,44	43.874	15,35
2012	4.076	8,88	1.322	2,88	2.464	5,37	45.922	4,67
2013	3.917	8,65	1.274	2,81	892	1,97	45.269	-1,42
2014	4.179	8,48	1.414	2,87	1.689	3,43	49.262	8,82
2015	3.916	8,09	1.240	2,56	2.493	5,15	48.427	-1,7
2016	4.284	9,24	1.220	2,63	2.124	4,58	46.352	-4,28
2017	4.617	8,36	1.344	2,43	4.804	8,7	55.250	19,2
2018	4.521	8,99	1.668	3,32	5.061	10,21	50.282	-8,99
2019	5.678	12,56	1.756	3,88	5.260	11,63	45.211	-10,08
2020	5.573	11,58	1.358	2,82	8.159	16,95	48.126	6,45

* 2020 yılına kadar Spot LNG ithalatının yapıldığı ülkeleri, 2020 yılında spot LNG/boru gazı ithalatının yapıldığı ülkeleri temsil etmektedir.

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 10.

Şekil 41’de 2007-2020 yıllarında gerçekleşen ihracat rakamları yer almaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulundan alınan verilere göre 2007 yılında 30,8 milyon Sm³ olan ihracat değerleri 2008 yılında 435,8 milyon Sm³ ve 2009 yılında 708,5 milyon Sm³ olup 2007 ve 2009 yıllarını arasında büyük bir artış göstermiştir. 2009 yılından sonra ihracat rakamları durağanlaşmaya başlamış dalgalanmalar yaşanmıştır. Genel görünüm itibariyle 2009 yılından sonra bir yıl düşüş bir yıl yükseliş şeklinde dalgalanmalar yaşanmıştır. 2015 yılında ihracat miktarı 623,94 milyon Sm³ olurken 2019 yılında bu miktar 762,68 milyon Sm³’ e yükselmiştir. Son olarak 2020 yılına gelindiğinde ise gerçekleşen ihracat rakamı 577,52 Sm³ değerinde olmuştur.

Şekil 41: Türkiye’nin Doğal Gaz İhracat Miktarları (Milyon Sm³)



Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 24.

İhracat yapmaya yetkisi bulunan BOTAŞ ve 2019’dan bu yana yılında Bulgaristan’a sıvılaştırılmış doğal gaz ihraç eden Aygaz Doğal Gaz Satış A.Ş. 2020 yılında satış faaliyetinde bulunan şirketler olmuştur. BOTAŞ Yunanistan’a 577,49 milyon Sm³ doğal gaz ihraç ederken, Aygaz ise 2020 Ocak’ta Bulgaristan’a 0,03 milyon Sm³ sıvılaştırılmış doğal gaz ihracatı yapmış ve 2019 yılına göre doğal gaz ihracatı %24,28 değerinde düşüş yaşamıştır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: IV).

1.3.2.4.Petrol Tüketimi

Petrol enerji kaynakları arasında en önemli enerji türü olarak kabul edilmektedir. Bunun yanında ülke ilişkilerinde de önemli bir konuma sahip olmuştur. Jeopolitik konum gereği bazı ülke ve bölgelerde petrol rezervleri bol miktarda bulunurken bazı yerlerde bu rezerv daha az miktardadır. Petrolü sadece bir enerji türü olarak görmenin yanlış olacağı petrol kaynaklı yaşanan küresel olaylara bakılınca anlaşılması mümkün bir durumdur. Zaman içerisinde yaşanan petrol krizlerinin dünya ve ülke ekonomilerinde yarattığı sıkıntıların yanın da sosyal hayat ve insan yaşamı gibi kavramlar üzerinde de etkisi vardır.

Dünyanın sanayileşmeye başladığı dönemlerde en yaygın kullanılan enerji kaynağı kömür olmuştur. 19. yüzyılın sonlarında petrol artık kömürün yerini almaya başlamıştır. Bu durum ile birlikte küresel çapta yeni gelişmeler ortaya çıkmış ve günümüzde uluslararası ilişkilerin en önemli argümanlardan biri olmuştur (Akbulut, 2001: 7).

Petrol, yenilenmeyen enerji türleri arasında küresel çapta en fazla tüketilen enerji türü olarak bilinmektedir. Petrol fiyatlarındaki yaşanan değişimler her ülkeyi etkilemekle beraber enerji konusunda çoğunlukla ithalatçı konumda bulunan ülkeleri daha fazla etkilemektedir. Dünya genelinde enerjiye olan talebin artması sonucunda gerçekleşen bu enerji tüketimlerinin çevreye vermiş olduğu zararlara karşı duyarsız kalınmasına neden olmaktadır. Petrol gibi fosil kaynaklı yenilenmeyen enerji tüketimi, çevreye zarar veren etmenler hususunda en önemli paya sahiptir. Petrolün yenilenemeyen enerji kaynağı olması ve arzının sınırlı olması bile petrole olan talebin hızlı bir şekilde artmasını önlemekte yetersiz kalmıştır. Siyasi ilişkilerin, petrol sektöründeki firmaların çok uluslu olması ve çıkar çatışmaları gibi etmenler fiyatlarda devamlı olarak iniş ve çıkışların yaşanmasına neden olmaktadır (Çalışkan, 2009: 301).

Petrol fiyatları Orta Doğu ülkelerinin ekonomileri açısından çok büyük bir öneme sahiptir. Bazı dönemlerde petrol fiyatlarında yaşanan artışlar Orta Doğu ülkelerinin ekonomisine pozitif etki yapmıştır. Sadece bu bölgedeki ülkeleri değil diğer ülkelerin ekonomilerine de etki etmiştir. Yaşanan fiyat değişimlerine karşı ise ürün çeşitliliği alınabilecek bir önlem olarak görülmektedir (Yanar, 2014: 18).

Tablo 55’de belirli dönem sonlarında bölge ve dünya düzeyinde kanıtlanmış rezerv miktarlarına ait bilgiler yer almaktadır. Kuzey Amerika bölgesinde 2000 yılı

sonunda 236.5 bin milyon varil iken 2020 yılında 242.9 bin milyon varile yükselmiş ve dünya genelindeki toplam rezerv içerisindeki payı %14,0 olmuştur. Orta ve Güney Amerika bölgesinde ise 2000 yılı sonunda 96.0 bin milyon varil değerinde iken 2020 yılı sonunda büyük bir oranda artış göstererek 323.4 bin milyon varil değerine ulaşmıştır. Dünya petrol rezervleri içerisindeki payı ise %18,7 olmuştur. Avrupa bölgesinde ise 2000 yılı sonunda 21.0 bin milyon ton rezerv miktarı varken 2020 yılı sonunda 13.6 bin milyon ton olarak hesaplanmış ve payı %0,8 olmuştur. 2000 yılı sonunda Avrasya bölgesinde hesaplanan rezerv miktarı 120.1 bin milyon varil iken 2020 yılına gelindiğinde bu miktar 146.2 bin milyon varil yükselmiştir. Dünya genelindeki payı %8,4 olmuştur. Orta Doğu bölgesinde ise 2000 yıl sonunda 696.7 bin milyon varil olurken bu miktar 835.9 bin milyon varile yükselmiştir. Dünya genelindeki rezervlerin en büyük kısmı %48,3 ile Orta Doğu bölgesinde bulunmaktadır. Afrika bölgesinde 2000 yıl sonunda 92.9 bin milyon varil olarak hesaplanmış ve 2020 yılı sonuna gelindiğinde 125.1 bin milyon varile yükselmiştir. Dünya genelindeki payı %7,2 olmuştur. Asya Pasifik bölgesindeki rezerv miktarı 2000 yılı sonunda 37.7 bin milyon varil iken 2020 yıl sonunda bu miktar 45.2 bin milyon varil olarak hesaplanmıştır. Dünya genelindeki hesaplanan rezerv miktarı 2000 yılı sonunda 1300.9 bin milyon varil düzeyinde iken 2020 yılı sonunda 1732.4 bin milyon varile yükselmiştir.

Tablo 55: Bölgelerde ve Dünyada Kanıtlanmış Toplam Petrol Rezervleri (Bin milyon varil)

	2000 Yılı Sonu	2010 Yılı Sonu	2019 Yılı Sonu	2020 Yılı Sonu	2020 Yılı Toplam Pay
Kuzey Amerika	236.5	220.3	243.9	242.9	%14,0
Orta ve Güney Amerika	96.0	320.1	324.0	323.4	%18,7
Avrupa	21.0	13.6	14.2	13.6	%0,8
Avrasya	120.1	144.2	146.2	146.2	%8,4
Orta Doğu	696.7	765.9	836.0	835.9	%48,3
Afrika	92.9	124.9	125.0	125.1	%7,2
Asya Pasifik	37.7	47.8	45.3	45.2	%2,6
Dünya	1300.9	1636.9	1734.7	1732.4	%100

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 16.

Tablo 56 bize bölgelerdeki ve dünya genelindeki petrol üretim miktarlarını vermektedir. Kuzey Amerika bölgesinde gerçekleşen üretim miktarı 1060 milyon ton olurken Orta ve Güney Amerika bölgesinde 300.3 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Avrupa bölgesi 167.1 milyon ton petrol üretimi gerçekleştirmiştir. Avrasya bölgesi ise 660.1 milyon ton petrol üretimi yapmıştır. En fazla üretimi gerçekleştiren Orta Doğu bölgesi 2020 yılında 1297 milyon ton petrol üretmiştir. Afrika bölgesindeki petrol üretim miktarı 327.3 milyon ton değerinde olmuştur. Asya Pasifik bölgesindeki üretim miktarlarına bakıldığında 2020 yılında 353.1 milyon ton olarak göze çarpmaktadır. Dünya genelindeki üretim miktarı ise 4165.1 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 56: Bölgelerde ve Dünyada Petrol Üretimi (Milyon Ton)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Kuzey Amerika	639.4	660.7	721.9	785.8	871.4	911.0	883.1	921.0	1030	1106	1060
Orta ve Güney Amerika	378.7	381.7	378.6	379.1	393.1	398.4	379.1	367.4	332.9	318.3	300.3
Avrupa	200.0	182.5	167.7	159.0	159.8	166.6	167.9	165.0	163.3	158.2	167.1
Avrasya	659.9	662.5	666.7	675.5	678.4	684.4	696.1	702.4	714.9	719.4	660.1
Orta Doğu	1210	1320	1343	1326	1338	1411	1499	1475	1486	1413	1297
Afrika	487.0	406.0	442.2	409.5	390.5	386.1	365.4	386.1	393.5	401.6	327.3
Asya Pasifik	403.5	395.8	400.9	394.4	395.1	399.8	383.6	368.9	360.7	360.8	353.1
Dünya	3978.6	4009.6	4121.6	4129.8	4227.2	4358.1	4375.1	4385.9	4484.2	4478.0	4165.1

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 19.

2020 yılı petrol üretim miktarlarına bakıldığında en fazla üretimi %17,1’lik paya karşılık gelen 712.7 milyon ton petrol üretim miktarı ile ABD gerçekleştirmiştir. İkinci olarak en fazla üretimi gerçekleştiren ülke %12,6’lık paya karşılık gelen 524.4 milyon ton ile Rusya olurken onu sırasıyla %12,5’lik paya denk gelen 519.6 milyon ton ile Suudi Arabistan, %6,1’lik paya denk gelen 252.1 milyon ile Kanada takip ederken son olarak ise %4,9’lik paya karşılık gelen 202.0 milyon ton ile Irak takip etmektedir (BP Statistical Review of World Energy, 2021: 19).

Aşağıdaki tablo 57’de görüldüğü üzere bölge ve dünya düzeyinde ki petrol tüketimine ait bilgiler yer almaktadır. Bu bilgiler ışığında 2020 yılı baz alındığında Kuzey Amerika bölgesinde 20772 günlük bin varil tüketim gerçekleşirken Orta ve Güney

Amerika’da 5274 günlük bin varil, Avrupa’da 12788 günlük bin varil, Avrasya bölgesinde 4149 günlük bin varil, Orta Doğu’da 8321 günlük bin varil, Afrika’da 3559 günlük bin varil ve son olarak bölge düzeyinde Asya Pasifik bölgesinde 33615 günlük bin varil tüketim gerçekleşmiştir. Dünya genelindeki tüketim miktarı 88477 günlük bin varil olmuştur. En fazla tüketim 33615 günlük bin varil ile Asya Pasifik bölgesinde olurken en az tüketim ise 3559 günlük bin varil ile Afrika bölgesinde gerçekleşmiştir.

Tablo 57: Bölgelerde ve Dünyada Petrol Tüketimi (Günlük bin varil)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Kuzey Amerika	22747	22462	22093	22465	22510	22906	23025	23184	23784	23710	20772
Orta ve Güney Amerika	5809	6065	6260	6491	6478	6377	6151	6136	6000	5889	5274
Avrupa	15344	14914	14393	14223	13980	14319	14619	14929	14908	14826	12788
Avrasya	3578	3873	3991	4008	4165	4102	4156	4205	4320	4367	4149
Orta Doğu	7796	8176	8502	8690	8885	8873	9002	9000	8879	9011	8321
Afrika	3467	3383	3553	3691	3749	3877	3906	3956	4045	4098	3559
Asya Pasifik	27828	28658	29815	30421	30911	32332	33523	34690	35330	35698	33615
Dünya	86568	87530	88607	89988	90677	92787	94381	96099	97265	97598	88477

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 23.

2020 yılında en fazla petrol tüketimi yapan ülkelere baktığımızda ABD %19,14’e denk gelen 17178 günlük bin varil tüketim miktarı ile ilk sırada yer alırken onu sırasıyla %16,1 yani 14225 günlük bin varil tüketim ile Çin, %5,3’e denk gelen 4669 günlük bin varil tüketim ile Hindistan, %3,7’e denk gelen 3268 günlük bin varil tüketim ile Japonya ve son olarak %2,9’a denk gelen 2560 günlük bin varil ile Güney Kore takip etmektedir (BP Statistical Review of World Energy, 2021: 23). Petrol, çoğu ülkenin ihtiyacı olan petrol bu sebeple tüketim miktarları önemsenen bir kaynak olmuştur. Ülkelerin ekonomileri, nüfusları ve coğrafi alan genişlikleri gibi etmenler tükettikleri petrol miktarları ile paralellik göstermektedir. Bu tüketim miktarları içerisinde en büyük pay G-7 ülkeleri (ABD, Birleşik Krallık, Fransa, İtalya, Almanya, Japonya, Kanada), OECD ülkeleri ve Rusya gibi sanayileşmiş ülkelere ait olmuştur (Bayraç ve Yenilmez, 2005: 6).

Petrol üretim ve tüketim faaliyetlerini gerçekleştiren ülkeler incelendiğinde üretim miktarları yüksek olan ülkelerin tüketim miktarlarının düşük kaldığı görülmüştür.

En büyük üretim sahalarının yer aldığı Orta Doğu bölgesinde tüketim miktarının az olmasındaki en büyük pay kalkınmadaki yavaşlık olarak görülmektedir. Buna benzerlik gösteren diğer bölge ise Afrika olarak gösterilebilir. Petrol bazlı sanayi ve ticaret gibi kolların gelişim göstermesi için teknoloji, sermaye ve ülke ilişkileri gibi etmenler üst düzeyde tutulması gerekir. Bu sebeple petrolün günümüzde ekonomik ve siyasal yönü olan özel bir kaynak olduğu aşikardır (Akbulut, 2008: 120-122).

Tablo 58: Bölgelerde ve Dünyada Petrol Rafineri Kapasitesi (Günlük bin varil)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Kuzey Amerika	21112	20977	21443	21460	21418	21770	22073	22113	22305	22586	21766
Orta ve Güney Amerika	6358	6486	5886	5940	6400	6236	6244	6240	6163	6168	6168
Avrupa	17374	17244	16315	15591	15735	15703	15482	15460	15683	15700	15617
Avrasya	7139	7284	7381	7865	8019	8154	8226	8151	8132	8270	8340
Orta Doğu	8152	8188	8321	8702	8991	9384	9548	9580	9769	10152	10220
Afrika	3309	3573	3643	3347	3357	3357	3357	3343	3338	3344	3343
Asya Pasifik	30427	31302	32363	33231	33849	33294	33490	33808	34735	35527	36492
Dünya	93871	95054	95353	96136	97470	97898	98420	98696	100125	101748	101947

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 31.

2020 yılı itibarıyla en fazla rafineri kapasitesi bulunan ülkelere bakıldığında ilk sırada %17,8'e karşılık gelen 18143 günlük bin varil kapasiteyle ABD yer almaktadır. Sırasıyla %16,4 yani 16691 günlük bin varil ile Çin ikinci sırada, %4,9 yani 5018 günlük bin varil ile Hindistan üçüncü sırada, %3,2 yani 3285 günlük bin varil ile Japonya dördüncü sırada ve Güney Kore ise %3,5'e denk gelen 3272 günlük bin varil kapasite ile beşinci sırada yer almaktadır (BP Statistical Review of World Energy, 2021: 31).

Tablo 59: Bölge ve Ülkelere Göre Gerçekleşen Petrol İhracatı (Günlük bin varil)

İHRACAT						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Kanada	2599	2798	3056	3296	3536	3836
Meksika	1539	1487	1366	1347	1293	1323
ABD	2154	2495	2682	3563	4033	4521
Orta ve Güney Amerika	3568	3755	3830	3790	3939	4107
Avrupa	1966	2139	2181	2545	2467	2926
Rusya	7397	7448	7457	7948	7792	8313
Diğer Avrasya	2039	2180	1962	2166	2092	2100
Suudi Arabistan	7595	8120	8468	8365	7911	7968
Orta Doğu (S. Arabistan Hariç)	11976	12188	11742	12242	12699	13537
Kuzey Afrika	2878	1951	2602	2127	1743	1701
Batı Afrika	4755	4759	4724	4590	4849	4880
Asya Pasifik (Japonya hariç)	6226	6088	6299	6307	6450	6780
Dünyanın Geri Kalanı	653	663	338	491	524	525
Dünya	55346	56072	56706	58776	59328	62515
İHRACAT						
	2016	2017	2018	2019	2020	2020 Pay
Kanada	3890	4241	4500	4689	4427	%6,8
Meksika	1380	1290	1316	1272	1252	%1,9
ABD	5078	5888	7041	8095	8117	%12,5
Orta ve Güney Amerika	4147	3958	3739	3463	3455	%5,3
Avrupa	3082	3392	3375	3148	2742	%4,2
Rusya	8814	8992	8117	8380	7433	%11,4
Diğer Avrasya	2096	2201	2023	2135	2073	%3,2
Suudi Arabistan	8606	8404	8581	8474	8027	%12,3
Orta Doğu (Suudi Arabistan Hariç)	15321	16255	16154	14921	13915	%21,4
Kuzey Afrika	1727	2226	2422	2551	1550	%2,4
Batı Afrika	4401	4531	4557	4730	4244	%6,5
Asya Pasifik (Japonya hariç)	7356	7811	7731	7992	7399	%11,4
Dünyanın Geri Kalanı	625	625	555	555	428	%0,7
Dünya	66526	69814	70111	70404	65061	%100

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 32.

Tablo 59 bölge ve dünya geneli düzeyindeki petrol ihracatı rakamlarını vermektedir. Kanada 2020 yılında 4427 günlük bin varil petrol ihracatı yaparken dünya toplam ihracatında ki payı %6,8 olmuştur. Meksika ise yine aynı yılda 1252 günlük bin varil ihracat değeri yakalamış ve %1,9'luk bir paya sahip olmuştur. En fazla petrol ihraç eden ülke konumunda olan ABD ise 2020 yılında 8117 günlük bin varil değerinde petrol ihraç etmiştir. Dünya genelindeki toplam petrol ihracat rakamları içerisindeki payı %12,5 olmuştur. Orta ve Güney Amerika bölgesindeki gerçekleşen petrol ihracat rakamları 2020 yılında %5,3'lük pay ile 3455 günlük bin varil olmuştur. Avrupa bölgesinde ki ihracat rakamları yine 2020 yılında %4,2'lik pay ile 2742 günlük bin varil olmuştur. 2020 yılında Rusya ise 7443 günlük bin varil petrol ihracatı yaparken %11,4'lük bir paya sahip olmuştur. Diğer Avrasya bölgesi ülkelerinde gerçekleşen toplam petrol ihracatı 2073 günlük bin varil olurken dünya toplam petrol ihracatı içindeki payı %3,2 olmuştur. En fazla petrol rezervlerine sahip olan ülkelerden biri olan Suudi Arabistan'da 2020 yılında gerçekleşen petrol ihracatı 8027 günlük bin varil olurken %12,3'lük bir paya da sahip olmuştur. Suudi Arabistan dışında kalan diğer Orta Doğu ülkelerinde 2020 yılında gerçekleşen toplam petrol ihracatı 13915 günlük bin varil ile %21,4 olmuştur. Kuzey Afrika bölgesinde 2020 yılında 1550 günlük bin varil petrol ihracatı gerçekleşmiş olup aynı zamanda %2,4'lük bir paya da sahip olmuştur. Batı Afrika'da gerçekleşen petrol ihracatı ise 4244 günlük bin varil ile %6,5 olmuştur. Japonya hariç Asya Pasifik bölgesinde gerçekleşen petrol ihracatı rakamları ise 7399 günlük bin varil ile %11,4 olmuştur. Dünyanın geriye kalan ülke ve bölgelerindeki petrol ihracatı 428 günlük bin varil ile %0,7 oranında gerçekleşmiştir. 2020 yılında dünya genelinde toplam petrol ihracatı 65061 günlük bin varil olmuştur.

Aşağıdaki tablo 60'da bölge ve dünya genelinde gerçekleşen ithalat rakamları görülmektedir. Tabloya göre 2020 yılında ABD'de 7863 günlük bin varil ithalat yapılırken toplam ithalatta ki payı %12,1 olmuştur. Avrupa bölgesinde ise yine aynı yılda 12611 günlük bin varil petrol ithalatı yapılmış olup ithalattaki payı %19,4 olmuştur. Çin'de gerçekleşen ithalat miktarı ise 2020 yılında 12865 günlük bin varil ile %19,8 olmuştur. Hindistan'da ise 5030 günlük bin varil petrol ihracatı yapılmış toplam petrol ithalatı içerisindeki payı %7,7 olmuştur. Japonya'nın petrol ithalat rakamları ise 2020 yılında 3310 günlük bin varil olmuş payı ise %5,1 oranında gerçekleşmiştir. Dünyanın

geriye kalan ülke ve bölgelerinde 2020 yılındaki toplam ithalatı 23381 günlük bin varil olmuştur.

Tablo 60: Bölge ve Ülkelere Göre Gerçekleşen Petrol İthalatı (Günlük bin varil)

İTHALAT						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ABD	11689	11338	10587	9859	9241	9451
Avrupa	12407	12489	12721	12920	12957	13993
Çin	5886	6295	6675	6978	7398	8333
Hindistan	3749	3823	4168	4370	4155	4380
Japonya	4567	4494	4743	4637	4383	4332
Dünyanın Geri Kalanı	17048	17634	17812	20012	21193	22026
Dünya	55346	56072	56706	58776	59328	62515
İTHALAT						
	2016	2017	2018	2019	2020	2020 Pay
ABD	10056	10148	9943	9142	7863	%12,1
Avrupa	14354	14700	14151	14866	12611	%19,4
Çin	9214	10241	11028	11826	12865	%19,8
Hindistan	4945	4920	5196	5394	5030	%7,7
Japonya	4180	4142	3940	3780	3310	%5,1
Dünyanın Geri Kalanı	23776	25663	25853	25397	23381	%35,9
Dünya	66526	69814	70111	70404	65061	%100

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 32.

Petrol alanında yapılan çalışmalar Türkiye'nin rezerv kaynaklarının yeterli ölçüde olmadığını gözler önüne sermiştir. 20.05.1933 tarihinde "Petrol Arama ve İşletme İdaresi" kurulmuş ve 1351 metre derinliğine sahip Baspirin-1 kuyusu açılarak ülkemiz adına ilk petrol arama faaliyeti gerçekleştirilmiştir. 20.04.1940 tarihinde Raman-1 kuyusunda ilk ticari anlamda ki petrol keşfi gerçekleşmiştir. Yapılan bu keşif kuyunun 1048 metresinde gerçekleşmiştir (Bayraç ve Yenilmez, 2005: 9-10).

Ülkemizde petrol, nihai enerji tüketiminin yanı sıra enerji ürünleri arzı hususunda da özel bir yeri bulunmaktadır. Ülkemizde petrol ve petrol bazlı ürünlerin enerji tüketimi içerisindeki ortalama payı %35 iken enerji ürünlerinin arzı hususundaki payı ise %30 olmuştur. Zaman içerisinde ülkemizin ham petrol üretim miktarları artış göstermiş

olmasına rağmen talep üretimin üzerinde kalmıştır (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, 2020: 23).

Tablo 61: Türkiye’de Türlerine Göre Petrol Üretimi (Ton)

Ürün Cinsi	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Benzin Türleri	4.307.30	3.948.27	5.113.05	5.101.86	5.36.216	4.684.11	5.287.86	4.165.29
Motorin Türleri	7.636.79	6.077.43	8.509.77	9.582.34	10.395.0	9.292.05	13.642.1	16.704.3
Fuel-Oil	800.572	809.226	547.712	-305.850	-72.009	61.205	356.146	-41.941
Havacılık	3.551.68	31.548.4	5.024.28	4.486.63	4.837.24	4.876.24	5.964.83	2.920.87
Denizcilik	1.878.10	2.585.09	2.344.69	2.346.90	2.154.28	1.766.07	2.345.46	519.356
Gaz Yağı	45.928	44.035	57.820	11.728	4.163	3.884	-1.242	-453
Diğer	3.327.93	3.076.47	6.267.44	7.507.58	6.258.14	4.408.71	7.117.49	9.045.42
Toplam	21.548.3	20.089.0	27.864.7	28.731.2	28.937.1	25.002.2	34.712.6	33.312.9

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2016 Yılı Sektör Raporu, 2017: VIII; Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: V.

Yukarıdaki tabloda ülkemizde üretilen petrol miktarı ve türleri yer almaktadır. 2020 yılında toplam petrol üretimi 33.312.901 ton olmuştur. Bunun içerisinde 4.165.29 ton ile benzin türleri, 16.704.3 ton ile motorin türleri, 2.920.87 ton ile havacılık, 519.356 ton ile denizcilik, 9.045.424 ton ile diğer petrol türleri yer almaktadır. Fuel-oil türü -41.941 ton ve gaz yağı -453 ton olmuştur. Bu iki ürünün eksili değer almasını şöyle açıklamak mümkündür: İthal edilmiş veya stokta bulunan petrolün tekrardan rafineri tarafından kullanılmasını ifade etmektedir.

2020 yılında üretilen petrol miktarı bir önceki yıla kıyasla %4,03 oranında azalarak 33.212.901,485 ton değerinde gerçekleşirken, motorin türü üretim %22,45 oranında artış göstererek ve 16.704.341,251 ton, benzin türü üretim %21,23 oranında azalarak 4.165.297,387 ton, havacılık alanında kullanılan yakıt üretimi %51,03 oranında azalarak 2.920.876,750 ton, denizcilik alanında kullanılan yakıt üretimi %77,86 oranında azalarak 519.355,597 ton ve bunlar dışında kalan diğer ürünlerin üretim miktarları %27,09 oranında artarak 9.045.423,999 ton olmuştur (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: III).

2020 yılında petrol bazlı üretilen akaryakıt miktarı 24.267.477,486 ton olurken akaryakıt dışı ürünlerin üretim miktarı 9.045.423,999 ton olmuştur. Toplam üretim miktarı ise 33.312.901,485 ton olarak gerçekleşmiştir. 2019 yılında ise yine petrol bazlı akaryakıt üretimi 27.595.183,320 ton olurken akaryakıt dışı ürünlerin üretim miktarı 7.117.493,607 ton olmuştur. Toplam üretim miktarı ise 34.712.676,927 ton olarak gerçekleşmiştir. Buna göre 2020 yılında 2019 yılına kıyasla akaryakıt üretiminde %12,06 bir azalma, akaryakıt dışı ürün üretiminde %27,09 oranında bir artış ve toplam üretimde %4,03 oranında bir azalış yaşanmıştır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 2-3).

Tablo 62: Türkiye'nin Bazı Yıllarda Ham Petrol Üretimi (Milyon ton)

Yıllar	Üretim Miktarı	Yıllar	Üretim Miktarı
1999	2.939,896	2010	2.496,113
2000	2.749,105	2011	2.367,251
2001	2.551,467	2012	2.337,551
2002	2.441,534	2013	2.398,454
2003	2.375,044	2014	2.455,893
2004	2.275,530	2015	2.515,662
2005	2.281,131	2016	2.571,928
2006	2.175,668	2017	2.551,929
2007	2.134,175	2018	2.850,828
2008	2.160,067	2019	2.984,800
2009	2.401,799	2020	3.202,924

Kaynak: <https://www.mapeg.gov.tr/Custom/Petrolistatistik> Erişim Tarihi.: 14.01.2022.

Tablo 62 ülkemizin bazı yıllarda üretmiş olduğu ham petrol miktarlarına ait bilgileri bize göstermektedir. Yıllar itibariyle farklılık gösteren ham petrol ithalatı 1999 yılında 2.939,896 milyon ton seviyesindeyken 2010 yılında 2.496,113 milyon ton ve 2020 yılında 3.202,924 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 1999 yılından itibaren ham petrol üretimi ilk defa 2020 yılında üç milyon ton üzerine çıkmıştır.

Üretimi gerçekleşen ham petrol miktarı 2020 yılından önceki on yıllık periyod göz önünde bulundurulduğunda üretim miktarı ortalama 2,5 milyon dolaylarında gerçekleşmiştir. 2020'de ülkemizde günlük ortalama üretimi gerçekleşen ham petrol

miktarı 61.700 varil olmuş ve milyon ton cinsinden karşılığı ise 2020 yılında 3,2 milyon ton seviyesinde gerçekleşmiştir. 2020’de ki üretim miktarı 2019’a kıyasla %7,3 oranında artmıştır (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, 2021: 26).

Tablo 63: Türkiye’de Türlerine Göre Petrol Tüketimi (Ton)

Ürün Cinsi	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Benzin Türleri	1.860.358	1.921.762	2.097.248	2.234.045	2.303.254	2.329.920	2.399.341	2.339.549
Motorin Türleri	17.159.304	17.797.416	20.564.852	22.322.574	24.166.321	23.576.884	22.535.057	22.657.544
Fuel-Oil	679.455	707.540	604.054	583.539	492.356	359.919	348.440	299.669
Havacılık	1.179.859	1.214.555	1.319.241	1.337.418	1.262.517	1.280.675	1.176.048	699.482
Denizcilik	2.787	18.770	234	420	41.220	43.805	40.299	41.826
Gaz Yağı	46.751	39.783	56.609	14.621	4.686	2.698	3.384	2.100
Diğer	199.562	192.844	182.465	179.898	190.626	213.321	236.181	332.117
Toplam	21.128.076	21.892.670	24.824.703	26.716.835	28.460.979	27.807.223	26.737.750	26.372.288

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2016 Yılı Sektör Raporu, 2017: IX; Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: V.

Yukarıdaki tabloda ülkemizde gerçekleşen petrol tüketimi ve türlerine ait bilgiler yer almaktadır. 2020 yılında ülkemizde toplam 26.372.288 ton petrol tüketimi yapılmıştır. Yapılan bu tüketimin 2.339.549 tonu benzin türü ürün, 22.657.544 tonu motorin türü ürün, 299.669 tonu fuel-oil, 699.782 tonu havacılık alanı için, 41.826 tonu denizcilik için, 2.100 tonu gaz yağı ve 332.117 tonu ise diğer ürünler için kullanılmıştır. En fazla tüketim alanı motorin türleri için olurken en az tüketim ise gaz yağı sınıfında olmuştur.

2020 yılında ülkemizde gerçekleşen satış rakamlarına bakıldığında toplam yurt içi satışların bir önceki yıla kıyasla %1,37 oranında azalış göstererek 26.372.287 ton olarak gerçekleşmiştir. Motorin türü ürünlerde ise satış rakamları bir önceki yıla kıyasla %0,54 oranında artış göstererek 22.657.543 ton olmuş ve benzin türü ürünlerde gerçekleşen satış rakamları ise bir önceki yıla kıyasla %2,49 oranında azalış göstererek 2.339.549 ton değerinde gerçekleşmiştir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: III).

Ülkemizde en fazla petrol satışının yapıldığı il 3.936.556,488 ton ile İstanbul olurken toplam satışların içerisindeki payı ise %14,93 olmuştur. İstanbul’a yapılan

satışların içerisinde 510.328,627 ton ile benzin türleri, 3.143.232,617 ton ile motorin türleri, 16.693,040 ton ile fuel-oil türleri, 259.396,524 ton ile havacılık alanı için kullanılan ürünler, 6.732,356 ton ile denizcilik alanı için kullanılan ürünler ve 173.324 ton ile gaz yağı bulunmaktadır. En az satışın gerçekleştiği ilimiz ise 15.257,208 ton ile Tunceli olmuştur. Toplam satış içerisindeki payı ise %0,06 oranında olmuştur. Tunceli iline yapılan satışlar içerisinde 1.349,549 ton benzin türü, 13.345,189 ton motorin türü, 549,800 ton fuel-oil ve 12,671 tonu havacılık alanında kullanılmak üzere yapılmıştır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 28-30).

Ülkemizin, ihtiyacı olan petrolü üretim yaparak karşılayamaması onu petrol konusunda ithalatçı bir konuma getirmiştir. Türkiye ihtiyacı olan bu petrolü İran, Suudi Arabistan, Libya gibi ülkelere ithal ederek karşılamaktadır. Buna ek olarak son zamanlarda Türkiye ve Rusya petrol ithalatı hususunda önemli adımlar atmışlardır (Bayraç ve Yenilmez, 2005: 14).

Ülkemizin petrol üretimi için kaynaklarının sınırlı olması sebebiyle ihtiyaç duyduğu petrol ihtiyacının %90 gibi büyük bir kısmını ithalat yaparak karşılamaktadır. Bu durum aynı zamanda ülkemizin cari açığına etki eden önemli parametrelerden biri olmuştur. Özellikle son zamanlarda Karadeniz ve Akdeniz üzerinde gerek petrol gerekse doğal gaz arama çalışmaları hız kazanmıştır (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, 2020: 23).

Aşağıdaki tablo 64’de ülkemizin çeşitli yıllarda yapmış olduğu petrol ithalatı ve türlerine ait bilgiler yer almaktadır. Bu tabloya göre 2020 yılında ham petrol ithalat miktarı 29.368.757,252 ton olurken, motorin türünde yapılan ithalat miktarı 8.639.334,980 ton, fuel-oil türünde 341.098,450 ton, havacılık alanında 127.135,536 ton, denizcilik alanında 120.978,020 ton ve diğer alanlarda 1.905.486,382 ton değerinde ithalat gerçekleşmiştir. Toplam ithalat miktarı ise 40.502.790,620 ton olmuştur. En fazla ithalat ham petrol türünde yapılmıştır.

Tablo 64: Türkiye’de Türlerine Göre Petrol İthalatı (Ton)

Ürün Cinsi	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ham Petrol	25.064.776,000	24.957.985,157	25.766.549,208	20.970.669,254	31.073.819,090	29.368.757,252
Motorin Türleri	11.891.847,000	12.370.934,991	13.455.722,864	13.749.186,751	10.916.035,795	8.639.334,980
Fuel-Oil	919.709,000	1.163.615,623	828.758,286	553.552,338	556.581,360	341.098,450
Havacılık	166.296,000	341.284,860	196.906,154	481.734,191	354.256,256	127.135,536
Denizcilik	75.954,000	14.698,672	1.210,888	10.254,421	30.523,031	120.978,020
Diğer	1.512.096,000	1.215.481,653	2.404.283,193	2.976.057,563	1.906.156,475	1.905.486,382
Toplam	39.630.678,000	40.064.000,956	42.653.430,593	38.711.454,518	44.837.372,007	40.502.790,620

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2016 Yılı Sektör Raporu, 2017: 11; Petrol Piyasası 2018 Yılı Sektör Raporu, 2019: 12; Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 10.

Ülkemizin 2020 yılında en fazla petrol ithalatı yaptığı ülke 11.783.566,273 ton ile Irak olmuştur. Yapmış olduğu bu ithalat miktarı sadece ham petrol sınıfında olmuş ve toplam petrol ithalatı içerisindeki payı %29,09 olmuştur. İkinci sırada 8.579.385,833 ton ile Rusya gelmektedir. Yapılan bu ithalatın 3.777.326,601 tonu motorin ürünleri, 3.267.894,124 tonu ham petrol, 1.518.091,888 tonu diğer petrol ürünleri ve 16.073,220 tonu ise denizcilik alanında kullanılmak üzere yapılmıştır. Rusya’dan yapılan ithalat miktarı toplam ithalatın %21,18’ine karşılık gelmektedir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 7).

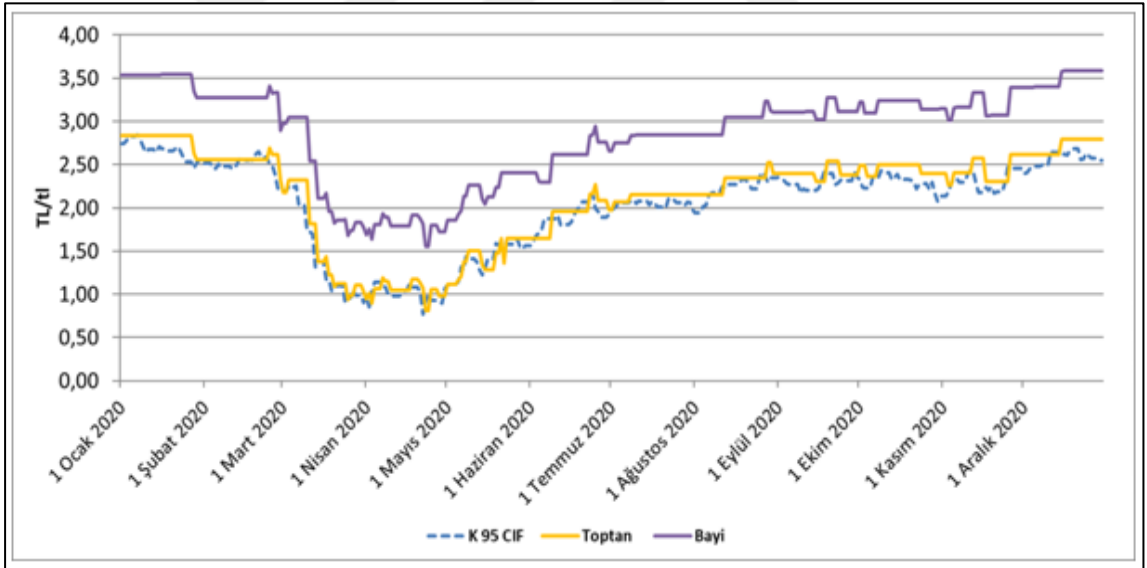
2020 yılında gerçekleşen ihracat miktarları bir önceki yıla kıyasla %37,35 oranında azalmıştır. Havacılık yakıtları alanında yapılan ihracat miktarı ise %52,02 oranında azalış göstermiştir. Benzin türü sınıfında yer alan ürünlerin ihracatında 2019 yılına göre %37,18 oranında azalmıştır. Motorin türünde ise 2019 yılına kıyasla %26,24 oranında artarak 2.678.560,155 ton olarak gerçekleşmiştir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: III).

Tablo 65 ülkemizin yapmış olduğu petrol ihracatı ve türlerine ait bilgileri bize sunmaktadır. Buna göre 2020 yılında toplamda 8.954.254 ton değerinde ithalat gerçekleşmiştir. Bunun ihracatın içerisinde 1.867.319 tonu benzin türü, 2.678.560 tonu motorin türü, 24.431.633 tonu havacılık türü, 602.988 tonu denizcilik türü ve 1.373.754 tonu ise diğer petrol ürünleri ihracatını olarak yer almaktadır.

Tablo 65: Türkiye’de Türlerine Göre Petrol İhracatı (Ton)

Ürün Cinsi	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Benzin Türleri	2.505.037	2.086.705	3.115.474	2.888.063	3.167.398	2.439.858	2.972.490	1.867.319
Motorin Türleri	90.438	55.705	27.526	71.405	233.060	145.962	2.121.843	2.678.560
Fuel-Oil	938.818	1.148.263	982.337	282.001	252.068	235.830	585.510	0
Havacılık	2.877.250	3.094.261	3.757.478	3.528.546	3.770.931	3.874.909	5.068.034	2.431.633
Denizcilik	1.818.990	2.402.647	2.434.117	2.261.816	2.097.170	1.785.550	2.396.947	602.988
Gaz Yağı	0	0	0	0	0	0	0	0
Diğer	114.508	498.426	488.645	656.683	569.410	392.907	1.148.130	1.373.754
Toplam	8.345.041	9.286.007	10.805.577	9.688.515	10.090.038	8.875.016	14.292.955	8.954.254

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2016 Yılı Sektör Raporu, 2017: IX; Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: V.

Şekil 42: Türkiye’de 2020 Yılı Vergisiz Kurşunsuz Benzin 95 Oktan Fiyat Seyri (TL/LT)

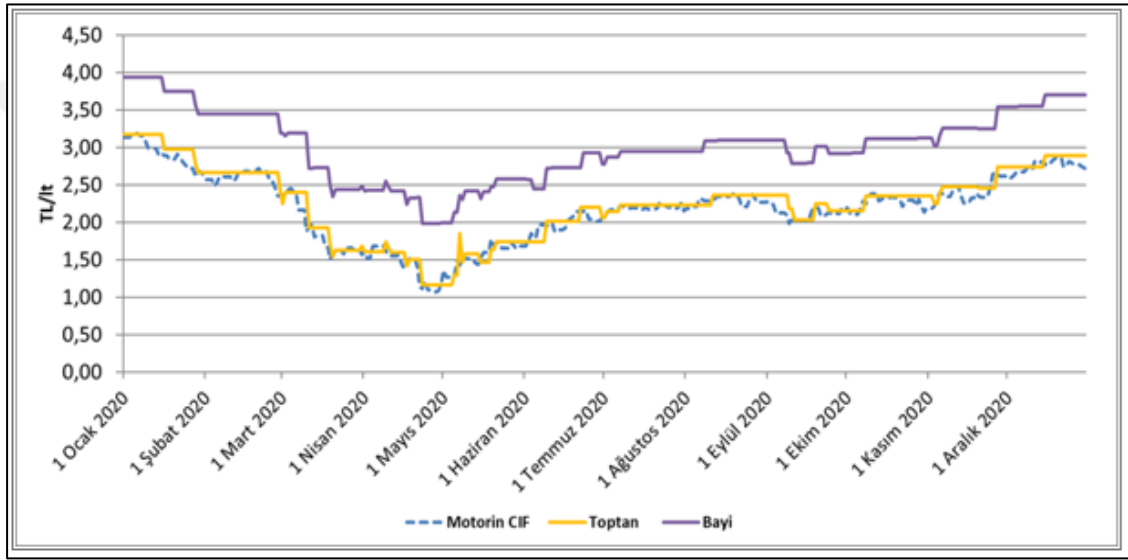
Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 73.

Şekil 42’de kurşunsuz 95 oktan benzinin ülkemizdeki vergisiz fiyatlarının seyri görülmektedir. Buradan hareketle ocak, şubat ve mart aylarında litre başına olan ürün fiyatı 2,50-3,00 Türk Lirası (TL) arasında seyrederken mart ayından sonra önemli ölçüde düşerek 1,00 TL civarına kadar gelmiştir. Bu düşüş seyri nisan ve mayıs aylarında da

etkisini göstermiştir. Haziran ayı ile birlikte yükselmeye başlayan ürün fiyatı aralık ayı ile birlikte 2,50 TL civarına gelmiştir.

Türkiye’de motorin ve benzinin fiyatları küresel çapta meydana gelen değişimlere bağlı olarak azalış veya yükseliş gösterdiği dönemler olmuştur. Ülkemizde 2020 yılında kurşunsuz 95 oktan benzinin bayilerdeki vergisizi fiyatı ortalama litre başına 2,87 TL olurken, motorin litre başına ortalama 3,02 TL olmuştur (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 73).

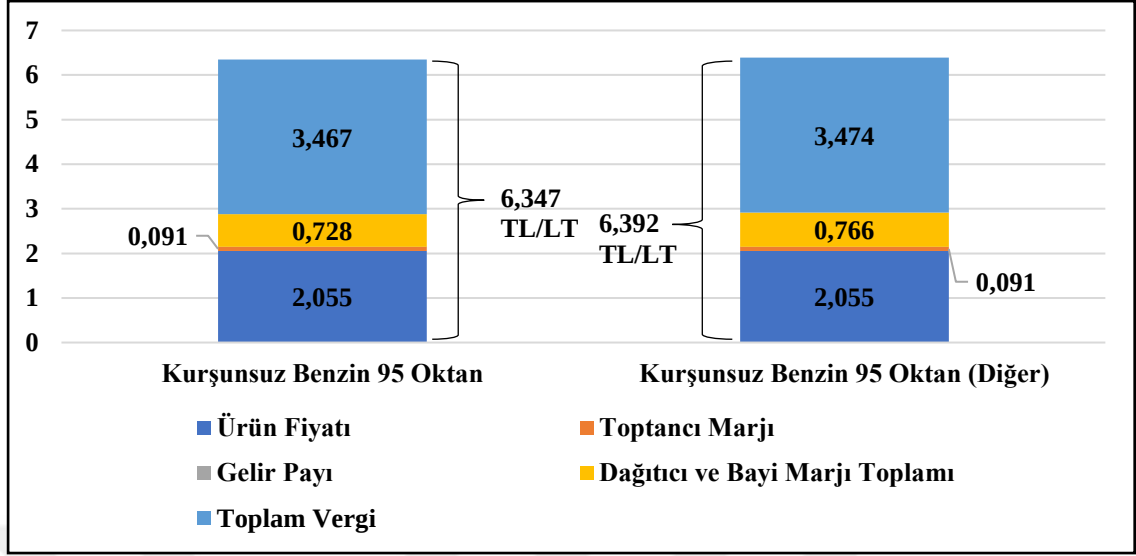
Şekil 43: Türkiye’de 2020 Yılı Vergisiz Motorin Fiyat Seyri (TL/LT)



Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 73.

Yukarıdaki şekil 45’de görüldüğü üzere ülkemizde motorin fiyatlarının vergisiz seyrine ait bilgiler yer almaktadır. Ocak ayında litre başına ürün fiyatı 3,00-3,50 TL arasında seyrederken şubat ayında 2,50 TL’ye kadar düşmüştür. Bu düşüş trendi mayıs ayına kadar devam etmiş ve bu ayda 1,00 TL civarına kadar düşmüştür. Mayıs ayından sonra tekrar fiyatların yükselmeye başladığı dönem olmuş ve aralık ayında 2,50-3,00 TL arasında bir fiyatla yılı kapatmıştır.

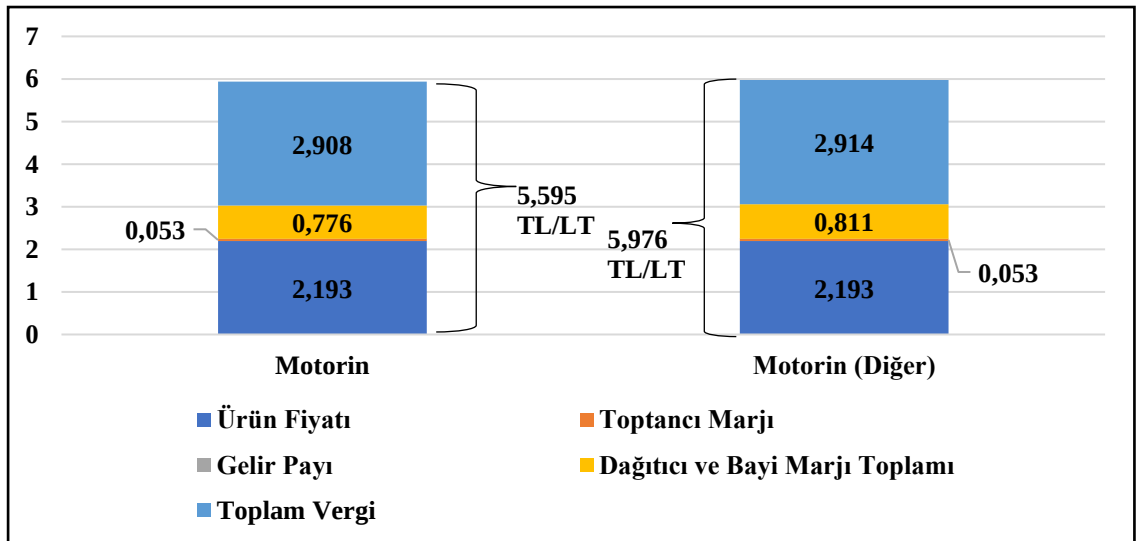
Şekil 44: Türkiye’de 2020 Yılı Ortalama Benzin Fiyatı



Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 74.

Şekil 44’e göre 2020 yılında ülkemizdeki kurşunsuz benzin 95 oktanın ortalama nihai satış fiyatı litre başına 6,347 TL olmuştur. Bu fiyatın içerisindeki vergi oranı %54,62 ile 3,467 TL olurken, ürünün fiyatı ise %32,37 ile 2,055 TL olmuştur. Dağıtıcı ve bayi marjı toplamı ve toptancı marjı ise %12,90 ile toplamda 0,819 TL değerinde olmuştur. Gelir payı ise 0,00482 TL olmuştur.

Şekil 45: Türkiye’de 2020 Yılı Ortalama Motorin Fiyatı (TL/LT)



Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu 2021: 75.

Şekil 45'te 2020 yılında ülkemizdeki ortalama motorin fiyatını göstermektedir. Buna göre litre başına ortalama nihai motorin fiyatı 5,595 TL olmuştur. Bunun içerisinde vergi miktarı, 2,908 TL ile en yüksek paya sahip olurken onu sırasıyla 2,193 TL ile ürün fiyatı, 0,776 TL ile dağıtıcı ve bayilerin elde ettiği kazanç miktarlarının toplamı, 0,053 TL ile de toptancı marjı ve 0,00482 TL ile de gelir payı yer almaktadır. Nihai ortalama fiyat içerisinde verginin payı %51,97, ürün fiyatı %39,19, bayilerin ve dağıtıcıların elde ettiği marjin toplamı %13,86 ve toptancı marjı ise %0,94 olmuştur.

2020 yılında dört adet benzin türü ülkemizde resmi olarak tanımlı durumdadır. Bunlar: Kurşunsuz benzin 95 oktan, kurşunsuz benzin 98 oktan, kurşunsuz benzin 95 oktan (E10) ve kurşunsuz benzin 98 oktan (E10) olmuştur. Bu tanınan dört benzin türünden yalnızca kurşunsuz benzin 95 oktan yaygın olarak satışa sunulup kullanılmaktadır. Aynı zamanda kurşunsuz benzin 95 oktan farklılaştırılmış ve standart halde olmak üzere 2 farklı şekilde kullanılmaktadır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, 2021: 74).

İKİNCİ BÖLÜM

ÇEVRE, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SERA GAZLARI

2.1.ÇEVRE KAVRAMI

Çevre bilimciler çevre kavramını tanımlarken şöyle bir tanım kullanırlar; çevre, su, toprak ve havanın bünyesinde bulunan canlıların varlığını devam ettirmeye yardımcı olan bütün canlı ve cansız varlıklardan oluşan yaşam destek sistemlerinin tümü olarak ifade etmektedirler (Dağdemir, 2003:7).

İnsanlar tarafından ise çevre; ihtiyaçların karşılandığı, üretim ve tüketimde bulunduğu, soyların devamını sağladığı, sosyal faaliyetlerde bulunduğu bir ortam olarak ifade edilebilir (Ünlü, 1995: 5). İnsanların yaşadığı çevrenin şehir, deniz, kır, dağlık vs. gibi alanlardan oluşması doğal çevreyi ve yine insanların kendi çabalarıyla yarattıkları çevre ise yapay çevreyi ifade etmektedir (Keleş ve Hamamcı, 1997: 23-24). İnsanlar dünya üzerinde yaşamaya ve çevre oluşturmaya başladığı günden itibaren işler doğanın aleyhine ilerlemektedir. Yapay çevre ile doğal çevre arasındaki çekişme neticesinde yapay çevre büyürken doğal çevre küçülmektedir (Çabuk ve Karacaoğlu, 2003: 190).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2019 yılı çevre koruma harcama istatistiklerine göre çevre koruma harcamaları 2019 yılında 2018 yılına kıyasla %1,2 artış göstererek 39,4 milyar TL olmuştur. Bu harcamaların en büyük kısmı %57,8 ile mali ve mali olmayan şirketler olup bunu sırasıyla %34,2 ile genel devlet ve hane halkına hizmet eden kâr amacı gütmeyen kuruluşlar ve %8 ile hane halkı tarafından gerçekleştirilmiştir (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Cevre-Koruma-Harcama-Istatistikleri-2019-33629> Erişim Tarihi: 29.05.2021).

Konularına göre ayrılmış çevre koruma harcamaları yine 2019 yılında %46,3 ile atık yönetimi hizmetlerinden olurken bunu %37,8 ile atık su yönetimi hizmetleri, %4,8 ile biyolojik çeşitliliğin ve peyzaj korunması, %7,3 ile de diğer çevre konularından meydana gelmiştir. Çevreyi korumaya yönelik yapılan yatırım harcamaları 2019 yılında 2018 yılına kıyasla %10,5 azalarak 6,4 milyar TL olmuştur. Bu yatırımların sırasıyla %76,9'u mali ve mali olmayan şirketler, %23,1'i genel devlet ve hane halkına hizmet

eden kâr amacı gütmeyen kuruluşlar gerçekleştirmiştir. Çevre koruma harcamalarının GSYİH (Gayri Safi Yurtiçi Hasıla) içindeki payı 2018 yılında %1,0 olurken bu oran 2019 yılından %0,9'a düşmüştür (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Cevre-Koruma-Harcama-Istatistikleri-2019-33629> Erişim Tarihi: 29.05.2021).

2.1.1.Çevre Sorunlarının Ortaya Çıkışı

Çevre sorunları tarihin ilk dönemlerine kadar uzanmaktadır. İnsanların yerleşik hayata geçmesi ile başlayan bu süreç Sanayi Devriminin gerçekleşmesiyle birlikte daha fazla artış göstererek ekosistem dengesinin bozulmasına ve canlı varlıklar üzerinde tehlike oluşmasına neden olmuştur. Önceleri sanayi devriminde ön safta yer alan ülkelerde bu sorunlar meydana gelirken, zamanla dünya genelinde yayılmaya başlamıştır (Öktem, 2003: iii).

1898 yılında dünyadaki karbondioksit salınımının küresel ısınmaya yol açabileceği hususunda ilk uyarıyı Svante Ahrrenius adındaki İsveçli bir bilim insanı yapmış fakat bu uyarı o yıllarda çok önemsenmemiştir (Karbuz, 2002: 9). 1930'da Belçika'ya bağlı Meuse Vadisinde meydana gelen çevre kirlenmesiyle birlikte artış gösteren ölüm, solunum ve kalp hastalıkları hava kirlenmesi kavramını gündeme getirmiştir. 1948'de Pennsylvania'ya bağlı Donara'da ve 1952'de ise Londra'da gün yüzüne çıkan çevre kirliliği vakaları insan ölümlerine yol açtığı için kısa sürede geniş bir yankı bulmuş olup çevre kirliliği hususunda önlemlerin alınması gerektiği konusu gündeme gelmiştir (Türkman, 2000: 36).

Eski dönemlerde çevre ile insan arasındaki ilişki rollerinde insan edilgen, çevre ise etken bir konumda olmuştur. Fakat günümüzde bu roller değişerek insan etken, çevre ise edilgen bir konuma geçtiği görülmektedir (Gökdayı, 1997: 110). İnsanlar bulunduğu ve yaşadığı ortamdaki canlı ya da cansız varlıkları kendi çıkarları doğrultusunda kullanmaktadırlar. İnsanların bu varlıkları kendi amaçları doğrultusunda kullanmaları zamanla bu varlıkların bozulmasına ve kaybolmasına yol açmıştır (Keleş, Hamamcı ve Çoban, 2005: 21).

İnsanlığın, ilk var oluşundan bu yana çevreyle çok yakın ilişki içinde olması sebebiyle çevre üzerinde bazı olumsuz etkileri olmuştur. Gün geçtikçe insanın çevreye verdiği zarar özellikle de sanayi devriminden sonra hızla artmıştır. Her geçen gün artan

nüfus, sanayileşme ve kentleşme gibi faktörler aynı zamanda enerji ihtiyacının da artmasına neden olmuştur. Özellikle sanayi de kullanılan enerji ihtiyacının büyük bir kısmı yenilenemeyen enerjilerden karşılandığı için çevre üzerinde ki negatif etkisi daha fazla olmaktadır.

Su, hava ve toprağın gün geçtikçe yapısı ve işlevlerinin bozulması, insanların ihtiyaçlarını karşılamak için aşırı miktarda tüketilen hayvan ve bitki gibi canlı varlıkların yok olması çevresel değerlerin kaybolmasına neden olmuştur (Keleş, Hamamcı ve Çoban, 2005: 99).

2.1.2.Çevre Kirliliği ve Türleri

Çevre, dünya üzerindeki canlıların yaşamını devam ettirebilmeleri için etkileşim halinde bulundukları dış ortam olarak tanımlanabilir. Bu yüzden çevre insanı etkileyen ve aynı zamanda insandan etkilenen her şey diyebiliriz. İnsan ve çevrenin bu karşılıklı etkileşimi sanayi devriminden sonra artan kentleşme, nüfus ve teknoloji ile birlikte artmıştır. Bu etkileşimin sonucunda toprak, hava ve su gibi çevrenin en önemli unsurları hızla kirlenerek canlı yaşamını tehdit etmeye başlamıştır (Başol vd., 2007: 151). Bu yönden bakıldığında çevre kirliliği canlı hayatı üzerinden olumsuz etkileri olan, çevresel faktörlerin niteliklerini bozan, tahrip eden ve maddi zararlara sebebiyet veren kirletici maddelerin aşırı miktarda toprağa, havaya ve suya karışması olarak söylenebilir (Akyıldız, 2008: 30).

Her geçen gün artarak devam eden çevre kirliliği bilhassa günümüzde canlı yaşamını tehdit eder hale gelmiştir. Daha önceleri çevre kirliliği yerel alanların sorunu olarak görülürken bugüne bakıldığında ise küresel çapta bir sorun haline gelmiştir. Bir ülkede kirletici unsurlar tarafından ortaya çıkan gaz ve dumanlar rüzgâr ya da asit yağmurları aracılığıyla taşınarak başka ülkelere zarar verebilecek duruma ulaşmıştır (Öztürk, 2017: 12).

Çevre kirliliği bakımından en önemli kirlilik türleri:

- Su kirliliği
- Gürültü kirliliği
- Toprak kirliliği
- Görüntü kirliliği
- Radyoaktif kirliliği

- Hava kirliliği olduğu görülmektedir.

2.1.2.1.Su Kirliliği

Doğal çevrenin en önemli unsuru olan su kaynakları (deniz, göl, akarsu vb.) ile günlük hayatta kullanılan içme sularının başta insan faktörü olmak üzere çeşitli sebeplerle canlı yaşamını negatif yönde etkileyecek şekilde bozulması olayına su kirliliği denilmektedir (Topbaş vd., 1988: 9).

Nüfus, sanayi, kentleşme, tarımsal faaliyetler su kirliliğine yol açan faktörler olarak görülmektedir. Sanayide ortaya çıkan atıklar herhangi bir arıtma işlemi olmadan toprağa salınması ve akabinde yağın yağmurun suları ile birlikte yer altı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Tarımsal alanda kullanılan kimyasal ilaç ve gübrelerin kullanımı nedeniyle yer altı suları kirlenmektedir. Nüfusun artması da bu kirlenme sürecine ilave bir etkisi olmaktadır. Bunların yanı sıra su kirliliğine neden olan bir diğer etken ise evsel atıklar olmuştur. Deterjan ve türevi gibi kimyasal kalıntıları olan temizlik ürünlerinin suya karışarak tekrardan doğaya dönmesi de su kirliliğine sebebiyet veren en önemli etkenlerden birisidir. Lağım suları, petrol atıkları, nükleer atıklar, radyo aktif atıkların arıtma tesislerinden veya farklı arıtma işlemleri yapılmadan suya karışabilecek bir ortama bırakılmaları da su kirliliğine neden olmaktadır.

Su kirliliğinin sağlık üzerinde de olumsuz etkileri bulunmaktadır. Başta kanser olmak üzere solunum yolu, bağışıklık sistemi, kalp gibi hastalıklara sebep olmaktadır. Lağım sularının karışması sonucu ile kirlenen suların tifo, dizanteri, hepatit, kolera gibi bulaşıcılığı olan hastalıklara sebep olmaktadır (Koçak, 2012: 85-86).

Ülkemizdeki tüm belediyelerde 2018 yılı belediye atık su istatistikleri anketi uygulanmış olup bu anket sonucuna göre 1.399 belediye içerisinde 1.357'sine kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilmiştir. 2018 yılında kanalizasyon şebekesi vasıtasıyla toplanan 4,8 milyar m³ atık suyun sırasıyla %46,9'u akarsuya, %40,7'si denize, %3,1'i baraja, %1,4'ü göl ve göletlere, %0,4'ü araziye ve son olarak da %7,5' diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Belediye-Atiksu-Istatistikleri-2018-30667> Erişim Tarihi: 16.06.2021).

2018 yılında deşarj edilen 4,8 milyar m³ atık suyun 4,2 milyar m³ 'lük kısmı arıtma tesislerinde arıtılmıştır. Arıtılan bu atık suların %47,9'luk bölümüne gelişmiş, %27,6'lık kısmına biyolojik, %24,2'lik bölümüne fiziksel ve %0,3'lük bölümüne ise doğal arıtma

yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca arıtılan bu atık suların %45,1' akarsuya, %44,5'i denize, %2,5'i baraja, %1,2'si göl ve göletlere %0,3'ü araziye ve %6,4'lük kısmı ise diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Arıtılan bu atık suların %2,3'ü tarımsal sulama, sanayi gibi alanlarda tekrardan kullanılmıştır. Deşarj edilen kişi başına düşen atık su miktarı ortalama olarak 188 litre olduğu tespit edilmiştir. Ülkemizin üç büyük şehrinde sırasıyla İstanbul'da 262 litre, İzmir'de 176 litre ve Ankara'da 126 litre olduğu hesaplanmıştır. Deşarj edilen bu atık suların %88,3' arıtılmıştır. Tüm bu atık su arıtma işlemleri neticesinde 319 bin ton atık su arıtma çamuru oluşmuştur (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Belediye-Atiksu-Istatistikleri-2018-30667> Erişim Tarihi: 16.06.2021).

Ülkemizde 2016 yılında toplam belediye sayısı 1.397 adet iken 2018 yılında 1.399 adet olmuştur. 2016 yılında arıtılarak deşarj edilen toplam atık su miktarı 4.484 milyon m³ olmuş ve 2018 yılında bir parça artış göstererek 4.795 milyon m³ olmuştur. Arıtılarak deşarj edilen atık su oranı ise 2016 yılında %85,7 iken 2018 yılında bir miktar artış göstererek %88,3 olmuştur. Arıtılmadan deşarj edilen atık su oranı ise 2016 yılında %14,3 olurken bu oran 2018 yılında %11,7 olarak hesaplanmıştır. Kişi başına deşarj edilen atık su miktarı 2016 yılından 183 litre iken bu miktar 2018 artış göstererek 188 litre olmuştur (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Belediye-Atiksu-Istatistikleri-2018-30667> Erişim Tarihi: 16.06.2021).

2020 senesinde köy ve belediyelerde içme-kullanma suyu amacıyla dağıtılmak, termik santraller, imalat ve sanayide kullanmak, madencilik faaliyetlerinde ve organize sanayi bölgelerinde kullanmak maksadıyla 18,2 milyar m³ su çekilmiştir. Çekilen bu suyun 9,8 milyar m³ kadar miktarı soğutma maksadıyla kullanılmıştır (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2020-37197> Erişim Tarihi: 22.01.2022).

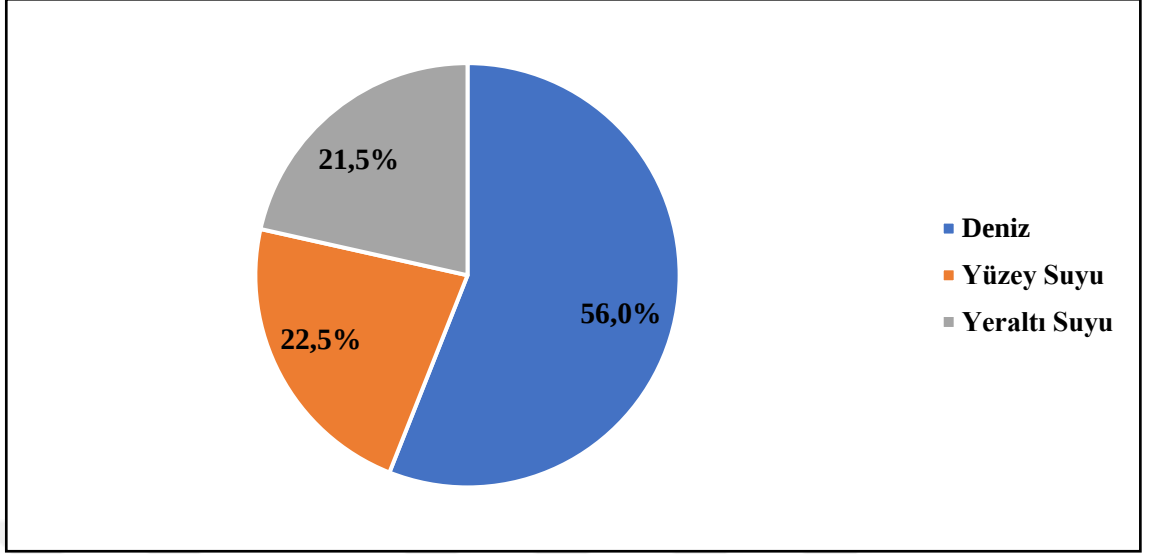
Tablo 66: 2018 ve 2020 Yılı Atık Su Göstergeleri

	2018	2020
Toplam Belediye Sayısı	1399	1389
İçme ve Kullanma Suyu Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Sayısı	1397	1387
Kanalizasyon Şebekesi ile Hizmet Veren Belediye Sayısı	1357	1362
İçme ve Kullanma Suyu Şebekesi ile Hizmet Veren Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı (%)	98,6	98,7
Kanalizasyon Şebekesi ile Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı (%)	90,7	91,1
İçme ve Kullanma Suyu Şebekesi ile Çekilen Toplam Su Miktarı (Milyon M ³)	6193	6492
İçme ve Kullanma Suyu Şebekesi ile Dağıtılan Toplam Su Miktarı (Milyon M ³)	4045	4309
İçme ve Kullanma Suyu Arıtma Tesislerinde Arıtılan Su Miktarı (Milyon M ³)	3574	3900
Alıcı Ortamlara Deşarj Edilen Toplam Atık Su Miktarı (Milyon M ³)	4795	4960
Atık Su Arıtma Tesislerinde Arıtılan Toplam Atık Su Miktarı (Milyon M ³)	4236	4358
Arıtılarak Deşarj Edilen Atık Su Oranı (%)	88,3	87,9
Arıtılmadan Deşarj Edilen Atık Su Oranı (%)	11,7	12,1
Kişi Başına Çekilen Günlük Ortalama Su Miktarı (Litre/Kişi-Gün)	224	228
Kişi Başına Deşarj Edilen Günlük Ortalama Atık Su Miktarı (Litre/Kişi-Gün)	188	189

Kaynak: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2020-37197> Erişim Tarihi: 21.01.2022.

Tablo 66’ da ülkemizdeki belediyeleri kapsayan ve 2018 ile 2020 yıllarını baz alan atık su göstergeleri görülmektedir. Bu verilere göre ülkemizde 2018 yılında toplam belediye sayısı 1.399 adet iken 2020 yılında 1.389 adet olmuştur. 2018 yılında alıcı ortamlarda deşarj edilen toplam atık su miktarı 4.795 milyon m³ olmuş ve 2020 yılında bir parça artış göstererek 4.960 milyon m³ olmuştur. Arıtılarak deşarj edilen atık su oranı ise 2018 yılında %88,3 iken 2020 yılında bir miktar artış göstererek %87,9 olmuştur. Arıtılmadan deşarj edilen atık su oranı ise 2018 yılında %11,7 olurken bu oran 2020 yılında %12,1 olarak hesaplanmıştır. Kişi başına deşarj edilen atık su miktarı 2018 yılında 188 litre iken bu miktar 2020 yılında artış göstererek 189 litre olmuştur.

Şekil 46: 2020 Yılında Çekilen Suyun Kaynaklara Göre Dağılımı



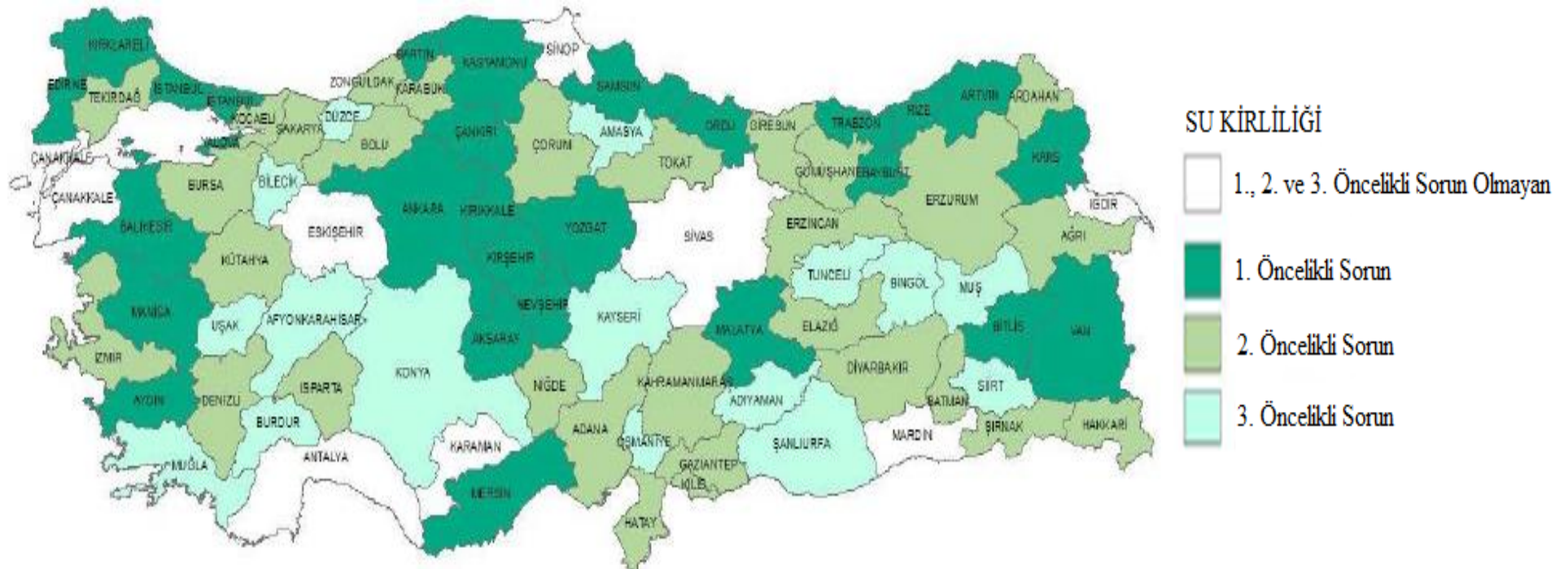
Kaynak: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2020-37197> Erişim Tarihi: 21.01.2022.

Şekil 46’da 2020 yılında çeşitli alanlarda kullanmak maksadıyla çekilen suyun kaynaklara göre dağılımı verilmiştir. 2020 yılında çekilen suyun %56,0’ı denizden çekilirken %22,5’i yüzey suyundan ve %21,5’i ise yeraltı sularından çekilmiştir.

Çekilen bu suyun kullanım alanları ise şu şekilde olmuştur; %45,4 oranındaki miktarı termik santrallerde, %35,6 değerindeki miktarı belediyelerde, %14,2’si sanayi ve imalat, %2,3’ü köylerde, %1,5’i madencilik faaliyetlerinde ve son olarak %1 oranında ki miktarı ise organize sanayi bölgelerinde kullanılmıştır. 2020 senesinde çekilen tatlı suyun %80,9 gibi büyük bir kısmı belediyeler tarafından kullanılırken %7,8’i sanayi ve imalat faaliyeti yürütenler, %5,2’si köyler, %4,7’si organize sanayi bölgeleri ve madencilik faaliyeti yapanlar ve son olarak %1,4’ü termik santral faaliyeti yürütenler tarafından kullanılmıştır (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2020-37197> Erişim Tarihi: 22.01.2022).

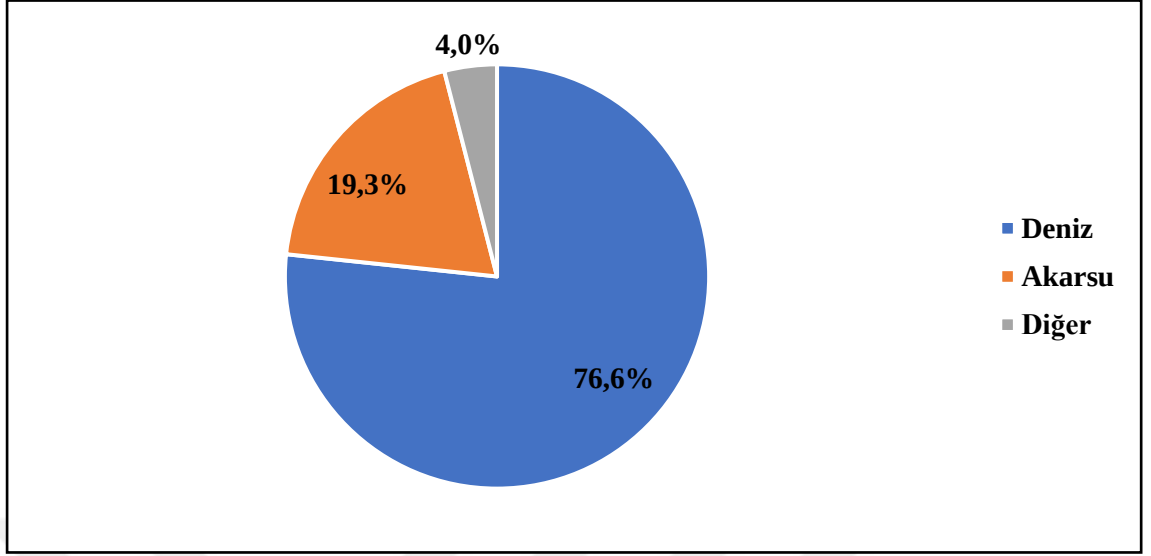
Şekil 47 su kirliliğinin ülkemiz illeri açısından öncelik sırasını yansıtmaktadır. Ülkemizde 27 ilde yani %33’ünde su kirliliği 1. öncelikli sorun olmuştur. Su kirliliği 30 ilde diğer bir deyişle %37’sinde 2. öncelikli sorun, 16 ilde yani %20’sinde ise 3. öncelikli sorun olmuştur. Çevre sorunu olarak görülen su kirliliği ülkemizde toplamda 73 ilde önemli bir çevre problemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Şekil 47: Türkiye Su Kirliliği



Kaynak: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu, 2020: 22.

Şekil 48: 2020 Yılında Deşarj Edilen Atık Suyun Kaynaklara Göre Dağılımı



Kaynak: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2020-37197> Erişim Tarihi: 21.01.2022.

Şekil 48’de 2020 yılında deşarj edilen atık su miktarının kaynaklara göre dağılımını göstermektedir. Buna göre atık suların %76,6’sı denize, %19,3’ü akarsulara ve %4,0’ı diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Alıcı ortamlara yapılan atık su deşarj miktarı 15,3 milyar m³ değerinde olmuştur. Denize deşarj edilen atık su miktarının %80,5 oranında ki kısmı soğutma suyundan meydana gelmektedir. 2020 senesinde meydana gelen nihai atık suların %52,2 oranında ki miktarı termik santraller, %30,9 oranındaki miktarı belediyeler ve %13,4 oranındaki kısmı ise sanayi ve imalat faaliyeti yürüten işletmeler vasıtasıyla direkt alıcı ortamlara deşarj edilmiştir (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2020-37197> Erişim Tarihi: 22.01.2022).

2.1.2.2. Gürültü Kirliliği

Gürültü, canlıların rahatsızlığına yol açan, hoş gitmeyen ses ve ses grupları olarak tanımlanabilir. Sanayi devrimi ile birlikte önemli bir miktarda artan gürültü kentleşme, teknolojinin gelişmesi, nüfusun artması, ulaşım faaliyetlerinin yaygınlaşması gibi etkenlerden ötürü günümüzde bir çevre kirliliği olarak görülmektedir.

Yaşadığımız çevreye negatif bir etkiye bulunan kirleticilerden bir tanesi de gürültü kirliliğidir. Bu kirlilik türü canlıların işitme sağlığını, psikolojik ve fizyolojik durumunu bozan, işe olan verimliliği olumsuz etkileyen ve çevre sakinliği hususunda olumsuz bir durum oluşturan önemli bir çevre sorunu olarak göze çarpmaktadır (Sencar, 2007: 19).

Gürültü, neredeyse tüm üretim faaliyetleri sırasında oluşan ve aynı zaman da teknolojinin de gelişmesiyle birlikte en önemli kirlilik türlerinden birisi olmuştur. Bu gelişmeler neticesinde gürültü kirliliğinin günümüzde en fazla görülen çevre kirliliği haline gelmesi olağan bir durum olarak görülmektedir (Uslu ve Yücel, 1997: 9).

Ses yüksekliği veya ses basınç seviyesi, desibel adı verilen logaritmik bir birimle ölçülür. Sağlıklı bir insan kulağı 0 desibel ile 140 desibel arasındaki sesleri algılar. 120 desibelde rahatsızlık duyar ve 125-130 desibellik seste ise ağrı duymaya başlar. Sesin şiddeti 140 desibele ulaştığında ise kulak zarı yırtılması meydana gelir. 170 desibel ve üstünde bir şiddete sahip olan sese ise insan dayanamaz ve ciddi beyin hasarlarına yol açar.

Gürültünün canlıların üzerindeki olumsuz etkisi en fazla insan hayatı üzerinde görülmektedir. Bu etkiler psikolojik ve fizyolojik olarak ikiye ayrılabilir. Gürültünün, psikolojik etkiler olarak bunalım, depresyon ve karakter sorunlarına yol açabildiği görülmektedir. Fizyolojik etkileri arasında ise en sık görülen ve en önemli etkisi işitme kaybıdır. Bunun yanında uyku bozuklukları, kalp ritminde artışlar, kan basıncındaki düzensizlikler örnek olarak gösterilebilir. Aynı zamanda yapılan çalışmalar soncunda gürültü kirliliğinin psikoloji üzerindeki etkisinin fizyolojik etkilerden daha yaygın olduğu görülmüştür (Özyonar ve Peker, 2008: 75). Gürültü kirliliğini kendi arasında iç mekân gürültü kirliliği ve dış mekân gürültü kirliliği olarak ikiye ayırmak mümkündür. İç mekân gürültü kirliliği kapalı alandan oluşan kirlilik olarak söz edebiliriz. Buna örnek olarak evde bulunan araç ve gereçler gösterilebilir. Esas kirlenmenin kaynağı olarak görülen gürültü kirliliği dış mekândan meydana gelen kirliliklerdir. Bunlara örnek olarak üretim faaliyetleri sebebiyle oluşan gürültüleri, ulaşım, inşaat, sanayi gibi etkenler gösterilebilir. Gürültü kirliliğinin kontrolleri bilhassa büyük şehirlerde daha zor olmaktadır. Sanayi, ulaşım ve üretim faaliyetleri gibi gürültü kaynaklarının yaygın ve karmaşık halde olmaları gürültü kirliliğini kontrol altına almayı güçleştiren en büyük neden olarak karşımıza çıkmaktadır (Fındık, 2007: 18).

Şekil 49: Türkiye Gürültü Kirliliği Öncelikleri Haritası



Kaynak: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu, 2020: 33.

Şekil 49’da gürültü kirliliğini ülkemiz illeri açısından öncelik sırasını yansıtmaktadır. Bu haritaya göre ülkemizde 2 ilde yani Antalya ve Eskişehir’de gürültü kirliliği 1. öncelikli sorun olmuştur. Yine başka 2 ilde Sivas ve Tunceli illerinde gürültü kirliliği 2. öncelikli sorun olduğu görülmektedir. 9 tane ilimizde ise bunlar; Aksaray, Çanakkale, Çorum, Karaman, Kütahya, Mardin, Sakarya, Sinop ve Yalova’da gürültü kirliliği 3. öncelikli sorun olmuştur.

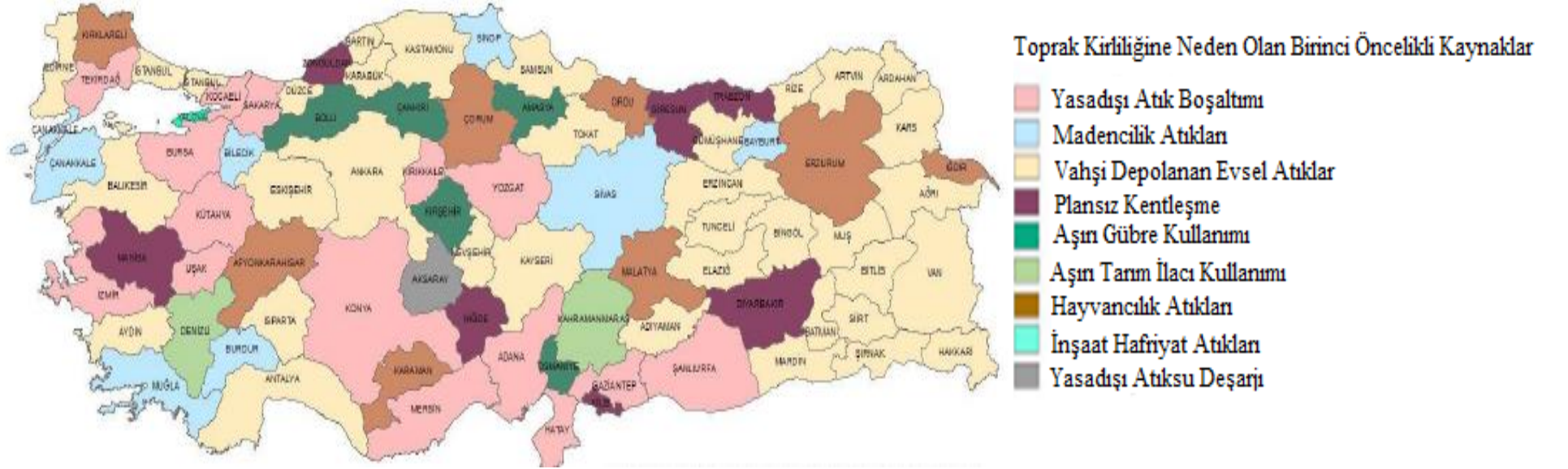
Gürültünün sadece insan sağlığına değil hayvan ve hayvan toplulukları üzerinde de olumsuz etkileri vardır. Gürültü hayvan toplulukların korkarak yaşadığı ortamı terk edip başka alanlarda yaşamını devam ettirmesine mecbur bırakmaktadır. Gürültü kirliliği hayvanlarda davranış değişikliklerine yol açmaktadır (Keleş, Hamamcı ve Çoban, 2005: 115).

2.1.2.3.Toprak Kirliliği

Toprağın kimyasal, fiziksel, biyolojik gibi yapılarının çeşitli faktörlerin etkileriyle bozulmasına toprak kirliliği denir. Fabrika, sanayi ve evsel atıkların direkt araziye dökülmesi, tarımda kimyasal ilaç ve gübrenin kullanılması, arazinin yanlış kullanılması gibi sebeplerle toprak kalitesinin düşmesine ve erozyona yol açabilmektedir.

Toprak kirliliği hususunda en önemli faktör olarak toprak erozyonu karşımıza çıkmaktadır. Yağmur ve rüzgâr gibi doğal aşındırıcı faktörlere birde insan kaynaklı tahribatlar eklenince bu sürecin daha da hızlı ilerlediği görülmektedir (Oktar, 1983: 17). İnsanlığın klasik tarımdan modern tarıma geçişi, sanayinin ve teknolojinin ilerlemesi ve artan nüfus doğal kaynakların zarar görmesine neden olmuştur. Bu bozulmalar toprak kirliliğini meydana getirmiştir. Geçmiş dönemlere bakıldığında teknolojinin bugün ki kadar gelişmemiş olması, nüfusun bu denli fazla olmaması ve sanayinin bugüne kıyasla daha geri de olması nedeniyle toprak kirliliği bugüne kıyasla daha az olmuştur. Tüm bu faktörlerin zaman içerisinde gelişmesi ve artmasıyla birlikte toprak kirliliği de artmaya başlamıştır (Türkoğlu, 2006: 134).

Şekil 50: Toprak Kirliliğine Neden Olan En Önemli Faktörler



Kaynak: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu, 2020: 59.

Şekil 50’de ülkemiz il sınırları içerisinde toprak kirliliğine neden olan en önemli etmenler harita yardımıyla gösterilmektedir. Bu haritaya baktığımızda toprak kirliliğine etki eden en fazla etmen %43’lük oranla vahşi depolanan evsel atıklardan oluşmaktadır. Bunu sırasıyla %19 ile yasadışı atık boşaltımı, %10 ile hayvancılık atıkları takip etmektedir. Madencilik atıkları ve plansız kentleşme ise %9 oranında toprak kirliliğine etki etmektedir.

Bütün bu faktörlerin bir araya gelmesi toprağın üretim açısından verimliliğinin azalmasını ve üretilen mahsulün de değerinin düşmesine neden olmaktadır. Zaman içerisinde değişkenlik gösteren politikalar, kentleşme için arazi ihtiyacının artması, tarıma elverişli toprakların turizm faaliyetleri için kullanılması gibi nedenler toprak kirliliğini meydana getirmektedir (Güney, 2002: 83).

2.1.2.4.Görüntü Kirliliği

İnsanlar tarafından doğal çevre üzerinde yapılan olumsuz değişikliklerin nedeniyle sağlıklı insanların görüş alanlarında onları rahatsız edici yapıların bulunmasına görüntü kirliliği denilmektedir. Günümüz koşullarında çarpık kentleşme, sanayileşme, nüfus gibi faktörlerin her geçen gün giderek artması görüntü kirliliğinin oluşmasına neden olmuştur. Bu faktörlerde meydana gelen artışlar çevre kirliliği ve görüntü kirliliğini de artırmıştır. Rastgele ve herhangi bir tedbir alınmadan yapılan sanayiler, o bölgede yaşayan veya bulunmak zorunda kalan insanların kötü görüntülere maruz kalmasına neden olmaktadır. 1950 yılından itibaren kentleşme hızlanmasıyla büyük kentlere göç olmuş ve dengeli bir kentleşme oluşamamıştır. Bu durum ekonomik ve sosyal yapının bozulmasına yol açmıştır. Kentleşmenin hâkim olduğu bölgelerde yeşil alanlar insan sağlığı için oldukça önem taşımaktadır. Kent yaşamında yeşil alanların oluşturulmasında başarılı bir netice elde etmek için en önemli koşul çevre koşulları ve bitki arasındaki ekolojik ilişkiyi meydana getirecek değerlendirmelerin yapılmasıdır. Bu doğrultuda yapılacak olan sağlıklı bir değerlendirme o bölgedeki çevre koşullarına adapte olabilen bitki türlerini doğru biçimde belirlenmesine olanak sağlar. Bu çerçeveden bakıldığında kentler üzerinde yapılacak düzenlemelerde veya inşa edilecek yeni kentlerde mimar, kent plancı ve peyzaj mimarlarının yanı sıra meteorolog ve ekologların da bulunmasında fayda

görülmektedir. Görüntü kirliliğinin hâkim olduğu bölgelerde yaşayan insanlar aşağıdaki görüntü kirliliğine maruz kalırlar:

Geniş çevrede; yeşilliği olamayan boş araziler, yangına maruz kalan ormansal alanlar, düzensiz yapılaşmalar, erozyona maruz kalmış alanlar, kirlenmiş su ve kıyılar vb.

Kentlerde oluşan görüntü kirliliği; yeşil alan yetersizliği, hava kirliliği, çarpık yapılaşma, araçların düzensiz park edilişi, levha ve tabeladaki düzensizlik, trafik, rastgele atılan çöpler vb.

İç mekanlarda meydana gelen görüntü kirliliği; aydınlatmanın yetersizliği, yapıda ki kolon-direk miktarının fazla olması, sigara içimi, renklerde ki aykırılık, kirli malzemeler vb.

Görüntü anlamında rahatsız edici alanlar insanda bezginlik, hoşnutsuzluk gibi duyguların oluşmasına neden olur. Bütün gün rahatsız edici bu ortamlarda bulunmak zorunda kalan insanlarda psikolojik bozulmaların meydana geldiği görülmektedir. Bu etkiye maruz kalan insanlarda konsantrasyon eksikliği de görülmektedir. Kişisel farklılıklarda göz önünde bulundurularak başka etkilerde meydana gelebilmektedir.

Bunlardan bazıları;

- Yorgunluk, verimsizlik, isteksiz olma hali
- Adaptasyonda zorluk, öfke ve davranışlarda bozukluk
- Yaşama sevincinde azalma, bulantı, ruhi travma, baş dönmesi vb.

(<https://cevreonline.com/goruntu-kirliligi/> Erişim Tarihi: 11.07.2021).

2.1.2.5.Radyoaktif Kirlilik

Nükleer tepkimeler neticesinde oluşan radyoaktif etmenlerin etrafa yayılmasıyla oluşan kirlilik türüdür. Etrafa yayılan elektromanyetik dalgaların çevreye çok fazla zararı olduğu bilinmektedir.

Gelişen teknoloji ile birlikte enerji ihtiyacı artmış ve kaynakların kıt olması enerji ihtiyacının karşılanmasını güçleştirmiş bunun sonucunda da nükleer enerjinin gündeme gelmesine neden olmuştur. Nükleer enerji her ne kadar yenilenebilir enerji türü olsa da bu enerjinin üretilen merkezlerinde reaktörlerden çıkan atıkların çevreye saldıgı radyasyon miktarı kirlenmede önemli bir konuma sahiptir. Buna örnek olarak ise 1986'da yaşanan Çernobil kazası gösterilmektedir (Koçak, 2012: 14). Kaza sonucunda şehir

büyük bir tahribata uğramış ve birçok insan ve diğer canlı türleri yok olmuştur. Bu kazanın olumsuz etkileri ülkemize de yansımıştır. Ülkemizin Karadeniz bölgesi bu kazadan etkilenmiş ve o dönemde radyasyon kaynaklı kanser vakalarında artış olmuştur.

Ülkemizde her ne kadar henüz yapımı tamamlanmış bir nükleer enerji santrali olmasa da etrafımızda bulunan ülkelerin sahip olduğu nükleer santrallerin meydana getirdiği radyoaktif kirlilik, hastanelerde bulunan tıbbi cihazlar radyoaktif kirliliğe sebep olmaktadır. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olan cep telefonları, baz istasyonların yaşam alanları içerisinde bulunması radyoaktif kirliliğe yol açarak insan ve doğa üzerinde tahribatlara neden olmaktadır (Sunay, 2000: 66-71).

Yayılan bu radyoaktif maddeler toprak ile karşılaştığında toprağın bünyesine geçerek o bölgede yaşayan bitkilerin genetiğinde bozulmalara, değişmelere sebep olmaktadır. Bu durum bitkilerin ölmesine, bitki tohumlarının zayıflamasına veya tüketilmesi sonucu ciddi sağlık problemlerine yol açabilmektedir (Saygın, 2018: 27-28). Günlük hayatta evimizde veya yakın çevremizde kullandığımız birçok aletin radyoaktif kirliliğe sebep olduğu bilinmektedir. Mikrodalga fırın, cep telefonu, bilgisayar, televizyon gibi birçok teknolojik araç ve gereçler radyoaktif kirliliğe sebep olarak hem çevreye hem de canlı yaşamına zarar vermektedir. İnsanların çoğunun çok yakın temasta bulunduğu bu araç ve gereçler insan sağlığını da tehlikeye atmaktadır.

Radyoaktif kirliliği sağlık üzerinde de bazı olumsuz etkilere yol açmaktadır. En sık görülen rahatsızlıklar kulak çınlaması, konsantrasyon bozukluğu, kalp krizi, baş dönmesi, ellerde titreme, mide bulantısı, kanser gibi birçok ciddi rahatsızlıklara sebebiyet verebilmektedir. Yapılan laboratuvar çalışmaların da elektromanyetik etkiye maruz kalanlar ile kalmayanlar arasında fark olduğu kesinlik kazanmıştır (Maes vd., 2000: 589-596).

2.1.2.6.Hava Kirliliği

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) hava kirliliği kavramını şu şekilde tarif etmektedir: hava kirliliği atmosferde su buharı, gaz, duman, koku, toz şeklinde bulanabilecek kirletici etmenlerin insanlar ya da canlılara zarar verecek şekilde artması olarak tanımlamıştır (Çepel, 2003: 24).

Hava kirliliğinin canlı ve çevre üzerinde ki etkisi sanayileşmiş alanlarda öncelikli olarak görülmeye başlanmıştır. Hava kirliliği 19. Yüzyılda gerçekleşen sanayi devrimi ile birlikte Avrupa’da sanayi faaliyetlerinin hâkim olduğu bölgelerde çevre ve insan sağlığını etkilemeye başlamıştır. Hava kirliliğinin insanların sağlığını ne şekilde etkilediğine yönelik bilimsel çalışmalar 1910’lu yıllara uzanmaktadır. Karbon monoksit ve diğer hava kirliliğine sebep olan kirleticilerin insan sağlığına zarar verdiği ve şehrin havasını zehirlendiği ilk defa bu dönemde gözlemlenmiştir (Kutlar vd. 1998: 1). Hava kirliliğine sebep olan ana etmenler kentleşme ve sanayileşme olarak göze çarpmaktadır. Kentleşme olgusunun giderek yaygınlaşmasıyla birlikte nüfus yoğunluğu da doğal olarak artmaktadır. Hava kirliliğine nüfus yoğunluğunun yanı sıra o kentin meteorolojik ve topografik koşullarına uyumsuz olacak bir biçimde yerleşilmesi de yol açmaktadır. Isınma amaçlı kullanılan yakıt türleri ve ısıtma sistemleri ile kentte kullanılan ulaşım araçları da hava kirliliğine neden olmaktadır (Keleş, Hamamcı ve Çoban, 2005: 104).

Gelişen teknoloji ile birlikte sanayinin gelişmesi de hava kirliliğine sebep olmaktadır. Gerek sanayi faaliyetleri sırasında oluşan zararlı gazların havaya salınmasıyla gerekse de sanayi tesisinin kurulduğu yerin meteorolojik ve topografik durumlarının dikkate alınmayarak kurulması ve faaliyete geçirilmesi hava kirliliğine katkıda bulunmaktadır.

Hava kirliliği sadece insan değil diğer hayvan ve bitki gibi toplulukları da olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kirliliği en başta insan sağlığı için önemli bir tehlike arz etmektedir. Bünyesinde ozon, karbondioksit, karbon monoksit, kükürt dioksit gibi zararlı gazlar içerdiğinden dolayı insan sağlığını tehdit etmektedir. Hava kirliliği psikolojik yönden de insanı etkilemektedir (Görmez, 2007: 41).

Hava kirliliğinin yol açtığı sorunlardan birisi de iklim değişikliğidir. İklimde meydana gelen değişimler ve deformasyonlar yaşadığımız dünyada en önemli problemlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan araştırmaların neticesinde iklim değişikliklerindeki en önemli payın insana ait olduğu göze çarpmıştır (Baykal ve Baykal, 2008: 7). Atmosferdeki kirlilik ozon tabakasının incelmeye ve mor ötesi ışıkların dünyamıza yansımaya neden olmaktadır (Görmez, 2007: 41).

Ülkemizde hava kirliliğine neden olan başlıca etmenler, ülkemizin büyük çoğunluğunda diğer bir deyişle 57 ilimizde hava kirliliğine neden olan en büyük faktörün evsel ısınma olduğu görülmektedir. Bunun yanında 8 adet ilimizde maden işletmeleri, 5

adet ilimizde imalat sanayi işletmeleri, 6 adet ilimizde karayolu trafiği hava kirliliğinde başlıca etki eden faktör olmuştur (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu, 2020: 38).

Tablo 67: Hava Kirliliğine Neden Olan Kaynakların Payları (%)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019
Evsel Isınma	83%	83%	80%	81%	78%	79%	71%
Sanayi	10%	11%	12%	12%	15%	15%	20%
Karayolu Trafik	6%	5%	6%	6%	6%	5%	7%
Diğer Kaynaklar	1%	1%	2%	1%	1%	1%	2%

Kaynak: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu, 2020: 38.

Tablo 67’de hava kirliliğine neden olan başlıca kaynakların yüzdesel olarak payları verilmiştir. Bu tabloda görüldüğü üzere en büyük pay evsel ısınma kaynaklarına aittir. 2013 yılında %83’lük bir paya sahip olan evsel ısınma 2015 yılında %81’e ve son olarak da 2019 yılında %71’e düşmüştür. Sanayi faaliyetlerinin hava kirliliğine etkisi ise 2012 yılında %10 olurken bu oran 2015 yılında %12 ve 2019 yılında ise %20’ye yükselmiştir. Karayolunda oluşan trafiğin hava kirliliğine katkısı ise 2012 ve 2015 yıllarında %6 oranında etki ederken 2019 yılında küçük bir miktar artış göstererek %7 oranına yükselmiştir. Diğer kaynakların etkisi ise çok düşük düzeyde kalmıştır.

Şekil 51’de ülkemiz illerinin hava kirliliği açısından öncelikli durumu hakkında bilgi vermektedir. Bu şekle bakıldığında 27 tane ilimizde diğer bir deyişle ülkemizin %33’lük bir bölümünde hava kirliliği birinci öncelikli sorun olarak görülmektedir. Hava kirliliği 24 tane ilimizde yani ülkemizin %30’unda ikinci öncelikli konumda yer almaktadır. Üçüncü öncelikli sorun olarak da %25’lik bir orana denk gelen 20 tane ilimiz bulunmaktadır. Bunun dışında ise 9 tane ilimiz ise hava kirliliğinde birinci, ikinci ve üçüncü öncelikli sınıflandırılmanın dışında kalmıştır.

Şekil 51: Hava Kirliliği Öncelikleri Haritası



Kaynak: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu, 2020: 16.

Tablo 68: Hava Kirleticileri ve Sağlık Üzerindeki Etkisi

Kirletici Madde	Kaynağı	Etkisi
Partikül Madde	Tarım, Kimyasal tepkimeler, Sanayi, Taşıt salınımları ve Fosil yakıt kullanımı.	Solunum yolu hastalıkları, Kalp sorunları, Kanser vakaları ve bebek ölüm sayılarında artış.
Kükürt dioksit	Taşıt salınımları, Fosil yakıt kullanımları.	Asit yağmuru, Solunum yolu hastalıkları.
Azot oksitler	Yüksek dereceli yanma işlemleri, Taşıt salınımları.	Asit yağmuru, Göz hastalıkları, Solunum yolu hastalıkları.
Karbonmonoksit	Taşıt salınımları, Eksik yanma.	Ölüm, Kandaki oksijen miktarında azalma.
Ozon	Ortaya çıkan azot oksitlerin ve uçucu özellikte olan organik bileşiklerin güneş ışığıyla değişimi.	Astım, Solunum yolu hastalıkları, Burunda ve gözde tahribat, Vücut direncinde düşme.

Kaynak: TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2020: 9.

Tablo 70’de Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) bünyesindeki Çevre Mühendisleri Odası tarafından yayınlanan rapora ilişkin havayı kirleten kirleticilerin sağlık üzerindeki etkileri gösterilmektedir. Kükürt dioksitin solunum yolu rahatsızlıklarına ve asit yağmuruna neden olabileceği, azot oksitlerin göz rahatsızlıklarına, partikül maddelerin kanser, kalp gibi ciddi hastalıklara, karbon monoksitlerin kandaki oksijen miktarını azalttığı, ozonun ise solunum ve göz rahatsızlıklarına neden olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Hava kirliliğine neden olan gazların başında kükürt dioksit gazı ve partikül maddeler gelmektedir. Bu zararlı gazlara aşağıdaki bölümde yer verilmiştir.

2.1.2.6.1.Kükürt Dioksit (SO₂)

Keskin kokulu ve renksiz bir yapısı bulunan kükürt dioksitlerin ortaya çıkması, içerisinde sülfür maddesi bulunan fosil yakıtların kullanılmasıyla gerçekleşmektedir. Açık havadan kapalı alanlara taşınılabildiği gibi kapalı alanlarda kullanılan yakıtlar neticesinde de ortaya çıkar. Havalandırmanın yeterli olmadığı alanlardaki kükürt dioksitlerin yoğunluğu metreküp başına 150 mikrograma kadar çıkabilmektedir. Sağlık

açısından da birçok zararı olan bu gazın astım ve akciğer enfeksiyonlarına yol açabildiği görülmüştür (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2010: 41).

Kükürt bazlı gazlar içerisinde en önemli yere sahip olanı kükürt dioksit gazıdır. Kükürt oksit emisyonlarının ortaya çıkmasındaki en büyük etken sanayi tesislerinde ve ısınmada kullanılan kömürlerdir. 0,3 ile 1 ppm arasındaki kükürt oksit gazları ağızda hoş olmayan bir tat bırakırken, 3 ppm değerinden yüksek olduğunda ise boğucu bir etkiye neden olur (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2011: 5).

Kükürt elementi bazı maden kaynakların içerisinde çokça bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; bakır, kömür, petrol, çinko ve kurşun verilebilir. Bu maddelerin tüketimi veya yanması sonucunda kükürt dioksit gazı açığa çıkmaktadır. Elektrik üretiminde kullanılan yakıtlar ve kömürün kullanıldığı santraller kükürt dioksit gazının atmosfere yayılmasındaki en büyük etkenlerdir. Buna ek olarak ham madde işleyen tesisler ve çimento üretimi yapan fabrikalar da kükürt dioksit emisyonlarına neden olan etmenler olarak gösterilebilir. Evlerde ısınmak için kullanılan sıvı ve katı yakıt maddeleri de şehrin havasındaki kükürt dioksit miktarına etki etmektedir. İnsan kaynaklı etkilerin yanında doğal kaynaklarında kükürt dioksit emisyonları üzerinde etkisi vardır. Bunlar; volkanik faaliyetler ve orman yangınları olarak bilinmektedir. Kükürt dioksitlerin atmosferdeki nemde çabucak çözülen bir yapıda olması asit yağmurlarının oluşumuna neden olmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2010: 85).

Kükürt bazlı gazların ortaya çıkmasında en önemli etkiye sahip etmenlerden biri olan kömürün yanması işlemi sırasında kükürt elementi %90-99 gibi büyük bir oranda kükürt dioksite ve %1-10 gibi küçük bir oranda ise kükürt trioksite dönmektedir. Bacalardan çıkan kükürt oksit emisyonlarının miktarı yakıtta kullanılan maddenin içerisindeki kükürt miktarına bağlıdır. Havadaki olağan kükürt dioksit miktarı metrekaresine başına 5 mikro metreye kadardır (Bahadır, 2010: 5).

Ülkemizde kömür kullanımına paralel olarak kükürt dioksitin, termik santrallerin bulunduğu Soma ve Zonguldak'ta sınır değerlerin oldukça üzerinde olduğu hesaplanmıştır. Ülkemizde SO₂ emisyonlarına en fazla mazur kalan yerlere bakacak olursak Zonguldak, Keşan, Yozgat, Van, Tekirdağ, Kocaeli, Soma, Manisa, Hakkâri, Karabük bu yerlerin başında gelmektedir. Soma 220 gün kükürt dioksit kaynaklı hava kirliliği yaşamıştır. Keşan'da ise bu kirlilik 200 günden fazla havayı kirletmiştir (TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2020: 5).

Avrupa Birliği'nin belirlemiş olduğu kükürt dioksit emisyonu limit değerlerine göre günlük limit değeri metreküp başına 125 mikro gram olması ve bu oran bir yılda en fazla 3 kez aşılabılır. Saatlik limit değeri metreküp başına 350 mikro gram olması ve bu oran yılda en fazla 24 kez aşılabılır. Belirlenen yıllık ortalama değeri ise metreküp başına 20 mikro gram olarak belirlenmiştir (TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2020: 38).

Tablo 69: SO₂ Limit Değerleri (µg/m³)

	Zaman Aralığı	Dünya Sağlık Örgütü	Avrupa Birliği	Türkiye Limiti
SO ₂	Yıllık	Belirlenmemiş	20 µg/m ³	20 µg/m ³
	Günlük	20 µg/m ³	125 µg/m ³	125 µg/m ³
	Saatlik	Belirlenmemiş	350 µg/m ³	350 µg/m ³
	10 Dakikalık	500 µg/m ³	Belirlenmemiş	Belirlenmemiş

Kaynak: TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2020: 38.

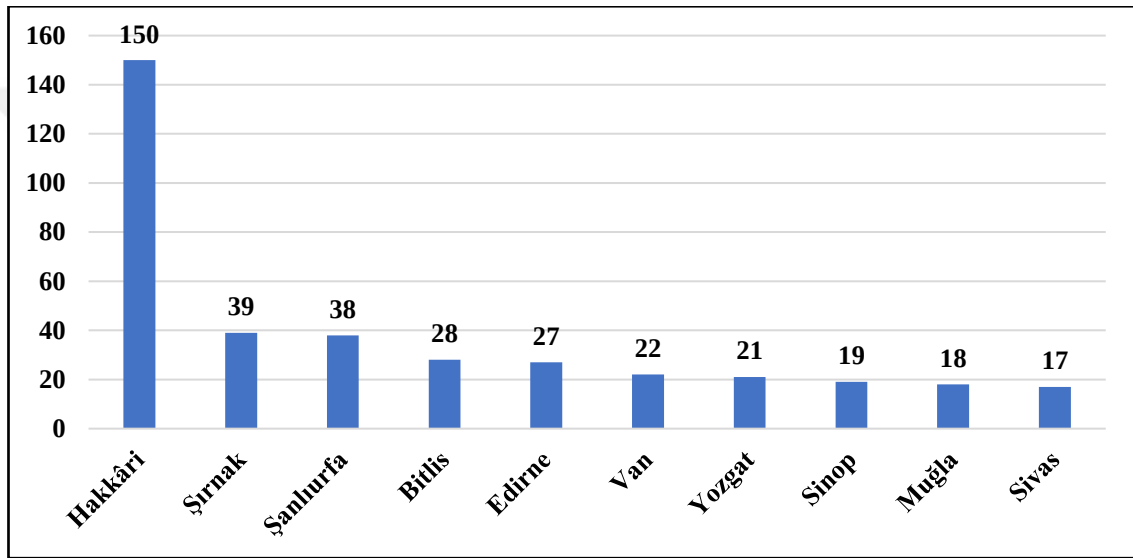
Tablo 69'da kükürt dioksit emisyon limit değerleri yer almaktadır. Dünya Sağlık Örgütü bu konuda yıllık limitini henüz belirlemişir. Avrupa Birliği ise yıllık limiti 20 µg/m³ olarak belirlemişir. Türkiye ise Avrupa Birliği'ne paralel olarak 20 µg/m³ olarak belirlemişir. Günlük yapılan SO₂ ölçümlerde 6 tane istasyonda Avrupa Birliği ve Ulusal Limit Değerlerini 3'den fazla aşmış olup bu istasyonlar ise Yozgat, Soma, Bitlis, Kardemir 1-2 ve Çankırı istasyonları olmuştur. DSÖ belirlemiş olduğu limitleri senede 3'den fazla aşan 68 adet istasyon olmuştur. Yıllık hesaplanan SO₂ ortalamaları incelendiğinde 11 adet istasyonda yıllık ulusal limit ve Avrupa Birliği'nin belirlemiş olduğu limitlerin üzerine çıkıldığı anlaşılmıştır (TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2020: 59).

Ülkemizde 2020 senesinde SO₂ ölçümü yapılan istasyon sayısı bir önceki yıla kıyasla artış göstererek 70 ilde 169 istasyonda ölçümler yapılmıştır. Yapılan bu ölçümler doğrultusunda yılda ortalama SO₂ emisyon miktarı en fazla Hakkâri'de ölçülmüştür. Hakkâri ilinde ölçülen bu değerler yıllık limit olan metreküp başına 20 mikro gramın çok daha üzerinde olmuştur. Ülkemizde 63 adet şehrimiz bu limit değerinin altında kalmıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlemiş olduğu SO₂ emisyon limit değeri metreküp başına

20 mikro gram iken ulusal limit değeri ise metre küp başına 40 mikro gramdır (Temiz Hava Hakkı Platformu, 2021: 34).

Şekil 52’de ülkemizde 2020 yılında yapılan SO₂ emisyonlarına göre en fazla salınımın gerçekleştiği ilk 10 adet ilimiz yer almaktadır. Bu şekilde en fazla dikkat çeken ilimiz kuşkusuz Hakkâri olmuştur. Dünya Sağlık Örgütü’nün belirlemiş olduğu metre küp başına 20 mikro gramlık limitin neredeyse 8 katı üzerine çıkarak metre küp başına 150 mikro gramlık salınım gerçekleşmiştir.

Şekil 52: 2020 Yılı En Fazla SO₂ Ortalamasına Sahip İller (Metreküp başına Mikro gram)



Kaynak: Temiz Hava Hakkı Platformu, 2021: 34.

2.1.2.6.1. Partikül Madde (PM₁₀ ve PM_{2,5})

Hava kirliliği hususunda önemli bir yere sahip olan partikül maddeler, atmosferde yer alan sıvı veya katı haldeki birleşmemiş su harici maddeler şeklinde tanımlanmaktadır. Bu partikül maddeler boyutları bakımından çeşitlilik göstermektedir. Boyutları ise 0,1 mikron metre ile 100 mikron metre arasında değişmektedir. Hava kirliliğine neden olan bu partikül maddelerin oluşumunda araçlardan çıkan gazlar, çimento fabrikaları ve metal sanayileri etkili olmaktadır. İnsan kaynaklı etkilerin yanında doğal olaylar da etki etmektedir. En önemli doğal kaynak etmeni ise volkanik faaliyetler olmuştur (http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava_kirliligi_ve_kirleticiler_rapor1.pdf Erişim Tarihi: 09.02.2022).

Tesislerden ortaya çıkan kül, toz, kömür kum gibi atıklarda partikül madde kategorisi içinde yer alır. Ortaya çıkan bu kirleticiler partikül maddeler sayesinde daha yoğun bir şekilde hissedilir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2011: 6). Havada asılı bir şekilde kalabilen bu partikül maddeler boyutlarına göre isim almışlardır. Boyutu 10 mikrometreden küçük olan partiküllere PM₁₀ ve boyutu 2,5 mikrometreden küçük olanlara ise PM_{2,5} adı verilmiştir.

Azot oksit gazları ile kükürt dioksit gazları atmosfer yüzeyinde birlikte tepkimeye girerek nitrat ve sülfat partiküllerine dönerler. Çeşitli yerler de ısıtma amaçlı kullanılan kaynakların tümüyle yanmadığı durumlarda da ortaya çıkabilirler. Partikül maddelerin çevreye verdiği zararın yanında canlı sağlığı üzerinde de birçok olumsuz etkileri vardır. Boyutları bakımından partikül maddeler ne kadar küçük halde olursa canlı sağlığına da o denli çok zarar vermektedir. Çok küçük halde bulunan partiküller solunum yoluyla akciğere ve hatta kana bile karışabilme ihtimalleri ortaya çıkmaktadır. Kurşun ve cıva gibi ağır metaller oldukça tehlikeli maddelerdir (Bahadır, 2010: 11).

Tablo 70: Partikül Madde Limit Değerleri

	Zaman Aralığı	Dünya Sağlık Örgütü	Avrupa Birliği	Türkiye Limiti
PM_{2,5}	Yıl	10 µg/m ³	25 µg/m ³	Belirlenmemiş
	24 Saat	25 µg/m ³	Belirlenmemiş	Belirlenmemiş
PM₁₀	Yıl	20 µg/m ³	40 µg/m ³	40 µg/m ³
	24 Saat	50 µg/m ³	50 µg/m ³	50 µg/m ³

Kaynak: TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2020: 15-24.

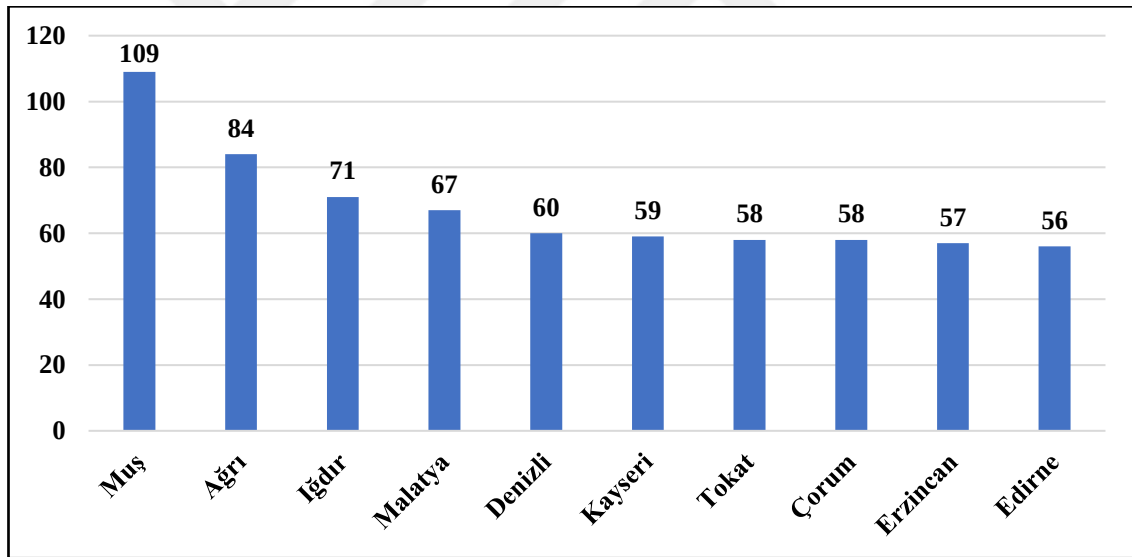
Tablo 70’de partikül maddelere ilişkin hem ülkemiz düzeyinde hem de dünya genelinde belirlenen limit değerleri yer almaktadır. Bu bilgiler ışığında Dünya Sağlık Örgütü’nün belirlemiş olduğu PM_{2,5} limit değerleri bir yılda 10 µg/m³, Avrupa Birliği’nin belirlemiş olduğu limit değerleri 25 µg/m³ olurken ülkemizde PM_{2,5} için herhangi bir limit belirlenmemiştir. PM₁₀ içinse Dünya Sağlık Örgütü yıllık limit değer olarak 20 µg/m³, Avrupa Birliği ve Türkiye ise 40 µg/m³ limit değer belirlemiştir. Ülkemizde 2020 yılında toplam 257 adet istasyonda hava kirliliği ölçümleri yapılmıştır.

2020 senesinde ülkemizde hava kirliliği bakımından yeterli düzeyde ölçüm yapan 175 adet istasyonun yaklaşık 171 tanesinde Dünya Sağlık Örgütü’nün belirlemiş olduğu

bir yıllık PM₁₀ limit değerleri aşılmış olup ülkemizin 45 adet ilinde ise ulusal limit değeri aşılmıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlemiş olduğu bir yıllık PM₁₀ limit değerini yalnızca Hakkâri ve Bitlis ili aşmamıştır. PM₁₀ 306 gün ile en fazla Muş ilinde var olmuştur. Kirli havadan kaynaklı ölümlerin fazlaca yaşandığı İstanbul'da PM₁₀ değeri 2019 yılına kıyasla azalmıştır. Ankara Siteler İstasyonundan yapılan ölçümler sonucunda ise PM₁₀ için Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlemiş olduğu limit değerinin 4 misli üzerine çıkmıştır. (Temiz Hava Hakkı Platformu, 2021: 6).

Ülkemizde 1 Mart 2020 ile 15 Mart 2020 dönemlerinde yapılan PM₁₀ ölçümlerinde kirlilik değeri 55 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Korona virüs önlemlerinde neticesinde 16 Mart 2020 ile 31 Mart 2020 dönemlerinde yapılan PM₁₀ kirlilik ölçümlerinde kirlilik değeri 35 µg/m³ olarak hesaplanmıştır (Temiz Hava Hakkı Platformu, 2021: 19).

Şekil 53: 2020 Yılında En Fazla PM₁₀ Kirliliği Yaşan İller (µg/m³)



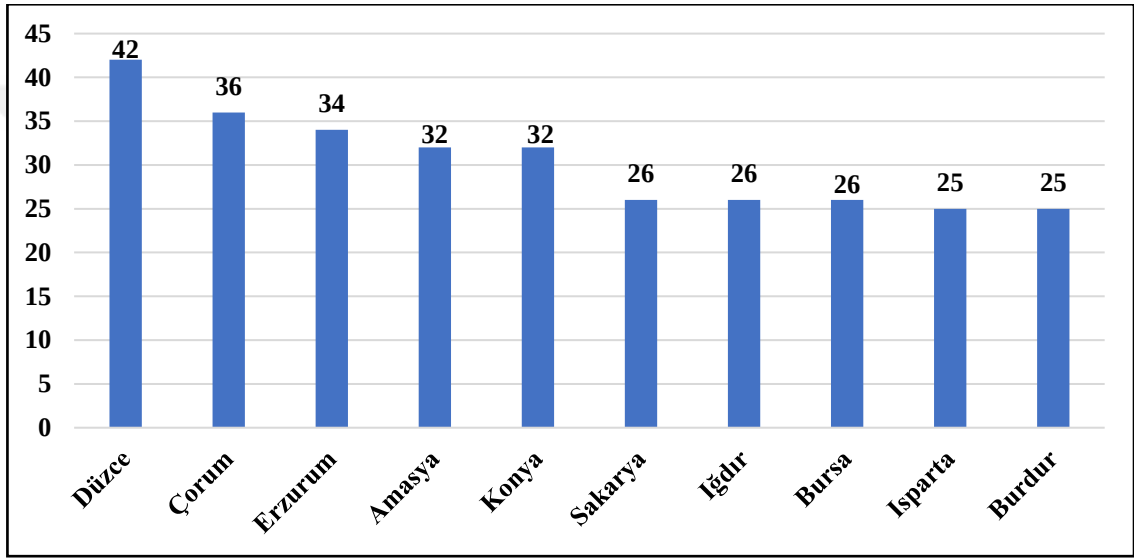
Kaynak: Temiz Hava Hakkı Platformu, 2021: 20.

Şekil 53'de 2020 yılında ülkemizdeki en fazla PM₁₀ kirliliği yaşayan ilk 10 ilimiz yer almaktadır. Bu bilgiler ışığında en fazla PM₁₀ kirliliği yaşayan ilimiz metreküp başına 109 mikro gram partikül ile Muş olmuştur. İkinci sırada ise 84 µg/m³ ile Ağrı gelmektedir. Tokat ve Çorum illerinde ise hesaplanan yıllık ortalama PM₁₀ kirliliği 58 µg/m³ ile aynı olmuştur. Muş Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlemiş olduğu 20 µg/m³ limit değerinin 5 kat

üzerinde bir kirlilik değeri yaşamıştır. Şekilde yer alan tüm iller hem ulusal limitlerin hem de Dünya Sağlık Örgütü’nün belirlemiş olduğu limit değerlerin üzerine çıkmıştır.

Türkiye’de PM_{2,5} için henüz belirlenmiş bir limit değeri bulunmamaktadır. Yeterli düzeyde yıllık ölçümlerin gerçekleştirildiği 74 adet istasyondan yalnızca Bilecik ve Kırşehir’de ki istasyonlardan alınan ölçüm verileri Dünya Sağlık Örgütü’nün belirlemiş olduğu PM_{2,5} limit değerlerinin altında kalmıştır (Temiz Hava Hakkı Platformu, 2021: 31).

Şekil 54: 2020 Yılında En Fazla PM_{2,5} Kirliliği Yaşan İller (µg/m³)



Kaynak: Temiz Hava Hakkı Platformu, 2021: 32.

Şekil 54’de 2020 yılında ülkemizde en fazla PM_{2,5} kirliliği yaşayan illerimiz görülmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda en fazla kirliliğin görüldüğü il 42 µg/m³ ile Düzce olmuştur. Düzce ili Dünya Sağlık Örgütü’nün belirlemiş olduğu limit değerlerin 4 katı üzerine çıkmıştır. Şekildeki tüm illerimiz Dünya Sağlık Örgütü’nün belirlemiş olduğu limiti aşarken sadece Isparta ve Burdur ili sınır değerlerde kalmıştır.

2.2.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

İklim kavramını T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü şu şekilde tarif etmektedir: “oldukça geniş bir bölge içinde ve uzun yıllar değişmeyen ortalama hava koşullarıdır.” Bir bölgenin veya alanın iklimsel özelliklerini saptamak için

300-500 yıl gibi epeyce uzun bir zamana gerek duyulmaktadır. Bir yerin iklimsel özelliklerini saptamak için en aşağı 30 yıla ihtiyaç duyulmaktadır (<https://www.mgm.gov.tr/> Erişim Tarihi: 19.08.2021).

Ünlü Alman meteorolog Wladimir Peter Köppen'e göre iklim kavramı biyolojik açıdan insanların, bitkilerin ve hayvanların dünya üzerinde yaşayabilecekleri bölgedeki atmosfer koşullarının toplamıdır (Akman, 1990: 8). İklimi belirleyen en önemli unsurlar enlem, topografik yapı, suya olan mesafe, yükselti olarak söyleyebiliriz. Bu unsurların da etkisiyle birbirine komşu olan iki ülke veya aynı ülke içinde bulunan bölgelerde farklı iklim koşullarının görülmesi mümkün olmuştur.

İklim değişikliğini ise şu şekilde tanımlamak mümkündür: hava olaylarının dışarı da tutulması şartıyla tüm zaman ve alan ölçeklerinde iklimin ortalama durumu, uç olaylar ve standart sapma gibi diğer istatistiklerinde meydana gelen değişimlerdir (Arıkan ve Özsoy, 2008: 13).

Atmosferde bulunan gazlar ve bu gazların atmosferdeki miktarları, güneş ışınlarının atmosferdeki ve dünya yüzeyindeki yansımaları, yanardağ sebepli küller, dünyanın güneş etrafındaki yörüngesi gibi unsurlar iklim değişikliklerine neden olmaktadır. İklim değişikliklerine neden olan bu unsurlar gerek tek başına gerekse beraber hareket ederek sera gazlarını ve dolayısıyla sera etkisini artırmaktadır (Çelik, Bacanlı ve Görgeç, 2008: 9).

İklim değişikliğini meydana getiren en önemli unsur yeryüzündeki ısıtım dengesinde ki bozulmalar olarak bilinmektedir. Güneşten dünyaya ulaşan kısa ve dalgalı güneş enerjisi ile geri salınan uzun ve dalgalı ısıtımının birbirine orantılı ve dengeli olması gerekmektedir. Atmosferdeki kısa ve dalgalı güneş enerjisine karşı geçirgen fakat uzun ve dalgalı olan ısıtımına karşı geçirgen olamayan bazı gazlar sera etkisine sebep olmaktadır. Sera etkisine sebep olan bu gazların atmosferdeki miktarının artması küresel ısınmaya bu durum da küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır (Arıkan ve Özsoy, 2008: 13). Fakat bu noktadaki problem sera etkisi değildir. Sera etkisinin oluşumu doğal yollarla olmaktadır ve canlı yaşamının devamlılığı için zorunludur. Bu noktada ki sorun doğal yollarla oluşan bu etkinin artması veya azalmasıdır.

Doğal yollarla atmosferde oluşan bu etkinin artması veya azalması iklimin sahip olduğu özellikleri değiştirmektedir. Bu değişiklikte dünyadaki canlı yaşamının devamlılığı için gereken ortam koşullarını direkt olarak etkilemektedir. İklim değişikliği

bu şekilde sadece doğal nedenlerle değil aynı zamanda insan kaynaklı nedenlerle de meydana gelmektedir (<https://web.itu.edu.tr/~kkocak/iklim.html> Erişim Tarihi: 19.08.2021).

Küresel çaptaki çevre sorunlarının, bölgesel ve yerel düzeydeki çevre sorunlarının bir toplamı olduğunu söylemek mümkündür. Yeryüzündeki bu sistem parçalar halinde değil bir bütün olarak hareket ettiğinden dolayı bölgesel veya yerel düzeydeki çevre sorunları tüm yeryüzüne az veya çok etki edebilmektedir. Bu süreç doğanın kirletilmesi ve dengesinin bozulması ile çok daha çabuk işlemektedir. İklim değişikliği sorunun gün geçtikçe daha hızla ilerlediği görülmektedir. Örnek olarak söyleyecek olursak küresel ısınmaya ve dolayısıyla iklim değişikliğine neden olan gazların başında gelen karbondioksit salınım düzeyi 1750 yılında 280 ppm (milyonda bir parçacık) iken 2005 yılında 370 ppm düzeyine sadece 255 yılda ulaşmıştır. Bu zaman içerisinde CO₂ miktarı %32 artmıştır (Doğan ve Tüzer, 2011: 24). 2018 yılı mayıs ayında bu rakam 408 ppm olurken 2019 yılı mayıs ayında 414 ppm olarak kayıtlara geçmiştir (<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/> Erişim Tarihi: 19.08.2021).

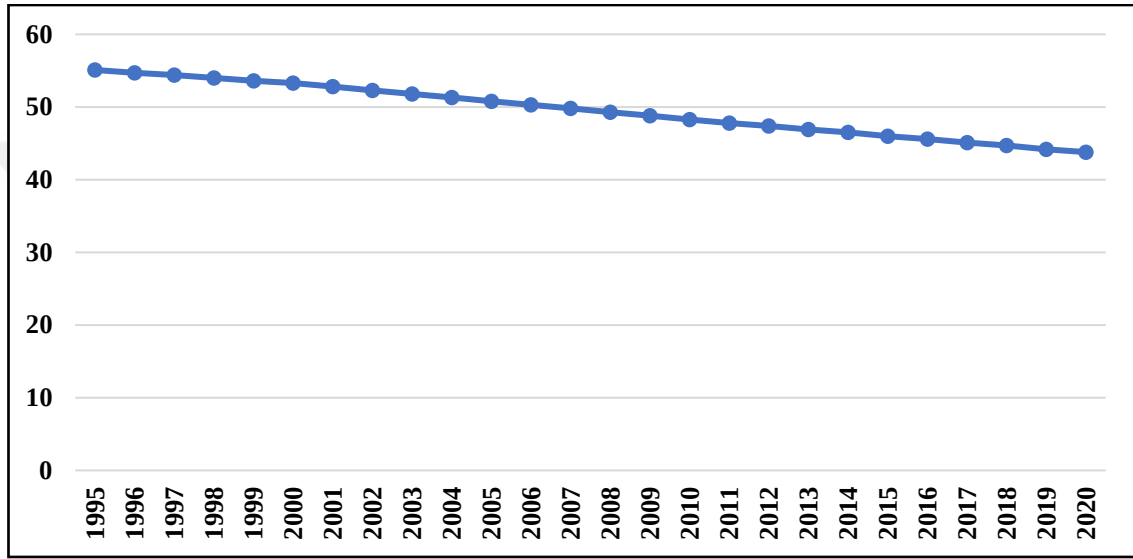
Dünya nüfusu yeryüzünde sınırlı miktarda bulunan kaynaklar üzerinde bir baskı oluşturmakta olup çevre kirliliğine ve dolayısıyla da iklim değişikliğine neden olan unsurlardan biri olarak görülmektedir. İnsanoğlu ihtiyaçlarının tümünü dolaylı veya doğrudan bir şekilde doğadan karşıladığı için geçmişten bugüne kadar doğayı tahrip etmiştir (Dulupçu, 2000: 47). İnsanoğlunun doğayı tahribatı özellikle sanayi devrinden sonra daha da bir hız kazanmış olup çevre hususunda sorunların ortaya çıkmasından önemli bir etken olmuştur.

Dünya üzerinde yaşayan insanların coğrafi dağılımları da nüfus kadar çevre kirliliği ve iklim değişikliği üzerinde bir etkiye sahiptir. Bilhassa yakın geçmişten bugüne gelindiğinde nüfusun dağılımı kırsaldan kentsel alana doğru kaydığı görülmektedir. Bu nedenle çevre sorunlarının büyük bir bölümü kentsel yerleşim alanlarında ortaya çıkmaktadır (Çamur ve Vaizoğlu, 2007: 299).

Ekonomik kalkınma ile beraber kentlerde yaşayan insanların artması ve bu artışa bağlı olarak ekonomik faaliyetlerin de artması aynı sürecin birbirini etkileyen iki kolunu meydana getirmektedir. Daha açık bir ifadeyle ekonomik anlamda refah düzeyi arttıkça kentler oluşmaya başlamış ve insanlarda bu bölgelerde yaşamaya başlamıştır. Böylece kentlerdeki ekonomik faaliyetler yaygınlaşmış ve bu da ekonomik refahı artırmıştır.

Ekonomik anlamda oluşan bu refah artışı tekrar insanı kentsel alanlara çekmiş ve buna karşılık kırsal alanlarda yaşayan insan sayısı azalmaya başlamıştır. Kentlerde giderek artan insan sayısı aynı zamanda enerji ihtiyacını da artırmıştır. Artan enerji ihtiyacı ise büyük oranda çevre kirliliğine neden olan fosil yakıtlarla giderilmiştir. Özetle artan nüfus ve kentleşme enerji ihtiyacının da artmasına sebep olmuş ve bu ihtiyaç sebebiyle kullanılan fosil yakıt çevre sorunlarına yol açmıştır (Güler ve Çobanoğlu, 1994: 11).

Şekil 55: Dünya Kırsal Nüfusun Seyri (%)



Kaynak: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.RUR.TOTL.ZS> Erişim Tarihi: 16.02.2022.

Şekil 55'te 1995 ve 2020 yılları arasında dünya kırsal nüfus seyri görülmektedir. Bu grafiğe göre 1995 yılında dünya nüfusunun %55,1'i kırsal alanda yaşıyorken 2000 yılında bu oran %53,3'e 2010 yılında %48,3'e ve son olarak ta 2020 yılında %43,8' e düşmüştür. Dünya Bankasının yayınladığı bu verilere bakıldığında kırsal nüfus miktarının azaldığı ve kentsel nüfus miktarının arttığı aynı zamanda sadece son 26 yıllık periyotta %11,2 oranında kentsel-kırsal nüfus oranı değişimi olduğu görülmektedir.

Tablo 71'de Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporlarından öne çıkan bazı bulgular yer almaktadır. İlk değerlendirme raporu 1990 yılında yayınlanmıştır. Genel olarak bu değerlendirme raporlarına bakıldığında artan küresel ısınmanın ve sera gazı salınımlarının insan kaynaklı olduğu göze çarpmaktadır. Meydana gelen sera gazı salınımlarındaki artışın küresel ısınmayı arttırdığı ve bununda toprağı, atmosferi ve okyanusları ısındırarak hızlı ve yaygın değişimleri doğurduğu görülmektedir. Artan

ısınmayla buzullarda meydana gelen erimeler okyanus ve deniz seviyelerini de arttırmaktadır. Bilim insanları tarafından ileri sürülen görüşlere göre artan su seviyesi sebebiyle yakın gelecekte birçok yerleşim yeri su altında kalma tehdidi ile karşı karşıya kalacaktır. 2021 yılında yayınlanan 6. Değerlendirme raporuna göre atmosfer, toprak ve okyanuslar ısınmış olup bununla beraber metan gazı, azot ve karbondioksit gibi atmosferdeki zararlı gazların miktarı artmıştır.

Tablo 71: IPCC Raporlarında İklim Değişikliği ve Çıktılar

Yıl	Rapor	Çıktı
1990	1. Değerlendirme Raporu	Sera gazındaki artışın yapılacak olan gözlemler yoluyla ortaya konulması 10 yıl veya daha uzun bir süre için söz konusu değildir.
1995	2. Değerlendirme Raporu	Ortaya çıkan bulgulara göre küresel iklim değişikliği üzerinde insan etkisinin olduğu söylenebilir.
2001	3. Değerlendirme Raporu	Son 50 yılda meydana gelen küresel ısınmanın büyük bir bölümü sera gazı salınımındaki artıştan kaynaklanabilir.
2007	4. Değerlendirme Raporu	20.yy. ortasından itibaren sıcaklıklarda meydana gelen artışın büyük bir bölümü antropojenik sera gazı salınımlarındaki artıştan kaynaklaması çok kuvvetli bir ihtimaldir.
2013	5. Değerlendirme Raporu	20. yy. ortalarından itibaren artan küresel ısınmanın en önemli sebebi insan faaliyetlerinin olması çok kuvvetli bir ihtimaldir.
2021	6. Değerlendirme Raporu	İnsan faaliyetleri mutlak süratle toprağı, atmosferi ve okyanusu ısıtmış ve çok hızlı bir şekilde değişimler meydana gelmiştir. 5. Değerlendirme Raporundan bu yana atmosferde bulunan zararlı gazlar artmaya devam etmiştir. Metan (CH ₄) 1866 ppb (milyarda bir), azot (N ₂ O) 332 ppb (milyarda bir) ve karbondioksit (CO ₂) ise 410 ppm (milyonda bir) değerine ulaşmıştır.

Kaynak: Hsiang ve Kopp, 2018: 14; IPCC, 2021: 6.

2.2.1.İklim Değişikliği Hususunda Yapılan Uluslararası Girişimler

İklim değişikliği günümüzün ve özellikle geleceğimizin en önemli sorunlarından biri olarak görülmektedir. Büyük çoğunluğu insan faaliyetleri sonucunda olduğu bilinen iklim değişikliği ve küresel ısınma sorunu yeterli önlemler alınmadığı takdirde önümüzdeki yıllarda canlı yaşamının devamlılığı için büyük riskler barındıracaktır. Hayatın ve canlı yaşamının yok olmasına kadar ulaşabilecek bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm bu sonuçların yaşanmaması için uluslararası arenada gerek ülkeler gerekse kurum ve kuruluşlar iklim değişikliği ile mücadele başlığı altında toplanmışlardır. Bu hususta yapılan tüm toplantı ve oturumların ortak noktası karbon salınımlarını azaltmak olmuştur. İklim değişikliği ile mücadele kapsamında uluslararası anlamda yapılan girişimlerden aşağıdaki bölümlerde bahsedilmektedir.

2.2.1.1.Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi (BMİDÇS) 3-14 Haziran 1992 yılında Rio Dünya Zirvesinde toplanan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya sunulmuştur. Bu sözleşmenin asıl amacı iklimin üzerinde ki insan etkisini ve atmosferdeki sera gazını belirli bir düzeyde tutarak yer yüzündeki ekosistemin iklim değişikliklerine uyum sağlamasıdır (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-iklim-degisikligi-ve-uluslararasi-muzakereler> Erişim Tarihi: 01.09.2021). Bu sözleşme 1994 yılında yürürlüğe girmiş olup ülkemiz ise bu sözleşmeye 24 Mayıs 2004 tarihinde dahil olmuştur. Sera gazı emisyonunu 1990 yılı seviyesine indirmeye çalışılmıştır. Bu sebeple emisyon indirimlerine yönelik tedbirleri içeren programların oluşturulması ve sera gazı envanterleri hazırlanması bu sözleşmenin en önemli unsurlarından olmuştur (Doğan ve Sandal, 2007: 45).

Bu sözleşmenin temelini oluşturan ana ilkeler ise;

- Sözleşmede yer alan tarafların iş birliği halinde olmaları
- İklim değişikliği hususundan etkilenen gelişmekte olan ülkelerin özel koşullarının ve gereksinimlerinin dikkate alınması
- Tespit edilecek olan politika ve önlemlerle birlikte sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesinin milli kalkınma programlarına dahil edilmesi

- İklim sisteminin eşitlik esasında, ortak ancak farklı sorumluluk esasına uygun korunması bu sözleşmenin temelini oluşturmaktadır (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-iklim-degisikligi-ve-uluslararası-muzakereler> Erişim Tarihi: 01.09.2021).

Tablo 72’de Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi bünyesinde yer alan ülkelerin sınıflandırılması tarihi mesuliyetleri ve gelişmişlik düzeyleri dikkate alınarak yapılmıştır. Yapılan bu sözleşmede insan faaliyetleri sonucu oluşan sera gazı salınımlarında tarihsel mesuliyetleri bulunan ülkeler için sanayileşme seviyesi ve anlaşma neticesinde meydana gelen finansal yükümlülükler için zenginlik ve gelişmişlik düzeyleri gibi kriterler oluşturulmuştur. Bu amaca yönelik olarak ülkelere OECD üyesi olmaları ve eski Doğu Bloku’nun Doğu ve Orta Avrupalı üyeleri olmalarına göre tarihsel yükümlülüklerinin yanında ekonomik yükümlülüklerde tanımlanmıştır. Her iki tarife de uymayan ülkeler ise kendi içlerinde gelişmişlik düzeylerine dikkat edilmeksizin tek bir tarafta toplanmıştır (Gündoğan vd., 2015: 36).

Tablo 72: BMİDÇS, EK-I ve EK-II Ülkeleri

EK-I Ülkeleri (40+AB) Sanayileşmiş Ülkeler (26+AB) + Piyasa Ekonomisine Geçiş Sürecinde Olan Ülkeler (14)	EK -II Ülkeleri (23+AB)
Sanayileşmiş Ülkeler: Almanya, Belçika, Danimarka, ABD, Avusturya, AB, Avustralya, Hollanda, Kanada, Finlandiya, Fransa, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Lüksemburg, Norveç, Portekiz, Yeni Zelanda, Yunanistan Türkiye (Özel şartları tanınmış), Lihtenştayn, Monaco.	Sanayileşmiş Ülkeler: Portekiz, Norveç, Yunanistan, Almanya, İrlanda, ABD, AB, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, İngiltere, Hollanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Lüksemburg, Kanada, Yeni Zelanda.
Piyasa Ekonomisine Geçiş Sürecinde Olan Ülkeler PEGSÜ (14): Beyaz Rusya, Bulgaristan, Estonya, Letonya, Litvanya, Macaristan, Polonya, Romanya, Rusya Federasyonu, Ukrayna, Çek Cumhuriyeti, Slovenya, Slovakya, Hırvatistan.	

Kaynak: [https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EVCED/tr/Belgeler/843595-](https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EVCED/tr/Belgeler/843595-enerji_c%CC%A7evre_ve_i%CC%87klim_deg%CC%86is%CC%A7iklig%CC%86i_gu%CC%88ncel_2017.pdf)

[enerji_c%CC%A7evre_ve_i%CC%87klim_deg%CC%86is%CC%A7iklig%CC%86i_gu%CC%88ncel_2017.pdf](https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EVCED/tr/Belgeler/843595-enerji_c%CC%A7evre_ve_i%CC%87klim_deg%CC%86is%CC%A7iklig%CC%86i_gu%CC%88ncel_2017.pdf) Erişim Tarihi: 01.09.2021.

Tablo 72’de görüldüğü gibi EK-I ve EK-II olarak 2 grupta sınıflandırılmıştır. EK-I’ de yer alan ülkeler salınımlarını azaltmaya ve iyileştirmeye yönelik önlem almak ve politika geliştirmekle yükümlüdür. Yapılan sözleşmeye göre EK-I’ den farklı olarak EK-II’ de yer alan ülkeler gelişmekte olan ülkelere gerek teknoloji transferi gerekse ekonomik açıdan destek vermekle yükümlüdür. BMİDÇS’ nın faaliyete geçmesi 50 ülkenin anlaşmayı kabul ettiğine ilişkin evrakların Birleşmiş Milletler’ e sunmuş olması gerekmektedir. 1994 yılının şubat ayına kadar 50’yi aşkın ülke anlaşmayı kabul ettiğine ilişkin belgeleri Birleşmiş Milletler’ e sunmasıyla anlaşma 21 Mart 1994’de faaliyete geçmiştir. Yaşadığımız dönem itibariyle sözleşmeyi 41 EK-I ve 151 EK-II dışı ülkeler olmak üzere toplamda 192 ülke kabul etmiştir. Andora, Vatikan, Irak ve Somali ise gözlemci konumunda yer almıştır (Devlet Su İşleri, 2012: 2).

2001’de Fas’ın Marakeş şehrinde yapılan 7. Taraflar Konferansında Türkiye’nin EK-II ‘den çıkarılıp özel şartlar tanımlanarak EK-I’ yer alacak olup ancak EK-I ‘de bulunan ülkelere farklı bir konuma sahip olacağı şeklinde bir karar alınmıştır. Alınan bu kararın ardından Türkiye 24 Mayıs 2004’de 189. taraf olarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi’ ne dahil olmuştur. Türkiye bu sözleşmede EK-I tarafı olarak iklim değişikliği hususunda politika geliştirmek, mücadele etmek ve uygulamak ile beraber sera gazı salınımları ile ilgili verileri BMİDÇS’ ye bildirmekle yükümlüdür <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-iklim-degisikligi-ve-uluslararası-muzakereler> Erişim Tarihi: 01.09.2021).

Yapılan sözleşme kapsamında tarafların sorumlulukları, kurumsal düzenlemeleri sözleşmenin amacına yönelik deneyimsel, teknolojik, bilimsel vb. gelişmeleri belirli periyotlarla incelemek maksadıyla Taraflar Konferansı (COP) ismi verilen toplantılar düzenlenmektedir. Taraflar Konferansı BMİDÇS’ nin en yüksek karar alma mekanizması olarak bilinmektedir. Yapılan bu toplantılar sonucu tarafların, sözleşmenin ana amacı olan iklim değişikliği ile mücadele hususunda hangi noktada olduklarını görmelerine olanak tanımıştır.

Tablo 73’te BMİDÇS kapsamında her yıl düzenli olarak yapılan Taraflar Konferansı’na ait bilgiler ve bazı önemli çıktılar yer almaktadır. Her yıl düzenli olarak yapılan bu konferansın ilki 1995 yılında Almanya’nın başkenti Berlin’de gerçekleşmiştir. 1994 yılından itibaren düzenlenen Taraflar Konferansı bugüne kadar toplamda 25 kez düzenlenmiştir. 2020 yılında ise İskoçya’nın Glasgow şehrinde gerçekleşmesi beklenen

26. Taraflar Konferansı Covid-19 virüsü sebebiyle yapılamamıştır. Yapılan bu konferanslarda ülkelerin iklim değişikliği ile mücadelede bulundukları konumları, sorumlulukları, etkileri gibi konuları inceleme ve karar alma fırsatı bulunmuştur. Almanya ve Polonya bugüne kadar yapılan konferanslara toplamda üç kez ev sahipliği yapmıştır. Düzenlenen bu konferanslarda bazı önemli eylem planları, fonlar, anlaşmalar ve protokoller yapılmıştır. Bunlar: Kyoto Protokolü, Montreal Eylem Planı, Uyum Fonu, Paris İklim Anlaşması, Bali Eylem Planı, Buenos Aires Eylem Planı, Yeşil İklim Fonu gibi önemli kararlara varılmıştır. Küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin her geçen gün artması sebebiyle ülkeler bu konferanslara ilgi duymuştur.

Tablo 73: Düzenlenen Taraflar Konferansı ve Çıktılar

YIL	İSİM	YER	ÇIKTILAR
1995	COP 1	Almanya (Berlin)	Yapılan konferansta bir kurul oluşturulup ülkelerin 1990 yılı esas alınarak 2005 yılına kadar sera gazı salınımlarının %20 azaltılması amaçlanmıştır (UNFCCC, 1995).
1996	COP 2	İsviçre (Cenevre)	Orta vadeli hedeflerin konulması ve bununda yasal olarak bağlayıcı nitelikte olmasına karar verildi. Sözleşmede bulunan genel politikaların ülkelerin avantajlarına hizmet edecek şekilde esnetilmesi talebi kabul görmedi (UNFCCC, 1996).
1997	COP 3	Kyoto (Japonya)	2008-2010 yılları arasındaki dönemde sera gazı salınımlarını 1990 yılı düzeyine göre %6 ile %8 oranında düşürmeyi vadettiler ve Kyoto Protokolü bu konferansta kabul edildi (UNFCCC, 1997).
1998	COP 4	Buenos Aires (Arjantin)	Kyoto Protokolü'nün işlenmesinde karşılaşılan sorunlar sebebiyle bu protokolün işlemesi için iki yıllık "Eylem Planı" kabul edildi (UNFCCC, 1998).
1999	COP 5	Bonn (Almanya)	Kyoto Protokolü'nün somut hale gelmesi maksadıyla çalışmalara hız verildi (UNFCCC, 1999).
2000	COP 6	Lahey (Hollanda)	ABD'nin sunduğu önerilerin kabul edilmemesi ve ekonomik yardımlar hususunda ortaya çıkan uyuşmazlıklar ile salınımların azaltılması hedefine uygun davranmayan ülkelerin olması sebebiyle uzlaşma olmadı (UNFCCC, 2000).
2001	COP 7	Marakeş (Fas)	Gelişmiş ülkeleri içeren EK-II listesinde bulunan Türkiye bu listeden çıkarılarak sera gazı salınımları azaltma zorunluluğu kaldırılmıştır (UNFCCC, 2001).
2002	COP 8	New Delhi (Hindistan)	Konferansta bulunan Delhi Balkanlar Konseyi yaptığı bildiride iklim değişikliği sorunun gelişmekte olan ülkeleri en az şekilde etkilemesi ve

			gelişmiş ülkelerin teknoloji transferinde bulunmaları için çağrı yapmışlar (UNFCCC, 2002).
2003	COP 9	Milan (İtalya)	Daha önce kurulan “Uyum Fonu” nu geliştirmekte olan ülkelerin iklim değişikliği hususuna adapte olabilmeleri için kullanılması sonucuna varıldı (UNFCCC, 2003).
2004	COP 10	Buenos Aires (Arjantin)	Buenos Aires Eylem Planı kabul görerek geliştirmekte olan ülkelerin iklim değişikliğine adapte olmaları amaçlandı (UNFCCC, 2004).
2005	COP 11	Montreal (Kanada)	Montreal Eylem Planı kuruldu ve Kyoto Protokolü’nün süresinin uzatılması için toplantılar yapıldı ve Kyoto Protokolü’nün ilk taraflar görüşmesi yapıldı (UNFCCC, 2005).
2006	COP 12	Nairobi (Kenya)	“Uyum Fonu” için görüşmeler yapılmıştır (UNFCCC, 2006).
2007	COP 13	Bali (Endonezya)	“Bali Eylem Planı” görüşülüp kabul edildi (UNFCCC, 2007).
2008	COP 14	Poznan (Polonya)	Ormanların tahribatı engellemek ve korumak için görüş bildirildi ve yoksul ülkelere destek amacıyla fon finansmanı hususunda görüş birliğine vardılar (UNFCCC, 2008).
2009	COP 15	Kopenhag (Danimarka)	Kyoto Protokolü için söz verilen sürenin 2012 yılında sona ermesi ve bu tarihten sonrası için küresel çapta bir iklim değişikliği anlaşması yapılması hedeflenmiştir ve uzun vadede gerçekleştirilecek bir anlaşmaya varılamadı (UNFCCC, 2009).
2010	COP 16	Cancun (Meksika)	“Yeşil İklim Fonu” kurulmuştur. Bu fon ile gelişmiş ülkeler her sene 100 milyon dolar geliştirmekte olan ülkelere destek amaçlı ayrılması kararlaştırılmıştır. (UNFCCC, 2010).
2011	COP 17	Durban (Güney Afrika Cumhuriyeti)	2020 senesine kadar iklim değişikliği konusunda negatif anlamda en fazla etkilenecek ülkelerin “Yeşil İklim Fonu” devreye sokularak bu fondan faydalanılması amaçlanmıştır (UNFCCC, 2011).
2012	COP 18	Doha (Katar)	Kyoto Protokolü’nün 2020 yılına kadar devam etmesine karar verilmiştir (UNFCCC, 2012).
2013	COP 19	Varşova (Polonya)	Avrupa Birliği’nde bulunan bazı ülkelerin “Adaptasyon Fonu” na yaptığı 100 milyon dolarlık desteği sayesinde fon kullanıma açılmıştır (UNFCCC, 2013).
2014	COP 20	Lima (Peru)	Gelecek sene Paris’te düzenlenmesi planlanan konferansta ülkeler tarafından imzalanması planlanan iklim anlaşmasının taslak metninin hazırlanması için çalışılmıştır (UNFCCC, 2014).
2015	COP 21	Paris (Fransa)	12 Aralık’ta toplanan 21. Taraflar Konferansı’nda “Paris Anlaşması” kabul edildi (UNFCCC, 2015b).

2016	COP 22	Marakeş (Fas)	22. Taraflar Konferansı'nın ana gündem maddesi su ihtiyacının karşılanması, su kıtlığı ve suyun sürdürülebilirliği olmuştur (UNFCCC, 2016).
2017	COP 23	Bonn (Almanya)	"Paris İklim Anlaşması" yürürlüğe girmiştir (UNFCCC, 2017).
2018	COP 24	Katowice (Polonya)	"Katowice İklim Paketi" adı verilen kural kitabı ülkeler tarafından kabul edildi (UNFCCC, 2018d).
2019	COP 25	Madrid (İspanya)	Kayıp ve hasar, küresel karbon pazarı, ülke taahhütleri gibi birçok konu bir sonraki sene yapılması planlanan 26. Taraflar Konferansı'na bırakılmıştır (Saidoğlu ve Ağıralan, 2020: 380)
2021	COP 26	İskoçya (Glasgow)	Ortalama küresel sıcaklık artışının 1,5 derece ile sınırlandırılması ve karbondioksit emisyonlarının 2030 senesine kadar %45 azaltılması kararlaştırılmıştır. Ayrıca gelişmiş ülkelere 100 milyar dolar finansman desteği sağlamalıdır.

Covid-19 nedeniyle ertelenen 26. Taraflar Konferansı 31 Ekim-12 Kasım 2021 tarihlerinde İskoçya'nın Glasgow kentinde düzenlenmiştir. Yapılan bu toplantıda ortalama küresel sıcaklık artışının 1,5 derece ile sınırlandırılmasına ve CO₂ emisyonlarının 2030 senesine kadar %45 oranında azaltmak hususunda anlaşmaya varılmıştır. Ayrıca gelişmiş ülkeler gelişmemiş ülkelere 100 milyar dolar finansman desteği sağlamaları gerektiği de belirtilmiştir (https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cop26_auv_2f_cover_decision.pdf Erişim Tarihi: 15.02.2022).

2.2.1.2.Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü, 11.12.1997'de Japonya'nın Kyoto şehrinde 3.sü düzenlenen Taraflar Konferansı'nda (COP3) imzalanmıştır. Bu protokol dünya genelinde sera gazları salınımlarının azaltılmasını amaçlayan birtakım hedefler içermektedir (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-iklim-degisikligi-ve-uluslararasi-muzakereler> Erişim Tarihi: 02.09.2021). BMİDÇS çerçevesinde kabul edilen bu protokol sera gazı salınımlarını 1990 yılı baz alınarak %5,2 miktarında azaltılmasını hedefleyen bir protokoldür. Yapılan bu sözleşmenin ana amacı 2008-2012 yıllarını kapsayan dönemlerde 6 sera gazı emisyonlarının ortalama salınım miktarlarını düşürmektir. 16

Şubat 2005’de yürürlüğe giren Kyoto Protokolü’ne toplamda 169 adet ülke 2006 yılının aralık ayı itibariyle bu protokole katılmışlardır (Doğan ve Sandal, 2007: 45).

Kyoto Protokolü’nün yürürlüğe girebilmesi için gerekli şart ise 1990 yılı baz alınarak meydana gelen toplam CO₂ salınımlarının en az %55’ine sahip olan EK-I ülkelerinin sözleşmeyi kabul etmesi gerektiği şartı olmuştur. Rusya’nın 18 Kasım 2004’de a-bu sözleşmeyi kabul etmesi ile 2005’ de resmen yürürlüğe girmiş oldu (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-iklim-degisikligi-ve-uluslararası-muzakereler> Erişim Tarihi.: 02.09.2021). ABD ve Avustralya bu protokolün dışında kalmışlardır.

Kyoto Protokolü’nde gelişmiş ülkeler için sera gazı salınımlarını azaltmaları amaçlanmış olup yüksek miktarda sera gazı salınımlarına sebep olan Hindistan ve Çin geliştirmekte olan ülkeler arasında olduklarından dolayı bu ülkeler için 2008-2012 dönemi arasında emisyon azaltım hedefi konulmamıştır. Hindistan ve Çin için sera gazı salınımlarını azaltmak için herhangi bir hedef konulmaması ABD tarafından hoş karşılanmamış ve bu durumu gerekçe göstererek protokole imza atmamıştır (Bayrak, 2012: 276). Ülkemiz ise 26 Ağustos 2009 yılında bu protokole resmen taraf olmuş ancak herhangi bir emisyon hedefi konulmamıştır.

Kyoto Protokolü’nü ilkim değişikliği ve çevre sözleşmelerinden ayıran unsurlar ise bu protokol içerisinde amaçlanan emisyon azaltım hedeflerine ulaşmak için piyasa ekonomisinin ilkeleri göz önüne alınarak yapılan esneklik düzenlemeleri ve ortaya çıkacak uyuşmazlıklar halinde geliştirilen yaptırım mekanizmaları bu sözleşmeyi ayıran unsurlar olmuştur (Gündoğan vd., 2015: 31).

Kyoto Protokolü içerisinde yer alan ülkeler gelişmiş (EK-I) ve geliştirmekte olan ülkeler (EK-I dışı ülkeler) olarak iki gruba ayrılmıştır. Bu protokol, BMİDÇS içerisinde bulunan gelişmiş ülkeler için sayısal değerlerle belirlenmiş olan sera gazı emisyonlarını sınırlandırma ve miktarlarını azaltma gibi amaç ve hedefleri düzenlemektedir (Tekingündüz, 2019: 21).

Düzenlenen bu protokolün iki sorumluluk dönemi vardır. Bunlardan ilki 2008-2012 dönemi ikincisi ise 2013-2020 dönemidir. Birinci dönemde EK-I listesinde yer alan ülkeler kendi saptamış oldukları sera gazı emisyon azaltım hedefleri EK-B listesinde bulunmaktadır. Buradan hareketle EK-B listesi Kyoto Protokolü’nün ilk sorumluluk dönemi olmuş olan 2008-2012 dönemini kapsamaktadır (Gündoğan vd., 2015: 33).

2012 senesinde Katar'ın Doha kentinde gerçekleştirilen 18. Taraflar Konferansı'nda taraf ülkeler protokolü 8 sene daha uzatan yani diğer bir deyişle 2020 senesine kadar devam edecek ikinci yükümlülük faslı üzerinde mutabık olmuşlardır. Tıpkı ilk dönemde olduğu ikinci dönemde de taraf ülkeler sera gazı emisyon azaltım hedeflerini BMİDÇS' inde bulunan ilgili kurula bildirme yükümlülüğü bulunmaktadır (Kıvılcım, 2013: 46).

Protokole imza atmayan ülkeler arasında ABD ve Avustralya dikkat çekmektedir. Çin ve Hindistan protokole imza atmalarına rağmen sözleşmenin içeriğinde bulunan emisyonların azaltılması kararına önem göstermemişlerdir. Yapılan hesaplamaların sonucuna göre atmosfere salınan sera gazı emisyonlardan ABD %36,1 ile ilk sırada yer alırken Çin %13,6, Hindistan %4,2 ve Avustralya %2,1 oranlarında sorumludur. ABD sera gazı emisyonlarını azaltmak maksadıyla yapacağı yatırımların hizmet ve mal fiyatlarında bir artış meydana getireceğini ve bunun sonucunda işsizlik, pazar kaybı gibi vb. ekonomik kayıplara uğrayacağını düşünerek bu protokole imza atmamıştır (Doğan ve Sandal, 2007: 45). Kyoto Protokolü'nde iklim değişikliği ve sera gazı ile mücadelenin daha etkin bir biçimde yapılmasına yardımcı olan üç adet esneklik mekanizmaları bulunmaktadır. Bunlar; “Temiz Kalkınma Mekanizması”, “Emisyon Ticareti” ve “Ortak Yürütme” mekanizmalarıdır. Bu mekanizmalardan Emisyon Ticareti piyasa, Ortak Yürütme ve Temiz Kalkınma Mekanizması ise proje temeline dayanmaktadır. Bu esneklik mekanizmalarından faydalanmanın ilk şartı Kyoto Protokolüne dahil olmaktır (Karakaya, 2008: 169).

Temiz Kalkınma Mekanizması, Kyoto Protokolü'nün 12. Maddesinden ele alınmıştır. Bu madde de görüldüğü üzere EK-I listesinden yer alan ülkelerin üzerine düşen sorumlulukları gerçekleştirmek amacı ile EK-I listesinden yer almayan ve Kyoto Protokolü'nde yer alan ülkelerin herhangi birinde karbon yutak alanları ya da emisyon azaltıcı tasarıları “Onaylı Salınım Azaltmaları” karşılığı desteklemektedir. Bu mekanizma genel görünüm itibariyle enerji faaliyetlerini ve aynı zamanda yenilenebilen enerji kaynaklarından faydalanmak için gelişmiş ülkelere gelişmekte olan ülkelere teknoloji transferinin yapılması en faydalı yöntem olarak görmektedir. Sertifikalı Salınım Azaltımı arzının en fazla kısmı Çin ve Hindistan tarafından sağlanmaktadır. Bu miktar 2008-2012 yıllarını kapsayan dönemde projelendirilip belirlenmiştir. Yapılan tahminlere göre sertifikalı salınım azaltımına ait arzın %80 gibi büyük bir kısmının Asya'dan,

%15’lik bölümü Latin Amerika’dan ve %3 gibi küçük bir oranda destek vermesi ön görülmektedir. Güney Amerika dışarıda tutularak Nijerya ve Mısır küresel ölçekte Sertifikalı Salınım Azaltımı ait arz hususunda %1’den daha düşük bir oranda katkı sağlamaktadır. Buna sebep olarak ise bu bölgenin riskli yatırım çevresi ve düşük salınım bölgesi olarak görülmesidir. Temiz Kalkınma Projeleri üç farklı tarzda sunulabilir:

- Atmosferdeki karbonu çeken, emen tek tek tür ağaç dikim bölgeleri
- Elde edilen enerjinin faydalanış biçiminin geliştirilmesi
- Yenilenebilen enerji projelerinin geliştirilmesi şeklinde olabilir.

Aynı zamanda taraf ülkeler arasındaki Temiz Kalkınma Mekanizmasına ait projeleri finansal anlamda da farklı şekillerde oluşturulabilmektedir (Akkaya ve Uzar, 2012: 69).

Daha açık diğer bir ifadeyle Temiz Kalkınma Mekanizması, “karbon denkleştirme” esasına dayanmaktadır. Buradan hareketle denkleştirmeden kasıt bir tarafın meydana getirdiği karbon salınımlarına karşılık aynı oranda ve düzeyde fakat başka bir bölgede karbon salınımları hususunda tasarruf sağlamayı amaçlayan tasarımlara finansal açıdan destek vermesi veya karbon salınım sertifikalarının satın alınması olarak söylenebilir (Konak, 2011: 159). Emisyon ticareti ise Kyoto Protokolü’nün 17. Maddesinde düzenlenmiştir. Bu ticaret sistemi taraf ülkelerin sera gazı salınım miktarlarını gerekli durumlarda başka ülkeler ile paylaşmasına fırsat tanımaktadır.

Emisyon ticareti, Kyoto Protokolü kapsamında sayısal değer olarak emisyonları azaltma sorumluluğu bulunan ülkeler belirlenen emisyon azaltım oranlarının belirli bir kısmının ticaretini sağlayabilmektedirler. Yani bir ülke söz verdiği salınımlarından daha fazla azaltım yapan ülke yaptığı bu ekstra azaltımı diğer ülkelere satabilir. Bu şekilde ticaret yapan ülkelerin salınım hususunda sınırları ve aynı zamanda bu ülkelerin yükümlülükleri vardır. Salınım miktarları belirlenen limitin altında ise salınım haklarını başka ülkelere satabilir. Bu salınım miktarları eğer belirlenen limitin üzerinde gerçekleşmişse başka ülkelere salınım hakları satın alabilirler. “Cap and Trade” adı da verilen bu ticaret yöntemi tüm ülkelerin maliyetlerini en az seviyeye indirerek koydukları hedefe ulaşmak ve amaçlarını gerçekleştirmek için ülkeleri rekabet etmeye sevk etmiştir. Bu ticaret yöntemi işleyiş bakımından sade ve basittir. Bu basit sistemde ticaret yapan ülkeler ya başka ülkelere kredi alacaklar ya da gerekli düzeyde emisyon azaltımları yapacaklardır. Teoride basit olarak görülen bu sistem gerçek dünyada oldukça zor ve

karmaşık olmaktadır. Sera gazı emisyon miktarlarının düşürülmesi için faaliyete geçirilecek olan politikalar maliyetleri artırıcı bir etki yapmaktadır. Bu artırıcı etkiye karşın yapılan salınım ticareti yasal düzenlemeler yaklaşımıyla kıyaslandığında maliyetleri düşürücü bir etki yaptığı görülmektedir (Akkaya ve Uzar, 2012: 69).

Kyoto Protokolü'nde bulunan ülkeler için karbon ticaretini kapsayan üç adet senaryo tasarlanabilir:

Senaryo 1: Gerçekleştirdiği üretim faaliyetleri neticesinde sera gazı salınımı yapan firma veya şirket üretime devam edebilmesi için belirlenen sera gazı salınım limitini aşmak zorunda kalabilmektedir. Böyle bir durumda faklı bir firma veya şirketten salınım hakkı temin ederek limitini büyütüp salınımına rağmen üretim faaliyetlerine devam eder.

Senaryo 2: Üretim faaliyeti sonucunda sera gazı salınımına neden olan firma veya şirket belirlenmiş olan sera gazı limitini aşmadığı takdirde geriye kalan hakkını bir sonraki sene kullanmak için saklayabilir yahut da karbon ticareti yaparak karbon piyasasına satabilir.

Senaryo 3: Yine üretim faaliyeti sonucunda sera gazı salınımına yol açan firma veya şirketler çeşitli ülkelerde sera gazını azaltmaya yönelik yapılan projelere destek vererek, yatırım yaparak kazandığı kredileri kullanarak salınım limitini artırabilir ya da bunları yine piyasa da satabilir (Akkaya ve Uzar, 2012: 69).

Ortak yürütme sistemi ise Kyoto Protokolü'nün 6. Maddesinde ele alınmıştır. Protokolde düzenlenen bu mekanizma ile EK-I listesinde yer alan ülkeler arasında gerekli koşulların yerine getirilmesi şartı ile insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan sera gazı salınım miktarlarını düşürmeyi amaçlamıştır. Sera gazı yutak alanları sayesinde sera gazı salınım miktarlarının azaltılmasını hedefleyen projelerden elde edilen salınım azaltım birimlerini başka ülkelere verebilir ya da ondan alabilmektedir. Taraflar kendi ülkesinde sera gazı salınım ölçüsünü hafifletmeye çalışmaktadır. Bu tutum salınımı azaltmaya yönelik projelere yatırım yapma ve destek verme manasına gelmektedir. Bu mekanizma da projeler ile taraf ülkeler her birimi 10 ton CO₂ 'e eşdeğer gelen "Emisyon Azaltma Birimi" elde etmektedir. Elde edilen bu "Emisyon Azaltma Birimleri" daha sonraki dönemlerde ülkelerin Kyoto Protokolünde belirlenen hedeflerine ulaşmasında bir indirim olarak uygulanacaktır. Ancak buradaki önemli bir husus ise "Emisyon Azaltma Birimleri" miktarı yalnızca projelerin 2008 senesinden sonraki etkisi baz alınarak

hesaplanacaktır (Akkaya ve Uzar, 2012: 68). Ortak Yürütme mekanizması BMİDÇS' inde gelişmiş ülkeler tarafından sera gazı salınımlarındaki artışların limitlendirilmesi sağlayacak önlemler ile yenilenebilen enerji ve enerji verimliliği hususunda değerlendirilmiştir. Gelişmiş ülkeler sera gazı salınımlarının küresel çapta atmosfere yayıldığını ve dünyanın rastgele bir bölgesinde yapılacak olan sera gazı salınım miktarındaki azaltmanın küresel ölçekte eşit miktarda fayda sağlayacağı ön görülmektedir (Türkeş vd., 2000: 3).

Tablo 74: Kyoto Protokolünde ki Tarafların Üstlendiği Sorumluluklar

Taraflar	Sorumlulukları
Tüm Taraflar	• Küresel ve yerel projeler hazırlamak • Yürütülen faaliyetleri konferansın ilgili birimlerine bildirmek • Çevreye duyarlı teknolojiler üretmek • Teknik ve bilimsel konularda ortak hareket etmek • Arazi planlamasının iyileştirilmesine yönelik çalışmalar yapmak
EK-I Tarafları	• Sera gazı salınımları için yutak alanların korunup ve geliştirilmesi • Sera gazı salınımlarının azaltılmasına yardımcı olan veya limitlendiren uygulamalara uygun reformların yapılması ve özendirilmesi • Yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve çevreye duyarlı teknolojilerin geliştirilmesi • Enerji verimliliğini artırmak • Ormanlaşmaya önem vermek ve sürdürülebilir tarımın iklim değişikliği de göz önünde bulundurularak teşvik etmek
EK-II Tarafları	• Gelişmekte olan ülkelere teknoloji transferi yapmak • Gelişmekte olan ülkelere üzerlerine düşen sorumluluklarını yerine getirme hususunda destek vermek • Finansal destek sağlamak

Kaynak: Tekingündüz, 2019: 22.

2.2.1.3.Paris İklim Anlaşması

İklim değişikliği ile mücadele konusunda önemli anlaşmalardan biri olan Kyoto Protokolü'nün 2020 yılından sona erecek olması sebebiyle 2015 yılında onun yerine geçmesi planlanan Paris Anlaşması görüşmeye açılmıştır.

Fransa'nın başkenti olan Paris'te Aralık 2015'de gerçekleşen 21. Taraflar Konferansı'nda 2020 senesinde faaliyete girecek şekilde görüşülmeye başlanmıştır. Yapılan bu görüşmeler neticesinde anlaşma üzerinde mutabakat sağlanmış ve "Paris Anlaşması" ismiyle kabul edilmiştir. Ülkemiz ise bu anlaşmaya 22 Nisan 2016'da imza atmıştır. Paris anlaşmasının fiilen yürürlüğe girebilmesinin şartı ise küresel çapta sera gazı salınımlarının en az %55'ini kapsayan ve yine en az 55 ülkenin kendi meclisinde onaylaması olmuştur. 5 Kasım 2016'da yürürlüğe giren bu anlaşmayı 197 ülkeden 187 tanesi onaylamış durumdadır (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-iklim-degisikligi-ve-uluslararasi-muzakereler> Erişim Tarihi.: 24.09.2021).

Paris Anlaşması kabul edildikten sonra çok hızlı bir şekilde yürürlüğe giren ilk anlaşma olarak göze çarpmaktadır. Paris Anlaşması'nda dikkat çeken ayrı bir husus ise bütün ülkelerin destek vermesi temeline dayanan bir sistem ön görmesidir. Buradan hareketle bütün ülkelerin ortak fakat çeşitli yükümlülüklerinin bulunması ilkesine dayanmaktadır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri açısından gruplandırılması için herhangi bir kriter belirlenmemiştir (<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-iklim-degisikligi-ve-uluslararasi-muzakereler> Erişim Tarihi: 24.09.2021).

Anlaşmanın sanayi devriminden itibaren başlayıp günümüze kadar gelen süreçte 1 derece düzeyine ulaştığı ve bu küresel ısınmanın 2 derece altına düşürülmesi hatta mümkün olabildiğince 1,5 derece seviyelerinde tutulması gerektiğine kararına varılmıştır (Karakaya, 2016: 3). Anlaşmada göze çarpan diğer bir husus ise iklim değişikliği ile mücadele hususunda 2020'ye kadar olan dönemde gelişmiş ülkelerin geliştirmekte olan ülkelere 100 milyar dolar tutarında bir finansman desteğini mecbur kılınmış olmasıdır (Karakaya, 2016: 3; Yanardağ ve Bozkurt, 2017: 78).

Paris İklim Anlaşması birçok ülkenin iklim değişikliği ile mücadele hususunda bir araya geldiği ilk çok uluslu anlaşma özelliğine sahiptir. Bu anlaşma "2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi" kapsamında daha adil bir dünya, daha istikrarlı ve daha sağlıklı bir yaşam bırakmak adına geriye önemli bir fırsat olmuştur. Yaşadığımız yüzyılın ikinci

yarısına kadar olan dönem içinde bu sorunun çözülmesi gerektiğini vurgulamıştır (AB, 2018: 1).

Bugün günümüzün en büyük sorunlarından biri olan iklim değişikliği yaşamın devamlılığı açısından çok önemli bir konumda bulunmaktadır. İklim değişikliğinin bir bölgeyi veya yereli değil de tüm dünyayı kapsaması, küresel çapta olması nedeniyle Paris İklim Anlaşması herhangi gruplandırma yapmadan, yaptırımlar yoluyla değil de ortak bir mantalite ile hareket etmektedir.

Paris İklim Anlaşması'nı 197 tane taraf ülke imzalamış ancak 4 tanesi bu anlaşmayı kendi ülke meclisinin onayına sunmamıştır. Daha öncede bahsedildiği üzere Paris İklim Anlaşması'nın yürürlüğe girebilmesi için ülkelerin anlaşmayı onaylamasının dışında birde kendi ülke meclisinden bu anlaşmanın geçmesi gerekmektedir. Tablo 75'te anlaşmayı onaylayan fakat henüz ülke meclisinden geçirmeyen ülkeler yer almaktadır. Bu tablodan hareketle İran, Eritre ve Libya Paris İklim Anlaşması'nı 22 Nisan 2016 tarihinde onayladıkları rağmen meclis onayından geçirmemişler. Yemen ise 23 Eylül 2016 tarihinde anlaşmayı onaylamış fakat meclis onayından geçirmemiş olan bir diğer ülkedir. Türkiye ise anlaşmayı 22 Nisan 2016 yılında imzalamış fakat meclisin onayına sunmamıştı. ABD'nin New York kentinde düzenlenen 76. Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nda bu konuya ilişkin yapılan açıklama da Paris İklim Anlaşması'nın Ekim ayı içerisinde meclis onayı sunulacağı söylenmiş ve 11 Ekim 2021 tarihinde meclisten geçerek onaylanmıştır.

Tablo 75: Paris İklim Anlaşmasına İmza Atmalarına Rağmen Ülke Meclisinde Onaylamayan Ülkeler

Ülke	İmza Attıkları Tarih
İran	22 Nisan 2016
Libya	22 Nisan 2016
Yemen	23 Eylül 2016
Eritre	22 Nisan 2016

Kaynak: https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=IND&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en#EndDec Erişim Tarihi.: 15.02.2022.

2.3.SERA GAZI

Güneşten dünyamıza ulaşan ışınların bir kısmı geri yansır ve bu yansıyan güneş ışınlarının atmosferde bulunan metan gazı, su buharı ve karbondioksit gazı tarafından tutulmasıyla dünyamızın sıcaklığında artışlar meydana gelir. Gerçekleşen bu olaya sera etkisi adı verilmektedir (Türköz, 2015: 3).

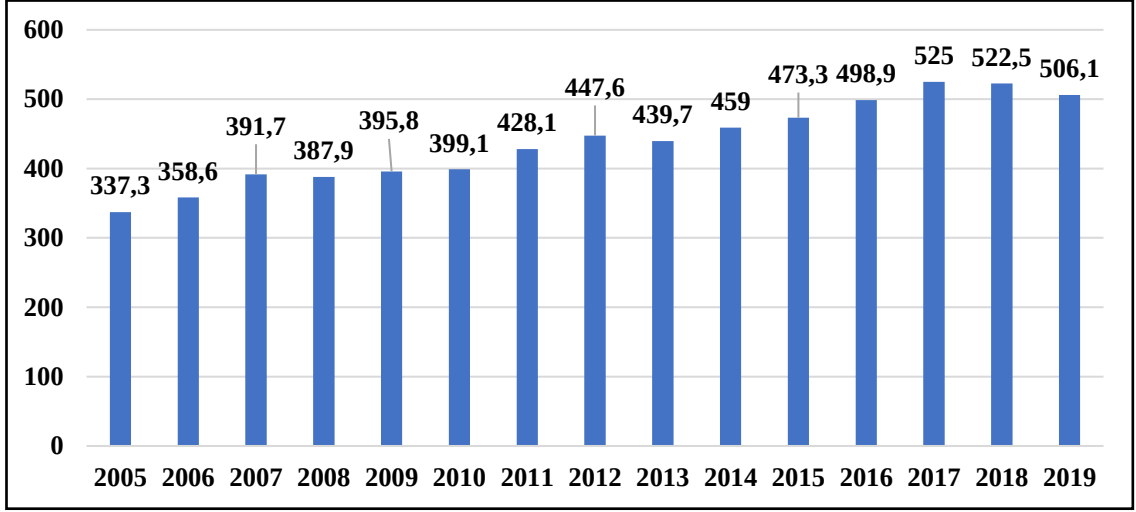
Her geçen gün artan nüfus, ekonomik büyüme ve enerji ihtiyacına bağlı olarak enerji talebi ve tüketimi de artmaktadır. Artan bu tüketimin karşılandığı kaynakların ise çevreye verdiği zararlar günümüzün ve geleceğin en önemli sorunlarından biri olarak görülmektedir. Artan bu enerji ihtiyacına cevap verebilmek için üretilen enerjinin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Fosil yakıt kullanımının çevreye verdiği zararlar yenilenebilir enerji kullanımının çevreye olan etkisine kıyasla daha fazladır. Bu olumsuz etkilerin azaltılmasına yönelik yapılan önerilerde yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması gerektiğini öne sürülmüştür. Fosil yakıt kullanımı sonucunda atmosfere yayılan zararlı sera gazları, sera etkisine yol açmaktadır. Sera gazlarının artması ise küresel ısınmayı da artırmaktadır. Sera etkisine bağlı oluşan küresel ısınmanın ortaya çıkmasındaki en büyük etken insan faaliyetleri olmuştur.

İnsanların çeşitli müdahaleleri neticesinde atmosfere yayılan gazların sera etkisine ve bu durum da dünyamızın sıcaklığını artırmaktadır. Artan sıcaklık değerleriyle birlikte su seviyelerinin artması, buzulların erimesi ve yağış rejimlerinin bozulması gibi çevresel durumlar meydana gelmektedir. Bu olayların yaşanmasında ki artılar can ve mal güvenliğini de tehdit etmektedir (Bayraç, 2010: 231).

Sanayi devrimiyle birlikte insanların ihtiyacı olan enerjileri fosil yakıtlardan karşılama oranları da artmıştır. Ormanların tahribatı, fosil yakıt tüketimi ve endüstriyel üretim neticesinde oluşan gazlar sebebiyle atmosfer yüzeyindeki sera etkisine yol açan gazların miktarında ciddi artışlar yaşanmıştır (Türköz, 2015: 4).

Sera etkisinin hiç olmadığı düşünüldüğünde dünyamızdaki sıcaklık -18 derece dolaylarında olacağı ön görülmüştür. IPCC'ye göre yeryüzünün sıcaklık değerleri 19. Yüzyıldan bugüne kadar 0,3 ile 0,6 derece arasında artış göstermiş ve 21. yüzyılda 1 ile 3,5 derece arasında artacağı düşünülmektedir (Karacan, 2007: 380).

Şekil 56: Türkiye'nin Sera Gazı Emisyon Değerleri (Milyon Ton CO₂ Eşdeğeri)



Kaynak: TÜİK (2021, a)'dan alınarak çalışmanın yazarı tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 56'da ülkemizde gerçekleşen sera gazı salınım değerleri yer almaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun sunmuş olduğu bu emisyon değerlerine bakıldığında genel görünüm emisyon miktarlarının artış eğilimli olduğu görülmektedir. 2005 yılında 337,3 milyon ton CO₂ eşdeğerindeyken 2010 yılında 399,1 milyon ton CO₂ eşdeğerine, 2015 yılında 473,3 milyon ton CO₂ eşdeğeri ve 2019 yılında ise 506,1 milyon ton CO₂ eşdeğerine yükselmiştir.

Türkiye İstatistik Kurumu'nun sunmuş olduğu bilgilere göre 1990 yılından kişi başına düşen sera gazı miktarı 4 ton CO₂ eşdeğerinde iken 2018 yılına gelindiğinde 6,4 ton CO₂ eşdeğerine yükselmiş ve 2019 yılında 6,1 ton CO₂ eşdeğeri şeklinde gerçekleşmiştir. 2019 yılında hesaplanan sera gazı emisyon miktarları içerisindeki enerji faaliyetleri kaynaklı emisyon oranı %72, tarımsal faaliyetlerden kaynaklı emisyon oranı %13,4, endüstriyel faaliyetlerden kaynaklı emisyon oranı %11,2 ve atıklardan kaynaklı emisyon oranı %3,4 olarak gerçekleşmiştir (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2019-37196> Erişim Tarihi: 13.02.2022).

Tablo 76: Türkiye’de Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları (Milyon Ton CO₂ Eşdeğeri)

	Enerji	Tarım	Atık	Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı	Toplam
1990	139,6	46,1	11,1	22,8	219,6
1995	166,3	44,1	12,3	25,2	248,0
2000	216,1	42,3	14,3	26,2	299,0
2005	244,0	42,4	17,3	33,6	337,3
2010	287,0	44,4	19,5	48,1	399,1
2011	308,7	46,9	19,8	52,8	428,1
2012	320,5	52,7	19,4	55,1	447,6
2013	307,5	55,9	18,2	58,1	439,7
2014	325,8	56,2	18,3	58,7	459,0
2015	340,9	56,1	19,0	57,2	473,3
2016	359,7	58,9	19,0	61,4	498,9
2017	379,9	63,3	17,8	64,0	525,0
2018	373,1	65,3	18,1	65,9	522,5
2019	364,4	68,0	17,2	56,4	506,1

Kaynak: TÜİK (2021, b)’den alınarak çalışmanın yazarı tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 76’da ülkemizdeki sera gazı emisyon miktarlarının sektörel dağılımı yer almaktadır. En büyük pay enerji sektörüne ait olurken onu sırasıyla tarım sektörü, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından kaynaklanan emisyonlar ve atık faaliyetleri takip etmektedir. 1990 yılında enerji sektörünün sera gazı emisyonları içerisindeki payı 139,6 milyon ton CO₂ eşdeğerinde olurken tarım sektörünün payı 46,1 milyon ton CO₂ eşdeğeri, atık sektörünün payı 11,1 milyon ton CO₂ eşdeğeri ve endüstriyel işlemler ve ürün kullanımının payı ise 22,8 milyon ton CO₂ eşdeğerinde olmuştur. 2019 yılında ise bu değerler artış göstermiş enerji sektöründe 364,4 milyon ton CO₂ eşdeğerine, tarım sektöründe 68,0 milyon ton CO₂ eşdeğerine, atık sektöründe 17,2 milyon ton CO₂ eşdeğerine ve endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı kaynaklı emisyon miktarı 56,4 milyon ton CO₂ eşdeğerine yükselmiştir.

2019 yılında gerçekleşen enerji faaliyetleri kaynaklı sera gazı emisyonları 1990 yılına kıyasla %161 oranında artmıştır. Endüstriyel işlemlerden kaynaklanan emisyon miktarı ise 1990 yılına kıyasla %147,1 oranında artarken tarımsal faaliyetlerden kaynaklı emisyon ise %47,7 oranında artış göstermiştir (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2019-37196> Erişim Tarihi: 13.02.2022).

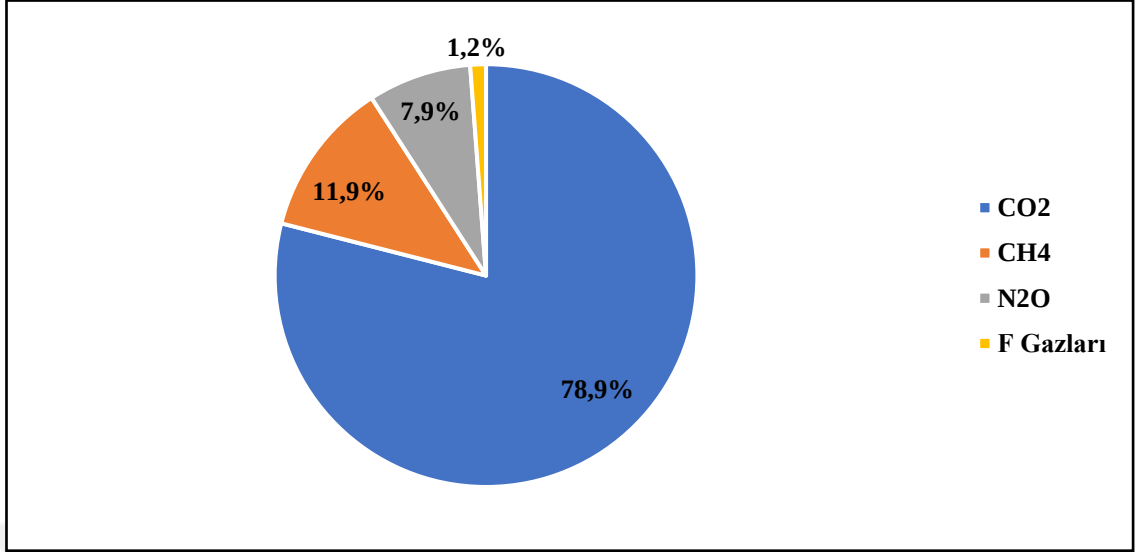
Tablo 77: Çeşitlerine Göre Sera Gazı Emisyonları (Milyon Ton CO₂ Eşdeğeri)

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Florlu Gazlar	Toplam
1990	151,5	42,5	25,0	0,6	219,6
1995	180,9	42,6	23,9	0,6	248,0
2000	229,8	43,7	24,8	0,7	299,0
2005	264,2	45,2	26,2	1,7	337,3
2010	314,4	51,4	29,8	3,6	399,1
2011	339,5	53,7	30,9	4,0	428,1
2012	353,7	57,1	32,1	4,7	447,6
2013	345,2	55,5	34,1	4,8	439,7
2014	361,7	57,5	34,6	5,3	459,0
2015	381,3	51,6	35,4	5,0	473,3
2016	401,2	54,5	37,7	5,5	498,9
2017	425,3	54,8	39,1	5,7	525,0
2018	419,4	58,1	39,3	5,7	522,5
2019	399,3	60,3	40,2	6,2	506,1

Kaynak: TÜİK (2021, c)'den alınarak çalışmanın yazarı tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 79'de türlerine göre sera gazı emisyonlarına ait bilgiler yer almaktadır. Tablodaki tüm yıllar da sera gazı emisyonu içerisindeki en büyük pay CO₂ gazına ait olması dikkat çekmektedir. 1990 yılında toplam sera gazı emisyon miktarı içerisinde CO₂ miktarı 151,5 milyon ton, CH₄ gazının miktarı 42,5 milyon ton CO₂ eşdeğeri, Diazaot monoksit (N₂O) gazının miktarı 25,0 milyon ton CO₂ eşdeğeri ve florlu gazların miktarı ise 0,6 milyon ton CO₂ eşdeğeri olmuştur. 2019 yılında söz konusu bu miktarlar CO₂ için 399,3 milyon ton CO₂ eşdeğerine, CH₄ için 60,3 milyon ton CO₂ eşdeğerine, N₂O için 40,2 milyon ton CO₂ eşdeğerine ve florlu gazlar için 6,2 milyon ton CO₂ eşdeğerine yükselmiştir.

Şekil 57: Çeşitlerine Göre Sera Gazı Emisyon Oranları



Kaynak: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2019-37196> Erişim Tarihi: 13.02.2022.

Şekil 57’de 2019 yılında ülkemizde gerçekleşen sera gazı emisyonlarındaki çeşitli gazların payı yer almaktadır. En büyük pay %78,9 ile CO₂ olurken onu sırasıyla %11,9 ile CH₄ gazı, %7,9 N₂O gazı ve son olarak %1,2 ile florlu gazlar takip etmektedir.

2.3.1.Sera Gazı Çeşitleri

Bilindiği sera gazları atmosferde tahribatlara yol açarak iklim değişikliği problemini ortaya çıkarmaktadır. Bu doğrultuda başlıca sera gazı çeşitleri olarak aşağıdaki bölümde karbondioksit, metan gazı, su buharı, karbon monoksit, diazot monoksit ve azot oksitler açıklamaya çalışılacaktır.

2.3.1.1.Karbondioksit Emisyonu (CO₂)

Herhangi bir kokusu ve rengi olmayan karbondioksitin atmosferde üzerindeki varlığı %0,03 ile %0,06 arasındadır. Karbondioksitin bitkiler tarafından alınıp yerine oksijen verilmesi gibi doğa içerisindeki döngüde ve bitki yaşamı üzerinde önemli bir konumu vardır. Karbondioksit gazı tüm yanma faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan ve zehirsiz bir yapıda olma özelliği taşıyan gaz çeşidi olarak bilinmektedir. Atmosfer

yüzeyindeki karbondioksit miktarlarının artması neticesinde güneşten gelen ışınların atmosfer yüzeyinde tutulma oranı artar. Bu durum ise küresel sıcaklığın artması problemini beraberinde getirir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2011: 4).

Karbondioksit diğer bir ifadeyle CO₂, karbon ve oksijenin tepkimeye girmesiyle oluşmaktadır. Karbondioksit gezegenimizi çevreleyerek güneşten gelen ışınları içeriye hapsedip onların dışarı çıkmasına engel olmaktadır. Bu durum böyle gerçekleşmeseydi eğer gezegenimizin ortalama sıcaklığı -18 derece dolaylarında olacaktı. Karbondioksit gazı tabiatta su ve bitki örtüsü vasıtasıyla emilir ve üretilir. Aynı zamanda odun, petrol, kömür ve doğal gaz kullanımı neticesinde artmaktadır.

Günümüzde en çok bahsi geçen konulardan biri olan küresel ısınma ve buna paralel olarak meydana gelen iklim değişikliği günümüz ve gelecek için son derece önemli bir konudur. Küresel ısınmanın meydana gelişindeki en önemli etken artan sera gazları miktarı olarak görülmektedir. Kömür, doğal gaz, petrol gibi fosil kaynak tüketimi sonucunda ortaya çıkan karbondioksit salınımı, sera etkisi yaratan en önemli neden olarak görülmektedir (Bozkurt ve Okumuş, 2015: 24).

Hali hazırda kullanılan petrol ve kömür gibi fosil yakıtları ilerde bir gün tükeneyeceği gerçeği ve bu kaynakların kullanımı sonucunda meydana gelen çevre problemleri sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı sadece karbondioksit salınım miktarını azaltmanın yanında enerjide dışa bağımlılığı da azaltacağı bilinmektedir.

İnsan kaynaklı karbondioksit salınımı özellikle sanayi devriminden sonra artmaya başlamıştır. 1850 öncesinde 280 ppm olan CO₂ emisyonu 2011 yılında %40'lık artışla 391 ppm CO₂ emisyonuna yükselmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın yapmış olduğu tahminlere göre 2050 senesine kadar fosil yakıtlardaki talebin yükseleceği ve bu sebeple de CO₂ salınımlarının da yaklaşık %130 gibi bir oranda artış yaşanacağı tahmin edilmektedir. Küresel ısınmada ise 0,5 derece dolaylarında artış yaşanacağı da tahmin edilmektedir. 19. yüzyıldan bu yana küresel ısınma ortalama olarak 0,3 derece ile 0,6 derece arasında arttığı gözlemlenmiştir (<https://www.gazbir.org.tr/uploads/page/Karbon%20Emisyonu-Rev-Son.pdf> Erişim Tarihi: 28.01.2022).

Petrol, kömür, odun ve doğal gaz gibi kaynakların kullanılması neticesinde meydana gelen karbondioksit salınımı atmosferin %0,038 gibi bir oranına denk

gelmektedir. Diğer bir deyişle 380 ppm'dir. Bu oran sanayi devriminden önceki yıllarda 280 ppm olarak bilinmektedir. Azot %76 ve oksijen ise %21 gibi bir oran ile atmosferdeki gazların %97'sini oluşturarak en büyük paya sahip gazlardır. İklim değişikliğinde ki en büyük role sahip olan CO₂ salınımı 2018 yılında 405,6 ppm olarak hesaplanmıştır (Koç, 2019: 7).

Bilim insanları, günümüzde yaşanan iklim değişikliği ve küresel ısınmaya sebep olarak sera gazlarının atmosfere yayılmasını görmektedir. Karbondioksit gazı yani CO₂ diğer sera gazlarının çoğunun içerisinde bulunmaktadır. Bu nedenle öbür sera gazı çeşitlerinin miktarı belirlenirken CO₂ eşdeğeri olarak çevrilmektedir (Çetin, 2021: 5). Atmosfere yayılan sera gazlarının yaklaşık %60 gibi yarısından fazlasının karbondioksit gazı kaynaklı olduğu görülmektedir. Atmosferdeki CO₂ oranının dengeli ve belli bir düzeyde olması normal karşılanmaktadır. Ancak bu oran fosil yakıt kullanımı sonucunda artmış ve zarar vermeye başlamıştır. Bu duruma orman tahribatı ve CO₂ emisyonlarını artırıcı durumların eşlik etmesi çok daha büyük negatif etkilere yol açmaktadır (Mazı, 2004: 149). Gün geçtikçe artan enerji talebinin daha çok fosil enerji kaynaklarından karşılanması atmosfere salınan karbondioksit miktarını artırmaktadır.

Ülkeler gerek kalkınma gerekse de ekonomik büyümelerini artırmak amacıyla üretime ağırlık vermiş ve üretim miktarlarını arttırmışlardır. Üretimde yaşanan bu artış aynı zamanda enerji tüketimine neden olmuştur. Enerji tüketimindeki bu durumda CO₂ salınımını ve çevre kirliliğini artırmıştır. CO₂ salınımındaki en önemli etkenin enerji sektörü olduğu ve bu durumunda hava kalitesini negatif etkilediği görülmüştür (Pabuçcu ve Bayramoğlu, 2016: 762-778).

Tablo 78: Bölgelerde ve Dünyada CO₂ Emisyonları (Milyon ton)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Kuzey Amerika	6499.9	6376.1	6129.4	63616.1	6320.5	6211.0
Orta ve Güney Amerika	1198.5	1254.1	1308.2	1365.0	1385.7	1381.9
Avrupa	4677.5	4600.4	4541.3	4434.7	4204.1	4212.4
Avrasya	1980.9	2082.3	2115.7	2093.5	2100.5	2073.4
Orta Doğu	1765.6	1828.1	1901.2	1967.1	2016.1	2064.8
Afrika	1171.6	1162.0	1198.4	1227.8	1263.6	1274.4
Asya Pasifik	13997.5	14869.5	15309.8	156667.0	15850.1	15988.3
Dünya	31291.4	32172.5	32504.0	33071.2	33140.7	33206.1
	2016	2017	2018	2019	2020	2020 Pay
Kuzey Amerika	6094.5	6055.2	6219.4	6067.1	5348.1	%16,6
Orta ve Güney Amerika	1339.7	1322.7	1293.8	1274.5	1157.7	%3,6
Avrupa	4260.8	4300.5	4251.0	4091.3	3596.8	%11,1
Avrasya	2080.4	2075.6	2179.7	2165.6	2039.5	%6,3
Orta Doğu	2131.8	2143.9	2146.9	2190.2	2110.1	%6,5
Afrika	1306.2	1327.9	1342.7	1364.5	1254.0	%3,9
Asya Pasifik	16148.5	16501.1	16917.6	17203.3	16778.0	%52,0
Dünya	33361.9	33726.9	34351.1	34356.6	32284.1	%100

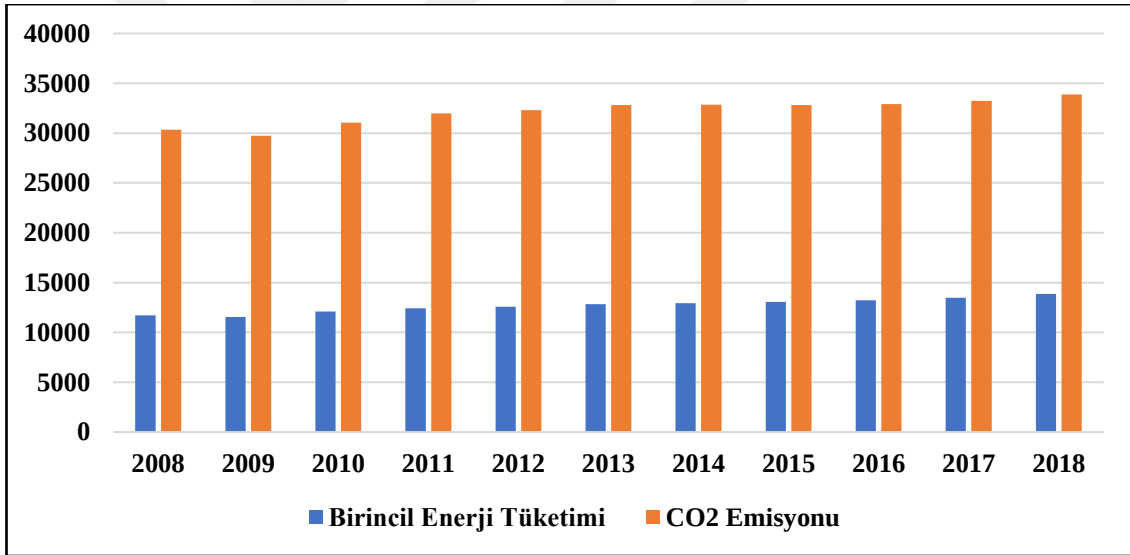
Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 15.

Tablo 78’de bölge ve dünya genelindeki CO₂ emisyon değerleri hakkında bilgiler sunmaktadır. Tablodaki bu bilgiler ışığında 2020 yılında Kuzey Amerika bölgesinde 5348,1 milyon ton değerinde CO₂ salınımı gerçekleşmiştir. Orta ve Güney Amerika’da ise bu rakam 1157,7 milyon değerinde olmuştur. Avrupa’ya baktığımızda yine 2020 yılında 3596,8 milyon ton CO₂ salınımı gerçekleşmiş olup bu rakam Avrasya bölgesinde 2039,5 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Orta Doğu’da hesaplanan CO₂ miktarı ise 2110,1 milyon ton değerinde olmuştur. 2020 yılında ki CO₂ salınım miktarı Afrika’da 1254,0 milyon ton ve Asya Pasifik bölgesinde 16778,0 milyon ton olmuştur. En fazla CO₂ salınımının gerçekleştiği bölge %52,0 ile Asya Pasifik bölgesi olurken en az salınım %3,6 ile Orta ve Güney Amerika bölgesinde gerçekleşmiştir.

2020 yılında en fazla CO₂ salınımına yol açan ülkelere baktığımızda ilk sırada 9899,3 milyon ton ve dünya genelinde %30,17 oranında bir paya sahip olan Çin yer almaktadır. İkinci sırada ise ABD gelmektedir. ABD’nin yol açtığı CO₂ miktarı ise

%13,8'lik pay ile 4457,2 milyon ton olmuştur. Hindistan 2302,3 milyon ton CO₂ salınımı ve %7,1'lik pay ile üçüncü sırada yer almaktadır. Hindistan'ın arkasından Rusya gelmektedir. Rusya dünya genelindeki CO₂ salınımında %4,6 oranında bir pay ve 1482,2 milyon ton salınım miktarı ile dördüncü sırada yer almaktadır. Beşinci sırada yer alan Japonya'nın ise CO₂ salınım miktarı 1482,2 milyon olarak gerçekleşmiş ve toplam salınım miktarı içerisindeki payı %3,2 olmuştur. OECD üyesi ülkelerin gerçekleştirmiş olduğu CO₂ salınım miktarı 10778,1 milyon ton değerinde olmuş ve bu üye ülkelerin yol açtığı salınım miktarı toplam salınım miktarının %33,4'üne karşılık gelmektedir. Avrupa Birliği ülkeleri ise 2550,9 milyon ton CO₂ salınımına yol açmış ve bu miktar toplam salınım miktarının %7,9'una denk gelmiştir (BP Statistical Review of World Energy, 2021: 15).

Şekil 58: Dünyada Birincil Enerji Tüketimi ve CO₂ Emisyonu (Mtep- Milyon ton CO₂)



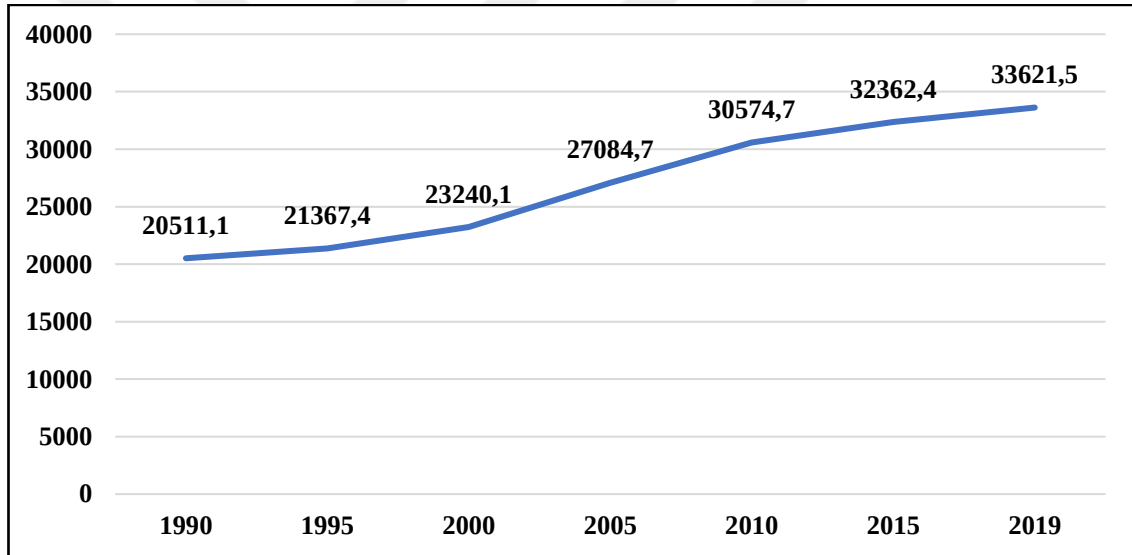
Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2019: 8-57.

Şekil 58'de bölge ve dünya düzeyinde gerçekleşen birincil enerji tüketimi ve CO₂ emisyon değerleri karşılaştırılmıştır. Genel görünüm itibariyle hem enerji tüketimi hem de CO₂ emisyonları artış trendi içerisinde olmuştur. Baktığımızda CO₂ emisyon miktarları enerji tüketim miktarlarına kıyasla çok daha fazla olmuştur. Birincil enerji tüketimi 2008 yılında 11705,1 Mtep olmuş ve CO₂ emisyon miktarı ise 30336,7 milyon ton olurken 2015 yılında enerji tüketimi 13045,6 Mtep ve CO₂ emisyonları 32804,4 milyon ton değerinde

olmuştur. Son olarak 2018 yılında enerji tüketimi 13864,9 Mtep olarak hesaplanırken CO₂ emisyon miktarı 33890,8 milyon ton olarak hesaplanmıştır.

Küresel düzeydeki karbondioksit salınımlarının seyri aşağıdaki şekil 59’da görülmektedir. 1990-2019 yıllarındaki karbondioksit salınımları sürekli olarak arttığı görülmüştür. Özellikle 2000 yılından itibaren önceki dönemlere kıyasla daha büyük bir artış yaşanmıştır. Grafikten de anlaşılabileceği gibi 1990 yılında 20511,1 milyon ton olan karbondioksit salınımı 2000 yılında 23240,1 milyon ton, 2010 yılında 30574,7 milyon ton ve son olarak da 2019 yılında 33621,5 milyon tona yükselmiştir. Karbondioksit salınımlarındaki bu artışın şüphesizki en önemli etmenleri enerji talebinin artması, ekonomik büyüme ve nüfus artışı olmuştur.

Şekil 59: 1990-2019 Yılları Arasında CO₂ Emisyonlarının Seyri (Milyon ton)



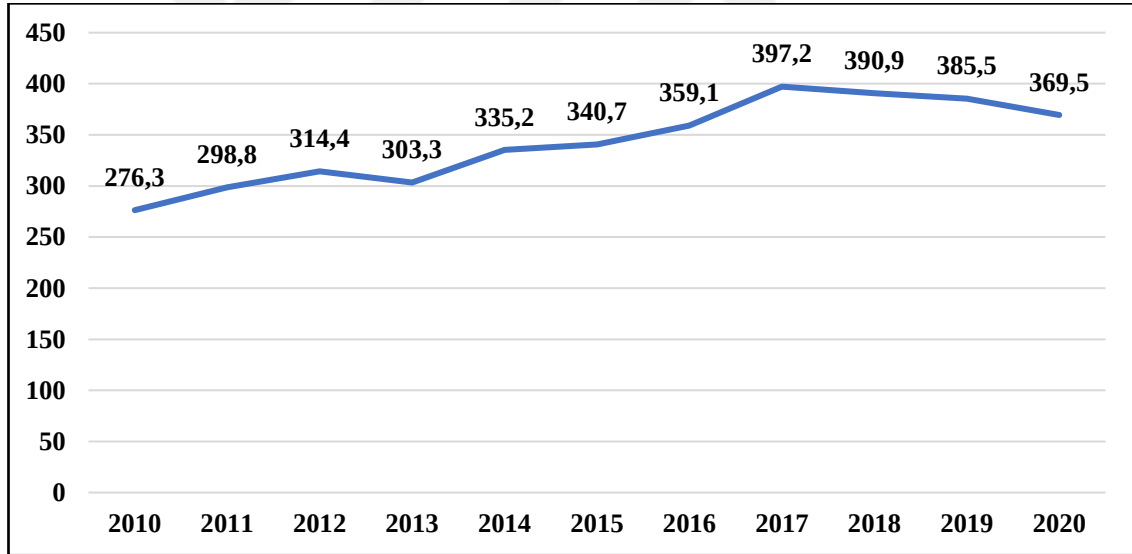
Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=CO2%20emissions&indicator=TotCO2> Erişim Tarihi: 24.01.2022.

Ülkemiz ekonomisinde zaman zaman durağan dönemlerin yaşandığı zamanlar olmuştur. 1994, 1999, 2001 ve 2009 seneleri örnek olarak gösterilebilir. Bu dönemlerde ülkemizin Gayri Safi Yurtiçi Hasılası 1994’de %4,7, 1999’da %3,4, 2001’de %5,7 ve 2009’da %4,8 oranında düşüş yaşamıştır (Rüstemoğlu, 2016: 2157). Yaşanan bu düşüş neticesinde karbondioksit emisyon miktarları da azalmıştır. Ülkemizdeki karbondioksit

emisy n miktarları ile GSYİH arasında pozitif yönlü bir ilişki mevcuttur. GSYH'deki yaşanan artışlar CO₂ salınımını da artırmıştır (Uçak ve Usubbeyli, 2013: 501).

2016'da ülkemizde bir hanenin bir yılda tükettiği ortalama doğal gaz miktarı 934 Sm³ olarak hesaplanmıştır. Isınma maksatlı kömür tüketimi ise bir yılda ortalama 1,9 ton olmuştur. Isınma maksatlı doğal gaz ve kömür kullanılması neticesinde 41,3 milyar kg karbon salınımı yayılmıŐtır. Tümüyle kömür tüketimi yapılmış olsaydı eğer 68,7 milyar kg karbon salınımı olacaktı. Farklı bir noktadan bakılınca doğal gaz kullanılmış olması karbon salınım miktarını %40 oranında yani 27,4 milyar kg miktarında azaltmıŐtır (<https://www.gazbir.org.tr/uploads/page/Karbon%20Emisyonu-Rev-Son.pdf> Erişim Tarihi: 28.01.2022). Ülkemizde 1960 yılında karbondioksit emisyon büyüme hızı %0,5 olurken 2000 ile 2008 dönemi arasında bu büyüme hızı %4 oranına çıkmıştır ( zt rk ve Acaravcı, 2013: 263).

Şekil 60: Türkiye'de Gerçekleşen CO₂ Emisyon Miktarları (Milyon ton)

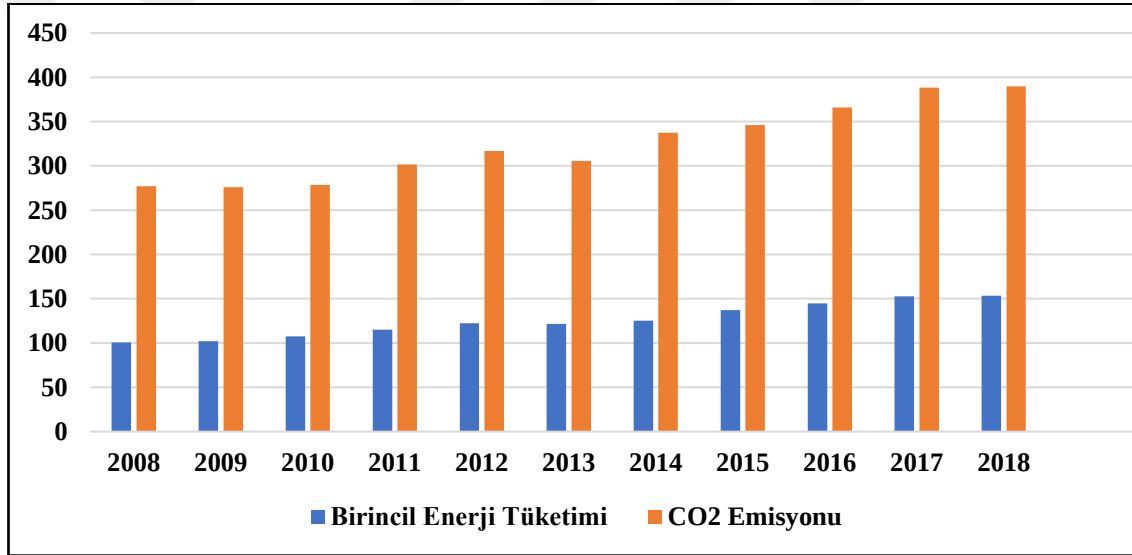


Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2021: 15.

Şekil 60'da ülkemizde gerçekleşen CO₂ emisyon miktarlarına ait bilgiler yer almaktadır. Buna göre CO₂ emisyon miktarları 2017 yılına kadar artmış ve 2017 yılında zirve yaptıktan sonra bir düşüş yaşanmıştır. Her ne kadar zaman zaman CO₂ emisyonlarında düşüşler yaŐansa da halihazırda geçen yılların üzerinde bir emisyon miktarı yaŐanmaktadır. 2010 yılında emisyon miktarı 276,3 milyon ton olurken 2020 yılında bu rakam 369,5 milyon tona y kselmiŐtır.

Aşağıdaki şekil 61’de ülkemizin birincil enerji tüketimi ve CO₂ emisyon miktarlarının karşılaştırılmasına ilişkin bilgiler yer almaktadır. Genel görünüme bakıldığında gerek enerji tüketiminde gerekse emisyon miktarlarında yıllar içerisinde bir artış trendi görünmektedir. Ülkemizdeki gerçekleşen emisyon miktarı enerji tüketiminden çok daha fazla olmuştur. 2008 yılında enerji tüketimi 100,8 Mtep olurken, emisyon miktarı 276,9 milyon ton olmuştur. 2015 yılında ise enerji tüketim miktarı 137,2 Mtep iken emisyon miktarı 346,1 milyon ton değerinde gerçekleştirmiştir. 2018 yılında gerçekleşen enerji tüketimi 153,5 Mtep ve emisyon miktarı 389,9 milyon ton değerinde olmuştur.

Şekil 61: Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi ve CO₂ Emisyonu (Mtep- Milyon ton CO₂)

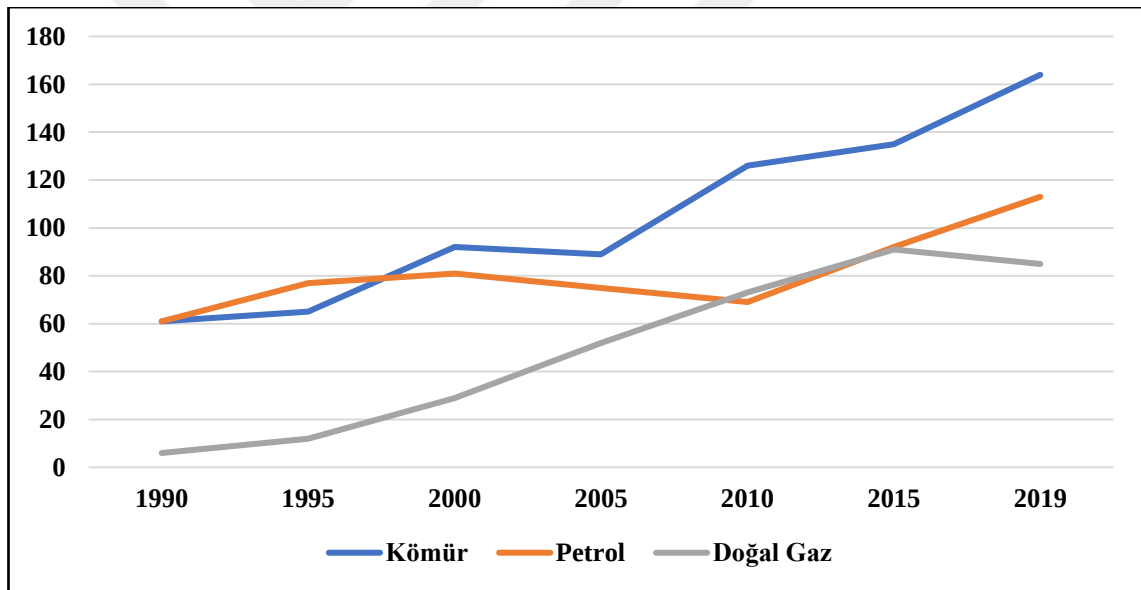


Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2019: 8-57.

Şekil 62’de ülkemizdeki CO₂ emisyon miktarının kaynaklara göre dağılımı yer almaktadır. Bu tablodan hareketle en fazla CO₂ emisyonuna yol açan enerji kaynağının kömür olduğu görülmektedir. Daha sonra petrol ve doğal gaz gelmektedir. Kömür enerjisi tüketiminden kaynaklı emisyon miktarı inişli çıkışlı bir seyir izlese de yukarı yönlü bir seyir izleyerek ciddi bir emisyon artışı yaşamıştır. 1990 yılında aynı kömür ile aynı emisyon değerine sahip olan petrol ise 1995 yılından sonra emisyon miktarında küçük bir azalış yaşamış olsa da 2010 yılından sonra yukarı yönlü bir ivme kazanmış ve petrol kaynaklı emisyon miktarında ciddi bir artış yaşanmıştır. Doğal gaz ise 1990 yılında çok düşük emisyonla sebep olurken 1995 yılından 2015 yılına kadar çok ciddi bir artış yaşamış

ve yukarı yönlü ciddi bir ivme kazanmıştır. 2015 yılında zirve yapan doğal gaz kaynaklı emisyon miktarı daha sonra bir miktar azalış göstermiştir. 1990 yılından sonra doğal gaz kullanımının çeşitli alanlarda yaygınlaşması bu artış trendinin bir nedeni olarak görülebilir. Kömürden elde edilen enerji maliyetlerinin daha düşük bir düzeyde olması ise kömür kaynaklı emisyon miktarlarının neden çok yüksek düzeyde olduğu sorusuna cevap olarak görülebilir. 1990 yılında kömür ve petrol kaynaklı emisyon miktarları 61 milyon ton olurken, doğal gaz kaynaklı emisyon miktarı ise 6 milyon ton olmuştur. 2010 yılında kömür kaynaklı emisyon miktarı 126 milyon ton, petrol kaynaklı 73 milyon ton ve doğal gaz kaynaklı 69 milyon ton olmuştur. 2019 yılında ise kömür kaynaklı emisyon miktarı 164 milyon ton, petrol kaynaklı 113 milyon ton ve doğal gaz kaynaklı 85 milyon ton olmuştur.

Şekil 62: Türkiye’de Enerji Kaynaklarına Göre CO₂ Emisyonları (Milyon ton CO₂)

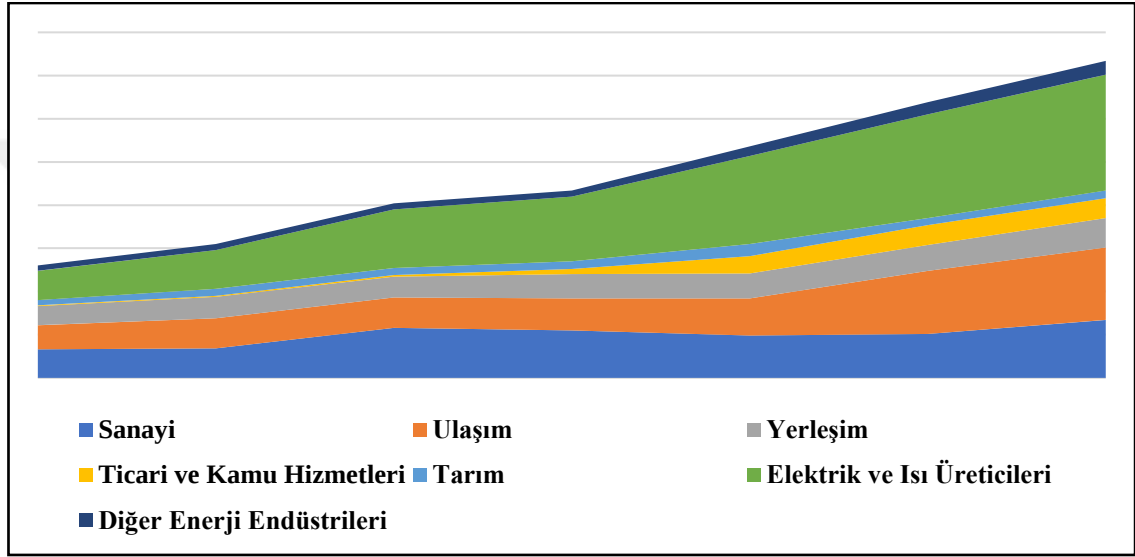


Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=TURKEY&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2BySource> Erişim Tarihi: 24.01.2022.

Hemen her kesimin çok sık şekilde kullandığı ulaşım sektöründe de petrol, gaz ve mazot gibi kaynaklar kullanıldığından bu sektörün karbondioksit salınımına olan etkisi göz ardı edilemeyecek durumdadır. Her ne kadar günümüzde daha az karbondioksit salınımına neden olacak olan elektrikli araçlar yavaş yavaş üretilmeye ve kullanılmaya başlansa da hâlen petrol kaynaklı yakıt ile çalışan araçlar sektöre hâkim durumdadır.

Ülkemizde 2017 yılında 11.317.998 adet kayıtlı otomobil sayısının %26,8'i benzinli, %33,6'sı dizel ve %39,2'si de LPG'lidir. Bu araçların ortalama olarak 100 kilometrede 7,5 litre yakıt harcadığı varsayıldığında doğaya salınan karbondioksit miktarı 190 bin ton olmaktadır. Bu da 550 bin ağaca karşılık gelmektedir (<https://www.gazbir.org.tr/uploads/page/Karbon%20Emisyonu-Rev-Son.pdf> Erişim Tarihi: 28.01.2022).

Şekil 63: Türkiye’de Sektörlere Göre CO₂ Emisyonu (Milyon ton CO₂)

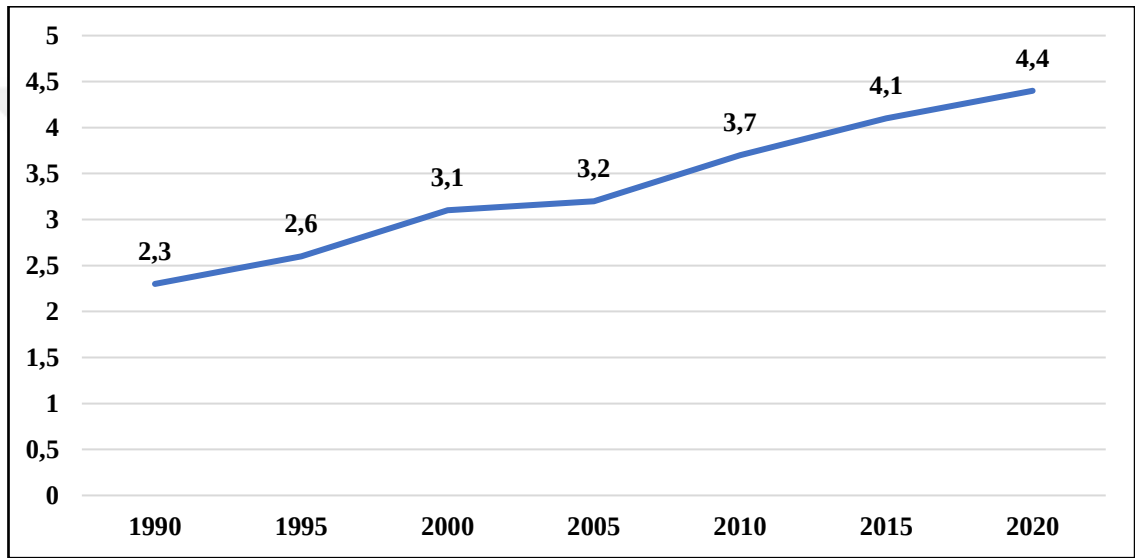


Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=TURKEY&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2BySector> Erişim Tarihi: 24.01.2022.

Şekil 63’te ülkemizdeki CO₂ emisyonun sektörler bazında dağılımı görülmektedir. Bu bilgiler ışığında 2019 yılında en fazla emisyonu yol açan sektörün elektrik ve ısı üreticileri olduğu ve bu sektörün yol açtığı emisyon miktarı her geçen gün arttığı görülmektedir. İkinci sırada ise ulaşım sektörü yer almaktadır. Ulaşım sektörünün yol açtığı emisyon miktarı 2010 yılına stabil olarak seyretmiş bu tarihten sonra büyük bir artış trendi kazanarak sanayi sektörünü geride bırakmıştır. Sanayi sektörünün sebep olduğu emisyon miktarı ise kısmen dalgalı bir durum yaşamış ve 2000 yılında zirve yaptıktan sonra bir düşüş yaşamış ve 2015 yılından sonra tekrardan artış trendine girmiştir. Yerleşim yeri, tarım ve diğer enerji endüstrileri alanında kullanılan enerji kaynaklı emisyon miktarı sürekli olarak stabil bir seyir izlemiştir. Ticari ve kamu hizmetlerinin yol

açtığı emisyon miktarı 2005 yılına kadar stabil bir seyir izlemiş ve yol açtığı emisyon miktarı neredeyse yok denecek kadar az iken 2005 yılından sonra bir artış yaşamıştır. 2019 yılında elektrik ve ısı üreticileri sektörü kaynaklı emisyon miktarı 134 milyon ton, ulaşım sektörü kaynaklı 84 milyon ton, sanayi sektörü kaynaklı 67 milyon ton, yerleşim alanı kaynaklı 34 milyon ton, ticari ve kamu hizmetleri sektörü kaynaklı 23 milyon ton, tarım sektörü kaynaklı 9 milyon ton ve diğer sektörler kaynaklı emisyon miktarı 16 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 64: Türkiye’de Kişi Başına Düşen CO₂ Emisyonu (Ton CO₂)



Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=TURKEY&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2PerCap> Erişim Tarihi: 24.01.2022.

2.3.1.2. Metan Gazı (CH₄)

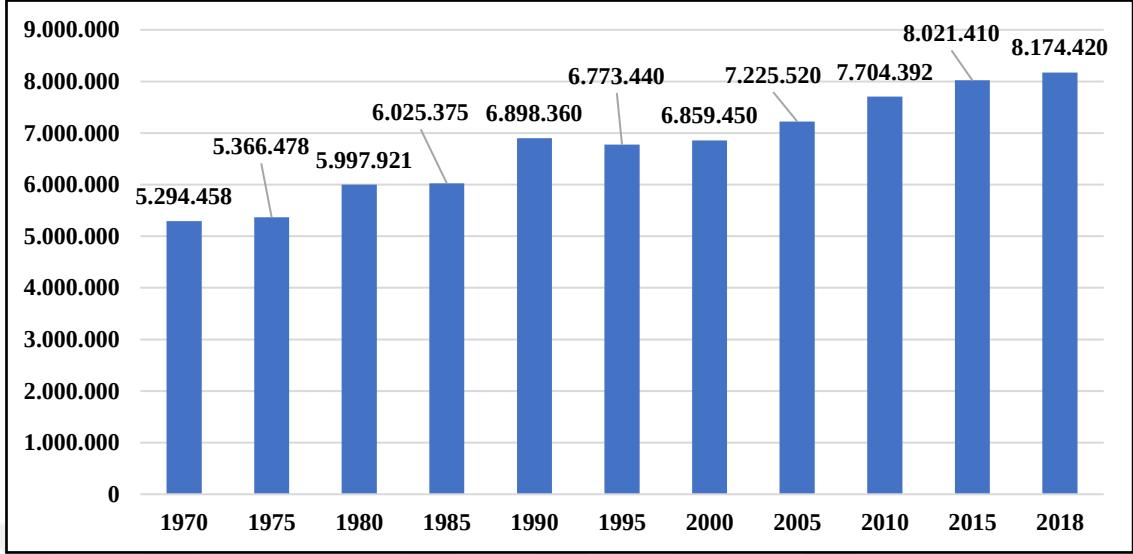
Organik atıkların oksijenin bulunmadığı yerlerde ayrışmasıyla meydana gelmektedir. Metan gazı emisyonlarını ortaya çıkmasına neden olan en önemli etmenler bataklıklar, çöp alanları, çiftlik gübreleri ve pirinç tarlaları gibi oksijenin az olduğu yerlerdir. Bunların yanı sıra metan gazının artmasına doğal gaz ve kömür kaynakları da etki etmektedir. Metan gazının sera etkisinin oluşmasındaki payı karbondioksit gazına kıyasla daha düşüktür. Bu duruma sebep olarak ise miktar bakımından daha az ve yaşam süresinin daha düşük olması görülmektedir. Sanayi devrimi yaşanmadan önce metan

gazının atmosfer yüzeyindeki yoğunluk miktarı 715 ppb değerindeyken 1990'lı yıllarda 1732 ppb ve 2005 yılında 1774 ppb düzeylerine çıkmıştır. 2005 yılında görülen bu ppb düzeyi olağan değerler olarak görülen 320-790 ppb değerlerinin çok üzerinde kalmıştır (IPCC, 2007: 3). Metan gazı emisyon miktarlarındaki meydana gelen artışlar karbondioksit emisyonlarına kıyasla daha hızlı artmasına karşın atmosferdeki yaşam süresi karbondioksit kadar uzun olmayıp yaklaşık 12 senedir (Mazı, 2004: 150).

Metan gazının (CH_4) sıcaklık tutma kapasitesi CO_2 salınımlarını kıyasla 20 kat daha fazladır. Ayrıca sera etkisinde %20 oranında bir paya sahiptir. Oksijenin az olduğu ortamlarda çeşitli biyolojik tepkimeler sonucunda atmosfere kadar yayılmaktadırlar. Bunun dışında doğal gazın temelinde metan gazının olduğu bilinmektedir. Son 50 yılda doğal gaz üretiminde ve kömür kaynaklı işlemlerde gibi insan kaynaklı faaliyetlerde artışlar yaşanmıştır. Yaşanan bu artışlar metan gazı emisyon miktarlarını da artırmıştır. Sanayi devriminden sonra ki dönemler ile önceki dönemler kıyaslandığında metan gazı karışımının %150 gibi büyük bir oranda artış yaşadığı görülmüştür. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, atmosfere yayılan insan kaynaklı metan gazı emisyon miktarlarının %50'yi geçtiğini yani metan gazı emisyonlarının yarısından fazlası insan kaynaklı olduğunu belirtmiştir. CH_4 gazı ile OH (hidroksil radikali) tepkimeye girmesi neticesinde CO_2 gazı meydana gelmektedir (Pekin, 2006: 8-9).

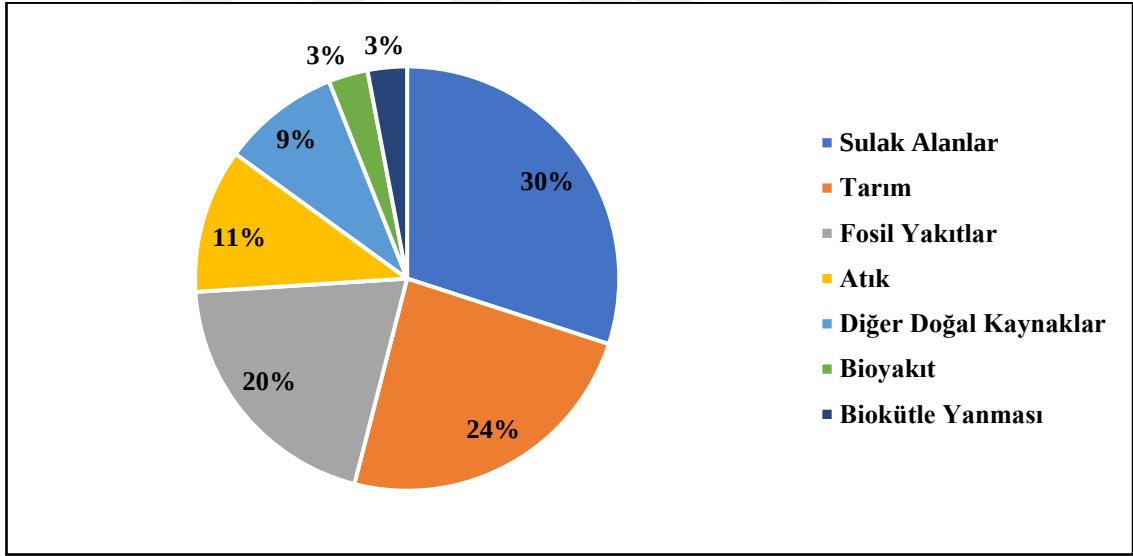
Aşağıdaki şekil 65'te Dünya Bankası'nın paylaşmış olduğu verilere göre dünya genelindeki metan gazı emisyon miktarları ve seyri görülmektedir. Genel görünüm olarak bakıldığında metan gazı emisyon miktar ve seyri artış eğiliminde olmuştur. 1970 yılında 5.294.458 kilo ton CO_2 eşdeğerindeyken 2018 yılında 8.174.420 kilo ton CO_2 eşdeğerine kadar yükselmiştir. Şekle bakıldığında sadece 1995 yılında az da olsa bir düşüş yaşanırken diğer tüm yıllarda artış yaşanmıştır. Bu durumdan bile anlaşılacağı gibi atmosferdeki metan gazının miktarının sürekli artması küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine etki yapmaktadır.

Şekil 65: Dünya Geneli Metan Gazı Emisyon Değerleri (Kilo ton CO₂ Eşdeğeri)



Kaynak: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.METH.KT.CE> Erişim Tarihi: 01.02.2022.

Şekil 66: Metan Gazına Neden Olan Kaynakların Dağılımı (%)

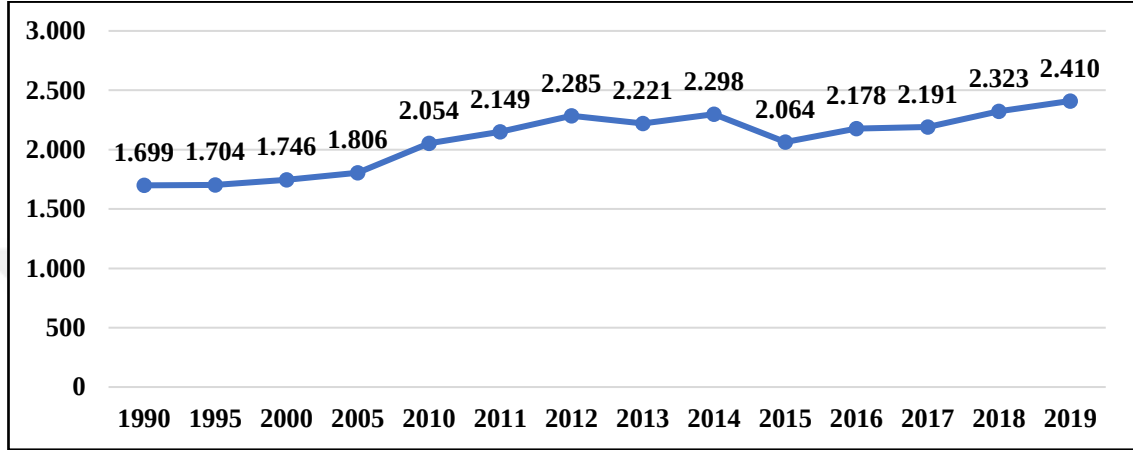


Kaynak: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/sources-of-methane-emissions> Erişim Tarihi: 01.02.2022.

Şekil 66’da metan gazı emisyonlarının kaynaklarına göre dağılımı görülmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı’nın sunmuş olduğu verilere göre metan gazına en fazla etki eden %30 ile sulak alanlar olmuştur. Bunu sırasıyla %24 ile tarımsal faaliyetler, %20 ile fosil yakıtlar, %11 ile atıklar, %9 ile diğer doğal kaynaklar ve %3 ile biyoakıt ile biokütle

yanması faaliyetleri takip etmektedir. Bu şekilden de anlaşılacağı gibi metan gazı emisyonlarında en büyük etken antropojenik yani insan faaliyetleri neticesinde oluşan emisyonlar olmuştur. Bu şekildeki antropojenik etkenler tarım, fosil yakıt, atıklar, biyoyakıt ve biokütle yanmasıdır. Metan gazı emisyonlarındaki insan etkisi %61 oranında olmuştur.

Şekil 67: Türkiye’de Gerçekleşen Metan Gazı Emisyonları (Bin ton)



Kaynak: TÜİK (2021, d)’den alınarak çalışmanın yazarı tarafından oluşturulmuştur.

Ülkemizde gerçekleşen metan gazı emisyonları şekil 67’de verilmektedir. TÜİK’nin paylaşmış olduğu verilere baktığımız zaman genel görünüm olarak dünya genelindeki emisyon miktarlarına benzer şekilde ülkemizdeki metan gazı emisyon miktarları da artış seyri izlemektedir. Buna göre ülkemizde 1990 yılında ki metan gazı emisyon miktarı 1.699 bin ton olurken 2000 yılında 1.746 bin ton, 2010 yılında 2.054 bin ton, 2015 yılında 2.064 bin ton ve 2019 yılında 2.410 bin ton olmuştur. Sadece 2013 ve 2015 yıllarında emisyon miktarların da bir düşüş yaşanmış onun dışında sürekli artmıştır. Yıllar içerisinde az da olsa zaman zaman düşüşler yaşanmış olmasına rağmen 1990 yılında 1.699 bin ton olan emisyon miktarı 2019 yılında 2.410 bin ton seviyesine yükselmiştir.

Tablo 79’da ülkemizde gerçekleşen metan gazı emisyonlarının sektörler açısından paylarına ait bilgiler yer almaktadır. Gerçekleşen metan gazı emisyonlarında en büyük pay tarım sektörüne ait olurken en düşük pay ise endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı faaliyetleri olmuştur. Toplam emisyon miktarlarına bakıldığında ise genellikle artarak ilerlediği görülmektedir. Tarım sektörü dışında en fazla pay atıkların ve daha sonra enerji sektörünün olmuştur. 1990 yılında tarım sektörünün sebep olduğu emisyon miktarı

1.004,6 bin ton, atık faaliyetlerinin 383,8 bin ton, enerji sektörünün 310,8 bin ton ve endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı faaliyetleri 0,3 bin ton olmuştur. 2019 yılında ise bu emisyon miktarları tarım sektöründe 1.503,1 bin tona, atık faaliyetlerinde 437,1 bin tona enerji sektöründe 469,8 bin tona ve endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı faaliyetlerinde 0,6 bin tona yükselmiştir.

Tablo 79: Türkiye’de Sektörlere Göre Metan Gazı Emisyonu (Bin ton)

	Enerji	Tarım	Atık	Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı	Toplam
1990	310,8	1.004,6	383,8	0,3	1.699
1995	286,2	988,3	429,7	0,3	1.704
2000	360,8	878,2	507,3	0,4	1.746
2005	337,5	882,1	586,9	0,4	1.806
2010	491,2	951,4	611,1	0,4	2.054
2011	504,4	1.027,2	617,2	0,4	2.149
2012	525,3	1.161,9	597,8	0,5	2.285
2013	466,6	1.212,7	542,0	0,5	2.221
2014	533,7	1.228,5	535,5	0,6	2.298
2015	296,1	1.214,0	553,4	0,6	2.064
2016	419,8	1.218,6	539,6	0,7	2.178
2017	355,7	1.352,7	482,2	0,7	2.191
2018	382,9	1.456,0	483,9	0,7	2.323
2019	469,8	1.503,1	437,1	0,6	2.410

Kaynak: TÜİK (2021, e)’den alınarak çalışmanın yazarı tarafından oluşturulmuştur.

2.3.1.3.Su Buharı (H₂O)

Su buharı (H₂O), atmosferin içerisinde en geniş formda bulunan gaz çeşididir. H₂O, bulunduğu konuma göre %0-2 arasında değişmektedir. Ayrıca bu gaz çeşidi atmosferde uzun dönemli kalan bir gaz değildir. Su buharının atmosferdeki bulunma şekli maddenin üç haline paralel olarak katı, sıvı ve gaz halinde bulunmaktadır. Diğer gazların aksine insan faaliyetlerinin dünya genelindeki su buharı konsantrasyonunu direkt şekilde etkilemediği düşüncesi var olmuş olsa da diğer sera gazlarının salınımlarındaki artış dolaylı yönden hidrolojik döngüye etki edebilmektedir. Atmosferde meydana gelen ısınma aynı zaman da su tutma kapasitesini artırarak bulut oluşumunu etkiler. Bulutlar ise

güneşten gelen ışınları ve kara yüzeyinden yansıyan ışınları emer ve yansıtır. Uçakların uçuş esnasında ardında bıraktığı beyaz çizgi şeklinde ve buluta benzer bir yapıda olan karışımın içerisinde su buharı bulunmaktadır. Bu karışım da buluta benzer şekilde ışımayı etkilemektedir (Pekin, 2006: 7-8).

Su buharı, en geniş formda bulunmasına rağmen atmosferin dünyamıza yakın yerlerindeki miktarı çok ender durumlarda artar. Çoğunlukla atmosferin yüksek kısımlarında bulutların oluştuğu yerlerde bolca bulunmaktadır. Bu sebepten dolayı güneşten gelen ışımaları tutma ve yansıtma gibi durumlarda etkilidir (Türköz, 2015: 8). Su buharının hava içerisindeki varlığı nemli tropikal iklimlerde %2-3 oranında iken orta enlemlerde %1 ve kutup bölgelerinde %0,25 oranındadır. İklim, bitki ve canlı yaşamı açısından da su buharının çok hayati etkileri vardır (http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava_kirliligi_ve_kirleticiler_rapor1.pdf Erişim Tarihi: 05.05.2022).

2.3.1.4.Karbonmonoksit (CO)

Karbonmonoksit (CO) gazı renksiz, tatsız ve kokusuz bir yapıda olan karbon monoksit gazı, çevreye yeterli düzeyde dağılamaması ve aynı zamanda herhangi bir rengi, kokusu olmayışında kaynaklı olarak bulunduğu ortamdaki varlığı fark edilemeyen zararlı bir gaz çeşidi (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2011: 6). Karbon monoksit gazının ortaya çıkması için öncelikle bir yanma faaliyetinin gerçekleşmesi gerekmektedir. Karbon monoksit gazı oksijenin az veya hiç olmadığı yerlerde eksik yanma olarak ta tanımlanan şekilde ortaya çıkan ara gazdır. Tam yanma faaliyeti için oksijen seviyesinin yeterli düzeyde olması gerekmektedir. Karbon monoksit gazı maksimum düzeyine oksijenin az olduğu zamanlarda ulaşmaktadır (Topçu, 2008: 20). CO gazının diğer gazlar gibi atmosferde bir kalıcılık süresi vardır. Bu süre minimum 2 aydır. Dünya genelinde meydana gelen CO gazı miktarı 232 milyon ton olduğunu düşünüldüğünde bu gazın atmosferde meydana getirdiği olumsuzluklar biraz daha anlaşılır hale gelmektedir. Dünya genelinde meydana gelen karbon monoksit gazı üretiminin %70'sinden ulaştırma sektörü sorumludur. Yapılan hesaplamalar neticesinde CO gazının atmosferin alt kısımların da kalması durumunda bu gazın her yıl 0.03 ppm düzeyinde arttığı gözlenmiştir (İncecik, 1994: 26-41).

Karbon monoksit gazının olağan seviyesi 0.001-0.20 ppm değerleri arasındadır. 8 saat süre ile hesaplanan CO gazı yoğunluğu kentsel alanlarda en fazla ortalama 53 ppm değerine kadar yükselmiştir. Gerçekleştirilen bu hesaplamalarda CO gazı yoğunluğu 10 ile 50 ppm değerleri arasında farklılık gösterdiği görülmüştür. Sağlık açısından da problemlere yol açan CO gazı, kandaki oksijen miktarlarını azaltarak damarlara zarar vermektedir. Kanda bulunan hemoglobin maddesi ile de tepkimeye girmektedir. Kalp ve beyin gibi hayati önemi bulunan organlarda birtakım deformelere neden olabilmektedir (Dumanlı, 2020: 24).

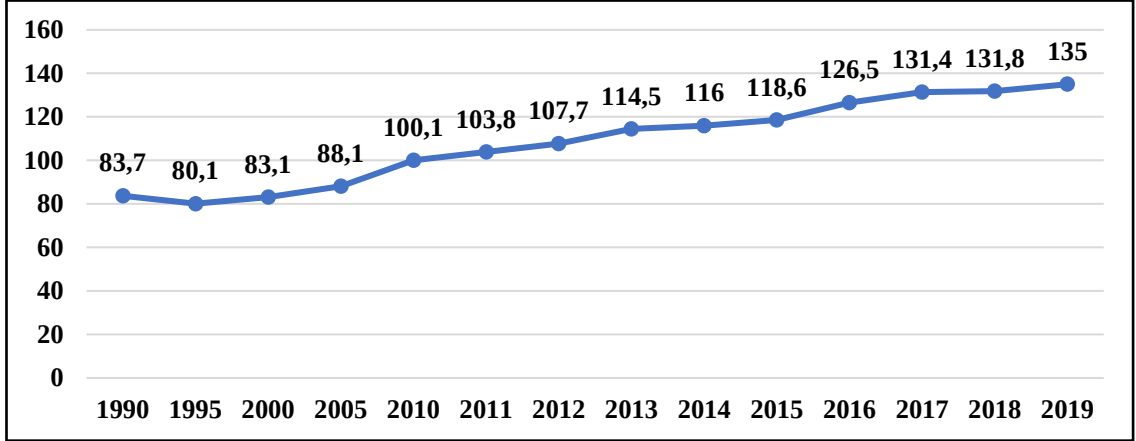
Karbon monoksit gazının ortaya çıkmasında egzoz gazları, fosil enerji kaynaklarının tüketimi, orman yangınları gibi etmenler karbon monoksit gazının atmosfere yayılmasına sebebiyet vermektedir. Karbon monoksit gazının havada fazlaca bulunması canlı ölümlerine neden olabilmektedir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2011: 6).

2.3.1.5. Diazot Monoksit (N₂O)

Bu gaz türü metan gazı ve karbondioksit gazının ardından atmosferdeki varlığı ile üçüncü sırada yer almaktadır. Atmosferdeki varlığını yaklaşık 130 yıl kadar sürdürebilmektedir. Yapılan ölçümler neticesinde N₂O gazı 313 ppb seviyelerindeyken bu rakam her yıl 0.5 ile 0.9 ppb arasında artmaktadır. Sanayi devriminden önceye kıyasla atmosferdeki yoğunluğu %16 seviyelerinde artmıştır (Wallington, 2009: 10). Bu gaz türü renksiz, kokusu beğenilen bir gaz olup halk arasında gülme gazı olarak da bilinmektedir.

Diazot monoksit gazına neden olan etmenler çok net belirlenmiş olsa da en fazla tropikal ormanlar ve topraklar etki etmektedir. Diğer etmenler ise fosil yakıt tüketimi, egzoz gazları ve orman varlığının yetersizliği olarak söylenebilir. Bu gazın karbondioksit ve metan gazına kıyasla küresel ısınmaya olan etkisi daha azdır. Fakat az düzeyde de olsa zaman zaman asit yağmurlarına sebep olarak küresel ısınma üzerinde etkisi vardır (Read, 1994: 38).

Şekil 68: Türkiye’de Gerçekleşen N₂O Emisyonları (Bin ton)



Kaynak: TÜİK (2021, f)’den alınarak çalışmanın yazarı tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 68’de ülkemizde gerçekleşen N₂O emisyonlarına ait bilgiler yer almaktadır. Genel görünüm olarak N₂O emisyonlarının seyri yukarı yönlü olmuştur. Zaman zaman düşüşler yaşanmış olsa da gerçekleşen artışlar bu grafiğe hâkim olmuştur. 1990 yılında 83,7 bin ton olan emisyon miktarı 1995 yılında düşüş yaşayarak 80,1 bin tona gerilemiş ancak 2000 yılında artış göstererek 83,1 bin tona yükselmiştir. 2010 yılında 100,1 bin ton olarak gerçekleşen emisyon miktarı 2015 yılında 118,6 bin tona yükselmiştir. 2019 yılında ise emisyon miktarı 135 bin ton değerine çıkmıştır. N₂O emisyon miktarı sadece 1995 yılında azalış göstermiştir. Buradan da anlaşılabacağı gibi N₂O emisyonlarının genel seyri artış eğilimindedir diyebiliriz.

Tablo 80’de ülkemizde gerçekleşen N₂O emisyonlarının sektörlere göre dağılımı görülmektedir. Bu bilgiler ışığında ülkemizdeki N₂O emisyonlarında en büyük pay tarım sektörüne ait olurken en az pay ise endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektörlerine ait olmuştur. Toplam N₂O emisyonları genellikle artış eğiliminde olmuştur. 1990 yılında gerçekleşen N₂O emisyon miktarları enerji sektöründe 6,5 bin ton, tarım sektöründe 68,7 bin ton, atıklarda 4,9 bin ton ve endüstriyel işlemler ve ürün kullanımında 3,6 bin ton olurken 2019 yılında ise enerji sektöründe 11,9 bin tona, tarım sektöründe 97,8 bin tona, atıklarda 21,2 bin tona ve endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı faaliyetlerinde ise 4,0 bin tona yükselmiştir.

Tablo 80: Türkiye’de Sektörlere Göre N₂O Emisyonları (Bin ton)

	Enerji	Tarım	Atık	Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı	Toplam
1990	6,5	68,7	4,9	3,6	83,7
1995	7,8	63,6	5,3	3,4	80,1
2000	8,5	66,3	5,5	2,8	83,1
2005	10,5	66,4	8,8	2,4	88,1
2010	13,2	67,0	14,3	5,5	100,1
2011	14,1	69,3	14,5	5,8	103,8
2012	9,8	77,1	14,8	6,0	107,7
2013	9,8	83,0	15,6	6,0	114,5
2014	10,6	83,0	16,4	6,1	116,0
2015	12,5	83,8	17,5	4,9	118,6
2016	13,0	91,1	18,3	4,1	126,5
2017	13,8	93,9	19,4	4,2	131,4
2018	12,5	92,9	20,3	6,1	131,8
2019	11,9	97,8	21,2	4,0	135,0

Kaynak: TÜİK (2021, g)’den alınarak çalışmanın yazarı tarafından oluşturulmuştur.

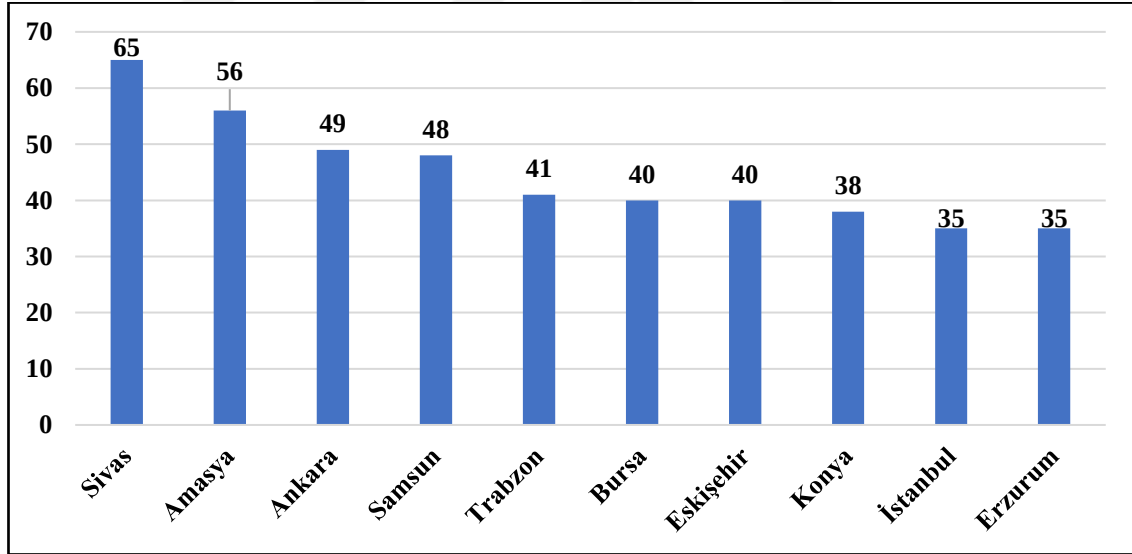
2.3.1.6. Azot Oksitler (NO_x)

Azot oksitler (NO_x), azot dioksit ve azot monoksit gazlarının toplamından meydana gelmektedir. Meydana gelen azot oksitlerin %90’ı azot monoksit olarak açığa çıkar. Azot oksitlerin atmosfer içerisindeki varlığının %50’si sabit tesislerde gerçekleşen yanma faaliyetleri ve egzoz gazı salınımlarından kaynaklanmaktadır (Bahadır, 2010: 18). Diğer birkaç gaz türü gibi azot oksitler de en önemli kirletici gazlardan biridir. Yanma faaliyetleri neticesinde çok yüksek sıcaklıklar ile oluşan azot monoksit ve azot dioksit gazlarının toplamından meydana gelir. Azot oksitlerin havaya yayılmasında ki en önemli etmenler egzoz gazı emisyonları ve enerji santralleridir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2011: 5). Azot dioksit gazı zehirli ve renkli bir yapısı varken azot monoksit gazı zehirli ve renksiz bir yapısı vardır. Azot oksitlerin ortaya çıkmasında hareketli ve sabit kaynaklar sebep olmaktadır. Hareketli kaynaklara örnek olarak motorlu taşıtların yanma faaliyeti sonucunda ortaya çıkan egzoz emisyonları verilebilir. Sabit kaynaklar ise sanayi ve endüstriyel tesislerdir (Alıcılar vd., 2003: 320).

Ozon oluşumu üzerinde de etkisi olan azot oksitlerin atmosferdeki yaşam süresi kısadır. Hava araçlarından ortaya çıkan azot oksitler atmosfer içerisinde bulunan metan gazı yoğunluğunun azalmasında etkili olmaktadır. Motorların iç kısımlarında meydana gelen yanma neticesinde ortaya çıkan yüksek ısı etkisi ile oksijenin ve hava içerisinde bulunan azotun tepkimeye girmesiyle ortaya çıkar. Azot oksitlerin içerisinde en büyük paya azot monoksit gazı sahiptir. Motorlu araçlardan egzoz emisyonu şeklinde ortaya çıkan azot monoksitin bir bölümü azot dioksite dönerken bir kısmı diğer azot oksitlere dönüşmektedir. Azot oksitlerin oluşumunda motorların iç kısmındaki sıcaklık önemlidir. Sıcaklık yükseldikçe azot oksit oluşumu da artmaktadır (Topçu, 2008: 21).

Azot oksitlerin atmosferdeki varlığı artmakta ve sera etkisinin %5'inden sorumludur. İnsan kaynaklı azot oksitlerin ortaya çıkmasında fosil yakıt kullanımı ve tarımsal faaliyetler önemli bir rol oynamaktadır. Bu etmenleri azaltılmasıyla azot oksit salınımları da azalabilmektedir (Aksay, Ketenoğlu ve Kurt, 2005: 34).

Şekil 69: 2020 Yılında En Fazla NO₂ Emisyonu Yapan İller (Metreküp Başına mikro gram)



Kaynak: Temiz Hava Hakkı Platformu, 2021: 39.

Şekil 69'da 2020 yılında ülkemizde gerçekleşen azot dioksit (NO₂) emisyon değerlerinin ortalama olarak en fazla hesaplandığı ilk 10 ilimiz yer almaktadır. En fazla azot dioksit emisyonu metreküp başına 65 mikrogram ile Sivas ili olmuştur. Bursa ve Eskişehir bir yılda ki ortalama azot dioksit emisyonları aynı değerde hesaplanmış yani metreküp başına 40 mikro gram olmuştur. Aynı durum İstanbul ve Erzurum içinde geçerli

olmuş ve metreküp başına 35 mikrogram azot dioksit salınımı gerçekleşmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlemiş olduğu azot dioksit limit değeri ve ulusal limit değeri metreküp başına 40 mikro gram olmuştur (Temiz Hava Hakkı Platformu, 2021: 37).



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENERJİ TÜKETİMİ VE HAVA KİRLİLİĞİ İLİŞKİSİ

3.1.ENERJİ TÜKETİMİ VE HAVA KİRLİLİĞİ SALINIMI ARASINDAKİ İLİŞKİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

İlgili literatür tarandığında enerjinin çevre üzerindeki etkilerini inceleyen birçok çalışma mevcut olduğu görülmektedir. Türkiye özelinde yapılan çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Bahar (2005) yaptığı çalışmada Türkiye’de enerji sektörü üzerinde 1980-2002 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada regresyon analiz yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre Türkiye’de her geçen gün tüketimi yerli üretimle karşılamamanın mümkün olmadığını ve aynı zamanda dışa bağımlılığın artmasının yanı sıra sanayi sektöründe uygulanan fiyatlandırma politikasının uygun olmadığını sonucunu ortaya koymuştur.

Say ve Yücel (2005) yaptığı çalışmada enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi 1970-2002 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada IPCC ve TCO₂ metodunu kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre nüfus artışı ve ekonomik büyüme sonucunda enerji tüketiminin artması ve bu artışın CO₂ salınımını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Çolak, Bayındır ve Demirtaş (2008) yaptığı çalışmada Türkiye’nin enerji geleceği üzerinde çalışmıştır. Çalışma sonuçlarına göre alternatif enerji kaynaklardan daha fazla yararlanabilmek için kendi ürettiğimiz türbinler, güneş panelleri, ölçüm cihazları ve diğer donanımla bir sektör meydana getirildiğinde, kaynaklarımızı en verimli şekilde kullanabileceğimiz sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışkan (2009) yaptığı çalışmada Türkiye’nin enerji arz güvenliği sorunu ve enerjide dışa bağımlılığını Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada, Türkiye’nin enerjide dışa bağımlılık, enerji arz güvenliği ile tüketim ve üretimi analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Türkiye’nin mevcut fosil enerji kaynaklarını daha etkin kullanması, Yenilenebilir enerji kaynaklarını faaliyete geçirilmesi ve nükleer enerji üretimine bir an önce geçmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Halıcıoğlu (2009) yaptığı çalışmada CO₂ emisyonları, enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret arasındaki ilişkiyi 1960-2005 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada zaman serisi verilerini kullanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre uzun vadede CO₂ emisyonları; enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret tarafından belirlendiği sonucuna varmıştır.

Ağır ve Kar (2010) yaptığı çalışmada Türkiye’de elektrik tüketimi ve ekonomik gelişmişlik düzeyini 2000 yılını kapsayan veri setini kullanarak incelemiştir. Bu çalışmada yatay kesit analizi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre elektrik tüketiminin gelir ve aynı zamanda katma değer seviyesine pozitif yönlü bir katkıda bulunduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Doğan (2010) yaptığı çalışmada enerji tüketimi-ekonomik büyüme ilişkisini 1980-2008 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre enerji tüketiminden Gayri Safi Milli Hasıla’ ya doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya koyan sonuçlara ulaşmıştır.

Öztürk ve Acaravcı (2010) yaptığı çalışmada CO₂ emisyonları, enerji tüketimi, ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1968-2005 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada ARDL sınır yaklaşımı testini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre hem kişi başına düşen enerji tüketimi hem de CO₂ emisyonlarının kişi başına düşen Gayri Safi Yurtiçi Hasılaya neden olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Tanrıöver (2010) yaptığı çalışmada Dünya’da ve Türkiye’de enerji üretimi ve tüketimini 1965-2009 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada birim kök testleri ve eş bütünleşme testleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre enerji tüketimi ile Gayri Safi Milli Hasıla arasında bir ilişki olduğu ve artan GSMH ile enerji tüketimi artacağı sonucuna ulaşmıştır.

Yılmaz (2012) yaptığı çalışmada Türkiye’de enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından değeri üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada Türkiye’nin mevcut enerji potansiyelini ortaya koymuştur. Çalışma sonuçlarına göre dışa bağımlılık yaratan enerji kaynaklarını kullanmak yerine yenilenebilir ve yerli olarak üretilen enerji kaynaklarına yönelmeyi amaçlayan politikaların geliştirilmesi sonucuna ulaşılmıştır.

Koç ve Şenel (2013) yaptığı çalışmada enerji üretimi ve tüketimi, CO₂ emisyonu ve elektrik enerjisi tüketimini 1990-2011 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Dünya ve Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada karşılaştırmalı analiz yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre sürdürülebilir bir kalkınmanın sağlanabilmesi için enerji kaynaklarının planlı ve organize bir şekilde kullanımının sağlanması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım payının daha fazla artırılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Külünk (2013) yaptığı çalışmada enerji verimliliği ve CO₂ salınımı çerçevesinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini 1980-2011 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Analiz neticesine göre Türkiye’de enerji tüketimi ve karbon salınımı arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Adaçay (2014) yaptığı çalışmada Türkiye’nin enerji ve kalkınmada perspektifler üzerinde incelemede bulunmuştur. Bu çalışmada karşılaştırmalı istatistiksel örnekler kullanarak Türkiye’nin mevcut sürdürülebilir enerji politikalarının ve kalkınma perspektifinin bir analizini yapmıştır.

Bozkurt ve Akan (2014) yaptıkları çalışmada ekonomik büyüme, CO₂ emisyonları ve enerji tüketimi üzerindeki ilişkiyi 1960-2010 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada eş bütünleşme testini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre enerji tüketimi ekonomik büyüme üzerinde olumlu ve CO₂ emisyonu ise ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Büyükyılmaz ve Mert (2015) yaptıkları çalışmada CO₂ emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1960-2010 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada MS-VAR analiz yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre analize dahil edilen değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını ve bu ilişkilerin rejimlere göre farklılık gösterdiğini ayrıca değişkenler arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bozkurt ve Okumuş (2015) yaptıkları çalışmada ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari serbestleşme ve nüfus yoğunluğunun CO₂ emisyonu üzerindeki etkileri 1966-2011 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu

çalışmada yapısal kırılmalı eş bütünleşme analizi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre CO₂ emisyonu ile ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari açıklık oranı ve nüfus yoğunluğu arasında eş bütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmış ve ayrıca ekonomik büyümenin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisinin pozitif yönlü olduğu sonucuna da ulaşılmıştır.

Doğan ve Yıllankıran (2015) yaptığı çalışmada Türkiye'nin enerji verimliliği potansiyeli ve projeksiyonunu 2003-2013 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Çalışma neticesine göre konu, ulaşım ve sanayilerde enerjiyi optimum düzeyde kullanmak suretiyle, gereksinimleri kısıtlamadan çevrenin korunmasına ülke ekonomisine ve katkı sağlamanın mümkün olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Kesgingöz ve Karamelikli (2015) yaptığı çalışmada ekonomik büyümenin, enerji tüketiminin ve dış ticaretin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini 1960-2011 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada ARDL sınır testi kullanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre enerji tüketimini, ekonomik büyüme ve dış ticaretin CO₂ emisyonunu uzun dönemde arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Koç ve Kaya (2015) yaptığı çalışmada enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji durumunu 2005-2014 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Dünyada ve Türkiye'de genel olarak enerji tüketimi ile 2005-2014 yenilenebilir enerji kaynaklarının dünya ve Türkiye'deki üretim ve tüketim durumları ele alınmıştır. Çalışma sonuçlarına göre Türkiye' de yenilenebilir enerji tüketimi her geçen gün yaygınlaşsa da hâlen Türkiye enerji ihtiyacının büyük kısmını yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılamaktadır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla faydalanmak için bu yöndeki projelere, politikalara yönelmelidir sonucuna ulaşılmıştır.

Güngör (2016) yaptığı çalışmada ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi 1970-2014 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada VAR analizi ve Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre petrol tüketiminden elektrik tüketimine, elektrik tüketiminden de Gayri Safi Yurtiçi Hasıla' ya doğru tek yönlü tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu ve ayrıca enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Uysal ve Yapraklı (2016) yaptıkları çalışmada kişi başına düşen gelir, enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişkiyi 1968-2011 yıllarını kapsayan veri

setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada Hatemi-J eş bütünleşme testi uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre uzun dönemde ülkelerin büyümeleri için ihtiyacı olan enerji tüketimindeki yaşanan artışlar, tüketim neticesinde oluşan CO₂ salınımını artırmıştır. Bununla birlikte gelir düzeyindeki artışların ise karbondioksit salınımını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Alper F. ve Alper E. (2017) yaptıkları çalışmada karbondioksit emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ilişkisini 1985-2014 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada ARDL sınır testi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre ekonomik büyüme ve enerji tüketimi için esneklik değerleri ile değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu sonucuna ulaşımlardır.

Çağlar ve Mert (2017) yaptığı çalışmada Türkiye'de çevresel Kuznets hipotezi ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salımı üzerine etkisini 1960-2013 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada birim kök testleri ve eş bütünleşme analizleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre yenilenebilir enerji tüketiminin sera gazı salınımı (CO₂) azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Karış (2017) yaptığı çalışmada enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1960-2013 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre CO₂ emisyonu ile enerji tüketimi arasında pozitif ve çift yönlü bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşımlar ve ayrıca ekonomik büyümeden CO₂ emisyonuna ve enerji tüketimine doğru pozitif ve tek yönlü bir ilişki olduğu sonucuna ulaşımlar.

Selvi (2017) yaptığı çalışmada enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1967-2014 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışma da ADF birim kök testi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre enerji tüketiminden GSYİH' ya doğru Granger nedenselliği bulunmuştur.

Albayrak (2018) yaptığı çalışmada ekonomik büyüme ve çevresel kirlilik arasındaki ilişkiyi 1968-2013 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada Johansen eş bütünleşme testi ve VECM analiz yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre gelir ve çevresel kirlilik arasındaki ilişkinin ters-U şeklinde olduğu sonucuna ulaşımlar.

Güngör ve Karaca (2018) yaptığı çalışmada CO₂ emisyonlarının, enerji tüketimi ve temiz enerjinin finansal açıyla ilişkisini 1974-2016 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Çalışma neticesine göre enerji tüketimi, hidroelektrik tüketimi ve CO₂ emisyonlarından finansal açıklığa doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin var olduğu sonucuna varılmıştır.

Pata (2018) yaptığı çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi, kentleşme, finansal gelişme, gelir ve CO₂ emisyonları ilişkisini 1974-2014 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada ARDL sınır testini kullanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre ekonomik büyüme, finansal gelişme ve kentleşmenin CO₂ emisyonlarını artırdığı ve yenilenebilir enerji tüketimi, hidroelektrik tüketimi ve alternatif enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerinde bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Yenisu (2018) yaptığı çalışmada enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1960-2013 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada Granger nedensellik ve eş bütünleşme testi kullanılmıştır. Eş bütünleşme testi sonucuna göre enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile karbondioksit emisyonu arasında uzun dönemde anlamlı bir ilişkinin olduğunu ayrıca Granger nedensellik testine göre ise enerji tüketiminden ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonuna, ekonomik büyümeden ise CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü Granger nedenselliğinin olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Batmaz, Bayraç ve Güllü (2019) yaptıkları çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının CO₂ emisyonu ve büyüme ile olan ilişkisini 1985-2014 yıllarını ele alan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada verilerin analizinde Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre Türkiye’de ekonomik büyüme ve karbon emisyonu arasında pozitif ve uzun dönemli bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Kahraman (2019) yaptığı çalışmada Türkiye’de kentleşmenin enerji tüketimi ve karbon salınımı üzerine etkisini 1990-2017 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışma zaman serisi analizi ile test edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Türkiye’de karbon emisyon miktarı, elektrik talebi ve nüfus birbirleriyle paralel olarak artmamaktadır.

Koç (2019) yaptığı çalışmada ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi 1960-2017 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada birim kök testleri ve ARDL sınır testi yöntemini kullanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre CO₂ emisyonu üzerinde enerji kullanımının ve ticari dış açıklığın pozitif fakat yenilenebilir enerjinin negatif bir etkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Pirinç (2019) yaptığı çalışmada Çevresel Kuznets Eğrisi çerçevesinde ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisini 1960-2017 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada ADF ve PP birim kök testlerini kullanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre enerji tüketiminin karbon emisyonunu artırıcı yönde bir etki ettiği sonucuna ulaşmıştır. Diğer bir sonuç olarak kişi başına düşen gelir ile karbon emisyonu arasındaki ilişki ters U şeklinde olduğundan ve bu sonuca göre Türkiye ekonomisinde Çevresel Kuznets Eğrisinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Dumanlı (2020) yaptığı çalışmada gelişmekte olan ülkelerdeki ekonomik büyümenin karbon emisyonu üzerindeki etkisini 1960-2019 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Türkiye özelinde incelemiştir. Bu çalışmada birim kök testleri ve eş bütünleşme analizleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre karbon emisyonu ve ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Yapılan benzer çalışmalara bakıldığında ilgili literatürdeki bazı çalışmalarda ise birden fazla ülke gruplarına yer verildiği görülmektedir. Bu çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Özcan (2013) yaptığı çalışmada Ortadoğu ülkelerinde CO₂, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1960-2008 yıllarına kapsayan veri setini kullanarak 12 Ortadoğu ülkesi özelinde çalışmıştır. Bu çalışmada panel veri analizi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre ekonomik büyüme enerji artışına ve ülke büyüdükçe çevre kalitesinin düştüğü sonucuna varmıştır.

Shafiei ve Salim (2013) yaptıkları çalışmada yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi 1980-2011 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak OECD ülkeleri özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada STIRPAT modelini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre yenilenemeyen enerji tüketiminin

CO₂ emisyonlarını arttırdığı ve yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Saidi ve Hammami (2014) yaptıkları çalışmada enerji tüketimin ve CO₂ emisyonlarının ekonomik büyüme üzerinde ki etkisini 1990-2012 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak 58 ülke özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada panel veri ve eş zamanlı denklem modellerini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre enerji tüketiminin ekonomik büyümenin üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ancak CO₂ emisyonlarının ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu ve enerji tüketiminin yüksek kirlilik sonucu önemli bir rol oynadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Salahuddin ve Gow (2014) yaptıkları çalışmada ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi 1980-2012 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Körfez İş birliği Konseyi (Suudi Arabistan, Bahreyn, Kuveyt, Umman, BAE ve Katar) özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada CIPS panel birim kök testini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre enerji tüketimi ile CO₂ emisyonları arasında ve hem kısa hem de uzun vadede ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında pozitif ve önemli bir ilişki olduğunu ayrıca ekonomik büyüme ile CO₂ emisyonları arasında önemli bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Chen vd. (2016) yaptığı çalışmada ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi 1993-2010 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak 188 ülke özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada panel eş bütünleşme ve vektör hata düzeltme modelini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre daha yüksek GSYİH' nın daha fazla enerji tüketimine ve daha fazla CO₂ emisyonuna yol açtığı ve CO₂ emisyonlarındaki bu artışın kısa vadede ekonomiye zarar verdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Acheampong (2018) yaptığı çalışmada ekonomik büyüme, CO₂ emisyonları ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi 1990-2014 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak 116 ülke özelinde incelemiştir. Bu çalışmada panel vektör oto regresyon (PVAR) metodunu kullanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre ilk olarak ekonomik büyüme enerji tüketimine sebep olmadığı sonucuna ulaşılmış olup ikinci olarak ekonomik büyümenin karbon emisyonları üzerinde nedensel bir ilişki bulunmamıştır. Üçüncü olarak karbon emisyonları olumlu olarak ekonomik büyümeye neden olduğu anlaşılmıştır. Dördüncü olarak enerji tüketimi bazı bölgelerde ekonomik büyümeyi olumlu etkilerken bazı bölgelerde ise ekonomik büyümeye olumsuz olarak katkı sağladığı görülmüştür. Beşinci

olarak ise enerji tüketimi MENA (Orta Doğu ve Kuzey Afrika Bölgesi) ülkelerin de pozitif karbon emisyonuna neden olurken diğer bölgelerde ise negatif CO₂ emisyonlarına neden olduğu tespit edilmiştir. Son olarak ise GSYİH, CO₂, ve Enerji arasında nedensel ilişkiler ve bölgesel farklılıkların olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Akdoğan (2019) yaptığı çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 2007-2017 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak G20 ülkeleri özelinde incelemiştir. Bu çalışma da panel veri analiz yöntemini kullanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyon miktarları arasında uzun dönemde pozitif ve tek yönlü bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.

Koyuncu (2019) yaptığı çalışmada DYY, enerji tüketimi, göç ve CO₂ salınımı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ilk olarak yüksek orta gelirli ülkeler için 1997-2013 ikinci olarak düşük orta gelirli ülkeler için 1997-2013 üçüncü olarak yüksek gelirli ülkeler için 1996-2014 dördüncü olarak düşük gelirli ülkeler için 1997-2011 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak 4 farklı gelir grubu özelinde incelemiştir. Bu çalışmada panel veri analiz yöntemi kullanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre ilk olarak yüksek gelirli ülkelerde ekonomik büyüme üzerinde sabit sermaye oluşumu, CO₂ emisyonu, göçmen nüfusundaki artışların ve yenilenebilir enerji tüketimi pozitif ve önemli bir etkisi olduğunu, DYY ve yenilenemeyen enerji tüketiminin ise negatif etkisi olduğu gözlemlenmektedir. İkinci olarak yüksek orta gelirli ülkelerde DYY, sabit sermaye oluşumu, CO₂ emisyonu, göçmen nüfusu ile iş gücünün artışı ve yenilenemeyen enerji tüketimindeki azalışın ekonomik büyümeyi artıracak neticesine ulaşılmış ve yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde anlamlı bir etkisi saptanamamıştır. Üçüncü olarak düşük orta gelirli ülkelerde DYY, göçmen nüfusu, CO₂ emisyonu ve yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde etkisi olacağı tespit edilmiştir. Dördüncü olarak düşük gelirli ülkelerde ise DYY, sabit sermaye oluşumu ve yenilenemeyen enerji tüketimi artışla beraber ve karbon emisyonundaki düşüşlerin ekonomik büyümeyi artıracak neticesi ortaya çıkmıştır. Yenilenebilir enerji tüketiminin ise bir etkisi tespit edilememiştir.

Türkiye harici ülkeler için yapılan çalışmalar ise aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Ang (2007) yaptığı çalışmada CO₂ emisyonları, enerji tüketimi ve üretimi üzerine etkilerini 1960-2000 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Fransa özelinde çalışmıştır. Bu çalışmada eş bütünleşme ve vektör hata düzeltme tekniklerini kullanmıştır. Çalışma

sonuçlarına göre daha fazla enerji kullanımının daha fazla CO₂ salınımına yol açtığı ve ekonomik büyümenin uzun vadede enerji kullanımının ve kirliliğin büyümesi üzerine etki yaptığı sonucuna ulaşmıştır.

Menyah ve Rufael (2009) yaptığı çalışmada CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme üzerine 1960-2007 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak ABD özelinde çalışmıştır. Bu çalışmada Granger nedensellik testini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre yenilenebilir enerji tüketiminden CO₂'ye doğru bir nedensellik bulunamamış ancak CO₂ emisyonlarında yenilenebilir enerji tüketimine uzanan tek yönlü bir nedensellik bulmuşlardır.

Zhang ve Cheng (2009) yaptığı çalışmada ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi 1960-2007 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Çin özelinde çalışmışlardır. Bu çalışmada Granger nedensellik testini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre enerji uzun dönemde CO₂ salınımına neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Alam vd. (2011) yaptıkları çalışmada enerji tüketimi, CO₂ emisyonları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1971-2006 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Hindistan özelinde incelemişlerdir. Bu çalışma da Granger nedensellik testini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre uzun vadede enerji tüketimi ile CO₂ emisyonları arasında çift yönlü bir Granger nedenselliğinin olduğunu ancak yine uzun vadede enerji tüketimi ile gelir arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Wang ve Zhou (2011) yaptığı çalışmada CO₂ emisyonlarının, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1995-2007 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Çin özelinde incelemiştir. Bu çalışmada panel eş bütünleşme ve panel vektör hata düzeltme tekniklerini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre CO₂ emisyonları, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ve ekonominin gelişmesiyle birlikte kişi başına düşen CO₂ miktarının arttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Zhang ve Lin (2012) yaptıkları çalışmada kentleşme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi 1995-2010 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Çin ve bazı illeri özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada STIRPAT modelini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre kentleşmenin enerji tüketimi ve CO₂ emisyonlarını artırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Begum vd. (2014) yaptığı çalışmada CO₂ emisyonlarının, enerji tüketiminin, ekonomik büyüme ve nüfus artışı arasındaki ilişkiyi 1970-2009 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Malezya özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada ARDL sınır testini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre hem kişi başına enerji tüketimi hem de kişi başı GSYİH' nın; kişi başı CO₂ üzerinde uzun vadeli olumlu etkileri olduğunu ancak nüfus artışının kişi başı CO₂ üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Shanbaz vd. (2014) yaptıkları çalışmada sanayileşme, elektrik tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi 1975-2010 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Bangladeş özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada ARDL sınır testi yaklaşımını kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre elektrik tüketimi ve finansal gelişmelerin CO₂ emisyonlarını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Wang vd. (2015) yaptığı çalışmada ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi 1990-2012 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Çin özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada Granger nedensellik testini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ve enerji tüketiminden CO₂ emisyonlarına kadar tek yönlü nedenselliğin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ahmad ve Du (2017) yaptıkları çalışmada enerji üretimi ve CO₂ emisyonlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini 1971-2011 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak İran özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada ARDL metodunu kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkisi olduğu ve CO₂ emisyonlarının ekonomik büyüme ile pozitif bir ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Mirzaei ve Bekri (2017) yaptığı çalışmada enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi 2000-2025 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak İran özelinde incelemişlerdir. Bu çalışmada Vensim PLE (simülasyon yazılımı) yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre İran'ın enerji üretimi ve tüketiminin artacağı ve bunun da CO₂ salınımını arttıracığı sonucuna ulaşmışlardır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ENERJİ TÜKETİMİ VE HAVA KİRLİLİĞİ ÜZERİNE AMPİRİK UYGULAMA

4.1.VERİ SETİ, EKONOMETRİK YÖNTEM VE BULGULAR

4.1.1.Verİ Seti

Bu çalışmanın ana amacı enerji tüketimi ile hava kirliliği arasındaki ilişkinin il düzeyinde ampirik olarak analiz edilmesidir. Bu amaçla oluşturulan panel veri seti Türkiye'nin 77 ilini¹ ve 2008-2020 yılları arasındaki zaman periyodunu kapsamaktadır. Çalışmada oluşturulan panel veri seti içerdiği değişkenler açısından daha önceki çalışmalarda kullanılan veri setlerinden ayrılmaktadır. Özellikle çalışmada il düzeyinde yıllık hava kalitesi verilerinin hesaplanması kullanılan veri setine orijinallik katmaktadır. Bu açılarından değerlendirildiğinde çalışmanın il düzeyinde konuya yaklaşması ve bu alanda ilk olması ilgili literatüre önemli katkılarda bulunacağını düşündürmektedir. Çalışmada kullanılan En Küçük Kareler (EKK) ve Sabit Etkiler tahmin modellerinde bağımlı değişken olarak yer alan hava kirliliğinin ölçülmesinde partikül madde 10 (PM₁₀) değişkeni bir gösterge olarak yer alırken, ilgi bağımsız değişkeni olan enerji tüketiminin kontrol edilmesi amacıyla elektrik tüketim miktarından yararlanılmıştır. Bunlara ek olarak, hava kirliliği ve enerji tüketimi ile ilişkili olabilecek çeşitli kontrol değişkenleri de modelde yer almıştır.

Tablo 81: Tanımlayıcı İstatistikler

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
PM10	1,001	59.91597	23.65056	7.822146	236.8906
Elektrik	1,001	2.457497	1.622978	.4709776	8.779294
Eğitim	1,001	4.574193	1.19871	1.341493	7.214084
Hane halkı	1,001	3.854945	1.077589	2.6	8.4
Gelir	1,001	7258228	1.14e+07	401668.8	91795168
Dolar kuru	1,001	2.989876	1.742457	1.299145	7.021664
İhracat	1,001	899065.7	2052924	4	12597593

¹ İstanbul, Uşak, Kırıkkale ve Kütahya illerine ait verilerdeki tutarsızlık sebebiyle analize dahil edilmemiştir.

Tablo 81, analizde kullanılan EKK ve sabit etkiler tahmin modellerinde yer alan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikleri rapor etmektedir. Enerji tüketimi ve hava kirliliği arasındaki ilişkinin analiz edildiği bu çalışmada bağımlı değişken olarak PM_{10} kullanılmıştır. Partikül maddeler, havada asılı olarak kalabilen sıvı damlacıklar ve katı partikül maddeler olarak tanımlanabilir. Direkt olarak atmosfere karışan partikül maddeler çeşitli insan faaliyetleri neticesinde ortaya çıkabildiği gibi doğal kaynaklar yoluyla da meydana gelmektedir. Egzoz gazları ve sanayi işlemleri gibi etmenler insan kaynaklı olarak adlandırılırken volkanik faaliyetler sonucunda ortaya çıkan partikül maddeler ise doğal kaynaklı olarak adlandırılmaktadır. Boyutlarına göre isim alan partikül maddeler insan sağlığı açısından da oldukça önemli bir konumdadır. PM_{10} olarak adlandırılan partiküllerin boyutu 10 mikrometreden küçük olurken, $PM_{2,5}$ olarak adlandırılan partiküllerin boyutu ise 2,5 mikrometreden küçüktür. 2,5 mikrometreden küçük boyutta olan partiküller ince partikül olarak da isimlendirilir. Bu ince partiküller genel olarak yanma faaliyetleri neticesinde ortaya çıkmaktadır. 2,5 mikrometreden büyük olan partiküller ise kaba partikül olarak da bilinmektedir. Bu kaba partiküller ise öğütme ve kırma gibi işlemler neticesinde meydana gelen tozlardır.

PM_{10} partiküllerin ölçümü ise Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Türkiye'nin her ilinde kurmuş olduğu toplam 344 adet hava kalitesi ölçüm istasyonları vasıtasıyla günlük ve saatlik ölçümler yaparak internet ortamında bu ölçüm değerlerini paylaşmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın internet sitesinde yayınlanan hava kalitesi- istasyon veri indirme bölümünden günlük ölçümlerin ortalaması alınarak aylık ölçümlere ve aylık ölçümlerin ortalaması alınarak ise yıllık veriler elde edilmiştir². Hava kalitesi ölçüm istasyonlarının birden fazla olduğu illerde bu istasyonlardan elde edilen PM_{10} değerlerinin ortalamaları alınarak o ile ait PM_{10} değeri hesaplanmıştır. PM_{10} değişkeni birçok çalışmada hava kalitesinin ölçülmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu çalışmalara örnek olarak Zeydan (2021) yapmış olduğu "2019 Yılında Türkiye'deki Partikül Madde (PM_{10}) Kirliliğinin Değerlendirilmesi" başlıklı çalışmasında hava kalitesini incelemek için PM_{10} değişkenlerini kullanmıştır. Bir diğer örnek çalışma olarak ise Teker (2020), yaptığı çalışmada İzmir ili için 2009-2018 yıllarını kapsayan partikül madde kirliliğini incelemiştir. Bu çalışmada İzmir ilinin 2009-2018 dönemindeki PM_{10} değerleri arasındaki

² https://sim.csb.gov.tr/STN/STN_Report/StationDataDownloadNew Erişim Tarihi: 15.05.2021.

değişimlerini incelemek amaç olarak belirlenirken araştırmada esas olarak PM₁₀ değişkenleri dikkate alınmıştır. Bir başka çalışmada ise Gül ve Yorulmaz (2019), yaptığı çalışmada Edirne ilinin hava kirliliğini ve kaynaklarının değerlendirilmesi amacıyla hava kalitesi ölçüm istasyonlarından alınan PM₁₀ değerleri araştırmanın ana değişkeni olarak kullanılmıştır. Son olarak Mayda ve Yılmaz (2013), yapmış olduğu bu çalışmada Düzce ilinin hava kalitesini 2007-2011 yılları arasındaki dönemi dikkate alarak incelemeyi amaçlamıştır. Bu incelemeye yönelik yapılan çalışmada PM₁₀ değerleri çalışmada kullanılan değişkenlerden biri olmuştur. Ancak, diğer çalışmalardan farklı olarak yapılan bu çalışmada ilk kez PM₁₀ değişkeninin il düzeyinde ve tüm ülkeyi kapsayacak şekilde enerji tüketimi ile ilişkisi analiz edilmiştir. Çalışmada ana bağımsız değişken olarak kullanılan enerji tüketimi analize konu illerdeki toplam kişi başı elektrik tüketimi ile kontrol edilmiştir. Bu veriler megavat-saat olarak hesaplanmış ve Türkiye İstatistik Kurumu'ndan yıllık düzeyde temin edilmiştir.

Çalışmada hava kirliliği üzerine etkisi olması muhtemel eğitim seviyesi, gelir seviyesi, hane halkı büyüklüğü, döviz kurları ve dış ticaret miktarı gibi kontrol değişkenleri kullanılmıştır. Analize dahil edilen illerdeki eğitim seviyesini ölçmek için TÜİK'in il düzeyindeki eğitim verileri kullanılarak Li, Fang ve He (2018)'in geliştirdiği eğitim endeksi ülkedeki her il için hesaplanmıştır. Bu endeks illerdeki nüfusun ilkökul, ortaokul, lise ve yüksek eğitimde geçirdiği yılların ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. Aşağıdaki eşitlik 1 ve 2 illerin eğitim durumlarının hesaplanma formülünü göstermektedir.

$$\text{eğitimseviye} = \frac{5.\text{ilk}+3.\text{orta}+3.\text{lise}+4.\text{yüksek}}{\text{nüfus}} \quad (1)$$

$$\text{eğitimseviye} = \frac{4.\text{ilk}+4.\text{orta}+4.\text{lise}+4.\text{yüksek}}{\text{nüfus}} \quad (2)$$

Yukarıdaki eşitliklerde 2014 yılı öncesi ve sonrası için nüfusun eğitim seviyeleri hesaplanmıştır. Türkiye'de 2014 yılında eğitim düzeylerinde geçen yıl sayılarında kanunla (05.01.1961 tarihli 222 sayılı İlköğretim ve Eğitim Kanunu) değişiklik meydana geldiğinden her iki dönem için nüfusun eğitim yılları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalar Aytun (2014), Yılmaz ve Arslan (2011) vb. eğitimin çevresel kirlenme ve

küresel ısınma ile ilgisi olduğunu ortaya çıkardığı için bu çalışmada da eğitim değişkeni tahmin modellerinde yer almıştır.

Çalışmada kullanılan EKK ve sabit etkiler ekonometrik tahmin modellerinde kontrol değişkeni olarak yer alan bir başka değişken gelirdir. Modellerde gelir değişkeni, illerdeki toplam gelirin Amerikan doları cinsinden ifade edilmiş halidir. İl düzeyindeki toplam gelir değişkenine ait bilgiler TÜİK'ten elde edilmiştir. Gelir seviyesinin toplumun enerji tüketim yapısı ve hava kirliliği ile yakından ilişkili olması nedeniyle tahmin modellerinde yer almıştır. Ekonometrik modellerde yer alan bir başka kontrol değişkeni hane halkı büyüklüğüdür. Bu değişkenin analizlere katılmasının en büyük nedeni nüfus yoğunluğunun kontrol edilmesidir. İllerdeki hane halkı büyüklüğüne ait veriler TÜİK' ten elde edilmiştir. İllerde meydana gelen yıllık ihracat miktarları da analizlerde kontrol değişkeni olarak yer almıştır. İllerin özellikle sanayileşmesinin kontrol edilmesi amacıyla modele eklenen ihracat değişkeni de TÜİK veri tabanından elde edilmiştir. Son olarak, modellerde Amerikan dolar kurlarındaki değişimlerde kontrol değişkeni olarak yer almaktadır. Özellikle enerji tüketimi ve dolayısıyla hava kirliliği üzerinde önemli etkisi olan dolar kurlarının modele eklenmesi gerekmektedir. Dolar kurlarına ait bilgiler T.C. Merkez bankasından alınmıştır. Kullanılan tüm değişkenlerin doğal logaritmaları alınarak analize dahil edilmişlerdir.

Tablo 82: Korelasyon Matrisi

	PM10	K.B. Elektrik Tüketimi	Eğitim	Hane halkı	K.B. Gelir- Dolar Kuru	İhracat
PM10	1.0000					
K.B. Elektrik Tüketimi	-0.3677*	1.0000				
Eğitim	-0.4733*	0.2893*	1.0000			
Hane halkı	0.4606*	-0.1009	-0.6166*	1.0000		
K.B. Gelir (\$)	0.3810*	0.0072	-0.1953*	0.4802*	1.0000	
Dolar Kuru	-0.3798*	0.1872*	0.8713*	-0.3675*	-0.0396	1.0000
İhracat	0.2697*	0.0109	-0.1344	0.6270*	0.9004*	0.0800

Not: * sembolü %5 düzeyinde istatistiksel anlamlılık seviyesini göstermektedir.

Analizlerde kullanılan değişkenler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon tablosu Tablo 82’de verilmiştir. Buna göre PM₁₀ değişkeninin elektrik tüketimi, eğitim ve dolar kurları ile negatif, gelir hane halkı büyüklüğü ve ihracat ile pozitif korelasyona

sahip olduğu gözlemlenmektedir. Diğeri bir ifadeyle, analize konu illerde hava kirliliğinin elektrik tüketimi, eğitim ve dolar kurları ile negatif bir korelasyona sahip olduğu söylenebilirken, gelir seviyesi, hane halkı büyüklüğü ve ihracat ile pozitif bir korelasyon içinde olduğu söylenebilmektedir. Korelasyon tablosuna göre, açıklayıcı değişkenler içerisinde sadece eğitim-dolar kuru ve ihracat-dolar kuru arasında yüksek bir korelasyon gözlemlenmiştir. Diğeri açıklayıcı değişkenler arasında yüksek bir korelasyon söz konusu değildir.

4.1.2.Ekonometrik Model

Katsayıların zamana veya birimlere endeksli olarak farklılık gösterdiğinin varsayıldığı modellere sabit etkiler modeli adı verilmektedir (Gürler ve Pazarlıoğlu, 2007: 38). Sabit terimlerin birimler boyunca değiştiğı doğrusal regresyon modeli olarak söylenebilir.

Sabit etkiler adı verilen model, söz konusu verilerde süreç içerisinde meydana gelen değişimleri incelemektedir (Sayyan, 2000: 20). Yani diğeri bir ifadeyle bağımsız değişkenler ve bağımlı değişkenlerin birbirleriyle olan etkileşimlerini incelemektedir.

Yapılan çalışma bağlamında panel veri setinin kullanıldığı ekonometrik analizlerde sabit etkiler yöntemi veya rassal etkiler yönteminden biri kullanılmaktadır. İki adet ana model bulunmaktadır. Birincisi sabit etkiler modeli ikincisi ise rassal etkiler modelidir. Yapılacak olan ekonometrik analizlerde sabit etki ve rassal etki yöntemlerinden hangisinin tercih edileceğine dair karar verilirken Hausman test istatistiğine bakılmaktadır (Gürler ve Pazarlıoğlu, 2007: 38-39).

Sabit etkiler modeli tek yönlü sabit etkiler ve çift yönlü sabit etkiler olarak ayrılmaktadır. Söz konusu modelde sadece zaman veya birim etkisinden bir tanesi görülüyorsa tek yönlü sabit etkiler modeli adı verilmektedir. Birim ve zaman etkisinin görülmesi durumunda ise çift yönlü sabit etkiler modeli adını almaktadır (Nargeleçekenler, 2009: 25-26). Tek yönlü sabit etkiler modelinin söz konusu olduğı durumlarda sabit katsayılı model ve kovaryans vasıtasıyla analiz edilmektedir (Balestra, 1996: 34-39).

En küçük kareler yöntemi, regresyon modelinde bulunan hata terimini en küçük düzeye indiren yöntem olmasının yanında gerçek sayılara en yakın sonuçları vermektedir.

Bu özellikleriyle birlikte uygulamadaki kolaylığı bu yöntemi en çok tercih edilen yöntemlerden biri haline getirmiştir. Bu çalışmada yapılacak analizlerde EKK yöntemi ile birlikte sabit ya da rassal etkiler yöntemlerinden biri tercih edilmiştir.

Çalışmanın ana amacı olan enerji tüketimi ve hava kirliliği arasındaki ampirik ilişkinin tahmin edilmesinde aşağıdaki eşitlik (3)'de yer alan model kullanılacaktır.

$$pm10_{i,t} = \alpha + \beta_{enerji_{i,t}} + \gamma_{gelir_{i,t}} + \mu_{eğitim_{i,t}} + \delta_{hanehalk_{i,t}} + \psi_{dolar_{i,t}} + \xi_{ihracat_{i,t}} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

Eşitlikte bağımlı değişken olarak yer alan pm10, partikül madde 10 değişkenini sembolize etmektedir. Modeldeki ilgi bağımsız değişken olan enerji illerdeki kişi başı elektrik tüketim miktarını göstermektedir. Modelde kontrol değişkeni olarak yer alan gelir, illerdeki Amerikan doları cinsinden toplam geliri (GSYH), eğitim illerdeki nüfusun toplam eğitim yıllarını, hanehalk illerdeki hane halkı büyüklüğünü, dolar Amerikan dolar kurunu, ihracat ise illerdeki toplam ihracat miktarlarını göstermektedir. Değişkenlere ait detaylı bilgiler önceki bölümde tartışıldığı için burada kısaca değinilmiştir. Eşitlik (3)'de yer alan α model sabitini, β , γ , μ , δ , ψ ve ξ sembolleri model tam logaritmik olduğu için bağımsız değişkenlere ait esneklik katsayılarını göstermektedir. Eşitliğin sonundaki ε simgesi hata terimlerini, alt simgelere i ve t ise sırasıyla panel verideki birim ve zaman etkisini sembolize etmektedir.

4.1.3.Ekonometrik Analiz Sonuçları

Önceki bölümde detayları verilen Model 3'ün tahmin sonuçları Tablo 83'de rapor edilmiştir. Yukarıda detayları ile tartışıldığı üzere Model 3 tüm örneklem illeri için tahmin edildiği gibi büyük şehirler ve küçük şehirler için ayrı ayrı tahmin edilmiştir. Dolayısıyla regresyon analiz sonuçlarını gösteren Tablo 83 hem EKK hem sabit etkiler tahmin modeline göre tüm iller, büyükşehirler ve küçük şehirler için tahmin sonuçlarını ayrı ayrı rapor etmektedir.

Tablo 83'de EKK yöntemine göre elde edilen sonuçlara bakıldığında tüm illeri kapsayan örneklem sonuçları kişi başı elektrik tüketimindeki %1'lik artışın PM₁₀ değişkenini %0,1 oranında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artırdığını ortaya

çıkarmıştır. Sonuçlara göre elektrik tüketiminin büyük şehirlerde PM₁₀ üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi gözlemlenmezken, küçük şehirlerde hava kirliliğine yol açtığı söylenebilir.

Sonuçlar eğitim seviyesinin tüm örneklem gruplarındaki PM₁₀ değişkeni üzerinde azaltıcı etki yaptığını göstermektedir. Fakat sonuçlara göre eğitimin büyükşehirlerdeki hava kirliliğini azaltıcı etkisinin daha yüksek olduğu söylenebilir. Detaylı bir şekilde belirtmek gerekirse, toplumun eğitim yıllarındaki %1’lik artışın hava kirliliği üzerinde büyükşehirlerde %0,8 oranında, küçük şehirlerde ise %0,6 oranında azaltıcı bir etki meydana getirmektedir. Modeldeki diğer bir kontrol değişkeni olarak yer alan hane halkı büyüklüğünün hava kirliliği üzerindeki etkisi sadece büyükşehirlerde istatistiksel olarak anlamlıdır. Büyükşehirlerde hane halkı büyüklüğü ile PM₁₀ değişkeni arasındaki korelasyon katsayısı 0,6’dır. EKK yöntemine göre elde edilen tahmin sonuçları illerdeki gelir seviyesindeki ve ihracat miktarlarındaki artışların PM₁₀ ile pozitif, dolar kurlarındaki artışın PM₁₀ ile negatif bir ilişki içerisinde olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Tablo 83: EKK ve Sabit Etkiler Regresyon Analiz Sonuçları

	Tüm Şehirler	Büyük Şehirler	Küçük Şehirler	Tüm Şehirler	Büyük Şehirler	Küçük Şehirler
	EKK Yöntemi			Sabit Etkiler Yöntemi		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
K.B. Elek. Tük. Eğitim	0.100*** (0.030)	0.010 (0.046)	0.100*** (0.030)	0.143* (0.079)	0.332** (0.134)	0.099 (0.100)
Hane halkı	-0.636*** (0.108)	-0.861*** (0.158)	-0.636*** (0.108)	-0.316* (0.164)	-0.824*** (0.264)	-0.045 (0.214)
K.B. Gelir (\$)	0.063 (0.117)	-0.602*** (0.185)	0.063 (0.117)	0.913** (0.369)	0.016 (0.619)	1.445*** (0.486)
Dolar Kuru	0.043** (0.018)	0.018 (0.033)	0.043** (0.018)	-0.388*** (0.101)	-0.334** (0.168)	-0.406*** (0.137)
İhracat	-0.020** (0.010)	-0.020 (0.013)	-0.020** (0.010)	-0.034*** (0.013)	-0.033* (0.019)	-0.034* (0.018)
Sabit	0.005 (0.006)	0.032* (0.017)	0.005 (0.006)	-0.015** (0.008)	-0.073** (0.036)	-0.012 (0.008)
Gözlem Sayı	4.156*** (0.329)	5.469*** (0.572)	4.156*** (0.329)	9.353*** (1.844)	11.496*** (3.281)	8.239*** (2.365)
İl Sayısı	1,001	377	1,001	1,001	377	624
	77	29	48	77	29	48

Not: *, **, *** sembolleri katsayıların sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde istatistiksel anlamlılıklarını göstermektedir. Parantez içindeki sayılar dirençli standart hata terimlerini ifade etmektedir. Bağımlı değişken PM₁₀ değişkenidir.

Yukarıdaki Tablo 83'ün ikinci bölümünde sabit etkiler yöntemi kullanılarak yapılan regresyon analiz sonuçları görülmektedir. Sabit etkiler yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları EKK yöntemi ile elde edilen sonuçlara benzerlik ve farklılıklar taşımaktadır. Sabit etkiler regresyon sonuçları EKK sonuçlarına benzer şekilde enerji tüketimi ile hava kirliliği arasındaki ilişkinin pozitif olduğunu göstermektedir. Fakat analiz sonuçları enerji tüketiminin hava kirliliği üzerindeki etkisinin büyük şehirlerde daha fazla olduğunu göstermektedir. Spesifik olarak, analize dahil olan tüm iller göz önünde bulundurulduğunda enerji tüketimindeki %1 artışın PM_{10} üzerindeki etkisi %0,14 iken, büyükşehirlerde bu oran %0,33'e çıkmaktadır. Küçük şehirlerde ise analiz sonuçlarına göre enerji tüketim ile hava kirliliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusu değildir.

Sabit etkiler yöntemine göre yapılan analiz sonuçları aynı zamanda eğitimin büyükşehirlerde hava kalitesi üzerinde olumlu etkisinin olduğunu, küçük şehirlerde ise eğitim seviyesi ile hava kirliliği arasında bir korelasyon olmadığını göstermiştir. Sonuçlar hane halkı büyüklüğünün küçük şehirlerde hava kirliliğini artırdığını ortaya çıkarmıştır. Analizlerde kontrol değişkeni olarak yer alan gelir seviyesindeki artışın ise tüm örneklem düzeylerinde hava kirliliğini azaltıcı etki yaptığı ortaya çıkarılmıştır. Analize konu illerde gelir seviyesindeki %1'lik artış büyükşehirlerde hava kirliliğini %0,33 düzeyinde azaltırken küçük şehirlerde bu oran %0,40'a yükselmektedir. Diğer kontrol değişkenleri olan dolar kuru ve ihracatın hava kalitesi üzerindeki etkisi tüm örneklem düzeyleri için negatiftir.

Daha önce belirtildiği gibi ekonometrik modelin sabit ve rassal etkiler yöntemlerinden hangisi kullanılarak tahmin edilmesi gerektiğini Hausman test sonuçlarına bakarak karar verilmektedir. Yukarıda detayları verilen Model 3'e Hausman testi uygulandığında modelin sabit etkiler spesifikasyonuna göre tahmin edildiğinde rassal etkiler yöntemine göre daha etkin sonuçlar elde edileceği belirlenmiştir. Hausman test sonuçları aşağıdaki Tablo 84'te rapor edilmiştir.

Tablo 84: Hausman Test Sonuçları

	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	fe	re	Fark	S.E.
K.B. Elektrik Tüketimi	.143	.120	.022	.058
Eğitim	-.316	-.626	.310	.098
Hane halkı	.912	.301	.610	.314
K.B. Gelir (\$)	-.387	.027	-.415	.095
Dolar kuru	-.033	-.013	-.020	.008
İhracat	-.015	-.008	-.007	.002

$$\chi^2(6) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 45.81$$

$$\text{Prob}>\chi^2 = 0.0000$$

Aşağıdaki Tablo 85’de hem EKK hem de sabit etkiler modeline göre tahmin edilen regresyon analiz sonuçları Türkiye’nin 7 bölgesi için yer almaktadır. EKK yönteminden elde edilen sonuçlara bakıldığında Doğu Anadolu Bölgesinde kişi başı elektrik tüketimindeki %1’lik artışın PM₁₀ değişkenini %0,47 oranında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artırdığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kişi başı elektrik tüketimindeki %1’lik artışın PM₁₀ değişkenini %0,41 oranında ve Karadeniz Bölgesinde ise %0,45 oranında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artırdığı saptanmıştır. Bu bölge gruplarından farklı olarak Marmara Bölgesinde ise istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde kişi başı elektrik tüketimindeki %1’lik bir artışın PM₁₀ değişkenini %0,2 oranında azalttığı belirlenmiştir. Eğitim seviyesinin Doğu Anadolu Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi ve Karadeniz Bölgesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir. Bu doğrultuda Doğu Anadolu Bölgesindeki insanların eğitim yıllarındaki %1’lik bir artışın hava kirliliğini %0,9 oranında azaltırken İç Anadolu Bölgesinde %1,3 ve Karadeniz Bölgesinde ise %1,2 oranında azalttığı belirlenmiştir.

Benzer şekilde EKK modeline göre ortaya çıkan sonuçlara bakıldığında hane halkı büyüklüğünün hava kirliliği üzerindeki etkisinin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, Karadeniz Bölgesinde ve Marmara Bölgesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Hane halkı büyüklüğünde meydana gelecek %1’lik bir artışın Güneydoğu Anadolu Bölgesinde hava kirliliğini %0,7 artırırken Karadeniz Bölgesinde %0,9 oranında

ve Marmara Bölgesinde ise %2 oranında artırdığı belirlenmiştir. İllerdeki gelir seviyesinin hava kirliliğine olan etkisinin Doğu Anadolu Bölgesinde, Karadeniz Bölgesinde ve Marmara Bölgesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Doğu Anadolu Bölgesinde gelir seviyesindeki %1'lik artışın PM_{10} değişkenini %0,1 oranında azalttığı görülürken farklı olarak Karadeniz Bölgesinde %0,1 oranında ve Marmara Bölgesinde ise %1,3 oranında artırdığı saptanmıştır. Dolar kuru ile hava kirliliği arasındaki ilişkinin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ve Karadeniz Bölgesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda dolar kurlarındaki artışların Güneydoğu Anadolu Bölgesinde PM_{10} değişkeni ile negatif bir ilişkisi varken Karadeniz Bölgesinde pozitif bir ilişkisi vardır. İhracat değişkenine bakıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde ihracat miktarlarındaki artışın Doğu Anadolu Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesinde PM_{10} değişkeni ile pozitif bir ilişkisi varken Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Karadeniz Bölgesi ve Marmara Bölgesinde negatif bir ilişkisi vardır.

Tablo 85'in ikinci bölümünde sabit ekiler yöntemi kullanılarak yapılan bölgesel düzeydeki regresyon analiz sonuçlarına ait bilgiler görülmektedir. Sabit etkiler yöntemiyle elde edilen sonuçlara bakıldığında kişi başı elektrik tüketiminin hava kirliliği ile olan ilişkisinin Akdeniz ve İç Anadolu Bölgesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Akdeniz Bölgesinde kişi başı elektrik tüketimindeki %1'lik artışın PM_{10} değişkenini %0,3 oranında artırdığı görülürken İç Anadolu Bölgesinde %0,4 oranında azalttığı görülmüştür. Eğitim yıllarındaki artışların PM_{10} değişkeni üzerinde bölgesel düzeyde ve sabit etkiler yöntemine istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkisi söz konusu değildir. Hane halkı büyüklüğünün hava kirliliği ile olan ilişkisi istatistiksel olarak Doğu Anadolu Bölgesinde anlamlı olmakla beraber hane halkında meydana gelecek %1'lik bir artışın hava kirliliğini %1,7 oranında artırmaktadır. Gelir seviyesindeki artılar ile hava kirliliği arasındaki ilişki istatistiksel olarak Doğu Anadolu Bölgesi ve Karadeniz Bölgesinde anlamlıdır. Gelir seviyesindeki %1'lik artışın Doğu Anadolu Bölgesinde hava kirliliğini %0,6 ve Karadeniz Bölgesinde ise %0,4 oranında azalttığı saptanmıştır. Sabit etkiler yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre bölgesel düzeyde dolar kuru ile hava kirliliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusu değildir. İhracat ile hava kirliliği arasındaki ilişkiye bakıldığında Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Karadeniz Bölgesinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. İhracat miktarlarında meydana gelen artışların

Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Karadeniz Bölgesinde hava kirliliği ile negatif bir ilişkisi olduğu belirlenmiştir.



Tablo 85: Bölgesel Regresyon Analiz Sonuçları

	<u>Akdeniz Bölgesi</u>		<u>Doğu Anadolu Bölgesi</u>		<u>Ege Bölgesi</u>		<u>Güneydoğu A. Bölgesi</u>		<u>İç Anadolu Bölgesi</u>		<u>Karadeniz Bölgesi</u>		<u>Marmara Bölgesi</u>	
	EKK	S.E.	EKK	S.E.	EKK	S.E.	EKK	S.E.	EKK	S.E.	EKK	S.E.	EKK	S.E.
K.B. Elek. Tüketimi	0.048 (0.100)	0.338* (0.190)	0.475** (0.188)	0.058 (0.274)	0.211 (0.221)	0.564 (0.477)	0.418*** (0.124)	0.066 (0.191)	-0.003 (0.108)	-0.407* (0.223)	0.456*** (0.064)	0.176 (0.192)	-0.26*** (0.055)	0.095 (0.248)
Eğitim	-0.698 (0.443)	-0.712 (0.650)	-0.92*** (0.266)	-0.284 (0.451)	-1.044 (0.724)	-0.924 (0.966)	-0.030 (0.234)	-0.234 (0.378)	-1.36*** (0.359)	-0.558 (0.578)	-1.29*** (0.263)	-0.063 (0.469)	0.531 (0.490)	0.470 (0.620)
Hane Halkı	-0.111 (0.445)	2.227 (1.640)	0.356 (0.390)	1.772* (0.979)	0.179 (1.318)	-0.968 (2.276)	0.797** (0.341)	1.619 (1.038)	0.314 (0.480)	0.730 (0.958)	0.936*** (0.353)	0.726 (0.875)	2.136*** (0.451)	2.051 (1.543)
K.B. Gelir (\$)	-0.058 (0.065)	-0.017 (0.365)	-0.153* (0.080)	-0.627** (0.305)	-0.135 (0.086)	-0.812 (0.599)	0.048 (0.050)	-0.180 (0.235)	0.046 (0.039)	0.312 (0.250)	0.102** (0.051)	-0.413* (0.240)	0.399*** (0.070)	-0.084 (0.317)
Dolar Kuru	-0.038 (0.031)	0.009 (0.048)	0.018 (0.029)	0.036 (0.049)	0.005 (0.036)	-0.066 (0.060)	-0.11*** (0.033)	0.011 (0.047)	0.029 (0.022)	0.019 (0.032)	0.071*** (0.023)	-0.046 (0.032)	-0.027 (0.031)	-0.063 (0.039)
İhracat	-0.058 (0.039)	-0.010 (0.061)	0.019* (0.012)	-0.011 (0.012)	-0.053 (0.046)	0.003 (0.095)	-0.09*** (0.021)	-0.08** (0.040)	0.074*** (0.027)	0.023 (0.059)	-0.04** (0.016)	-0.03* (0.018)	-0.19*** (0.041)	-0.058 (0.052)
Sabit	7.099*** (1.084)	2.387 (7.675)	6.644*** (1.210)	10.740** (5.140)	8.358*** (1.996)	19.629 (12.472)	3.420*** (0.848)	5.307 (4.588)	4.029*** (0.851)	-0.858 (5.020)	3.177*** (0.864)	9.574** (4.471)	-2.804* (1.435)	2.909 (6.452)
Gözlem Say.	104	104	182	182	65	65	117	117	156	156	234	234	130	130
İl Sayısı	8	8	14	14	5	5	9	9	12	12	18	18	10	10

Not: *, **, *** sembolleri katsayıların sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde istatistiksel anlamlılıklarını göstermektedir. Parantez içindeki sayılar dirençli standart hata terimlerini ifade etmektedir. Bağımlı değişken PM10 değişkenidir.

SONUÇ

Enerji, tarihin ilk dönemlerinden beri insan hayatının merkezinde yer alan unsurlardan biri olmuştur. Gün geçtikçe gelişim ve değişim gösteren dünyada yaşanan teknolojik ilerlemeler, artan nüfus ve büyüyen ekonomiler enerjiye olan talep artışını da beraberinde getirmiştir. Sanayi devriminden itibaren ve özellikle son yıllarda ülkelerin sanayi kesiminin temel girdi maddesi olarak enerjiyi kullanıyor olması, enerji üzerinde önemli bir talep baskısına neden olmaktadır. Sürekli olarak artış gösteren bu enerji talebine bağlı olarak artan enerji tüketiminin de kuşkusuz ki hava kalitesi ve çevre üzerinde önemli etkileri olmaktadır. Çevre üzerinde küresel ölçekte etkisi olan enerji tüketiminin, özellikle iklim değişikliği ile mücadele konusunda hayati öneme sahip olduğu bilinmektedir. Halihazırda bugünün ve geleceğin en önemli sorunlarından biri olarak görülen iklim değişikliği, enerji tüketimi ile doğrudan ilişki içerisinde olmuştur. Özellikle hem Türkiye hem de dünya genelinde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmının yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılanması hava kalitesi ve çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ek olarak bu durumun olumsuz etkileri, ülkeleri iklim değişikliği ile mücadele ve küresel ısınmayı önleme hususunda zor durumda bırakmaktadır. Canlı yaşamının devamlılığı ve ülkelerin gelecekleri açısından bir tehdit olan hava kirliliği, çevresel erozyonlar, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi sorunların en az düzeye indirilmesi gerek ülkelerin gerekse de kurum ve kuruluşların görevlerinden biri haline gelmiştir. Bu bağlamda Türkiye geneli için yapılan bu çalışma büyük bir önem arz eden enerji tüketimi ve hava kirliliği arasındaki ilişkiyi incelemektedir.

Gerek enerji tüketimi gerekse de hava kirliliği özelinde yapılan çalışmalar gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Bu konuda çalışmalar yapan birçok araştırmacı ülkelerin enerji ve çevre politikalarına katkı sunacak ve yön verecek araştırmalar yapmışlardır. Türkiye’de yapılan ilgili çalışmalara bakıldığında enerji tüketimi ve hava kirliliği arasındaki ilişkiyi bu çalışmada kullanılan veri seti bakımından, Türkiye genelinde inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmayı diğer çalışmalardan farklı kılan en önemli nokta hava kirliliğinin ilk kez PM₁₀ değişkeni esas alınarak il düzeyinde ve Türkiye genelinde yıllık düzeyde hesaplanıp enerji tüketimi ile olan ilişkinin ampirik yöntemlerle saptanmasıdır. Diğer bir deyişle bu çalışmada kullanılan

veri seti ve değişkenler çalışmaya özgünlük katmaktadır. Bu çalışmada, oluşturulan yıllık veri setleriyle enerji tüketimi ve hava kirliliği arasındaki ilişki incelenmiştir.

Bu çalışmanın yapılmasındaki amaç, Türkiye'nin enerji tüketimi ve hava kirliliği ilişkisinin hangi boyutta ve ne yönde olduğunun saptanmasıdır. Ek olarak çalışmanın bir diğer amacı da literatüre katkı sağlayarak Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadelesine, hava kalitesinin iyileştirilmesine ve enerji tüketimi kaynaklı çevresel tahribatların azaltılması yönünde uygulanabilecek politika ve projelere yardımcı olmaktır.

Çalışma bulguları genel olarak enerji tüketiminin (elektrik tüketimi) analize konu illerde PM₁₀ salınımını yani hava kirliliğini artırdığı ortaya çıkmıştır. Spesifik olarak analiz sonuçları enerji tüketiminin olumsuz etkisinin büyükşehirlerde daha fazla olduğu saptanmıştır. Ek olarak çalışma bulguları illerdeki eğitim seviyelerindeki artışın hava kirliliğini azaltıcı etkisi olduğu göstermiştir. Benzer şekilde uygulanan sabit etkiler yöntemi ile elde edilen sonuçlar gelir seviyelerindeki artış ile hava kirliliği arasında negatif bir ilişki olduğunu göstermiştir. Ek olarak bölgesel düzeyde yapılan analiz sonuçları genel olarak tüm bölgelerde enerji tüketiminin hava kirliliği üzerinde artırıcı bir etkisinin olduğunu göstermiştir.

Türkiye enerji bakımından büyük ölçüde dışa bağımlı bir ülke konumundadır. İhtiyaç duyduğu enerji miktarını karşılamak için yüksek oranda ithalat yapmaktadır. Dünyada en çok kullanılan enerji kaynaklarından olan doğalgaz ve petrol dünya enerji ihtiyacının yarısından fazlasını karşılamaktadır. Türkiye'de bu kaynakları dışarıdan temin etmektedir. Fosil enerji kaynaklarının, enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha fazla kullanılması çevre üzerinde olumsuz baskılar yaratmaktadır. Bu durum tüm dünyada olduğu gibi Türkiye içinde geçerlidir. Enerji tüketimi ile hava kirliliği arasındaki ilişkinin pozitif olması enerji ve çevre politikalarına yönelik çalışmaların genişletilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Türkiye, enerji ihtiyacının büyük bir kısmını yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşıladığından dolayı çevre üzerinde olumsuz durumlarla karşılaşabilmektedir. Bu sorunu önlemek hiç değilse en aza indirmek için alternatif enerji kaynakları olarak görülen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmelidir. Türkiye bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarından elde ettiği enerji miktarını artırıcı bir politika izlemelidir. Hava kirliliği ve iklim değişikliği ile mücadelede daha etkin bir rol almak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar ve teşvikler artırılmalıdır. Ek olarak Türkiye, sahip olduğu ve bol miktarda

bulunan rüzgâr, güneş ve biokütle enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elde ettiği enerji miktarlarını artırarak daha temiz ve daha çevreci bir tüketici konumuna gelmelidir.



KAYNAKÇA

AB. (2018). “Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu, Geleceğe Dair: Paris İklim Anlaşması.” https://www.avrupa.info.tr/sites/default/files/2016-08/brochure_4_v2.pdf Erişim Tarihi: 28.09.2021.

Acheampong, A. O. (2018). Economic Growth, CO₂ Emissions And Energy Consumption: What Causes What And Where? *Energy Economics*, 74, 677-692.

Adaçay, F. R. (2014). “Türkiye İçin Enerji ve Kalkınmada Perspektifler”. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 87-103.

Ağaçbiçer, G. (2010). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Yapılan Swot Analizler (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale: Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Ağır, H. ve Kar, M. (2010). “Türkiye’de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi İlişkisi: Yatay Kesit Analizi”. *Sosyoekonomi*, 6(12), 149-175.

Ahmad, N. ve Du, L. (2017). “Effects Of Energy Production And CO₂ Emissions On Economic Growth İn Iran: ARDL Approach”. *Energy*, 123, 521-537.

Akbulut, G. (2008). “Küresel Değişimler Bağlamında Dünya Enerji Kaynakları, Sorunları ve Türkiye”. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32(1), 117-137.

Akbulut, H. (2001). “Enerji Diplomasisi”. T.C. Dışişleri Bakanlığı Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi, (2), 7-11. Ankara: İmaj Yayınları.

Akdoğan, T. (2019). Yenilenebilir Enerji Tüketimi, CO₂ Emisyonu ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Seçilmiş G20 Ülkeleri (Yüksek Lisans Tezi). Gaziantep: Hasan Kalyoncu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Akkaya, A. ve Uzar, C. (2012). “Karbona Dayalı Finansal Gelecek Sözleşmeleri ve Fiyat Gelişimi Üzerine Bir İnceleme”. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1(32), 67-80.

Akkoyunlu, A. (2006). “Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Çevreye Etkileri”. TASAM (Türk Asya Stratejik Araştırmalar Merkezi) ve Bahçeşehir Üniversitesi, I. Ulusal Türkiye’de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu’na Sunulan Bildiri, 26 Nisan 2006, İstanbul.

Akman, Y. (1990). İklim ve Biyoiklim. Ankara: Palme Yayınları.

Akova, İ. (2003). “Dünya Enerji Sorunu ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı”. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi, 0(11), 47-73.

Akpınar, E. ve Başbüyük, A. (2011), “Jeoekonomik Önemi Giderek Artan Bir Enerji Kaynağı: Doğal gaz”. Turkish Studies- International Periodical for The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic Volume, 6(3), 119-136.

Aksay, C. S., Ketenoglu, O. ve Kurt, L. (2005). “Küresel Isınma ve İklim Değişikliği”. Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi, 1(25), 26-42.

Akyıldız, B. (2008). Çevresel Etkinlik Analizi: Kuznets Eğrisi Yaklaşımı. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Alam, M. J., Begum, I. A., Buysse, J., Rahman, S. ve Van Huylenbroeck, G. (2011). “Dynamic Modeling Of Causal Relationship Between Energy Consumption, CO2 Emissions And Economic Growth In India”. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 15(6), 3243-3251.

Albayrak, E. N. (2018). Ekonomik Büyüme ve Çevresel Kirlilik İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisi ve Türkiye Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Alıcılar, A., Gürü, M., Murathan, A. M. ve Akkurt, F. (2003). “Baca Gazlarındaki Azot Oksitlerin Bentonit Üzerine Adsorpsiyon Yoluyla Dolgulu Kolonlarda Giderilmesi”. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 16(2), 319-325.

Alper, F. Ö. ve Alper, A. E. (2017). “Karbondiyoksit Emisyonu, Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi İlişkisi: Türkiye İçin Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı”. Sosyoekonomi, 25(33), 145-156.

Ang, J. B. (2007). “CO₂ Emissions, Energy Consumption, And Output In France”. Energy Policy, 35(10), 4772-4778.

Apaydın, M., Üstün, A. K., Kurban, M. ve Filik, Ü. B. (2009). “Rüzgâr Enerjisinde Kullanılan Jeneratörlerin Karşılaştırılmalı Analizi”. Elektrik Mühendisleri Odası 5.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı. ISBN 978-9944-89-741-9, Yayın No: SK/2009/7, Diyarbakır.

Arıkan, Y. ve Özsoy, G. (2008). A’dan Z’ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi. Bölgesel Çevre Merkezi. REC Türkiye.

Arslan, S., Darıcı, M. ve Karahan, Ç. (2001). “Türkiye’nin Jeotermal Enerji Potansiyeli”. Jeotermal Enerji Semineri, 21-27.

Aslan Ö. ve Dinçer M.Z. (2008). Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye Değerlendirmesi. Ankara: Sektörel Yayınlar.

Ataman, A. R. (2007). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Ayan, T.Y. ve Pabuçcu, H. (2013). “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırım Projelerinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi ile Değerlendirilmesi”. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 18(3), 89-110.

Aydın, F. F. (2010). “Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme”. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (35), 317-340.

Aydın, L. (2014). Enerji Ekonomisi ve Politikaları: Kuram ve Kavramlar, Piyasalar, Modeller, Politikalar. Seçkin Yayınları.

Aykal, F. D., Gümüş, B. ve Özbudak Akça, Y. B. (2009). “Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması”. Elektrik Mühendisleri Odası 5.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı. ISBN 978-9944-89-741-9, Yayın No: SK/2009/7, Diyarbakır.

Aytun, C. (2014). “Gelişen Ekonomilerde Karbondioksit Emisyonu, Ekonomik Büyüme ve Eğitim Arasındaki İlişki: Panel Veri Analizi”. The Journal Of Academic Social Science Studies, 27(1), 349-362.

Bahadır, B. (2010). Havadaki Azot Oksitlerin Barbitürik Asit Metodu ile Analizinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bahar, O. (2005). “Türkiye’de Enerji Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme”. Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (14), 35-59.

Balestra, P. (1996). Fixed Effect Models And Fixed Coefficient Models. The Econometrics Of Panel Data A Handbook Of The Theory With Applications. Kluwer Academic Publishers.

Başol, K., Durman, M. ve Önder, H. (2007). Doğal Kaynakların ve Çevrenin Ekonomik Analizi. Bursa: Alfa Aktüel Yayınları, 1. Baskı.

Batman, M. (2001). Elektrik Üretimi İçin Güneş Pillerinin Kullanımında Verimi Artırıcı Yeni Bir Yöntem. (Doktora Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Batmaz, T., Bayraç, H. N. ve Güllü, M. (2019). “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Büyüme ve Karbon Emisyonu İlişkisi”. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 645-658.

Baykal, H. ve Baykal, T. (2008). “Küreselleşen Dünya’da Çevre Sorunları” *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(9), 3-17.

Bayraç, H. N. (2009). “Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye: Petrol ve Doğal Gaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma”. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 115-142.

Bayraç, H. N. ve Yenilmez, F. (2005). Türkiye’de Petrol Sektörü. <https://docplayer.biz.tr/18775657-Turkiye-de-petrol-sektoru.html>, Erişim Tarihi: 16.01.2022.

Bayraç, H.N. (1999). Uluslararası Doğalgaz Piyasasının Ekonomik Analizi. Türkiye’deki Gelişimi ve Eskişehir Uygulaması. (Doktora Tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Bayraç, H.N. (2010). “Enerji Kullanımının Küresel Isınmaya Etkisi ve Önleyici Politikalar”. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 229-259.

Bayraç, H.N. (2011).” Küresel Rüzgâr Enerjisi Politikaları ve Uygulamaları.” *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30 (1), 37-57.

Bayrak, M. ve Esen, Ö. (2014). “Türkiye’nin Enerji Açığı Sorunu ve Çözümüne Yönelik Arayışlar”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 28 (3), 139-158.

Bayrak, M.R. (2012). “Sürdürülebilir Kalkınma İçin Türkiye’de Düşük Karbon Ekonomisi ve Kyoto Protokolü’nün Finansman Kaynakları”. *Journal of History Culture And Art Research*, 1(4), 266-279.

Begum, R. A., Sohag, K., Abdullah, S. M. S. ve Jaafar, M. (2015). “CO₂ Emissions, Energy Consumption, Economic And Population Growth İn Malaysia”. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 41, 594-601.

Behçet, R., Gül, H. ve Oral, H. (2014). “Malatya İlinin Güneş Enerjisi Potansiyel ve Kullanabilirliği”. Türk Doğa ve Dergisi, 3(1), 43-48.

Berberoğlu, C. N. (1982). Türkiye'nin Ekonomik Gelişmesinde Elektrik Enerjisi Sorunu. Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi.

Beşergil, B. (2009). Petrol, Petrol Kimyası. Ankara: Gazi Kitabevi.

Bilgin, M. (2007). “Küresel Bölgesel ve Yerel Eksende Irak Petrollerinin Ekonomik Siyasi ve Stratejik Anlamı”. Akademik Ortadoğu Dergisi, 1 (2), 19-53.

BOTAŞ (Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi). (2016). BOTAŞ 2016 Sektör Raporu. Ankara: BOTAŞ.

Bozkurt, C. ve Akan, Y. (2014). “Economic Growth, CO₂ Emissions And Energy Consumption: The Turkish Case”. International Journal Of Energy Economics And Policy, 4(3), 484.

Bozkurt, C. ve Okumuş, İ. (2015). “Türkiye’de Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi, Ticari Serbestleşme ve Nüfus Yoğunluğunun CO₂ Emisyonu Üzerindeki Etkileri: Yapısal Kırılmalı Eş Bütünleşme Analizi”. Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 12(32), 23-35.

Böke, E. Y. ve Aydın, Ö. (2010). “Doğalgaz Yanmasında Ocak Yükünün Karbon monoksit Emisyonu Üzerine Etkisi”. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23 (1), 1-14.

British Petroleum. (2018). BP Statistical Review of World Energy June, 2018. Londra: British Petroleum.

British Petroleum. (2019). BP Statistical Review of World Energy 2019. Londra: British Petroleum.

British Petroleum. (2020). BP Statistical Review of World Energy 2020. Londra: British Petroleum.

British Petroleum. (2021). BP Statistical Review of World Energy 2021. Londra: British Petroleum.

Burak, M., (2012). Tarımsal İkinci Ürünlerden Enerji Üretimi. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. Ankara.

Büyükyılmaz, A. ve Mert, M. (2015). “CO₂ Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ms-Var Yaklaşımı ile Modellenmesi: Türkiye Örneği”. Zeitschrift Für Die Welt Der Türken/Journal Of World Of Turks, 7(3), 103-117.

Chen, P. Y., Chen, S. T., Hsu, C. S. ve Chen, C. C. (2016). “Modeling The Global Relationships Among Economic Growth, Energy Consumption And CO₂ Emissions”. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 65, 420-431.

Çabuk, B. ve Karacaoğlu, Ö.C. (2003). “Üniversite Öğrencilerinin Çevre Duyarlılıklarının İncelenmesi”. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi, 36(1-2), 189-198.

Çağlar, A. E. ve Mert, M. (2017). “Türkiye’de Çevresel Kuznets Hipotezi ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Karbon Salımı Üzerine Etkisi: Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Yaklaşımı”. Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 24(1), 21-38.

Çağlar, Ü., Cengiz, C., Çakan, E., Onan, M.T. ve Kocaoğlu, S. (2008). Türkiye'nin Atıl Enerji Kaynağı: Rüzgâr Enerjisi. 2. Ulusal İktisat Kongresi, 20-22 Şubat 2008, Dokuz Eylül Üniversitesi: İzmir.

Çalışkan, Ş. (2009). "Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu". Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 25, 297-310.

Çamur, D. ve Vaizoglu, S.A. (2007). "Çevreye İlişkin Önemli Toplantı ve Belgeler." TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6(4), 297-306.

Çelik, S. N. (2012). Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığının Azaltılmasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Çelik, S., Bacanlı, H. ve Görgeç, H. (2008). Küresel İklim Değişikliği ve İnsan Sağlığına Etkileri. Telekomünikasyon Şube Müdürlüğü. 1(1), 1-31.

Çepel, N. (2003). Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri. Ankara: TÜBİTAK Yayınları.

Çetin, A. C. (2009). "Rüzgâr Enerjisi ve Isparta İlinde Rüzgâr Enerji Santralı Kuruluş Yeri Seçimi". Uluslararası Davraz Kongresi Bildiriler Kitabı, V, 24-27.

Çetin, A.D. (2021). Ekonomik Büyüme, Finansal Kalkınma ve Doğrudan Yabancı Yatırımların CO₂ Emisyonları ile İlişkisi: Türkiye Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir: Eskişehir Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Çetiner, A. ve Sunal, S. (2008). "Dünyada Nükleer Enerji Kullanımı ve Yeni Yaklaşımlar". Enerji Stratejileri 21. Yüzyıl Dergisi, Temmuz-Ağustos-Eylül, 193-204.

Çolak, İ., Bayındır, R. ve Demirtaş, M. (2008). "Türkiye'nin enerji geleceği". Tübvav Bilim Dergisi, 1(2), 36-44.

Çukurçayır, M. A. ve Sağır, H. (2007). “Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları”. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (20), 257–278.

Dağdemir, Ö. (2003). Çevre Sorunlarına Ekonomik Yaklaşımlar ve Optimal Politika Arayışları. Ankara: Gazi Kitabevi.

Dalkır, Ö. ve Şeşen, Ş. (2011). Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik. Çevre ve Orman Bakanlığı. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Demir, M. (2013). “Enerji İthalatı Cari Açık İlişkisi, Var Analizi ile Türkiye Üzerine Bir İnceleme”. Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi, 5(9), 2-27.

Demirbaş, L. (2002). Türkiye’de Enerji Sektörü, Sektörün Problemleri, Avrupa Birliği ve Türkiye’de Enerji Politikaları. (Bilim Uzmanlığı Tezi). Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Demircan, N. ve Alakavuk, Z. (2008). Fotovoltaik Prensibiyle Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES, 17-19.

Deniz, H. ve Çakallı, H. (2010). TRC2 Bölgesi Enerji Raporu, Karacadağ Kalkınma Ajansı, Erişim Tarihi: 04/04/2021
https://english.karacadag.gov.tr/Dokuman/Dosya/www.karacadag.org.tr_179_HY7B78_VE_trc2_bolgesi_enerji_raporu.pdf

Devlet Su İşleri. (2012). Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı. İklim Değişikliği Birimi, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü ve Türkiye: http://web.bilecik.edu.tr/onur-polat/files/2019/09/iklim_degisikligi_cerceve_sozlesmesi_ve_turkiye.pdf Erişim Tarihi: 01.09.2021.

Dickson, M. H. ve Fanelli, M. (2004). What is Geothermal Energy? Istituto Di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italy. <https://users.metu.edu.tr/mahmut/pete450/Dickson.pdf>, Erişim Tarihi: 25.10.2021.

Doğan, B. (2010). Ekonomik Büyüme-Enerji Tüketimi İlişkisi: Türkiye Örneği (Yüksek Lisans Tezi). Konya: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Doğan, H. ve Yılankırkan, N. (2015). “Türkiye’nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu”. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 3(1), 375-384.

Doğan, M. (2000). “Enerji Kaynakları”. Çevre Sorunları ve Çevre Dostu Alternatif Kaynakları Standart Dergisi, 39(468), 28-3610.

Doğan, M. ve Sandal, A. (2007). Küresel Isınma-Biyolojik Çeşitlilik İlişkisi ve Türkiye Yansımaları. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayını, Çevre ve İnsan. (69-2007), 2.

Doğan, S. ve Tüzer, M. (2011). “Küresel İklim Değişikliği ve Potansiyel Etkileri.” CÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 12(1), 21-34.

Doğanay, H. ve Coşkun O. (2017). Enerji Kaynakları. Ankara: 3.Baskı, Pegem Akademi.

Dulupçu, M.A. (2000). “Sürdürülebilir Kalkınma Politikasına Yönelik Gelişmeler”. Dış Ticaret Dergisi, 20(6), 46-70.

Dumanlı, T. (2020). Gelişmekte Olan Ülkelerde Ekonomik Büyümenin Karbon Emisyonu Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Manisa: Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Duranay, D. N., Yılğın, M. ve Pehlivan, D. (2007). Mobilya Fabrikası Artığının Yakıt Olarak Değerlendirilmesi. IV. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu (31 Ekim 1-2 Kasım), 54-58, Ankara.

Duygu, E. ve Cısdak, İ. (2011). “Biokütle Enerjisi İçin Yetiştiriciliğin Etkileri Konusunda Araştırmalar. II. Bilgi Birikimi Işığında Türkiye’deki Sosyo-Ekonomik Etki Potansiyeli”. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 3(1), 9-24.

Elmas, B. (2012). Ortadoğu’daki Enerji Kaynaklarının Önemi ve Türkiye Üzerinden Taşınması ile Türkiye’nin Kazandığı Jeopolitik Konum (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Emekliler, B. ve Ergül, N. (2010). “Petrolün Uluslararası İlişkilerdeki Yeri: Jeopolitik Teoriler ve Petropolitik”. Bilge Strateji, 2(3), 59-85.

Eniş, A. (2002). “Enerji Politikaları; Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”. http://www.emo.org.tr/ekler/c5689792e08eb2e_ek.pdf, Erişim Tarihi: 25.10.2021.

Eniş, A. (2003). Enerji Politikaları ile Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları. TMMOB Türkiye IV. Enerji Sempozyumu Bildirileri, Ankara.

Ergün, S., ve Atay Polat, M. (2012). “Nükleer Enerji ve Türkiye’ye Yansımaları”. İnönü University International Journal Of Social Sciences, 1(2), 35-58.

Ertürk, F., Akkoyunlu, A. ve Varınca, K. B. (2006). Enerji Üretimi ve Çevresel Etkileri (Rapor No: 14). İstanbul: Türkiye Stratejik Araştırmalar Merkezi.

Fındık, M. S. (2007). Türkiye’de Çevre Kirliliğine Yol Açan Unsurların Önlenmesi Çerçevesinde Yeşil Vergi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Fidan, A. (2006). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Gökçınar, R.E. ve Uyumaz, A. (17-19 Aralık 2008). Rüzgâr Enerjisi Maliyetleri ve Teşvikleri VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul.

Gökdayı, İ. (1997). Çevrenin Geleceği Yaklaşımlar ve Politikalar. Ankara: Çevre Vakfı Yayını.

Gökdemir, M., Kömürcü, M. İ. ve Evcimen, T. U. (2012). “Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış”. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 57/2012-1(471). 18-26.

Görez, T. ve Alkan, A. (2007). “Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerji Potansiyeli”. http://www.emo.org.tr/ekler/7267ca39f652c0d_ek.pdf, Erişim Tarihi: 14.04.2021.

Görgün, T. (2009). Yenilenebilir Enerjiler ve Teknolojileri. İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi.

Görmez, K. (2007). Çevre Sorunları. Ankara: Nobel Yayınevi.

Gül, İ. ve Yorulmaz, F. (2019). “Edirne Merkez İlçede Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda Ölçülen Partiküler Madde 10 (PM₁₀) Bileşiminin Araştırılması”. ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi, 4(3), 331-342.

Gülay, A. N. (2008). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği Ve Avrupa Birliği İle Karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z. (1994). Nüfus, Nüfus Hareketleri ve Göçler. T.C. Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara: Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 1. Baskı.

Gümüş, B. (2010). “Dünyanın ve Türkiye’nin Genel Enerji Durumu”, 7. Dönem Sanayi Enerji Yöneticisi Eğitimi, 1-78. <https://slideplayer.biz.tr/slide/2014335/> Erişim Tarihi: 22.04.2021.

Gündoğan, A.C., Baş, D., Sayman, R.Ü., Arıkan, Y. ve Özsoy, G. (2015). A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi. Ankara: Bölgesel Çevre Merkezi Çevre Merkezi- REC Türkiye.

Güney, E. (2002). Türkiye Çevre Sorunları, İstanbul: Çantay Kitabevi, 2. Baskı.

Güngör, Ö. (2016). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: VAR Analizi (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Güngör, S. ve Karaca, S. S. (2019). “Enerji Tüketimi, Temiz Enerji ve Karbondioksit Emisyonlarının Finansal Açıkla İlişkisi: Türkiye Örneği”. Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi, 2(1), 33-46.

Gürsoy, U. (2004). Enerjide Toplumsal Maliyet ve Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Türk Tabipler Birliği Yayınları, Ankara.

Halicioğlu, F. (2009). “An Econometric Study of CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income And Foreign Trade İn Turkey”. Energy Policy, 37(3), 1156-1164.

Hayli, S. (2001). “Rüzgâr Enerjisinin Önemi Dünya’da ve Türkiye’deki Durumu”. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11(1), 1-30.

Hsiang, S. ve Kopp, R.E. (2018). “An Economist’s Guide To Cilimate Change Science Journal Of Economic Perspective.” 32(4), 3-32.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). IPCC WGI Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Canada: Intergovernmental Panel on Ciimate Change (IPCC).

IRENA (International Renewable Energy Agency). (2021). Renewable Capacity Statistic 2021. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

IRENA (International Renewable Energy Agency). (2021). Renewable Energy Statistic 2021. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

IPCC. (2021). Climate Change Physical Science Basis Summary for Policymakers. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#SPM> Erişim Tarihi: 29.09.2021.

Işık, C. (2010). “Natural Gas Consumption and Economic Growth İn Turkey: A Bound Test Approach”. Energy Systems, 1(4), 441-456.

İncecik, S. (1994). Hava Kirliliği. İstanbul: Teknik Üniversite Matbaası.

İpek, E. (2008). Dünya Petrol Fiyatlarındaki Değişimin Türkiye’nin Ekonomik Büyümesi Üzerine Etkileri (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kahraman, G. (2019). “Türkiye’de Kentleşmenin Enerji Tüketimi ve Karbon Salınımı Üzerine Etkisi”. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(3), 1559-1566.

Kapluhan, E. (2014). “Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biokütle Enerjisinin Dünya’daki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu”. Marmara Coğrafya Dergisi, (30), 97-125.

Karacan, A.R. (2007). Çevre Ekonomisi ve Politikası. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları.

Karadağ, Ç., Gülsaç, I. I., Ersöz, A. ve Çalışkan, M. (2009). “Çevre Dostu ve Temiz: Yenilenebilir Enerji Kaynakları”. Bilim ve Teknik, 498, 24-27.

Karadaş, F. (2008). Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Türkiye’de Enerji Sektörü ve Politikaları. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Karakaya, E. (2008). Proje Temelli Esneklik Mekanizmaları: Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Yürütme. Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi, İstanbul.

Karakaya, E. (2016). “Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme”. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3(1), 1-12.

Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y. ve Kurt, R. (2011). “Biokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi”. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 13(19), 63-75.

Karbuç, S. (2002). “Sürdürülebilir Kalkınmanın Zaman Yolculuğu”. İktisat, İşletme ve Finans Dergisi, 17 (198), 9-12.

Karış, Ç. (2017). “Türkiye’de Enerji Tüketimi, CO2 Emisyonu ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1960-2013 Dönemi”. Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (34), 169-197.

Kaya, İ. S. (2012). “Nükleer Enerji Dünyasında Çevre ve İnsan”. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1(24), 71-90.

Keleş, R. ve Hamamcı, C. (1997). Çevrebilim. Ankara: İmge Kitabevi.

Keleş, R., Hamamcı, C. ve Çoban, A. (2005). Çevre Politikası. Ankara: İmge Kitabevi.

Kesgingöz, H. ve Karamelikli, H. (2015). “Dış Ticaret-Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyümenin CO₂ Emisyonu Üzerine Etkisi”. Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9(3), 7-17.

Keskin, M. (200). İklim Değişikliği ve Alternatif Enerjiler. Enerji Kaynakları Sempozyumu. Çanakkale: Çanakkale On sekiz Mart Üniversitesi Sempozyum Bildirileri.

Kılıç, F. Ç. (2011). “Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye’deki Yeri”. Mühendis ve Makine Dergisi, 52(617), 94-106.

Kılıç, N. (1998). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Sektörüne Bakış ve Jeotermal Enerji Kitabı, Ed. Bedri İpekçioğlu, İstanbul, Yurt Madencilik Vakfı Yayınları.

Kıvılcım, İ. (2013). 2020’ye Doğru Kyoto-Tipi İklim Değişikliği Müzakereleri, Avrupa Birliği’nin Yeterliliği ve Türkiye ‘nın Konumu. İktisadi Kalkınma Vakfı Yayınları, İstanbul.

Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y. ve Uğurlu, İ. (2018). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi.” Mühendis ve Makine. 59 (692), 86-114.

Koç, E. ve Kaya, K. (2015). “Enerji Kaynakları ve Yenilenebilir Enerji Durumu”. Mühendis ve Makine. 56 (668), 36-47.

Koç, E. ve Şenel, M. C. (2013). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme”. Mühendis ve Makina, 54(639), 32-44.

Koç, K. (2019). Türkiye’de Karbon Emisyonları, Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme: Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi’nin Ampirik Analizi. (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Koçak, E. (2012). Türkiye’nin Enerji Tüketimi ile Karbondioksit Emisyonu Arasındaki İlişkinin Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı Çerçevesinde Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Koçer, N.N., Öner, C. ve Sugözü, İ. (2006). “Türkiye’ de Hayvancılık Potansiyeli ve Biyogaz Üretimi”. Fırat Üniversitesi Doğu Anadolu Bölgesi Araştırma ve Uygulama Merkezi, 4 (2), 17-20.

Konak, N. (2011). “Küresel İklim Değişikliği, Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları Gönüllü Karbon Piyasası ve Türkiye: Eleştirel Yaklaşım.” Alternatif Politika, 3(2), 154-178.

Koyuncu, T. (2019). Doğrudan Yabancı Yatırımlar, Enerji Tüketimi, Göç ve Karbondioksit Salınımı ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkilerin Analizi. (Yüksek Lisans Tezi). Nevşehir: Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kum, H. (2009). “Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar”. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 0 (33), 207-223.

Kutlar, O. A., Ergeneman, M., Arslan, H. ve Mutlu, M. (1998). Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler. İstanbul: Birsan Yayınevi.

Kükrer, B. (2007). Hidrojen Enerjisinin Gelişme Potansiyeli ve Türkiye Ekonomisi Açısından Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Külekçi, Ö. C. (2009). “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi”. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 1(2), 83-91.

Külünk, İ. (2013). Enerji Verimliliği ve Karbon Salınımı Çerçevesinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Bolu: Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Lee, T. J., Lee, K. H. ve Oh, K. B. (2007). “Strategic Environments For Nuclear Energy Innovation In The Next Half Century”. Progress In Nuclear Energy, 49(5), 397-408.

Li, K., Fang, L., ve He, L. (2018). "How Urbanization Affects China's Energy Efficiency: A Spatial Econometric Analysis". *Journal of Cleaner Production*, 200, 1130-1141.

Maes, A., Collier, M., Vandoninck, S., Scarpa, P. ve Verschaeve, L. (2000). "Cytogenetic Effects Of 50 Hz. Magnetic Fields Of Different Magnetic Flux Densities". *Bioelectromagnetics: Journal Of The Bioelectromagnetics Society, The Society For Physical Regulation İn Biology And Medicine, The European Bioelectromagnetics Association*, 21(8), 589-596.

Malkoç, Y. (2007). *Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Enerji Profilimizdeki Yeri. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği*, Ankara.

Mayda, A.S. ve Yılmaz, M. (2013). "Düzce Hava Kalitesi İzleme İstasyonu 2007-2011 Yılları Arası Verilerinin Değerlendirilmesi". *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 12(1), 11-18.

Mazı, F. (2004). *Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar, İklim Değişikliği Sorunu ve Uluslararası Alanda Çözüm Arayışları*. İstanbul: Beta Basım A.Ş.

Menyah, K. ve Wolde-Rufael, Y. (2010). "CO₂ Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy And Economic Growth İn The US". *Energy Policy*, 38(6), 2911-2915.

Mertoğlu, O. (2000). *Türkiye'deki Jeotermal Enerji Uygulamalarının Çok Yönlü Önemi ve Dünyadaki Yeri. Enerji Kaynakları Sempozyumu, Sempozyum Bildirileri. Çanakkale: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi*. 99-104.

Mirzaei, M. ve Bekri, M. (2017). "Energy Consumption And CO₂ Emissions İn Iran, 2025". *Environmental Research*, 154, 345-351.

Mucuk, M. ve Uysal, D. (2009). "Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme". *Maliye Dergisi*, (157), 105-115.

Nalbant, O. (2005). “Nükleer Enerji, Toryum Elementi ve Türkiye İçin Önemi”. Kara Harp Okulu Bilim Dergisi, 59-69.

Nargeleçekenler, M. (2009). Makroekonomik ve Finansal Serilerin Ekonometrik Analizi: Panel Veri Yaklaşımı. (Doktora Tezi). Bursa: Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Nazlı, F. (2007). Petrolün Geleceği ve Türkiye’nin Enerji Geleceği. (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.

Nehir, A. (1999). Orta Asya-Hazar-Ceyhan Boru Hattı ve Milli Güce Etkileri. İstanbul: Hak Basımevi.

Novruzova, G. (2015). Orta Asya Türk Cumhuriyetlerinin Enerji Kaynakları: Mevcut Durum, Problemler, Çözüm Arayışları. (Yüksek Lisans Tezi). Azerbaycan: Azerbaycan Devlet İktisat Üniversitesi.

Oğulata, R. T. (2003). “Energy Sector And Wind Energy Potential İn Turkey”. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 7(6), 469-484.

Oktar, T. (1983). Çevre Kirliliği Sorunu ve Katı Artıkların Ekonomik Değerlendirmesi (İstanbul Örneği). (Doktora Tezi.). İstanbul: Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi.

Öktem, M. (2003). Kent, Çevre ve Globalleşme. İstanbul: Alfa Kitapevi.

Önal, E. ve Yarbay, R.Z. (2010). “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği”. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, (8), 77-96.

Özcan, B. (2013). “The Nexus Between Carbon Emissions, Energy Consumption And Economic Growth İn Middle East Countries: A Panel Data Analysis”. Energy Policy, 62, 1138-1147.

Öztürk, I. ve Acaravcı, A. (2010). “CO₂ Emissions, Energy Consumption And Economic Growth İn Turkey”. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 14(9), 3220-3225.

Öztürk, I. ve Acaravcı, A. (2013). “The Long-Run And Causal Analysis Of Energy, Growth, Openness And Financial Development On Carbon Emissions İn Turkey”. Energy Economics, 36, 262-267.

Öztürk, Ö. (2017). Çevre Kirliliği ve Hukuki Sorumluluk. (Yüksek Lisans Tezi). Mersin: Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Özusu, T. (1975). “Kömürden Petrol: Güney Afrika’daki Sasol Kömür Dönüştürme Tesisi”. Bilimsel Madencilik Tesisi, 14(4), 43-45.

Özyonar, F. ve Peker, İ. (2008). “Sivas Kent Merkezindeki Çevresel Gürültü Kirliliğinin Araştırılması”. Ekoloji Dergisi, 18 (69), 75-80.

Özyuvacı, N. (1999). Meteoroloji ve Klimatoloji. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Pabuççu, H. ve Bayramoğlu, T. (2016). “Yapay Sinir Ağları ile CO₂ Emisyonu Tahmini: Türkiye Örneği”. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 18(3), 762-778.

Pata, U. K. (2018). “Renewable Energy Consumption, Urbanization, Financial Development, Income And CO₂ Emissions İn Turkey: Testing EKC Hypothesis With Structural Breaks”. Journal Of Cleaner Production, 187, 770-779.

Pazarlıoğlu, M. V. ve Gürler, Ö. K. (2007). “Telekomünikasyon Yatırımları ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Yaklaşımı”. Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar, 44(508), 35-43.

Pekin, M.A. (2006). Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Pirinç, S. (2019). Çevresel Kuznets Eğrisi Bağlamında Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketiminin CO₂ Salınımı Üzerindeki Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Tekirdağ: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Read, P. (1994). Responding to Global Warming: The Technology. Economics and Politics of Sustainable Energy. London: Zed Books Ltd.

Reeves, A. ve Beck, F.A. (2003). Wind Energy For Electric Power. Renewable Energy Policy Project. Washington DC.

REN21. (2016). Renewables 2016 Global Status Report. Paris: REN21 Sekreterliği.

REN21. (2021). Renewables 2021 Global Status Report. Paris: REN21 Sekreterliği.

Rüstemoğlu, H. (2016). “Ekonomik Büyümenin Çevresel Maliyeti: Türkiye ve İran Ölçeğinde CO₂ Emisyonlarının Belirleyicileri”. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 5(7), 2151-2168.

Saidi, K. ve Hammami, S. (2015). “The Impact Of Energy Consumption And CO₂ Emissions On Economic Growth: Fresh Evidence From Dynamic Simultaneous-Equations Models”. Sustainable Cities And Society, 14, 178-186.

Saidoğlu, U. ve Ağıralan, E. (2020). “İklim Değişikliği Çerçevesinde 25. Taraflar Konferansı (COP 25)” Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 11(1), 361-385.

Salahuddin, M. ve Gow, J. (2014). “Economic Growth, Energy Consumption And CO₂ Emissions In Gulf Cooperation Council Countries”. Energy, 73, 44-58.

Say, A.N., Keris, Ü.D., Şen, Ü. ve Gürol, M.D. (2010). Mikroalglerden Biyokütle Enerjisi Üretimi ve Türkiye. VIII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'10, 1-5 Aralık, 263-271., Bursa.

Say, N. P. ve Yücel, M. (2006). “Energy Consumption And CO2 Emissions İn Turkey: Empirical Analysis And Future Projection Based On An Economic Growth”. Energy Policy, 34(18), 3870-3876.

Saygın, S. (2018). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi'nin Ampirik Analizi: Türkiye Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Tekirdağ: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Sayyan, H. (2000). Dinamik Panel Veri Modelleri ve OECD Ülkeleri Para Talebi Uygulaması. (Doktora Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Selvi, N. (2017). Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketimi Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği (Yüksek Lisans Tezi). Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Sencar, P. (2007). Türkiye’de Çevre Koruma ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Edirne: Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Serpen, U. (2005). Jeotermal Enerjinin Türkiye ve Dünyada Kullanımı. Jeotermal Enerji Semineri. 435-447. Teskon, İzmir.

Shafiei, S. ve Salim, R. A. (2014). “Non-Renewable And Renewable Energy Consumption And CO₂ Emissions İn OECD Countries: A Comparative Analysis”. Energy Policy, 66, 547-556.

Shahbaz, M., Uddin, G. S., Rehman, I. U. ve Imran, K. (2014). “Industrialization, Electricity Consumption And CO2 Emissions İn Bangladesh”. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 31, 575-586.

Sındır, A. (2012). Türkiye’de Enerji Üretimin Ekonomik Büyümeye Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Manisa: Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Sohtaoğlu N.H. ve Papur, D., (2011). Hidroelektrik Enerji Üretiminin Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ekonomilerdeki Görünümü. TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası. Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu.

Sözen, E., Gündüz, G., Aydemir, D. ve Güngör, E. (2017). “Biokütle Kullanımının Enerji, Çevre, Sağlık ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi”. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1), 148-160.

Sunay, Ç. (2000). “Teknolojiyle Gelen Sorun Elektromanyetik Kirlilik”. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 386, 66-71.

Süren, H. (2012). Jeotermal Sistemlerde Flash Buhar ve Binary Sistemlerin Birlikte Kullanımının Enerji ve Ekserji Analizi. (Yüksek Lisans Tezi). Denizli: Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Şenol, H., Elibol, E. A., Açikel, Ü. ve Şenol, M. (2017). “Türkiye’de Biyogaz Üretimi İçin Başlıca Biokütle Kaynakları”. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 81-92.

Şentürk, M. (2009). Türkiye’nin Enerji Ekonomisi: Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye Enerji Politikalarının Yapısal Uyum Sorunları. (Yüksek Lisans Tezi). Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2020). Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğal Gaz Piyasası Dairesi Başkanlığı. (2012). Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu. Ankara: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. (2020). Doğal Gaz Piyasası 2019 Yılı Sektör Raporu. Ankara: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. (2020). Petrol Piyasası 2019 Yılı Sektör Raporu. Ankara: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. (2021). Elektrik Piyasası 2020 Yılı Gelişim Raporu. Ankara: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. (2019). Elektrik Piyasası 2018 Yılı Gelişim Raporu. Ankara: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. (2018). Elektrik Piyasası 2017 Yılı Gelişim Raporu. Ankara: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. (2016). Elektrik Piyasası 2015 Yılı Gelişim Raporu. Ankara: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. (2021). Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu. Ankara: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. (2017). Petrol Piyasası 2016 Yılı Sektör Raporu. Ankara: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. (2021). Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu. Ankara: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. (2019). Petrol Piyasası 2018 Yılı Sektör Raporu. Ankara: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2016). Dünya ve  lkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar G r n n (1 Ekim 2016 İtibarıyla). Ankara: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). 2018 Yılı Bütçe Sunumu. Ankara: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü (1 Ocak 2017 İtibarıyla). Ankara: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu. (2017). Kömür Sektör Raporu (Linyit). Ankara: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu. (2016). 2015 Yılı Kömür (Linyit) Sektör Raporu. Ankara: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu. (2021). 2020 Yılı Kömür (Linyit) Sektör Raporu. Ankara: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü. (2018). 2017 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu. Ankara: Türkiye Taşkömürü Kurumu.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü. (2021). 2020 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu. Ankara: Türkiye Taşkömürü Kurumu.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı. (2016). Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü. Ankara: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). Çevre Sağlığı, Hava Kirliliği. Ankara: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.

T.C. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü. (1995). Petrolün Tarihçesi ve Türkiye’de Açılan Petrol Kuyuları. Ankara.

T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2010). Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıklarını Önleme ve Kontrol Programı. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

Tanrıöver, T. (2010). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Üretimi ve Tüketiminin Bir Analizi: Türkiye Uygulaması. (Yüksek Lisans Tezi). Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Tasgetiren, S. (1998). “Rüzgâr Enerjisi”. Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevkor, 28(9), 23-30.

Teker, G.T. (2020). “İzmir İlinde 2009-2018 Yılları Arasında Partiküler Madde Kirliliği”. ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi, 5(2), 216-222.

Tekingündüz, G. (2019). Küresel İklim Değişikliği ile İlgili Uluslararası Girişimler ve Türkiye Ormanlık Politikası. (Doktora Tezi). İstanbul. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Temiz Hava Hakkı Platformu. (2021). Kara Rapor 2021 Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri. İstanbul: Temiz Hava Hakkı Platformu.

Temurçin, K. ve Aliağaoğlu, A. (2003). “Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği”. Coğrafi Bilimler Dergisi, 1 (2), 25-39.

TMMOB (Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği) Çevre Mühendisleri Odası. (2020). Hava Kirliliği Raporu 2019. Ankara: TMMOB Çevre Mühendisleri Odası.

Toklu, E. (2017). “Biomass Energy Potential And Utilization İn Turkey”, Renewable Energy, 107, 235-244.

Topbaş, M.T., Brohi, A.R. ve Karaman, M.R. (1998). Çevre Kirliliği. Ankara: T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları.

Topçu, G.Y. (2013). Türkiye Doğal Gaz Tüketim Tahmini. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Topçu, L. (2008). Toplu Taşımacılık Sistemlerinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Turan, S. (2006). “Nükleer Enerji: Nükleer Santralin Konya’ya Kurulabilirliği, Getirileri Ve Götürüleri” (Rapor No: 2006-42/44). Konya: Konya Ticaret Odası Etüt Araştırma Servisi.

TÜİK (2021, a). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2019-37196> Erişim Tarihi: 13.02.2022.

TÜİK (2021, b). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2019-37196> Erişim Tarihi: 13.02.2022.

TÜİK (2021, c). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2019-37196> Erişim Tarihi: 13.02.2022.

TÜİK (2021, d). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2019-37196> Erişim Tarihi: 13.02.2022.

TÜİK (2021, f). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2019-37196> Erişim Tarihi: 13.02.2022.

TÜİK (2021, g). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2019-37196> Erişim Tarihi: 13.02.2022.

Türkeş, M., Sümer, U.M. ve Çetiner, G. (2000). “Küresel İklim Değişikliği ve Olası Yan Etkileri.” Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları. Ankara.

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği. (Ocak 2020). Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu. Ankara: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği.

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası. (2020). Enerji Görünümü 2020. İstanbul. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası.

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası. (2021). Enerji Görünümü 2021. İstanbul. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası.

Türkman, A. (2000). Yaşanabilir Bir Çevre İçin. İzmir: Dokuz Eylül Yayınevi.

Türkoğlu, B. (2006). Toprak Kirlenmesi ve Kirlenmiş Toprakların Islahı. (Yüksek Lisans Tezi). Adana: Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Türköz, K. (2015). Türkiye’de CO₂ Salınımları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Türkyılmaz, O., Çervatoğlu E.Ş. ve Lişesivdin, C.A. (2006). Türkiye'nin Doğal Gaz Temin ve Tüketim Politikalarının Değerlendirilmesi Raporu. Ankara: TMMOB Makina Mühendisleri Odası.

Uçak, S. ve Usupbeyli, A. (2013). "Sürdürülebilir Kalkınmada Karbondioksit Emisyonları Büyüme İlişkisi: BRICS Ülkeleri ve Türkiye". Sosyal ve Beşerî Bilimler Dergisi, 5(2), 492-504.

Umutlu, H. ve Bayraç, H.N. (2020). "Türkiye'de Doğal Gaz Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Granger Nedensellik Analizi". Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 20 (40), 217-226.

UNFCCC. (1995). United Nations Framework Convention on Climate Change COP1, <https://unfccc.int/resource/docs/cop1/07a01.pdf> Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (1996). United Nations Framework Convention on Climate Change COP2, <https://unfccc.int/resource/docs/cop2/15a01.pdf> Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (1997). United Nations Framework Convention on Climate Change COP3, <https://unfccc.int/resource/docs/cop3/07.pdf> Erişim Tarihi.: 01.09.2021.

UNFCCC. (1998). United Nations Framework Convention on Climate Change COP4, <http://unfccc.int/cop5/resource/cop4.html> Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (1999). United Nations Framework Convention on Climate Change COP5, <https://unfccc.int/resource/docs/cop5/06a01.pdf> Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2000). United Nations Framework Convention on Climate Change COP6, http://unfccc.int/meetings/the_hague_nov_2000/session/6274/php/view/reports.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2001). United Nations Framework Convention on Climate Change COP7, <http://unfccc.int/resource/docs/cop6secpart/05.pdf#page=50> Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2002). United Nations Framework Convention on Climate Change COP8, <http://unfccc.int/resource/docs/cop8/07a01.pdf#page=3> Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2003). United Nations Framework Convention on Climate Change COP9, http://unfccc.int/meetings/milan_dec_2003/session/6271/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2004). United Nations Framework Convention on Climate Change COP10, http://unfccc.int/meetings/buenos_aires_dec_2004/session/6270/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi.: 01.09.2021.

UNFCCC. (2005). United Nations Framework Convention on Climate Change COP11, http://unfccc.int/meetings/montreal_nov_2005/session/6269/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2006). United Nations Framework Convention on Climate Change COP12, http://unfccc.int/meetings/nairobi_nov_2006/session/6267/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2007). United Nations Framework Convention on Climate Change COP13, http://unfccc.int/meetings/bali_dec_2007/session/6265/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2008). United Nations Framework Convention on Climate Change COP14, http://unfccc.int/meetings/poznan_dec_2008/session/6264/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2009). United Nations Framework Convention on Climate Change COP15, http://unfccc.int/meetings/copenhagen_dec_2009/session/6262/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2010). United Nations Framework Convention on Climate Change COP16, http://unfccc.int/meetings/cancun_nov_2010/session/6254/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2011). United Nations Framework Convention on Climate Change COP17, http://unfccc.int/meetings/durban_nov_2011/session/6294/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2012). United Nations Framework Convention on Climate Change COP18, http://unfccc.int/meetings/doha_nov_2012/session/7049/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2013). United Nations Framework Convention on Climate Change COP19, http://unfccc.int/meetings/warsaw_nov_2013/session/7767/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2014). United Nations Framework Convention on Climate Change COP20, http://unfccc.int/meetings/lima_dec_2014/session/8530/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2015b). United Nations Framework Convention on Climate Change COP21, <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf> Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2016). United Nations Framework Convention on Climate Change COP22, http://unfccc.int/meetings/marrakech_nov_2016/session/9676/php/view/decisions.php#c Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2017). United Nations Framework Convention on Climate Change COP23, <http://unfccc.int/resource/docs/2017/cop23/eng/113.pdf> Erişim Tarihi: 01.09.2021.

UNFCCC. (2018d). United Nations Framework Convention on Climate Change COP24, https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Informal%20Compilation_proposal%20by%20the%20President_rev.pdf Erişim Tarihi: 01.09.2021.

Uslu, C. ve Yücel, M. (1997), “Adana Kentinde Gürültü Kirliliği Üzerine Bir Araştırma”. Ekoloji Dergisi, 7 (25), 9-13.

Uysal, D. ve Yapraklı, H. (2016). “Kişi Başına Düşen Gelir, Enerji Tüketimi ve Karbondioksit (CO₂) Emisyonu Arasındaki İlişkinin Yapısal Kırılmalar Altında Analizi: Türkiye Örneği”. Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 16(31), 186-202.

Ünlü, H. (1995). Yerel Yönetim ve Çevre. İstanbul: İula Çevre Kitapları Serisi.

Ünver, Ö. (1998). Dünya’da ve Türkiye’de Kömür, Türkiye’nin Enerji Politikaları. İstanbul: Yurt Madencilik Vakfı Yayınları.

Varınca, K. B. ve Gönüllü, M. T. (2006). “Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma”. I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 21(23), 270–275.

Varınca, K. B. ve Varank, G. (2005). Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri. Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği.

Wallington, T., Srinivasan, J., Nielsen O. J. ve Highwood, E. J. (2009). Greenhouse Gases and Global Warming. Environmental and Ecological Chemistry. Encyclopedia of Life Support Systems.

Wang, S. S., Zhou, D. Q., Zhou, P. ve Wang, Q. W. (2011). “CO2 Emissions, Energy Consumption And Economic Growth İn China: A Panel Data Analysis”. Energy Policy, 39(9), 4870-4875.

Wang, S., Li, Q., Fang, C. ve Zhou, C. (2016).” The Relationship Between Economic Growth, Energy Consumption, And CO₂ Emissions: Empirical Evidence From China”. Science Of The Total Environment, 542, 360-371.

Wolde-Rufael, Y. ve Menyah, K. (2010). “Nuclear Energy Consumption And Economic Growth İn Nine Developed Countries”. Energy Economics, 32(3), 550-556.

Yalçinkaya, Ö. (2012). Toplam Elektrik Üretimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yamak, T. (2006). Türkiye’nin Alternatif Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Ekonomik Analizler. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yanar, R. (2014). “Petrol Fiyatlarındaki Düşüş ve Ortadoğu Ekonomilerine Etkileri”. Ortadoğu Stratejik Araştırmalar Merkezi Raporu. Ankara.

Yanardağ, M. Ö. ve Bozkurt, K. (2017). “Bedavacılık Sorununun Paris İklim Anlaşması Çerçevesinde Analizi.” Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (53), 73-93.

Yatar, Y. (2007). Avrupa Birliği Enerji Politikası ve Bu Politika Bağlamında Hazar Havzası Enerji Kaynaklarının Önemi (Yüksek Lisans). Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yenisu, E. (2018). “Enerji Tüketimi, CO₂ Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği”. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 3(5), 9-29.

Yıldırım, M. ve Örnek, İ. (2007). “Enerjide Son Seçim: Nükleer Enerji”. Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6 (1), 32-44.

Yılmaz, M. (2012). “Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi”. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4(2), 33-54.

Yılmaz, V., Arslan, T. (2011). “Üniversite Öğrencilerinin Çevre Koruma Vaatleri ve Çevre Dostu Tüketim Davranışlarının İncelenmesi”. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11(3), 1-10.

Zeydan, Ö. (2021). “2019 Yılında Türkiye’deki Partikül Madde (PM₁₀) Kirliliğinin Değerlendirilmesi”. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(1), 106-118.

Zhang, C. ve Lin, Y. (2012). “Panel Estimation For Urbanization, Energy Consumption And CO₂ Emissions: A Regional Analysis İn China”. Energy Policy, 49, 488-498.

Zhang, X. P. ve Cheng, X. M. (2009). “Energy Consumption, Carbon Emissions, And Economic Growth İn China”. Ecological Economics, 68(10), 2706-2712.