

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE SORUNLARI AÇISINDAN ULAŞIM
SEKTÖRÜNDE ALTERNATİF ENERJİNİN
KULLANILABİLİRLİĞİ

AHMET BİLSEL

2501111444

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. İSMET AKOVA

İSTANBUL – 2019



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN;

Adı ve Soyadı : Ahmet BİLSEL Numarası : 2501111444
Anabilim Dalı / Anasanat Dalı / Programı : Coğrafya Danışmanı : Prof. Dr. İsmet AKOVA
Tez Savunma Tarihi : 26.06.2019 Saati : 10:00
Tez Başlığı : "Çevre Sorunları Açısından Ulaşım Sektöründe Alternatif Enerjinin Kullanılabilirliği"

TEZ SAVUNMA SINAVI, İÜ Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin 36. Maddesi uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜNE** OYBİRLİĞİ / OYÇOKLUĞUYLA karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Prof. Dr. İsmet AKOVA		Kabul
2- Prof. Dr. Mesut DOĞAN		Kabul
3- Doç. Dr. Mehmet ÜNLÜ		Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Dr. Öğr. Üyesi Münür BİLGİLİ		
2- Dr. Öğr. Üyesi Aylin YAMAN KOCADAĞLI		

Öz

ÇEVRE SORUNLARI AÇISINDAN ULAŞIM SEKTÖRÜNDE ALTERNATİF ENERJİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ

AHMET BİLSEL

Bu tezde, çevre sorunları açısından ulaşım sektöründe alternatif enerjinin kullanılabilirliği incelenmiştir. Tezin amacı, ulaşım sektöründe alternatif enerji kaynaklarının kullanılabilirliği durumunda, çevre sorunlarının azaltılabileceğinin ortaya koymaktır. Yapılan araştırmalar ve çalışmalar esnasında; ulaşım sistemlerinde kullanılan konvansiyonel enerji kaynaklarının yaklaşık olarak, yıllık 107,5 milyon ton CO₂ emisyonuna sebep olduğu görülmüştür. Ülkemizde ulaşım sistemlerinde kullanılan konvansiyonel enerji kaynaklarının yerine kullanılabilecek, alternatif enerji kaynakları içerisinde en hızlı gelişme gösteren elektrik motorlu ve hibrid araçların toplam araçlar içerisindeki payı şuan için %1'i henüz geçmemektedir. Ulaşım sistemlerinden kaynaklı CO₂ emisyon değerlerinin azaltılmasında büyük bir potansiyeli olan elektrik motorlu ve hibrid araçların yaygınlaşması CO₂ emisyon değerlerinde azalmaya sebep olacağı, yakıt türlerine göre emisyon karşılaştırması ile ortaya konulmuştur. %100 sıfır emisyon değerine sahip elektrikli araçların kullandığı elektriğin hangi enerji kaynağından elde edildiğinin CO₂ emisyon değerleri üzerindeki etkisi ortaya konulmuş ve fosil yakıtlardan elektrik üretiminin alternatif enerji kaynakları ile temin edilmesi durumunda ortaya çıkacak olan CO₂ emisyon azalımının çevre sorunları üzerindeki olumlu etkileri ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Ulaşım, alternatif, elektrik motoru, CO₂, hibrid, benzin, dizel, LPG, otomobil

Abstract

THE AVAILABILITY OF ALTERNATIVE ENERGY IN TRANSPORTATION SECTOR IN TERMS OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS

AHMET BİLSEL

In this thesis, the usability of alternative energy in the transportation sector is examined in terms of environmental problems. The aim of this thesis is to show those environmental problems can be reduced in case of the availability of alternative energy sources in the transportation sector. During the researches and studies; It has been seen that conventional energy sources used in transportation systems cause approximately 107.5 million tons of CO₂ emissions annually. The share of electric motor and hybrid vehicles, which are the most rapidly developing alternative energy sources that can be used in place of the conventional energy sources used in transportation systems in our country, currently does not exceed 1%. The widespread use of electric motor and hybrid vehicles, which have great potential in reducing CO₂ emissions from transportation systems, has been demonstrated to lead to a reduction in CO₂ emission by emission comparison by fuel types. The effect of electric vehicles with a 100 % zero emission value on the CO₂ emission values of which energy source was obtained has been determined and the positive effects of CO₂ emission reductions on environmental problems, which will occur if electricity production from fossil fuels is provided by alternative energy sources, are presented.

Keywords: Transportation, alternative, electric motor, CO₂, hybrid, gasoline, diesel, LPG, automobile.

Önsöz

İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde Beşeri ve İktisadi Coğrafya Anabilim Dalı bünyesinde hazırladığım bu yüksek lisans tezi çalışmam sırasında, birçok problemle karşılaştım. Bu zorlukları aşmamda bana yol gösteren tez danışmanı hocam Prof. Dr. İsmet Akova'ya teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca tezimle ilgili konulardaki teknik bilgi ve becerilerini benimle paylaşıp yardımlarını üzerimden eksik etmeyen değerli dostlarım Dr. Kaan KAPAN ve Arş. Gör. Celal ŞENOL'a, beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, hayatımın her anında desteğini gördüğüm en değerli varlığım olan kıymetli eşim Kevser SERT BİLSEL'e ve bugünlere gelmemde emeği geçen herkese sonsuz teşekkür ediyorum.

Ahmet BİLSEL

İstanbul, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
TABLOLAR LİSTESİ.....	vii
GRAFİKLER LİSTESİ.....	viii
HARİTALAR LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
RESİMLER LİSTESİ.....	x
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ULAŞIM SEKTÖRÜNÜN TARİHİ	8
1.1. Cumhuriyet Dönemi Öncesinde Ulaşım.....	8
1.2. 1923-1938 Döneminde Ulaşım.....	8
1.3. 1939-1950 Döneminde Ulaşım.....	10
1.4. 1951-1960 Döneminde Ulaşım.....	14
1.5. 1961-1980 Döneminde Ulaşım.....	16
1.6. 1981-2000 Döneminde Ulaşım.....	18
1.7. 2001-2018 Döneminde Ulaşım.....	19
1.8. Osmanlı Devletinden Günümüze Otomobil Sayıları	22

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’NİN ENERJİ KAYNAKLARI	24
2.1. Türkiye’de Kullanılan Konvansiyonel Enerji Kaynakları	27
2.1.1. Petrol	28
2.1.2. Doğal gaz	30
2.1.3. Kömür	32
2.2. Alternatif Enerji Kaynakları.....	37
2.2.1. Güneş enerjisi.....	37

2.2.2.	Rüzgâr enerjisi	41
2.2.3.	Jeotermal enerji.....	46
2.2.4.	Hidrolik enerji.....	48
2.2.5.	Biyokütle enerjisi	51
2.2.6.	Hidrojen enerjisi.....	51

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ULAŞIM SEKTÖRÜNDE KULLANILAN ENERJİ KAYNAKLARI53

3.1.	Ulaşım Sektöründe Kullanılan Geleneksel Enerji Kaynakları	53
3.1.1.	Ulaşım sektöründe benzin kullanımı.....	53
3.1.2.	Ulaşım sektöründe LPG kullanımı.....	54
3.1.3.	Ulaşım sektöründe dizel kullanımı	55
3.2.	Ulaşım Sektöründe Kullanılabilecek Alternatif Enerji Kaynakları	55
3.2.1.	Ulaşım sektöründe elektrik kullanımı	55
3.2.2.	Ulaşım sektöründe hibrit kullanımı.....	62
3.2.3.	Ulaşım sektöründe hidrojen yakıt hücreli araçlar	64
3.2.4.	Ulaşım sektöründe doğal gaz kullanımı	64
3.2.5.	Ulaşım sektöründe biyodizel kullanımı	65
3.2.6.	Ulaşım sektöründe alkol kullanımı	65

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ULAŞIM SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLI ÇEVRE SORUNLARI66

BEŞİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ULAŞIM SEKTÖRÜNDE ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANILABİLİRLİĞİ.....75

5.1.	Elektrik Üretiminde Kullanılan Enerji Kaynaklarının İncelenmesi.....	75
5.1.1.	Kömürle çalışan termik santrallerin çevre sorunları üzerine etkisinin incelenmesi	78
5.1.2.	Doğal gazdan elektrik üreten termik santrallerin çevre sorunları üzerine etkisinin incelenmesi.....	89
5.2.	Benzin Ve Motorinin Ulaşım Sistemlerinde Kullanılmasının Çevre Sorunları Açısından İncelenmesi.....	90
5.3.	Ulaşım Sistemlerinde Kullanılan Geleneksel Enerji Kaynaklarının Yerine Kullanılabilecek Kaynakların Çevre Sorunları Açısından Değerlendirilmesi	94

5.3.1.	Elektrikli ve hibrid motorlu araçların çevre sorunları üzerine etkisi	94
5.3.2.	Yakıt hücreli ve yakıt pilli araçların çevre sorunları üzerine etkisi	102
5.3.3.	Sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) yakıtlı araçların çevre sorunları üzerine etkisi	102
5.3.4.	Hidrojenli araçların çevre sorunları üzerindeki etkileri	104
5.3.5.	Biyodizel kullanan araçların çevre sorunları üzerindeki etkileri	104
SONUÇ VE ÖNERİLER		106
KAYNAKÇA		111

TABLolar LİSTESİ

Tablo I: Motorlu Kara Taşıtları.....	5
Tablo II: Motorlu Kara Taşıtları	6
Tablo III: 1923-1938 Döneminde Karayolları Ağı.....	9
Tablo IV:1930'da Dünya'da ve Türkiye'de Karayolu durumu	9
Tablo V: 1948-1952 Döneminde Marsall Yardım'ından Ulaştırma Sektörüne Ayrılan Ödenekler.....	10
Tablo VI:1938-1950 Döneminde Karayolları Ağı (km).....	11
Tablo VII: 1950-1960 Döneminde Karayolları Ağı(km).....	14
Tablo VIII: 1960-1980 Döneminde Karayolları Ağı(km)	16
Tablo IX: 1980-2000 Döneminde Karayolları Ağı (km).....	18
Tablo X:2000-2018 Döneminde Karayolları Ağı (km)	20
Tablo XI: Türkiye Karayolları Kayıtlı Otomobil Sayısı (adet).....	23
Tablo XII: Türkiye Birincil Enerji Kaynakları Üretim ve Tüketim.....	24
Tablo XIII: Türkiye Birincil Enerji Kaynakları Elektrik Üretim Değerleri.....	25
Tablo XIV:Ham Petrol Üretim ve İthalat Rakamları.....	29
Tablo XV: Türkiye'nin Önemli Linyit Sahaları ve Kaynak Rezerv Miktarları Milyon Ton.	33
Tablo XVI: 2003-2015 Enerji Hammaddeleri Üretim Değerleri.....	35
Tablo XVII: Türkiye'de Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Potansiyeli Ve Güneşlenme Süreleri	41
Tablo XVIII: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Kurulu güç potansiyeli.....	45
Tablo XIX: Türkiye'de Jeotermal Enerjiden Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyeli Olan Sahalar	47
Tablo XX: Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Santrali Kurulu Kapasite	49
Tablo XXI: Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araç Satışları/Adet	57
Tablo XXII: CO ₂ Emisyonu Sektörlere göre dağılımı.....	71
Tablo XXIII: Farklı Yakıt Türleriyle 1 GWh Elektrik Üretiminde Ortaya Çıkan CO ₂ Emisyon Değeriyle 2018 Yılı CO ₂ Emisyonu Değerleri	77
Tablo XXIV: IPCC Yakıt Türleri Emisyon Karşılaştırması.....	78
Tablo XXV: Kömür İle Çalışan Termik Santrallerin Tesis Etki Alanında Hava Kalitesi Sınır Değerleri.....	81
Tablo XXVI: Türkiye'nin Günlük Enerji Tüketimi.....	91
Tablo XXVII: CNG Yakıtlı Araçların Sera Etkisi Yapıcı Gazlar Üzerindeki Avantajları	103
Tablo XXVIII: CNG Yakıtlı Araçların Sera Etkisi Yapıcı Gazlar Üzerindeki Avantajları	105

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Sektörlere Göre CO ₂ Emisyon Dağılımı, Dünya	1
Grafik 2: Motorlu Karayolu Taşıt Oranları.....	5
Grafik 3: Ulaşım Sektöründen Kaynaklanan CO ₂ Eşdeğer Emisyonu	6
Grafik 4: Yurt İçi Yolcu Taşıma Oranları (yolcu-km üzerinden % oran).....	19
Grafik 5:Yurt İçi Yük Taşıma Oranları(ton-km üzerinden % oran)	20
Grafik 6:Türkiye’de 2014 Yılında Yakıtların Yanmasından Kaynaklanan CO ₂ Emisyonlarının Sektörel Dağılımı	26
Grafik 7: Türkiye’nin Petrol İthal Ettiği Ülkeler	29
Grafik 9: Türkiye Doğal Gaz Üretim, İthalat ve Tüketim oranları	31
Grafik 9: Türkiye’nin Doğal gaz İthal Ettiği Ülkeler.....	32
Grafik 11: Türkiye Toplam Kaynak Rezervinin Kömür Türüne Göre Dağılımı	36
Grafik 12: Kömür İthalatında Ülke Payları.....	37
Grafik 12: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Kurulu Güç, Artış Oranı Ve Artış Miktarı	46
Grafik 13: 1970-2018 Yılları Arası HES Kaynaklı Elektrik Üretiminin Tüketimi Karşılama Oranı	50
Grafik 15: Türkiye’de Otomobillerin Yakıt Cinsine Göre Dağılımı	54
Grafik 16: Ham Petrol Fiyatı (Varil/Dolar)	61
Grafik 17: Sera Gazı Emisyonlarının Sektörlere Göre Dağılımı	68
Grafik 18: CO ₂ Emisyonlarının Sektörlere Göre Dağılımı	69
Grafik 19: CO ₂ Eşdeğeri Sera gazı Emisyonları (1990-2015)	70
Grafik 19: Kişi başı Sera gazı emisyonu 1990-2015	70
Grafik 20: Türkiye Elektrik Üretiminin Kaynaklara Dağılımı.....	76
Grafik 21: Türkiye’de Fosil Yakıttan Elektrik Üretimi Nedeniyle Atmosfere Salınan CO ₂ Emisyonları	85
Grafik 22: Farklı Enerji Üretim Yöntemlerinden Kaynaklanan Sera gazı Salınım Değerleri(Carbon eşd/kWh).....	86
Grafik 23: Farklı Yakıt Türleri İçin Emisyon Karşılaştırması (kg/ton)	93
Grafik 24: Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi (yıllık / GWh)	101

HARİTALAR LİSTESİ

Harita 4:Türkiye Karayolları Haritası.....	21
Harita 5:Yıllık Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi (saat/gün)	39
Harita 6:Türkiye Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası.....	47
Harita 7:Türkiye Hidroelektrik Santralleri.....	48

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası.....	40
Şekil 2: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli.....	42
Şekil 3: Türkiye Geneli 50 Metre Yükseklikteki Ortalama Yıllık Rüzgâr Hızları Dağılımı .	44
Şekil 4: Supercharger Şarj Dolu Tesisleri.....	58

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1: İYM ve Elektrik Motorlara Sahip Araç Teknolojileri	61
---	----

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1: Kyoto Protokolü'nde baz alınan sera gazları.....	67
---	----

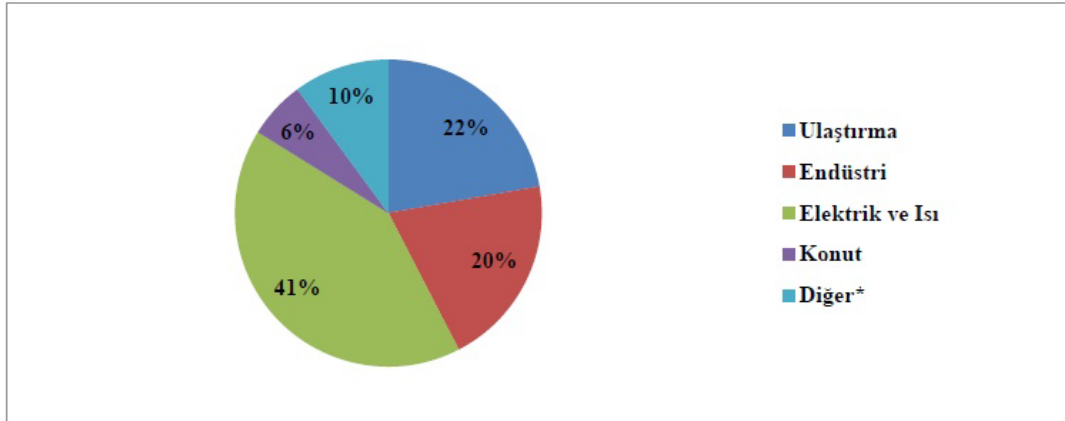
KISALTMALAR LİSTESİ

AB	:Avrupa Birliği
BMİDÇS	:Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
Ca	:Kalsiyum
CH₄	:Metan
CNG	:Sıkıştırılmış Doğal Gaz
CO	:Karbonmonoksit
CO₂	:Karbondioksit
ÇŞB	:Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DEKTMK	:Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
DİAB	:AB ve Dış İlişkiler Dairesi Başkanlığı
DSİ	:Devlet Su işleri
EİEİ	:Elektrik işleri Etüt İdaresi
EİGM	:Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EPDK	:Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun
ETKB	:Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GWh	:Gigawatt saat
KIP(GWP)	:Küresel Isıtma Potansiyelleri - Global Warming Potential
H₂S	:Hidrojen Sülfür
HC	:Hidrokarbon
HES	:Hidroelektrik Santral
HgO	:Cıva Oksit
IAEA	:Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
IPCC	:Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (The Intergovernmental Panel on Climate Change)
İBB	:İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İYM	:İçten Yanmalı Motor
K	:Potasyum
KGM	:Karayolları Genel Müdürlüğü
Km	:Kilometre

KHK	:Kanun Hükümünde Kararname
kWh	:Kilowatt saat
LPG	:Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
LNG	:Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
mg/kg	:Miligram/kilogram
Mg	:Magnezyum
MJ/kg	:Megajoule / kilogram
Mt	:Milyon ton
MTA	:Maden Tetkik ve Arama
MW	:Megawatt (bir milyon watt)
N²O	:Nitro oksit
NO_x	:Azot oksit
ÖTV	:Özel Tüketim Vergisi
PO210	:Polonyum
PH	:Potansiyel hidrojen
PM	:Partikül madde
Ra222	:Radon gazı
SO₂	:Kükürt dioksit
SHGM	:Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SSCB	:Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
SULEV	:Super Ultra Düşük Emisyonlu Taşıt
TAEK	:Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEHAD	:Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
TKİ	:Türkiye Kömür İşletmeleri
TPAO	:Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
UOC	:Uçucu organik bileşikler
V/G	:Varil/Gün
YEGM	:Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

GİRİŞ

Teknolojik gelişmelere bağılı olarak hızla yaygınlaşan ulaşım sistemleri ve çeşitlenen ulaşım araçları, beraberinde çevresel sorunlar da doğurmaktadır. Ulaşım sistemlerinde kullanılan enerji kaynakları, ulaşım araçlarının sayısının artışına bağılı olarak çevre sorunlarının artışında başrol oynamaktadır. Grafik 1'e göre, küresel CO₂ emisyonu sektörel dağılımına bakıldığında %41 oranında "Elektrik ve Isı" üretimi (Elektrik Üretimi, Isı Üretimi, Kok Fırınları, Yüksek Fırınlar, Petrol Rafinerileri) birinci sırada yer alırken, %22 oranında "Ulaştırma" sektörü ikinci sırada karşımıza çıkmaktadır. Daha sonra ise "Endüstriyel Faaliyetler" (Metalik Olmayan Mineral Ürünleri İmalatı, Kimya, Petro Kimya Ürünlerinin İmalatı, Ana Metal Sanayi, Madencilik Faaliyetleri, Gıda, İçecek, Tütün Ürünleri İmalatı, Tekstil, Deri Ürünleri İmalatı vd.) ve "Konutlar" şeklinde sıralanmaktadır (IŞIK, N. KILINÇ, E.C.2014). Hazırlanan bu tez çalışmasında, ulaşım sistemlerinde kullanılan enerji kaynaklarının sebep olduğu çevre sorunlarının belirtilmesi ve ulaşım sistemlerinde alternatif enerji kaynaklarının kullanılabilirliğinin çevre sorunları üzerindeki etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır.



Grafik 1: Sektörlere Göre CO₂ Emisyon Dağılımı, Dünya

Kaynak: IEA, 2012

Küresel ısınma ve çevre sorunlarına dikkat çeken ve bu sorunlar için çözüm önerileri sunan ve Dünyanın 175 ülkesinin kabul ettiği, aynı zamanda Türkiye'nin taraf olduğu Kyoto Protokolü yükümlülüklerinin yanı sıra, Avrupa Birliği Uyum Süreci çalışmalarındaki çevre yükümlülükleri artık bir zorunluluk olduğu gibi, gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakma sorumluluğunun bir gereğidir. AB'ye tam üyelik sürecinde Türkiye'nin hazırlamış olduğu AB müktesebatının üstlenilmesine ilişkin Türkiye Ulusal Programı'nın "Çevre" ana başlığı altındaki "Hava Kalitesi" alt başlığında yer verilen, kısa ve orta vadeli yükümlülükler arasında "Sera Gazı" salınımlarının azaltılması ve "Hava Kalitesi Yönetimi" için programların geliştirilmesi planlanmaktadır.

Sera gazların artışına bağlı olarak ortaya çıkan ve artık tüm Dünya devletleri tarafından kabul edilen Küresel Isınma sorununun sebeplerinden biri olan ulaşım sistemlerinde fosil yakıt kullanımının, artık alternatif enerji kaynaklarına dönüştürülmesi ile, Küresel Isınmanın yüzyılın sonuna kadar 1,5⁰ C ila 2⁰ C arasında sınırlandırmayı amaçlayan Kyoto Protokolünün amaçlarından birinin sağlanıp sağlanamayacağına irdelenmesi tez çalışmasının temel amaçları arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada, benzin, motorin ve LPG gibi fosil yakıtların sebep olduğu çevresel sorunların ortadan kaldırılması için ulaşım sistemlerinde kullanılabilirliği olan hibrid, elektrik, hidrojen, doğal gaz, biyodizel gibi çevreye daha az zarar veren alternatif enerji kaynaklarının kullanılabilirliği ortaya konmaya çalışılacak ve ulaşım sistemlerinde olası alternatif enerjinin kullanılabilmesi durumunda ortaya çıkacak sonuçlar çevresel açıdan ele alınacaktır. Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışma 6 ana bölümden oluşması planlanmıştır.

Tez çalışmamın birinci bölümü Türkiye'de ulaşım sistemlerinin tarihi ele alınarak Osmanlı'nın son dönemlerinden günümüze kadar uzanan zaman diliminde ulaşım sistemleri analiz edilmiştir.

İkinci bölümünde, Türkiye'nin enerji kaynakları konvansiyonel enerji kaynakları olarak petrol doğal gaz ve kömür verileri, yenilenebilir enerji kaynakları olarak da hidrojen, güneş, rüzgâr, dalga, jeotermal, hidrolik, biyokütle ve nükleer enerji olmak üzere iki ana başlık altında incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, Türkiye'de ulaşım sistemlerinde kullanılan enerji kaynakları, geleneksel sistemler olarak ulaşımında benzin, dizel ve LPG, alternatif sistemler olarak ise hibrid, elektrik, yakıt hücresi, doğal gaz ve hidrojen ele alınmıştır.

Dördüncü bölümde, Türkiye'de ulaşım sistemlerinden kaynaklı çevre sorunlarına değinilmiştir.

Beşinci bölümde, Türkiye'de ulaşım sistemlerinde alternatif enerjinin kullanılabilirliği, geleneksel yöntemler ile alternatif sistemlerin kullanılabilirliği çevre sorunları açısından karşılaştırılmıştır.

Altıncı bölümde, tez çalışmasının sonuçları ortaya konmuştur. Bu çalışma sonunda ise kaynakça verilerek sonlandırılmıştır.

Dünyanın birçok ülkesinde ve ülkemizde gelişmişlik seviyesinin artması, ulaşım sistemlerinin gelişmesine ve ulaşım araçlarının kullanım sayılarının artmasına sebep olmaktadır. Ulaşım sistemlerinde özellikle karayolunda kullanılan araçların sayısının artışına bağlı olarak, kullanılan enerji kaynağının türü ve enerji kaynağının önemi de her geçen gün temiz enerji kaynakları seçiminin önemini artırmaktadır. Karayolu araçlarındaki artışa bağlı olarak tüketilen enerji miktarının artışı çevre kirliliği açısından kuşkusuz önemli sorunlar ortaya çıkartmaya başlamıştır.

Uluslararası projeksiyonlara göre, bilinen rezervlerle dünyadaki petrole 46-50 yıl arasında ömür hesaplanırken, görünür doğal gaz rezervlerinin tükenme ömrünün de 63 ile 119 yıl arasında olacağı öngörülüyor. Kömürün ise 119 ile 176 yılda tükeneceği hesaplanıyor (Enerji Enstitüsü, 2019).

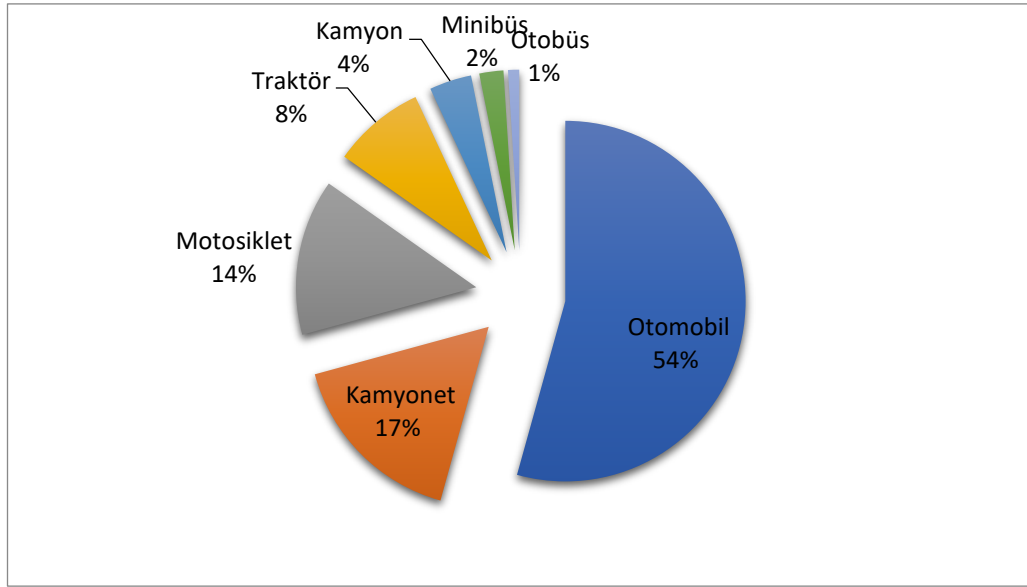
Bu çalışma, alternatif enerji kaynağı olması beklenen enerji türlerinin kullanımının çevre sorunları açısından değerlendirildiği bir tez çalışması olma özelliği

taşıyacaktır. Özellikle gelişmiş ülkelerin refah seviyesindeki artışa bağlı olarak, ucuz ve çevre dostu enerji kaynağı talebi artış göstermiştir. Bu çalışma ile fosil yakıtlara alternatif olabilecek, ucuz ve çevre dostu enerji kaynakları incelenmiş ve bu konuda çalışma yapacak tüm özel ve resmi kurumlara yol gösterici olarak sunulmaya çalışılacaktır.

Dünya nüfusu arttıkça, şehirler kırsal kesime göre bu artıştan daha çok etkilenmektedir. 2008 yılında dünyada şehirlerde yaşayan nüfus ilk defa dünya nüfusunun yarısından fazlasını oluşturmuştur. Bu tarihten itibaren de kentsel nüfusun kırsal nüfustan daha fazla arttığı ve gelecekte de bu artışın devam edeceği öngörülmüştür. Meylin bu şekilde olması durumunda 2050 yılında dünya nüfusunun %70'inin şehirlerde, %30'unun ise kırsal kesimde yaşaması beklenmektedir. Bu durum, yeterli önlemler alınmadığı sürece yüzölçümü olarak sadece dünyanın %1'ini kaplayan şehirler için daha çok hava kirliliği ve daha yoğun enerji tüketimi anlamına gelmektedir (AYDEMİR, 2014). Şehirlerde yaşanan ve muhtemelen gelecekte daha şiddetli yaşanacak bu hava kirliliğinin temel sebeplerinden biri olarak ulaşım sistemlerinde kullanılan fosil yakıt kaynakları karşımıza çıkmaktadır.

Özellikle son yıllarda, küresel ısınma ve iklim değişikliği dünyanın gündemine oturmuştur ve günümüzde CO₂' in sera etkisine katkısının %50 olduğu tahmin edilmektedir. 80'li yıllarda hızlı bir şekilde ekolojik dengenin bozulmaya başlaması ve çevre sorunlarının ortaya çıkmasıyla birlikte, toplam CO₂ emisyonlarının %60'ından sorumlu olan motorlu taşıtların egzoz emisyonlarında sınırlamalar, önlemler arasında ilk sırayı almıştır (KINAV,2007). World Business Council for Sustainable Development, The Cement Sustainability Initiative Progress Report'un 2005 yılında yayınladığı küresel CO₂ üretimi verilerine göre, CO₂ üretiminin %35'i ısı ve elektrik üretiminden, %24'ü ulaşım sistemlerinden, %17'si üretimden(çimento dışı), %5'i enerji endüstrisinden, %5'i çimentodan ve %14'ü diğer sektörlerden kaynaklanmaktadır. Bu veriler ışığında küresel CO₂ üretiminde %24 ile ulaşım sistemleri büyük bir paya sahip olduğu görülmektedir. Grafik 3'te görüldüğü üzere, ulaşım sektörünün kara yolu, deniz yolu, hava yolu ve demir yolu çeşitliliğine sahip

olmasının yanı sıra, ulaşım sektöründen kaynaklı CO₂ eşdeğer emisyonu %92,37 oranında karayolu ulaştırma sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Karayolu ulaşım sistemlerinde kullanılan araç sayılarına bakıldığında ise 2018 yılı TÜİK verilerine göre 22.798.221 olan motorlu kara taşıtları sayısının 12.364.139'u otomobiller oluşturmaktadır(Tablo 1). Bu veriler ışığında otomobillerin toplam karayolu ulaşım araçları içerisinde %54 ile en büyük orana sahip olduğu görülmüş, araştırma konusunda kara yolu ulaşımında kullanılan binek otomobiller üzerinde yoğunlaşmış ve çevre sorunları açısından ulaşımda kullanılan enerji kaynaklarının alternatif enerji kaynakları kullanılabilirliği incelenmiştir. Grafik 2'ye bakıldığında, karayolu taşıt oranlarında kamyonet %17, motosiklet %14, traktör %8 olarak karşımıza çıkmaktadır.



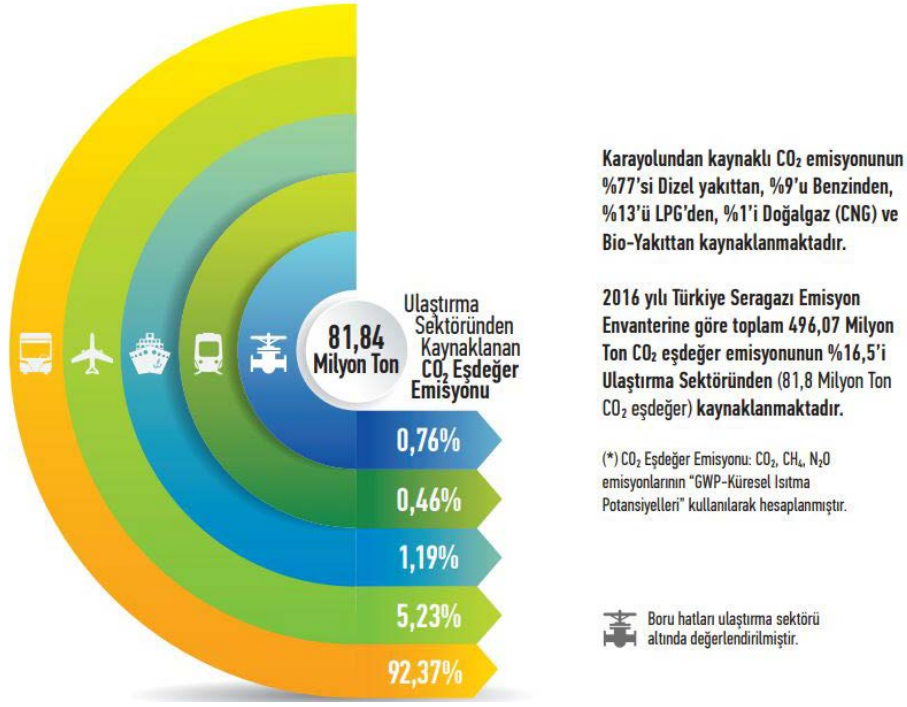
Grafik 2: Motorlu Karayolu Taşıt Oranları

Kaynak: Eylül 2018 (TÜİK)

Tablo I: Motorlu Kara Taşıtları

Yıl	Otomobil	Kamyonet	Motosiklet	Traktör	Kamyon	Minibüs	Otobüs
2018	12.364.139	3.642.625	3.102.800	1.838.222	838.718	478.618	221.885

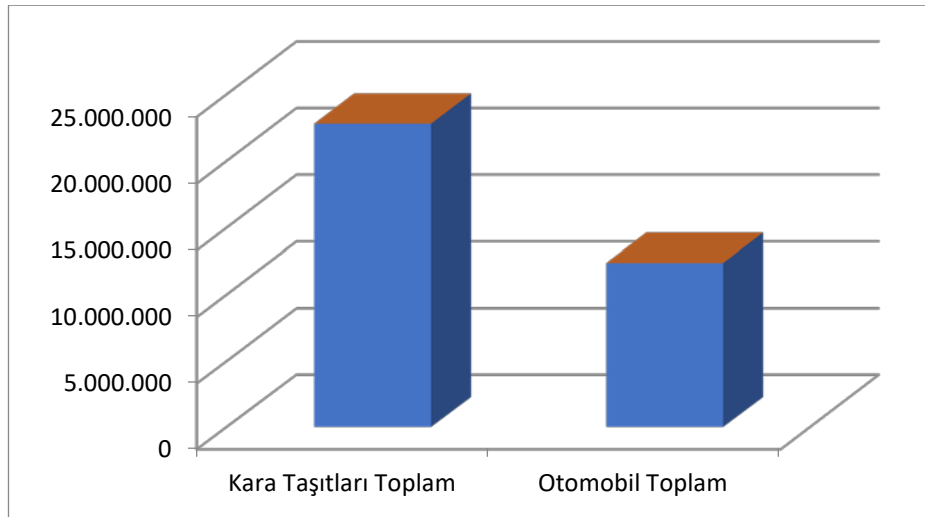
Kaynak: Eylül 2018 (TÜİK) (adet)



Grafik 3: Ulaşım Sektöründen Kaynaklanan CO₂ Eşdeğer Emisyonu

Kaynak: (DİAB, 2016)

Tablo II: Motorlu Kara Taşıtları



Kaynak: Eylül 2018 (TÜİK) (adet)

Günlük yaşantımızın değişmez bir parçası haline gelen ulaştırma sistemi, toplumsal ihtiyaçların karşılanmasının yanı sıra, ekonomik etkisi ile toplumu sürekli etkileyen bir yapıya sahiptir. İnsanlığın dönüm noktalarından biri olan tekerleğin icadıyla, ulaşım sistemlerinde daha hızlı olması, daha çok yükü daha kolay taşıma imkânı vermesi ile sanayileşme ve ticaretin gelişmesine katkı sağlamıştır. Bu gelişmeler eşliğinde meydana gelen toplumsal modernleşme çerçevesinde, ulaşım sistemleri de gelişme göstermiş, toplumsal ihtiyaçları karşılayabilmek için farklı ulaşım türlerini ortaya çıkarmıştır. Günümüzde yük taşımacılığının %86,5'i ve yolcu taşımacılığının %89,2'si karayolları ile yapılmaktadır. Modern toplumların ulaşım ihtiyaçlarının ortaya çıkarttığı farklı ulaşım türleri, beraberinde insan, hayvan, bitki ve çevre üzerinde olumsuz etkiler oluşturmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE'DE ULAŞIM SEKTÖRÜNÜN TARİHİ

Türkiye’de ulaşım sektörünün gelişimini açıklamak için belirlenen tarihlerin seçilme sebepleri: Osmanlı Devleti dönemi, Cumhuriyet’in ilanı, 2.Dünya savaşı, tek partili hükümet dönemi/Karayolları Genel Müdürlüğünün kuruluşu, Devlet Planlama Teşkilatı Kuruluşu, Serbest Piyasa Ekonomisine geçiş ve Günümüz şeklinde sunulmuştur.

1.1. Cumhuriyet Dönemi Öncesinde Ulaşım

Osmanlı Devleti’nin Tanzimat’a kadar ulaşım politikası, mevcut yolların geleneksel yöntemlerle korunmasından ibaretti. XIX. yüzyılda ulaşım ile ilgili ilk hareket II. Mahmut’tan geldi. II. Mahmut, Devletin imkânlarıyla posta teşkilatını kurmaya girişirken ilk olarak, Üsküdar-İzmit arası posta yolunu yaptırmak olmuş, İstanbul-Edirne arası yolun da tamiratına başlatmıştı (GÖÇER, 2016). Bu çalışmaların olmasına rağmen Cumhuriyet Türkiye’si, Osmanlı Devletinden kalitesi bozuk olan 18.335 km’lik bir karayolu sistemi devralmıştır (KGM, 2009). Ayrıca Osmanlı Devletinin son yıllarda yaşadığı Balkan savaşları ve Birinci Dünya Savaşı sonrasında kaybettiği topraklarda kalan karayolları da Cumhuriyet Türkiye’sinin devraldığı karayolu miktarın, günümüz karayolu uzunluğuna kıyasla yetersizliğini açıklayan bir diğer etkidir. Tablo 4’te gösterildiği üzere, dönemin karayolu uzunluğu miktarı, Japonya, İngiltere ve Almanya gibi ülkelere oranla yetersiz kalmaktadır.

1.2. 1923-1938 Döneminde Ulaşım

Bu dönemde demiryoluna dayandırılan ulaşım politikası doğrultusunda karayolu yapımı genellikle demiryolunu tamamlayan bir unsur olarak görülmüş ve esas yatırım olanakları demiryollarına aktarılmıştır. Bu durumun oluşmasında motorlu taşıtların sayısının az olması ve karayolu taşımacılığının hayvanlara dayanıyor olması sebep olarak görülmüştür. Bir diğer sebep ise teknik bilgi yetersizliği, savaşlar ve mali yetersizlikler olarak karşımıza çıkmıştır (İzmir Ticaret Odası, 2008).

Tablo III: 1923-1938 Döneminde Karayolları Ağı

Yıllar	1923	1930	1935	1938
Devlet Yolları	18.335	29.636	39.583	40.235

Kaynak: (KGM, 2009) (km)

Bu dönemde yol yapımıyla ilgili olarak ilk kez 19 ocak 1925 yılında Mükellefiyeti Bedeniye kanunu çıkarılmış ve halk yol yapım işlerinde mükellef kılınmıştır. 1929 yılında Nafia Vekaleti (Bayındırlık Bakanlığı) bünyesinde kurulmuş olan Şose ve Köprüler Reisliği kurulmuş ve çıkarılan bir yol kanunu ile karayolu yapımına ağırlık verilmiştir (İzmir Ticaret Odası, 2008). 1929 yılında yaşanan Dünya Ekonomik Buhranına rağmen Devlet Karayolları 1938 yılında 40.235 km uzunluğa ulaşarak 1923 yılında Osmanlıdan devralınan karayolu uzunluğunun 2,2 katına ulaşmıştır (Tablo 4).

Tablo IV: 1930'da Dünya'da ve Türkiye'de Karayolu durumu

Ülkeler	1000 mil ² ye Düşen Yol(km)
Türkiye	66
Çin	18
Rusya (SSCB)	23
Almanya	1.201
İngiltere	2.039
Japonya	4.470

Kaynak: (Tütengil, 1961:25)

Tablo 4'te görüldüğü üzere, 1930 yılında Türkiye'de karayolu ağı 1000 mil² 'ye düşen yol 66 km olarak kayıtlara geçmiştir. O dönemde 1000 mil²'ye düşen yol ağında Çin, SSCB ve Brezilya gibi gelişmekte olan ülkeleri geride bırakırken, Almanya, İngiltere ve Japonya gibi gelişmiş ülkelerin oldukça gerisinde kalmıştır.

1.3.1939-1950 Döneminde Ulaşım

1939 yılından 1950 yılına gelindiğinde kara yolları ağı uzunluğunun 40.235 km'den, Devlet ve İl yolları toplamının 47.080 km'ye ulaştığı görülmektedir. Bu dönem içerisinde karayolları ağının belirgin bir şekilde onarıldığı ve yeni yolların yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmaların kaynağı ise 2. Dünya Savaşı sonrası Marsall Yardımları kapsamında ulaştırma sektörüne yapılan, 1948-1949 arası 5 milyon dolar, 1949-1950 yılları arası 10 milyon dolar olarak karşımıza çıkmaktadır (Çetin vd. 2011).

Tablo V: 1948-1952 Döneminde Marsall Yardım'ından Ulaştırma Sektörüne Ayrılan Ödenekler

Yıllar	Karayolları (Milyon Dolar)	Demiryolları (Milyon Dolar)	Denizyolları (Milyon Dolar)
1948-49	5	-	-
1949-50	10	4.4	9.4
1950-51	3.5	19.1	19.5
1951-52	-	18.1	10.7
Toplam	18.5	41.7	39.6

Kaynak: (Çetin vd. 2011)

Marsall Planı kapsamında ulaştırma sistemlerinin geliştirilmesi için yapılan yardımların, km başına maliyet analizi, demiryolu ve karayolunun yapım amacına,

topoğrafya koşullarına, güzergâhta yer alan kayaçların jeolojik yapısına, yol üzerinde bulunan yerleşme yoğunluğuna, kamulaştırma maliyetlerine, aydınlatma sistemi ihtiyaç duyulan yol uzunluğuna ve benzeri faktörlere göre değişiklik göstermektedir. Bu faktörler ışığında;

Devlet Planlama Teşkilatının (2001, s. 25) verdiği rakamlara göre; çift hatlı, sinyalli ve elektrikli demiryolu hattının yapım maliyeti 2,96 milyon \$/km, otoyolun yapım maliyeti ise ortalama 8 milyon \$/km'dir.

KGM (Karayolları Genel Müdürlüğü) (2009, s. 30), vergiler, kamulaştırma ve köprü yapım maliyetlerinin dâhil edilmediği dalgalı arazide bölünmüş yol yapım maliyetini 2008 yılı fiyatları ile 2.564.764 TL/km olarak vermektedir. Km başına demiryolu yapım maliyetinin otoyollara oranla daha ucuz olduğu görülürken, bölünmüş yollara oranla daha pahalı olduğu anlaşılmaktadır.

Bu dönem içinde 1937-1938 yılları arasında 1. derecede önemli 22 bin km'lik karayolu ağı programı hazırlanarak uygulanmaya başlamıştır. 1939 yılında ilk Karayolu Bölge Müdürlüklerinin temelleri atılır. İzmir, İstanbul ve Mersin'de olmak üzere 3 tane bölge müdürlüğü kurulur. 1948 yılında ise yol yapımında kazma kürekten makinalı çalışma dönemine geçiş yapılmıştır (KGM, 2018).

Tablo VI:1938-1950 Döneminde Karayolları Ağı (km)

Yıllar	Devlet Yolları	İl Yolları	Genel Toplam
1938	40.235	-	40.235
1940	41.582	-	41.582
1945	43.511	-	43.511
1950	24.306	22.774	47.080

Kaynak: (KGM,2009)

Tablo 7’de 1945 yılından 1950 yılına geçerken devlet yollarında meydana gelen azalma, 16/02/1950 tarihinde resmi gazetede yayınlanan karayolu sınıflamasının yapılmasından kaynaklanmaktadır. Bu tarihten sonra devlet yollarına ilaveten il yolları tanımlaması da getirilmiştir.

Resmi gazetede 16/02/1950 tarihinde yayınlanan, 5539 sayılı Karayolları Genel Müdürlüğü’nün Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanununun 15. Maddesine göre Karayolları Genel Müdürlüğü’ne ait yollar üç sınıfa ayrılmıştır.

- A. Otoyollar: Üzerinde erişme kontrolünün uygulandığı devlet yollarıdır. Genel olarak otoyollar ücretlidir. Erişme kontrollü karayolu, özellikle transit trafiğe tahsis edilen, belirli yerler ve şartlar dışında giriş ve çıkışın yasaklandığı, yaya, hayvan ve motorsuz taşıt ve araçların giremediği ancak izin verilen motorlu taşıtların yararlandığı ve trafiğin özel kontrole tabi tutulduğu karayoludur.
- B. Devlet yolları: Önemli bölge ve il merkezlerini deniz, hava ve demiryolu istasyon, iskele, liman ve alanlarını birbirine bağlayan birinci derecede ana yollardır.
- C. İl yolları: Bir il sınırı içinde ikinci derece öneme haiz olan ve şehir, kasaba, ilçe ve bucak gibi belli başlı merkezleri birbirlerine ve il merkezine ve komşu illerdeki yakın ilçe merkezlerine, devlet yollarına, demiryolu istasyonlarına, limanlara, hava alanlarına ve kamu ihtiyacının gerektirdiği diğer yerlere bağlayan yollardır(KGM, 2005).

Harita 1’e bakıldığında, Karayolları Genel Müdürlüğü’ne ait yollar, 16/02/1950 tarihinde yayınlanan Karayolları Genel Müdürlüğü’nün Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanununun 15. Maddesine göre yeniden sınıflandırılmış ve gösterilmiştir.



Harita 1: 1951 yılı Türkiye Karayolları Ağı Haritası

Kaynak: Url 32, 2019

1.4. 1951-1960 Döneminde Ulaşım

1950 yılında kurulan Karayolları Genel Müdürlüğü, dönemin karayolu taşıt sayısının az olmasından kaynaklı, ilk etapta yüksek standartlı yollar yapılmasından ziyade ülkenin her yöresine ulaşabilmeyi hedeflemiştir. Bu dönem içerisinde ulaşım sektörüne yapılan yatırımlar, yeni bir siyasi partinin iktidara gelişi nedeniyle ulaşım sistemlerinde köklü değişimlere sahne olmuştur. Bu dönem öncesinde Demiryolu yatırımlarının arkasında kalan karayolu ağı artık demiryolu ağının bir bağlantısı olmaktan ziyade ana ulaşım sistemi olarak ele alınmıştır. Sağlık ve eğitim gibi toplumsal hizmetlerin ülkenin her yöresine götürülebilmesi için yolların her mevsim geçit verir duruma getirilmesi temel amaç olarak görülmüştür. İkinci etapta ise kademeli inşaat sistemleri ile trafiğin yoğunluğuna uygun olacak şekilde yol bakım ve iyileştirme çalışmalarının yanı sıra yeni güzergâhlar belirleme ve modern ölçülere uygun karayolu yapımına başlanmıştır. Harita 2’de görüldüğü üzere karayolu ağı uzunluğu her geçen gün artarak devam etmektedir. Bu dönem sonunda Devlet ve İl Yolları toplam uzunluğu %30’a varan bir artış yaşamıştır (Tablo 8).

Tablo VII: 1950-1960 Döneminde Karayolları Ağı(km)

Yıllar	Devlet Yolları	İl Yolları	Genel Toplam
1950	24.306	22.774	47.080
1955	24.553	30.455	55.008
1960	26.711	34.831	61.542

Kaynak: (KGM,2009)



Harita 2: 1956 yılı Türkiye Karayolları Ağı Haritası

Kaynak: Url 33, 2019

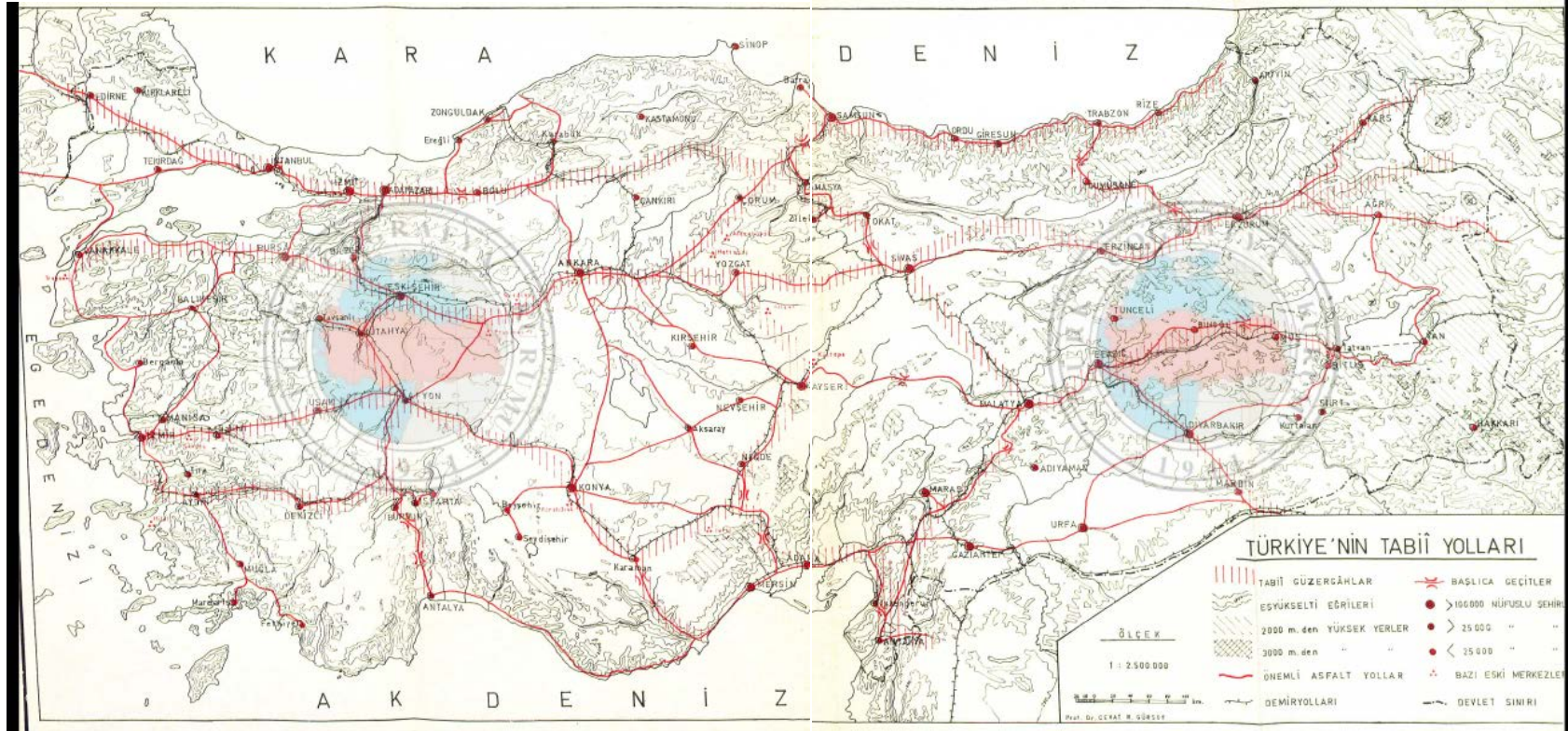
1.5. 1961-1980 Döneminde Ulaşım

1962 yılında Devlet Planlama Teşkilatının kurulmasıyla birlikte ulaşım sistemleri de planlara dahil edilmiştir. Bu dönemde İkinci Beş Yıllık Plan dahilinde karayolları ulaşımıyla ilgili üç önemli gelişme yaşanmıştır. Bunlardan birincisi İstanbul Çevre Yolu Boğaz Köprüsü, ikincisi ekspres yollar, üçüncüsü ise Güneybatı Anadolu Turistik yollarıdır(ÇETİN, BARIŞ, SAROĞLU, 2011). Boğaz köprüsünün yapılmasıyla Anadolu ve Avrupa yakası karayolu ile bağlanmış, kıtalar arası etkileşim hızlanmıştır. Ekspres yolların yapılması ile şehirler arası yollar şehir merkezlerinin dışından geçecek şekilde yeniden düzenlenmiştir. Güneybatı Anadolu Turistik yolları ile ülkenin güneybatısındaki turizm potansiyelinin kullanımını kolaylaştırmak adına büyük bir adım atılmıştır. Bu dönemde Devlet yolları ve İl yolları var olan yol ağının kalitesinin yükseltilme girişimleri sebebiyle toplamda bir önceki döneme oranla karayolu uzunluğunda azalma yaşamış ve 60.785 km'ye gerilemiştir (Tablo 8). Türkiye'de ilk otoyol yine bu dönemde 1973 yılında 1. Çevre yolu kapsamında yapılan ve içerisinde Boğaz Köprüsünü de barındıran 24 km'lik yoldur.

Tablo VIII: 1960-1980 Döneminde Karayolları Ağı(km)

Yıllar	Devlet Yolları	İl Yolları	Otoyollar	Genel Toplam
1960	26.711	34.831	-	61.542
1965	34.502	24.290	-	58.792
1970	35.016	24.437	24	59.093
1980	31.976	28.785	24	60.785

Kaynak: (KGM, 2009)



Harita 3: Türkiye'nin Tabii Yolları

Kaynak: (GÜRSOY, 1974)

Harita 3'te, Türk Coğrafya Dergisi 26. Sayıda yayınlanan Türkiye'nin Tabii Yolları haritasında, önemli asfalt yolların ülke genelinde yeryüzü şekillerine paralel olarak doğu-batı yönünde uzandığı görülmektedir.

1.6. 1981-2000 Döneminde Ulaşım

1980'li yıllara gelindiğinde otoyol olarak adlandırılan çağdaş bir yol sisteminden sıkça bahsedilmeye başlanmıştır(KGM, 2007). Otoyollar diğer yollara oranla daha çok şeritli, daha az virajlı, daha az eğimli, motorlu taşıtlar haricinde girişi ve kullanımı yasak olan yollardır. Bu dönemde devlet ve il yollarının iyileştirilmeye çalışılmasının yanında otoyol yapımı Karayolları Genel Müdürlüğü'nün politikası olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu dönemde 61.090 km olan devlet ve il yollarına ilave olarak 1674 km otoyol hizmete açılmış ve toplam yol uzunluğu 62.764 km' ye ulaşmıştır(Tablo 9).

Tablo IX: 1980-2000 Döneminde Karayolları Ağı (km)

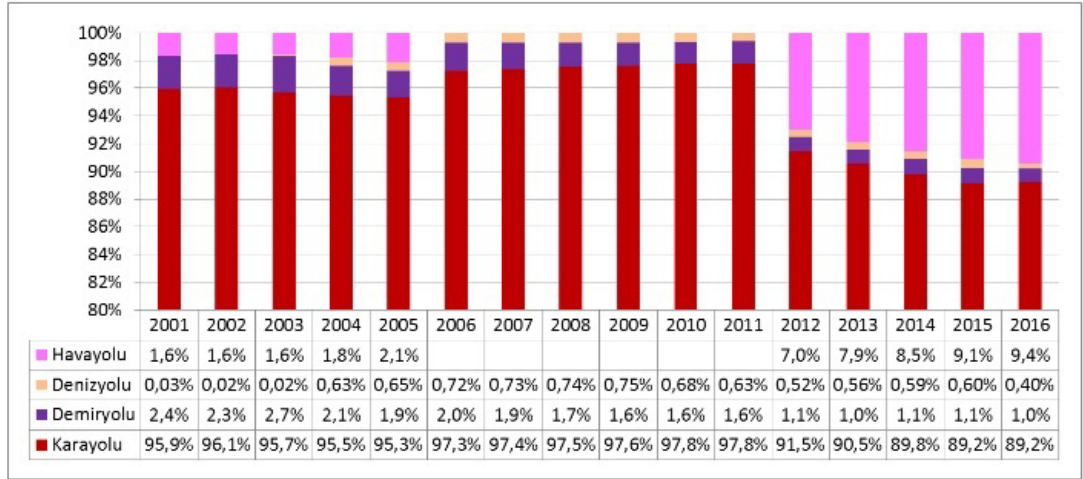
Yıllar	Devlet Yolları	İl Yolları	Otoyollar	Genel Toplam
1980	31.976	28.785	24	60.785
1985	30.997	28.305	77	59.379
1990	31.149	27.979	241	59.369
2000	31.397	29.693	1.674	62.764

Kaynak: (KGM, 2009)

Bu dönem içerisinde Ocak 1984'te 2972 sayılı yasa ve 195 sayılı KHK gereğince büyükşehir belediyeleri kurulmuştur. Karayollarının bir kısmının bakım, onarım ve yapım işlemlerinin büyükşehir belediyelerine devredilmesiyle birlikte var olan karayolları uzunluklarında azalmalar meydana gelmiştir.

1.7. 2001-2018 Döneminde Ulaşım

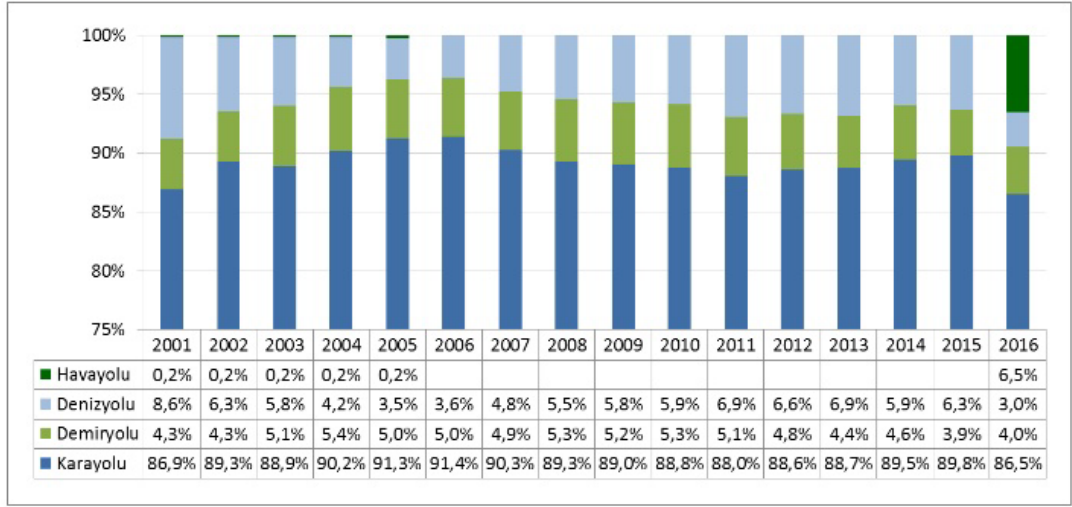
Grafik 4' te görüldüğü üzere, yurt içi yolcu taşımada; 2000 yılında %1,8 olarak karşımıza çıkan havayolu taşımacılığının payı 2016 yılında %9,4'e yükselmiştir. Aynı dönemde %95,9 olan karayolu yolcu taşımacılığının payı %89,2'ye gerilemiştir. %2,2 olan demiryolunun payı ise %1'e inmiştir. Denizyolunun yolcu taşımacılığının payı ise %0,4 olmuştur. Karayolu sektörü için belirlenen 2023 hedeflerinde, 2023 yılı sonunda, karayolu yurtiçi yolcu taşıma payının %76'ya düşürülmesi hedeflenmektedir.



Grafik 4: Yurt İçi Yolcu Taşıma Oranları (yolcu-km üzerinden % oran)

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2018)

Grafik 5'e bakıldığında, 2016 yılı yurt içi yük taşıma oranına bakıldığında %86,5 ile karayolunun üstünlüğü görülmektedir. 2016 yılında diğer ulaşım sistemlerinin yük taşıma oranlarına bakıldığında, denizyolu ve demiryolunun oranının azaldığı, havayolunun ise oranının arttığı görülmektedir.



Grafik 5:Yurt İçi Yük Taşıma Oranları(ton-km üzerinden % oran)

Kaynak: (ÇŞB, 2018)

Tablo X:2000-2018 Döneminde Karayolları Ağı (km)

Yıllar	Devlet Yolları	İl Yolları	Otoyollar	Genel Toplam
2000	31.397	29.693	1.674	62.764
2005	31.371	30.568	1.667	63.606
2010	31.395	31.390	2.080	64.865
2016	31.106	33.513	2.155	66.774
2018	31.021	34.153	2.159	67.333

Kaynak: (KGM, 2019)

Tablo 10'a bakıldığında, günümüz karayolu ağının, devlet yolları, il yolları ve otoyollar ile birlikte toplam uzunluğu 67.333 km'ye ulaştığı görülmektedir. Harita 4'te günümüz karayolları Devlet yolları, İl yolları ve Otoyollar ayrıntılı bir şekilde görülmektedir.



Harita 1:Türkiye Karayolları Haritası

Kaynak: (KGM, 2018)

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Şurasında 5-7 Eylül 2013 tarihleri arasında gerçekleştirilen “Herkes için Ulaşım ve Hızlı Erişim” temasıyla gerçekleştirilen şura sonuç raporunda Karayolu sektörü için belirlenen 2023 hedeflerinde, otoyol uzunluğunun 8000 km’ye çıkarılması, 2035 hedeflerinde ise geleneksel fosil yakıtlı taşıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan taşıtlara yönelik teşviklerin sağlanması kararlarına yer verilmiştir. Bu teşvikler:

- Yolların üzerine yerleştirilecek güneş panelleri (E-yollar (Elektrik Üreten Yollar)) ile üretilecek yenilenebilir enerjinin elektrikli araçların kullanımına sunulması,
- 2035 yılına kadar akıllı araçların, akıllı ulaşım sistemleri ve diğer araçlarla etkileşimde olduğu akıllı yol ortamının otoyollar ve devlet yollarında tesis edilmesi, şeklinde belirtilmiştir.

Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı çerçevesinde 2011-2023 yılları arasında belirlenen stratejiler içerisinde;

Enerji verimliliği yüksek iklime duyarlı ve kentleşme ve ulaşım stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanması,

Karayolu kaynaklı çevresel etkileri azaltıcı, enerji verimliliğini sağlayan, tarihi ve kültürel varlıkları koruyan çalışmalar yapmak yer almaktadır.

1.8. Osmanlı Devletinden Günümüze Otomobil Sayıları

1914’te Osmanlı Devleti sınırları bünyesinde otomobil sayılarına bakıldığında, İstanbul 110, İzmir 22, Suriye 25 ve sair yerlerde 30 olmak üzere toplam 187 adet otomobil olduğu görülmektedir (GÖÇER, 2016). Bu dönem içerisinde karayolu uzunluğunun az olmasına paralel olarak otomobil sayısının da az olduğu görülmektedir. 1923 yılında Cumhuriyetin ilanı sırasında 1490 adet otomobil, 1926 yılında 3.200 adet otomobil ve 1939 yılında 10.684 adet otomobil bulunmaktaydı (Güneş, 2012). Cumhuriyetin ilanından 1939’a kadar olan 16 yıllık bu dönem içerisinde otomobil sayısındaki artış yaklaşık % 717 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo XI: Türkiye Karayolları Kayıtlı Otomobil Sayısı (adet)

1923	1939	1975	2002	2017
1.490	10.684	403.546	4.600.140	12.035.978

Kaynak: (TÜİK, 2018)

Devlet Planlama Teşkilatının kurulması ile birlikte karayollarındaki gelişmelere bağlı olarak otomobil sayılarında hızlı bir artış olmuştur. Bu dönemden sonra otomobil sayıları 1975 yılında 403.546, 2002 yılında 4.600.140, 2017 yılında 12.035.978 olarak resmi kayıtlara geçmiştir (Tablo 11). DPT'nin kurulmasından sonra karayollarında meydana gelen olumlu gelişmelere bağlı olarak otomobil sayılarında artış yaklaşık %2.982 olarak gerçekleşmiştir. Günümüz karayolu motorlu taşıtlarında otomobilden sonra 3.739.853 araçla kamyonet, 3.200.549 araçla ile motosiklet ve 1.875.839 araçla traktör gelmektedir (Tablo 1).

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’NİN ENERJİ KAYNAKLARI

Tez çalışmasının konusu itibariyle, ulaşım sistemlerinde alternatif enerji olarak elektrik enerjisi kullanımının çevre sorunları üzerindeki etkisi ortaya konulmak isteneceğinden dolayı, Türkiye’nin Enerji Kaynaklarını kısaca açıklamak gerekmektedir. Kullanılan enerji kaynaklarını “Konvansiyonel” ve “Alternatif Enerji Kaynakları” olarak iki başlık altında incelemekte fayda olacaktır.

Tablo 12’de, Türkiye birincil enerji kaynakları üretim değerlerine bakıldığında, 2018 yılı ETKB verilerine göre kömürün en büyük enerji üretim miktarına sahip olduğu görülür. Enerji tüketim miktarlarına bakıldığında ise, petrol, doğal gaz ve kömürün ön plana çıktığını görmekteyiz.

Tablo XII: Türkiye Birincil Enerji Kaynakları Üretim ve Tüketim

	Enerji Üretimi (bin tep)	Enerji Tüketimi (bin tep)
Kömür	61.700	40.000
Doğal gaz	360	44.100
Petrol	2.500	55.491
Hidrolik	5.000	5.000
Biokütle	276	279
Jeotermal	430	430
Toplam	70.276	145.300

Kaynak: (ETKB, 2018)

Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın yapmış olduğu açıklamaya göre, Türkiye birincil enerji kaynakları elektrik üretiminde %33,74’lük pay ile kömür ilk sırada yer almaktadır. Doğal gaz ve LNG %32, Hidrolik enerji %24,6, Rüzgâr %5,7, Jeotermal %1,74 ve Güneş %0,36’lık paya sahiptir. Bu değerler içerisinde fosil yakıtların payı

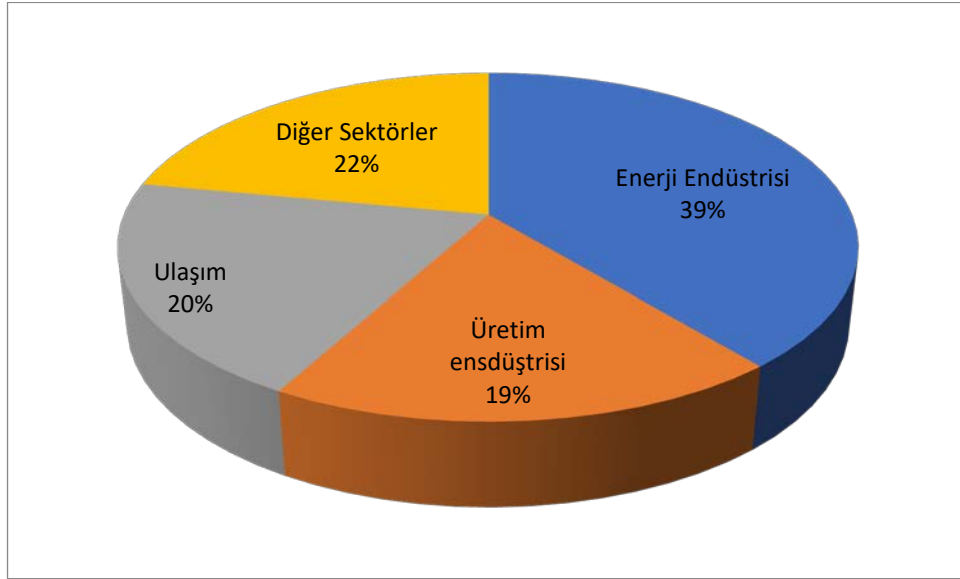
%67,63, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı ise %32,37'dir (Tablo 13). Kyoto Protokolleri çerçevesinde, ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltma kararı almasından dolayı, gelecek yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde kullanımının artacağı beklenmektedir.

Tablo XIII: Türkiye Birincil Enerji Kaynakları Elektrik Üretim Değerleri

		2016	
BİRİNCİL ENERJİKAYNAĞI		ELEKTRİK ÜRETİMİ (MW)	TOPLAM ÜRETİM İÇİNDEKİ PAYI
KÖMÜR	Taşkömürü+ İthal Kömür+ Asfaltit	53.778	%19,67
	Linyit	38.460	%14,07
SIVI YAKITLAR	FUEL-OİL	1.103	%0,40
	MOTORİN	1.548	%0,57
	NAFTA	2	%0,00
DOĞAL GAZ+LNG		87.820	%32,10
YENİLENEBİLİR+ATIK		2.179	%0,80
TERMİK		184.889	%67,63
HİDROLİK		67.268	%24,60
RÜZGÂR		15.492	%5,67
JEOTERMAL		4.767	%1,74

GÜNEŞ	972	%0,36
GENEL TOPLAM	273.387	%100

Kaynak: (ETKB,2017)



Grafik 6: Türkiye’de 2014 Yılında Yakıtların Yanmasından Kaynaklanan CO₂ Emisyonlarının Sektörel Dağılımı

Kaynak: (TÜİK, 2015)

Grafik 6’ya bakıldığında, Türkiye’de CO₂ emisyonlarının sektörel dağılımında ulaştırma sektöründe 2014 yılında da %20 olduğu görülmektedir. Grafik 3’te ise 2016 yılında ulaşım sistemlerinden kaynaklı emisyon oranının %16,5 olduğu görülmektedir. Ulaşım sistemlerinde kullanılan araç sayısının artmasına rağmen emisyon sistemlerinde meydana gelen gelişmelerden dolayı, toplam CO₂ emisyon değerlerinde oran olarak azalış görülmektedir.

Ulaşım sektörü emisyonları içinde en büyük paya yaklaşık %85 ile karayolu taşımacılığı sahiptir. Ulaştırma karayolu taşımacılığından sonraki en büyük emisyon kaynağı yaklaşık %11 ile sivil havacılıktır. Ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının kontrol edilmesine yönelik olarak Türkiye

Ulaşım ve İletişim Stratejisi Belgesi (2011- 2023) ve Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi Belgesinde (2010-2020) bireysel araç kullanımından kaynaklı emisyon artış hızının sınırlandırılması, 2023 yılına kadar alternatif yakıt ve temiz araç kullanımını artırmaya yönelik yasal düzenlemelerin yapılması ve kapasitenin geliştirilmesi gibi hedefler bulunmaktadır (AYDEMİR, 2014). 2012 ve 2014 yıllarındaki ulaşım sektörü kaynaklı CO₂ emisyon değerlerinin %20'de sabit tutulmasında bu hedeflerin katkısı görülmektedir.

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı 2018 yılı faaliyet raporunda, sivil havacılıktan kaynaklı sera gazı emisyon değerlerinin azaltılması için Yeşil Havalimanı Projesi başlattığı ve 2018 yıl sonu itibarıyla 6 havalimanının bu sertifikayı aldığı belirtilmektedir (SHGM, 2018). Bu kapsamda işletmelerden TS EN ISO 14001 standardının yürürlükteki versiyonuna ve SHGM ile TSE tarafından belirlenmiş olan sektörel kriterlere uygun bir Çevre Yönetim Sistemi oluşturması, uygulaması, dokümanete etmesi, sürekliliğini sağlaması ve TSE tarafından gerçekleştirilen TS EN ISO 14001 "Çevre Yönetim Sistemi Belgelendirmesi" işlemini tamamlaması; her takvim yılı için TS EN ISO 14064-1 standardının yürürlükteki versiyonuna ve sera gazı kriterlerine uygun bir Sera Gazı Envanter Raporu oluşturması ve TS EN ISO 14064-3 standardına göre TSE tarafından Sera Gazı Envanter Raporunun doğrulama işlemini tamamlaması istenmektedir (Url 29). Sivil havacılıkta kullanılan yakıt türünün değiştirilmesi beklenmemekle birlikte, emisyon değerlerinin azaltılabilmesi için, Yeşil Havalimanı Projesi yapılan girişimler arasında karşımıza çıkmaktadır.

2.1. Türkiye'de Kullanılan Konvansiyonel Enerji Kaynakları

Türkiye'de kullanılan konvansiyonel enerji kaynaklarına bakıldığında, Taş kömürü, Linyit, Ham Petrol, Doğal gaz ve Bitüm olarak bilinmektedir. (Tablo 13). Tez çalışmasının bu bölümünde Petrol, Doğal gaz ve Kömür olarak konvansiyonel enerji kaynaklarına yer verilecektir.

2.1.1. Petrol

Türkiye’de petrol arama çalışmalarına Osmanlı İmparatorluğu’nun son dönemlerinde başlanmıştır. İmparatorluk sınırları içinde petrol ilk olarak İskenderun, Trakya ve Musul’da aranmıştır. Arama faaliyetleri Cumhuriyetin ilk yıllarında Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ne kaydırılmış (Doğanay, 1998). Türkiye’de petrol üretimine 1946 yılında 544 ton(9.689 varil) ile başlanmıştır (TPAO,2013). Daha sonra artan bu üretim değeri 1991 yılında 4,4 milyon ton (78 milyon varil) ile en üst seviyesine ulaşmıştır. 2017 yılı itibariyle 1 milyon tona kadar düşmüştür (TPAO, 2018). Petrol üretim miktarındaki azalmanın sebebi olarak, rezervlerin azalması ve azalan rezervlere bağlı olarak petrol çıkarımının zorlaşması gösterilebilir.

Tablo 14’e bakıldığında, 2016 yılında günlük ortalama 49 bin varil/gün (v/g) ham petrol üretimi yapılmıştır. Aynı tarihte ham petrol ithalatı rakamlarına bakıldığında ise 501 bin v/g ham petrol olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılı sonu itibariyle yerli ham petrol üretiminin toplam tüketime oranı %5,7 olduğu, başka bir deyişle petrol ithalatımız toplam petrol ihtiyacımızın %94,3’üne karşılık geldiği ortaya çıkmaktadır.

Grafik 7’ye bakıldığında, Türkiye’nin en büyük oranda petrol ithal ettiği ülke olarak %27 oranla İran karşımıza çıkmaktadır. İran’ı, %19 oranla Rusya, %17 oranla Irak, %8 oranla Hindistan, %5 oranla S. Arabistan, %4 oranla Kuveyt, %3 oranla Yunanistan, Bulgaristan ve İsrail karşımıza çıkmaktadır.

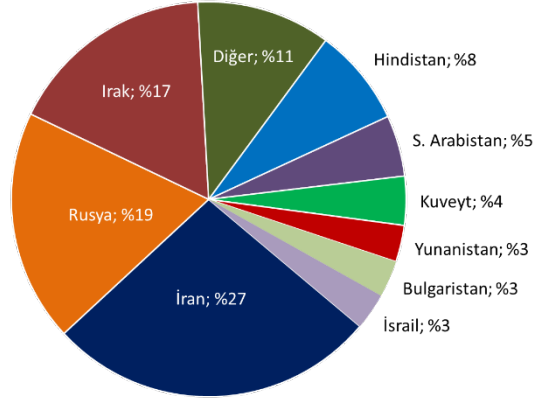
Yeni keşifler yapılmadığı takdirde, mevcut yıllık (2017) yaklaşık 2,5 milyon ton üretim miktarı dikkate alındığında, kalan üretilebilir ham petrol rezervinin(52,6 milyon ton) yaklaşık 21 yıllık ömrü bulunmaktadır (Url 30).

Türkiye’deki petrol sahalarının %7’si, 25 milyon varil rezervden daha büyük olup (orta büyükteki saha), kalan %93’ünün rezervi 25 milyon varilden azdır (küçük büyüklükte saha). Büyük saha sınıfına giren 500 milyon varilden büyük rezerv barındıran sahamız bulunmamaktadır (TPAO, 2018).

Tablo XIV:Ham Petrol Üretim ve İthalat Rakamları



Kaynak: (TPAO,2018)



Grafik 7: Türkiye'nin Petrol İthal Ettiği Ülkeler

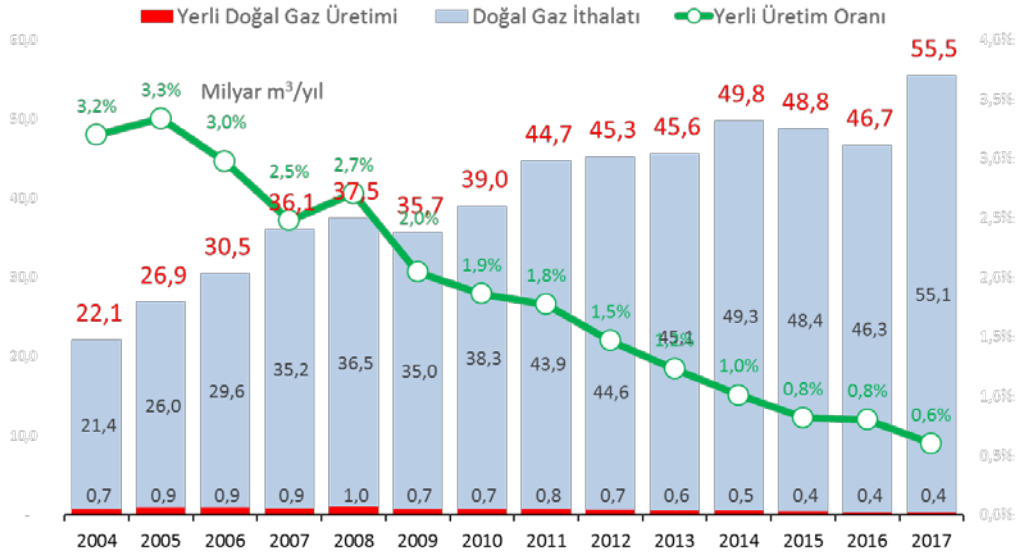
Kaynak: (TPAO, 2018)

1 Haziran 2018 Enerji İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, günlük benzin tüketimi ortalama 9 milyon litre (56.608 varil) ve günlük motorin tüketimi miktarı

ortalama 63,3 milyon litre (398000 varil) olarak gerçekleşmektedir (Tablo 26). Bu rakamları yıllık olarak ele aldığımızda, benzin tüketimi yaklaşık 21 milyon varil, motorin tüketimi ise 145 milyon varil olarak gerçekleşmektedir.

2.1.2. Doğal gaz

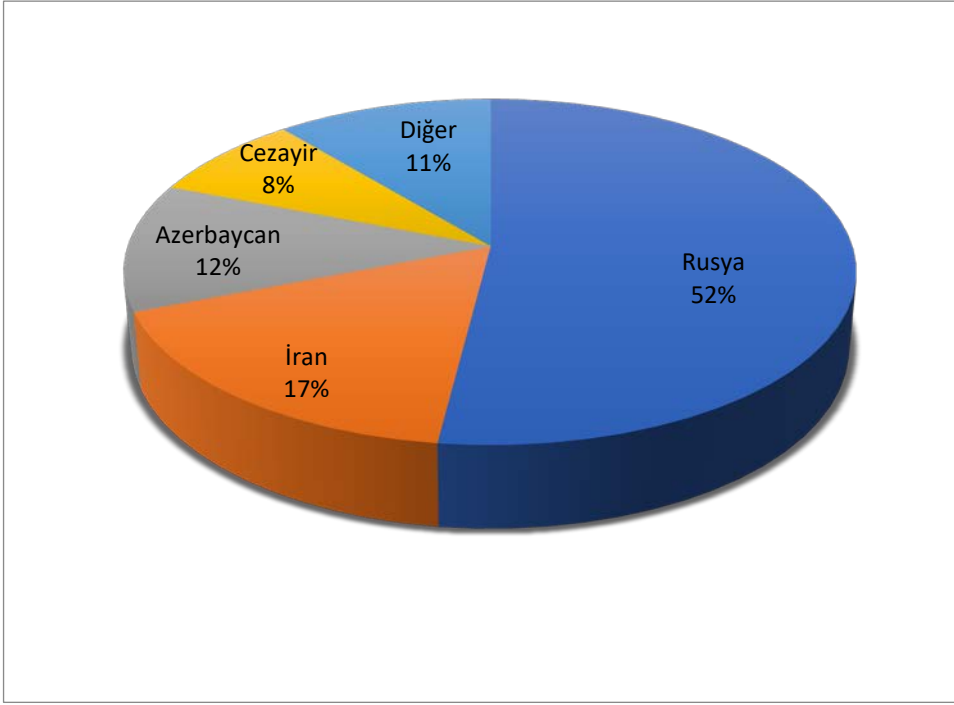
Grafik 9'a bakıldığında, Türkiye doğal gaz üretim miktarı, 2004 yılında 0,7 milyar m³ iken, 2017 itibariyle 0,4 milyar m³'e inerek azaldığı görülmektedir. 2004 yılında doğal gaz tüketim miktarının 22,1 milyar m³ iken, 2017 yılında toplam doğal gaz tüketiminin 55,5 milyar m³ olduğu görülmektedir. Başka bir deyişle, doğal gaz tüketim miktarı 2004 yılından 2017 yılına kadar genel olarak artış göstermektedir. Bu karşın doğal gaz üretim miktarımız ise, 2008 yılından itibaren sürekli bir azalış içerisindedir. Bu oranlara bakıldığında 2004 yılında Türkiye doğal gaz üretim miktarı, doğal gaz tüketim miktarının %3,2'sini karşılayabilirken, 2017 yılında ancak %0,6'sını karşıladığı görülmektedir. Petrolde %94,3 oranla dışa bağımlı olan Türkiye'nin, %99,4 oranla doğal gazda da dışa bağımlı olduğu görülmektedir. Artan doğal gaz tüketim miktarının yerli üretim ile karşılanamayışıyla birlikte, doğal gazda dışa bağımlılık her geçen gün artarak devam etmektedir.



Grafik 8: Türkiye Doğal Gaz Üretim, İthalat ve Tüketim oranları

Kaynak: (TPAO, 2018)

Ülkemizde ilk doğal gaz üretimi 1976 yılında Tekirdağ'da gerçekleştirilmiş ve üretilen doğal gaz Hamitabat ve çevresindeki sanayi kuruluşlarına verilmiştir (Sahin, 2007). Rusya'dan 1987 yılında başlanan ithalatla birlikte Türkiye'deki doğal gaz tüketimi hızlı bir şekilde artmıştır. %99,4 oranında dışa bağımlı olmamıza rağmen, Türkiye birincil enerji kaynağı tüketim oranları içerisinde %32,1 ile doğal gaz gelmektedir. Türkiye'de kalan üretilebilir doğal gaz rezervi 2017 yılında 4,8 milyar m³tür(30 milyar varil). Yeni ve işletilebilir doğal gaz rezervleri bulunmadığı durumda, kalan üretilebilir doğal gaz rezervi bugünkü üretim hızıyla 75 yıl yeteceği tahmin edilmekle birlikte, doğal gaza olan talebin her geçen yıl artacağı ve doğal gazda dışa bağımlı bir ülke olduğumuz gerçeğiyle birlikte tahminin hiç de gerçekçi olmadığı ortadır.



Grafik 9: Türkiye'nin Doğal gaz İthal Ettiği Ülkeler

Kaynak: (TPAO, 2018)

Grafik 9'a bakıldığında, Türkiye'nin en fazla doğal gaz ithal ettiği ülke olarak 28,6 milyar m³/yıl ile Rusya karşımıza çıkmaktadır. Rusya'yı 9,3 milyar m³/yıl ile İran, 6,6 milyar m³/yıl Azerbaycan, 4,4 milyar m³/yıl Cezayir ve 6 milyar m³/yıl ile diğer ülkeler takip etmektedir. Doğal gaz ithalatı bu ülkeler içerisinde Rusya, İran ve Azerbaycan'dan boru hatlarıyla, Cezayir, Nijerya ve diğer ülkelerden LNG (sıvılaştırılmış doğal gaz) olarak gemi yoluyla taşınmaktadır.

2.1.3. Kömür

Ülkemiz rezerv ve üretim miktarları açısından linyitte dünya ölçeğinde orta düzeyde, taşkömürü ve antrasitte ise alt düzeyde değerlendirilebilir. Toplam dünya linyit kaynağının %8,7'si, linyit ve alt bitümlü kömür rezervinin yaklaşık %3,6'sı ve antrasit dâhil toplam dünya kömür rezervinin yaklaşık % 2,1'i ülkemizde bulunmaktadır (TKİ, 2017).

Tablo XV: Türkiye'nin Önemli Linyit Sahaları ve Kaynak Rezerv Miktarları Milyon Ton

Toplam	17.270
Afşin-Elbistan	5.157
Konya-Karapınar	1.832
Eskişehir-Alpu	1.453
Afyon-Dinar	941
Manisa-Soma	861
Muğla-Milas	750

Kaynak: (TKİ, 2017)

Linyit yataklarımız oluşumu itibariyle değişik yaşdadırlar. Örneğin Yerköy, Çeltek linyitleri Üst Kretase ve Eosen; Soma, Seyitömer, Değirmisaz, Tavşanlı, Ağaçalı OligosenMiosen; Erzurum ve Ankara ili sınırları içindekiler de Üst Neojen'e aittir. Bununla birlikte Türkiye'deki linyitler ekseriyetle Miosen ve Pliosen yaşlı olup nadiren Eosen – Oligosen yaşlı linyit yataklarına rastlanır. Türkiye'de Tersiyer yaşlı çökeller toplam 110.000 km² olup bunlardan kömür bulunabilecek 42.000 km²'lik saha MTA tarafından incelenmiş ve sonuçta 1500 km²'lik kısmında kömürleşme tespit edilmiştir (Anonim, 2010; 1, Doğanay, 2011; 353). Tablo 15 incelendiğinde, ülkemiz linyit kaynağının yaklaşık %29,5'i(5.157 milyon ton) Afşin-Elbistan havzasında yer alırken %10,6'sı(1.832 milyon ton) Konya-Karapınar, %8,3'ü(1.453 milyon ton) Eskişehir-Alpu, %5,4'ü(941 milyon ton) Afyon-Dinar, %4,9'u(861 milyon ton) Manisa-Soma ve %4,3'ü(750 milyon ton) Muğla-Milas'ta yer aldığı görülmektedir.

Ülkemiz topraklarının oluşumunda farklı jeolojik dönemlere ait araziler olduğu için taşkömürü, asfaltit, linyit ve bitümlü olmak üzere kömür çeşitliliği görülmektedir.

Kaynaklardan taşkömürü, toplam 1,5 milyar ton rezervi ile daha çok Batı Karadeniz Bölgesinde (Zonguldak) yoğunlaşmıştır. Linyit ve Alt bitümlü rezervleri ise 17,27 milyar ton olarak karşımıza çıkmaktadır.

2017 yılı sonu itibariyle 145,3 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) olan ülkemizin toplam birincil enerji tüketiminde kömürün payı %27'dir. Ülkemizin 2018 yıl sonu itibariyle kömüre dayalı santral kurulu gücü 18.997 MW olup toplam kurulu gücün %21,5'ine karşılık gelmektedir. Yerli kömüre dayalı kurulu güç 10.203 MW (%11,5) ve ithal kömüre dayalı kurulu güç ise 8.794 MW (%10) şeklinde dir (Url 31).

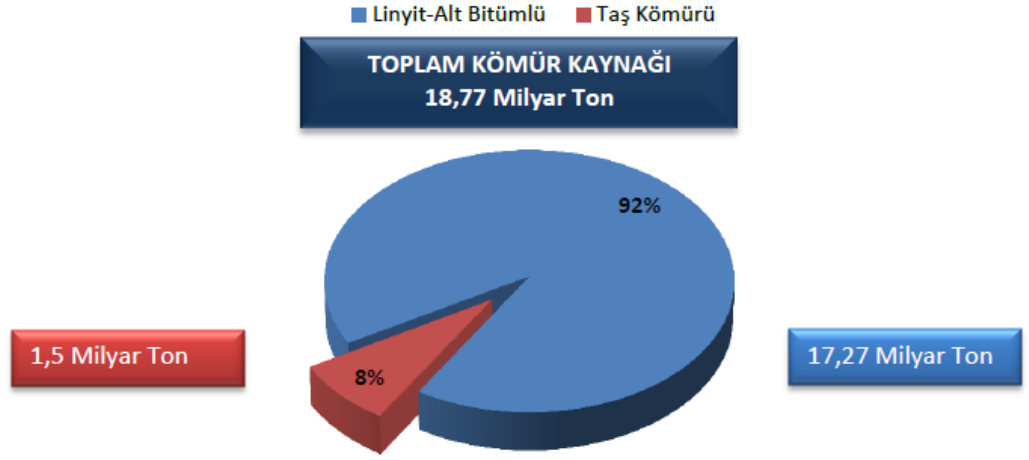
Tablo 16'ya bakıldığında, 2015 yılı taşkömürü üretim miktarı 2 milyon ton, linyit için 58,7 milyon ton, bitümlü madde için 288 bin ton ve asfaltit için 837 bin ton olduğu görülmektedir. Günümüz üretim miktarlarının potansiyel rezervlerle karşılaştırıldığında kömür rezervlerinin genel olarak yaklaşık 100 yıllık rezerve sahip olduğu görülmektedir.

TKİ'nin güncel raporlarına göre toplam kömür rezervleri içerisinde taşkömürü rezervlerinin %8'e, linyit-alt bitümlü rezervlerin ise %92'ye denk geldiği görülmektedir (Grafik 11).

Tablo XVI: 2003-2015 Enerji Hammaddeleri Üretim Değerleri

2003-2015 YILLARI ENERJİ HAMMADDELERİ ÜRETİMİ							
Sıra No:	Maden Adı	Kurum	Üretim Miktarı (ton)				
			2003	2004	2013	2014	2015
1	Asfaltit		414.050	6.441	648.953	336.852	837.112
2	Bitümlü Madde	TKİ	0	721.899	149.828	259.508	288.185
3	Kömür	EÜAŞ	16.057.585	12.658.583	16.011.459	18.987.907	10.855.125
		TKİ	28.718.676	24.115.256	23.257.009	22.854.114	12.432.171
		Diğer Kamu			11.245.055	1.063.927	399.816
		Özel Sektör	3.939.949	4.166.511	12.810.342	23.301.062	35.043.058
		Toplam	48.716.210	40.940.350	63.323.865	66.207.011	58.730.170
4	Taşkömürü	TTK	2.954.334	2.805.654	2.789.338	1.916.833	2.074.049
KÖMÜR GENEL TOPLAMI			52.084.594	44.774.344	66.911.984	68.720.204	61.929.516

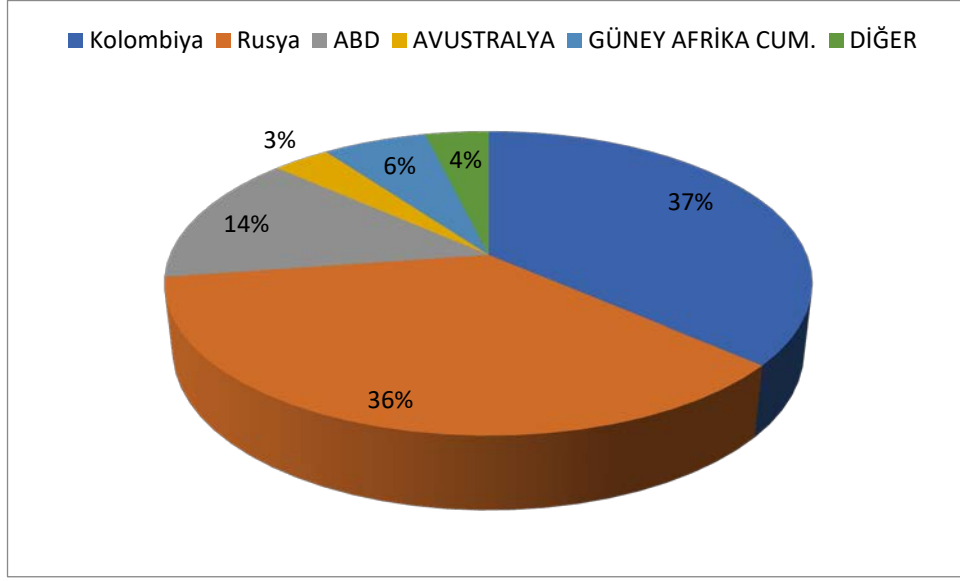
Kaynak: (EÇB,2017)



Grafik 10: Türkiye Toplam Kaynak Rezervinin Kömür Türüne Göre Dağılımı

Kaynak: (TKİ,2017)

Yerli üretimin ihtiyaca cevap verememesi nedeniyle özellikle son yıllarda artan bir şekilde maden kömürü ithalatı, yapılmaya başlanmıştır. 1973 yılında 16 bin ton ile başlayan maden kömürü ithalatı 2017 yılında 30 milyon tona ulaşmıştır. İthalat yapılan ülkelerin başında %36,4 ile Kolombiya, %36,2 ile Rusya Federasyonu, %13,9 ile ABD, %3,4 ile Avustralya ve %6,2 ile Güney Afrika Cumhuriyeti gelmektedir (Grafik 12).



Grafik 11: Kömür İthalatında Ülke Payları

Kaynak: (TKİ, 2017)

2.2. Alternatif Enerji Kaynakları

Fosil yakıtların yenilenemez enerji kaynağı olması ile birlikte çevre sorunları ortaya çıkaran enerji türü olması, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve alternatif enerji kaynaklarının önemini daha da artırmıştır. Enerjinin, özellikle de alternatif enerji kaynaklarının artan ve gelecekte daha da artması beklenen önemi nedeniyle alternatif enerji kaynakları tek tek ele alınıp değerlendirilecektir.

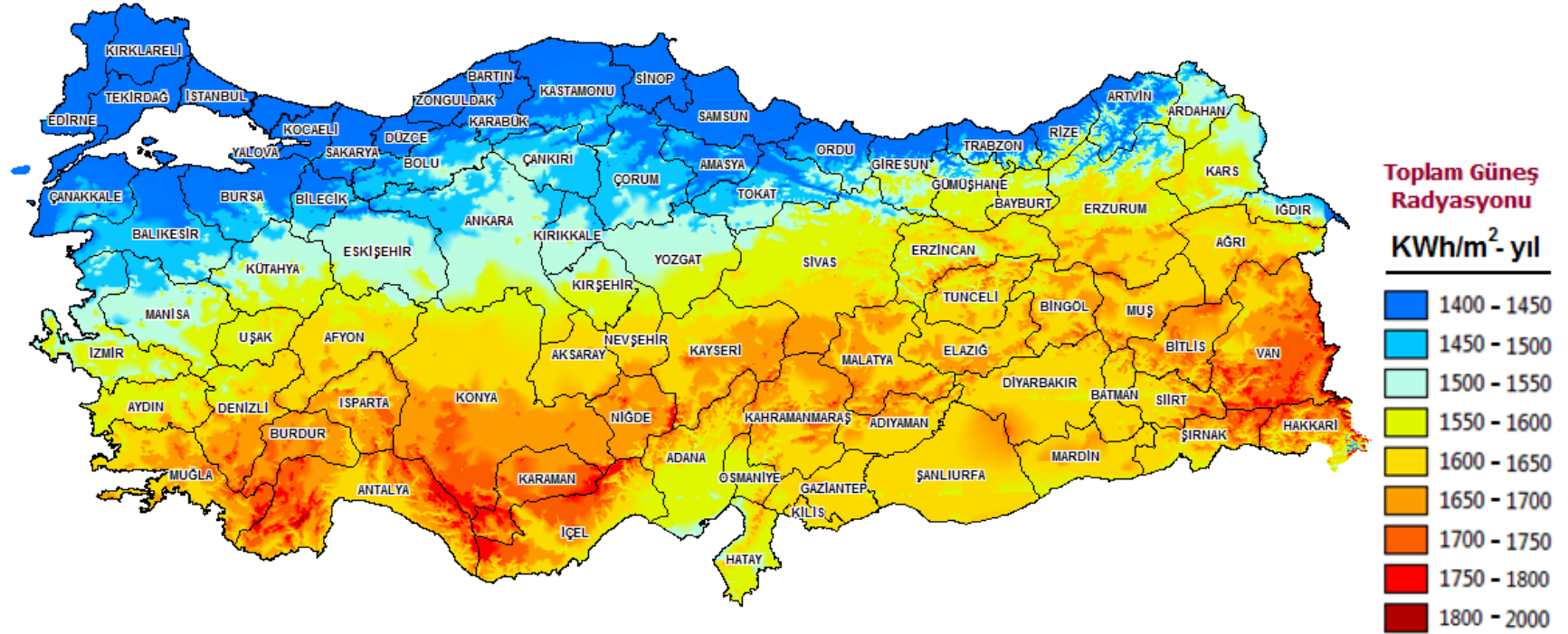
2.2.1. Güneş enerjisi

Dünya'nın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneş enerjisi çevreci ve temiz bir enerji kaynağı olduğu için fosil enerji kaynaklarına alternatif bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Orta kuşakta bulunan Türkiye matematik konumundan dolayı güneş enerjisi potansiyeli oldukça iyi durumdadır. Harita 5'e bakıldığında, ülkemizde yıllık ortalama güneşlenme süresinin enlem etkisine bağlı olarak güneyden kuzeye gidildikçe genel olarak azaldığı görülmektedir.

Şekil 1'e bakıldığında toplam güneş radyasyonu değerlerinde en az 1400-1450 KWh/m²-yıl olarak ülkenin kuzey kesimleri, 1800-2000 KWh/m²-yıl olarak güney kesimleri karşımıza çıkmaktadır.



Harita 2:Yıllık Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi (saat/gün)Kaynak



Şekil 1: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası

Kaynak: (Url 1, 2019)

Tablo 17’de gösterildiği üzere, Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli toplam güneş enerjisi miktarı ve güneşlenme süresi bakımından en yüksek değerler Güney Doğu Anadolu bölgesinde 1.460 kWh/m² – yıl ve 2.993 saat/yıl değeriyle karşımıza çıkmaktadır. Güney Doğu Anadolu bölgesini sırasıyla Akdeniz bölgesi, Doğu Anadolu bölgesi, İç Anadolu bölgesi, Ege bölgesi, Marmara bölgesi ve Karadeniz bölgesi takip etmektedir. En düşük güneşlenme süresine sahip olan bölgemiz olan Karadeniz bölgesinde bile karşımıza çıkan 1.971 saat/yıl olan güneşlenme süresi, güneş enerjisinden ekonomik olarak yararlanılabilir ve sürdürülebilir enerji potansiyeli miktarı olan 2000 saat/yıl miktarına çok yakındır.

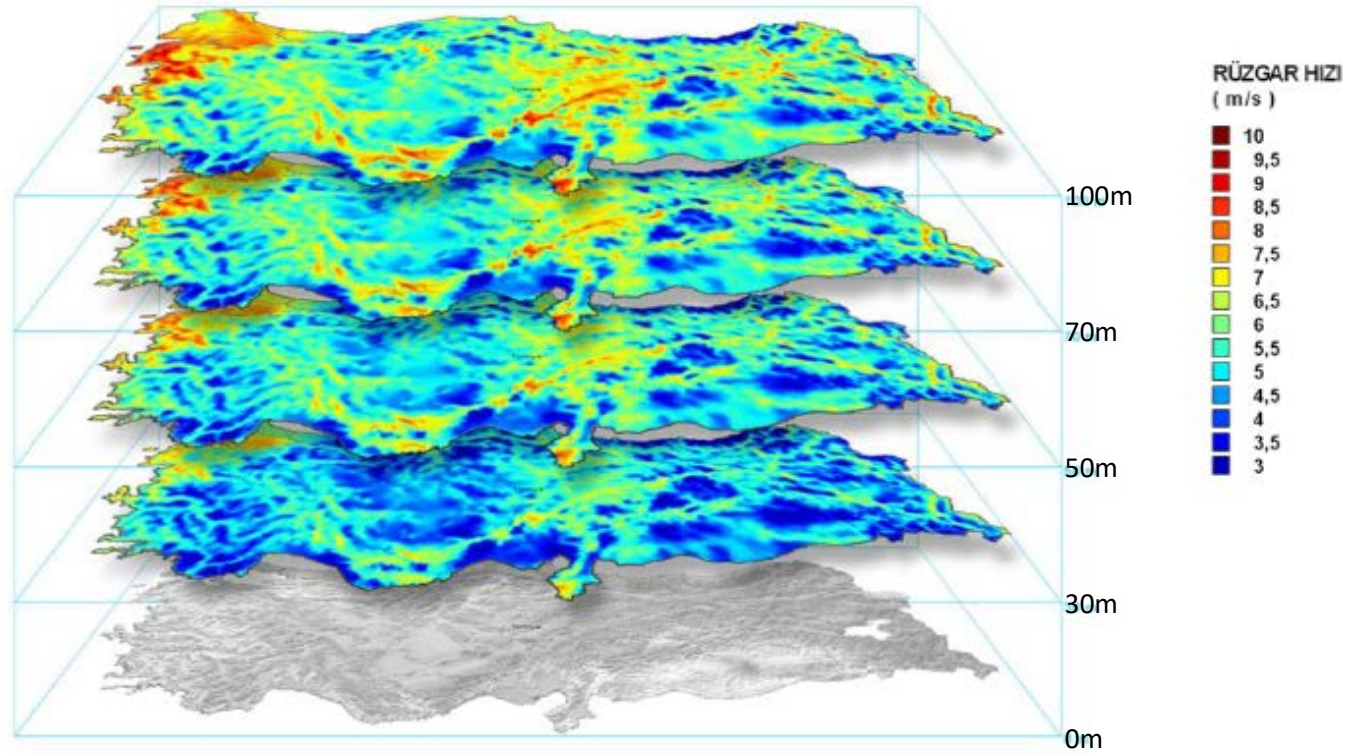
Tablo XVII: Türkiye’de Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Potansiyeli Ve Güneşlenme Süreleri

Coğrafi bölge	Toplam güneş enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme süresi (saat/yıl)
Güney Doğu Anadolu	1.460	2.993
Akdeniz	1.390	2.956
Doğu Anadolu	1.365	2.664
İç Anadolu	1.314	2.628
Ege	1.304	2.738
Marmara	1.168	2.409
Karadeniz	1.120	1.971

Kaynak: (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü(YEGM), 2017)

2.2.2. Rüzgâr enerjisi

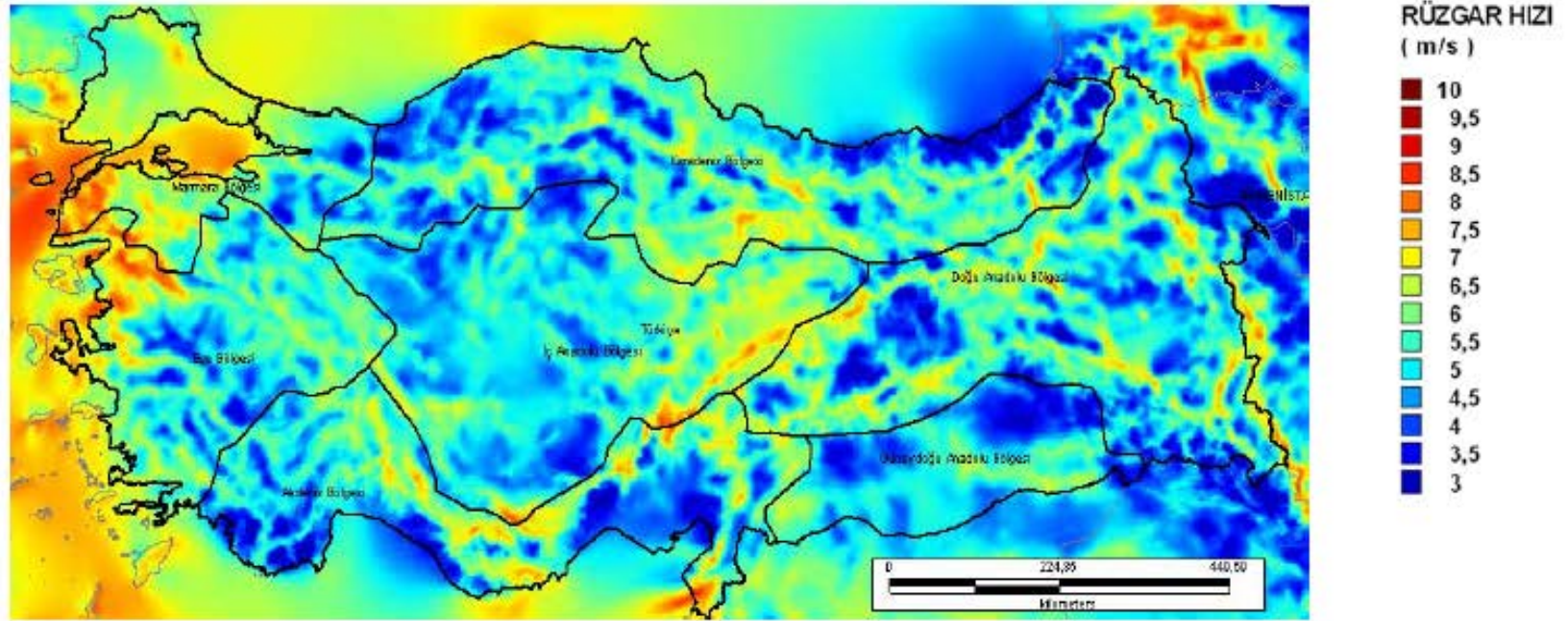
Şekil 2’de görüldüğü üzere, YEGM tarafından hazırlanan 30, 50, 70 ve 100 metre yüksekliklerde ölçülen rüzgâr hızı potansiyeli, yükselti artıkça fazlalaşmaktadır. 30 metre yükseklikte ölçülen rüzgar hızı potansiyeli şekilde mavi ve tonları ile gösterilen (3.0-4.5 m/s) ülke genelinde hakim olduğu karşımıza çıkarken, 100 metre yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı potansiyeli şekline bakıldığında sarı ve kırmızı tonlarının, (7.0-9.0 m/s) ülke genelinde hakim olduğu görülmektedir.



Şekil 2: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Kaynak: (YEGM, 2006)

Şekil 3'e bakıldığında, Türkiye'deki rüzgâr enerjisi potansiyeli, rüzgârın hızına ve rüzgâr sürekliliğine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından Türkiye'nin rüzgâr potansiyelini belirlemek amacıyla bir çalışma yapılmış ve çalışma sonucunda Türkiye'de elektrik üretebilecek 50 metre yükseklikte ve rüzgâr enerjisi potansiyel rüzgâr hızı 7,0 m/sn üzeri değerlere göre hesaplandığında 10.463 MW deniz, 37.386 MW kara olmak üzere toplam 47.849 MW olarak belirlenmiştir (YEGM, 2013). Bu verilere ek olarak potansiyel rüzgâr hızı 6,5 – 7,0 m/sn arası rüzgâr enerji potansiyeli bulunan alanlar eklendiğinde 83.906 MW üretilebilir enerji potansiyeli karşımıza çıkmakta ve toplamda 131.756 MW'a ulaşmaktadır (Tablo 18).



Şekil 3: Türkiye Geneli 50 Metre Yükseklikteki Ortalama Yıllık Rüzgâr Hızları Dağılımı

Kaynak: YEGM, 2011

Tablo XVIII: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Kurulu güç potansiyeli

Rüzgar kaynak derecesi	Rüzgar sınıfı	50 m'de rüzgar gücü (W/m ²)	50 m'de rüzgar hızı (m/s)	Toplam alan km ²	Rüzgarlı arazi yüzdesi	Toplam kurulu güç potansiyeli (MW)
Orta	3	300-400	6,5 – 7,0	16.781,39	2,27	83.906,96
İyi	4	400-500	7,0 - 7,5	5.851,87	0,79	29.259,36
Harika	5	500-600	7,5 – 8,0	2.598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	6	600-700	8,0 – 9,0	1.079,98	0,15	5.399,92
Sıra dışı	7	> 800	> 9,0	39,17	0,01	195,84
Toplam						131.756,40

Kaynak: (YEGM, 2017)

Türkiye'nin en iyi rüzgâr potansiyeline sahip olan alanları Ege denizinin kuzeydoğusu ve Marmara sahilleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca İç Anadolu bölgesinin doğusu, Orta Toroslar ve Doğu Akdeniz'de ortalama rüzgâr hızı değerleri yönünden enerji üretimi için oldukça elverişlidir(Şekil 3). Türkiye'de ilk ticari rüzgâr santrali 1998 yılında İzmir Çeşme'de (8,7 MW) işletmeye açılmıştır. Türkiye'de rüzgâr enerjisi üretim santrallerinde 2005 yılında yasalaşan, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunundan sonra belirgin bir gelişme yaşanmıştır (Grafik 12). 2005 yılında çıkan Yenilenebilir Enerji Kanunu sonrasında, Rüzgar Enerji santralleri kurulu güç kapasitesinde 2008'de bir önceki yıla oranla %148,60, 2012'de %28,04, 2015'te %25,42 ve 2017 yılında %12,55 oranında artış gerçekleşmiş ve Rüzgar Enerji Santrallerinde kurulu güç potansiyelimiz 6.872 MW'a ulaşmıştır. 2018 yılı TKİ (Türkiye Kömür İşletmesi Kurumu) verilerine göre 20,8 milyar kWh elektrik üretimi gerçekleşmiştir.



Grafik 12: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Kurulu Güç, Artış Oranı Ve Artış Miktarı

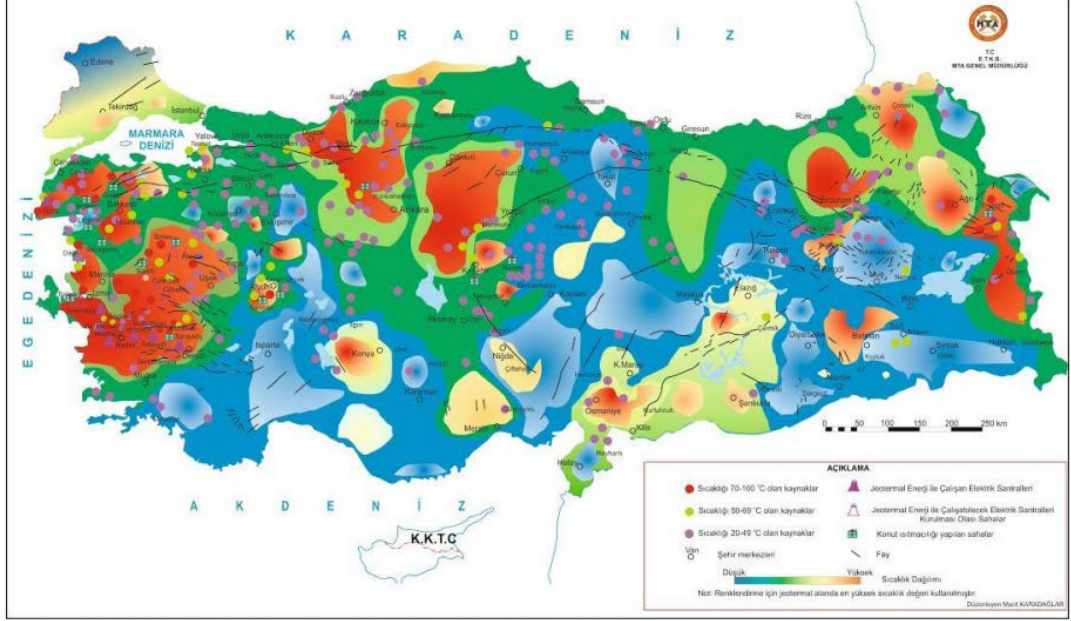
Kaynak: (Url 2, 2019)

2.2.3. Jeotermal enerji

Alp Himalaya sistemi içinde bulunan Türkiye’de aktif fay hatları oldukça fazladır. Ülkemizin neredeyse her tarafına yayılmış yaklaşık olarak 1000 kadar sıcak su kaynağı vardır. Ayrıca Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından yapılan kaynak arama çalışmaları ile 198 adet jeotermal alan tespit edilmiştir. Jeotermal enerji potansiyeli olarak %78’ile Batı Anadolu bölgesi en büyük paya sahip bölgemiz olarak karşımıza çıkmaktadır. Batı Anadolu’yu %9 ile İç Anadolu, %7 ile Marmara, %5 ile Doğu Anadolu ve diğer %1 ise diğer bölgelerde karşımıza çıkmaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın %90’ı düşük ve orta sıcaklıkta, doğrudan ısıtma, termal turizm, mineral eldesi olarak kullanımına uygundur. Kalan %10’luk potansiyelimiz ise elektrik enerjisi üretimi için uygundur (Url 3, 2019).

Jeotermal enerji uygulamalarında ilk elektrik üretimi 1975 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından kurulan ve 0,5 MWe güce sahip Denizli-Kızıldere Santrali ile başlatılmıştır. 2017 yılında jeotermal enerjiden 6,1 milyar kWh elektrik üretilmiştir. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk beş ülke; ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda şeklindedir (Url 3,2019)..

Tablo 19'a bakıldığında, Türkiye Jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üretim potansiyeli yüksek olan ilk 20 bölgenin 19'unun Batı Anadolu içerisinde bulunduğu görülmektedir. Bu potansiyelin yüksek olması, bölgenin kırıklı yapısı dolayısıyla ortaya çıktığı bilinmektedir.



Harita 3:Türkiye Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası

Kaynak: (Url 3, 2019)

Tablo XIX: Türkiye’de Jeotermal Enerjiden Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyeli Olan Sahalar

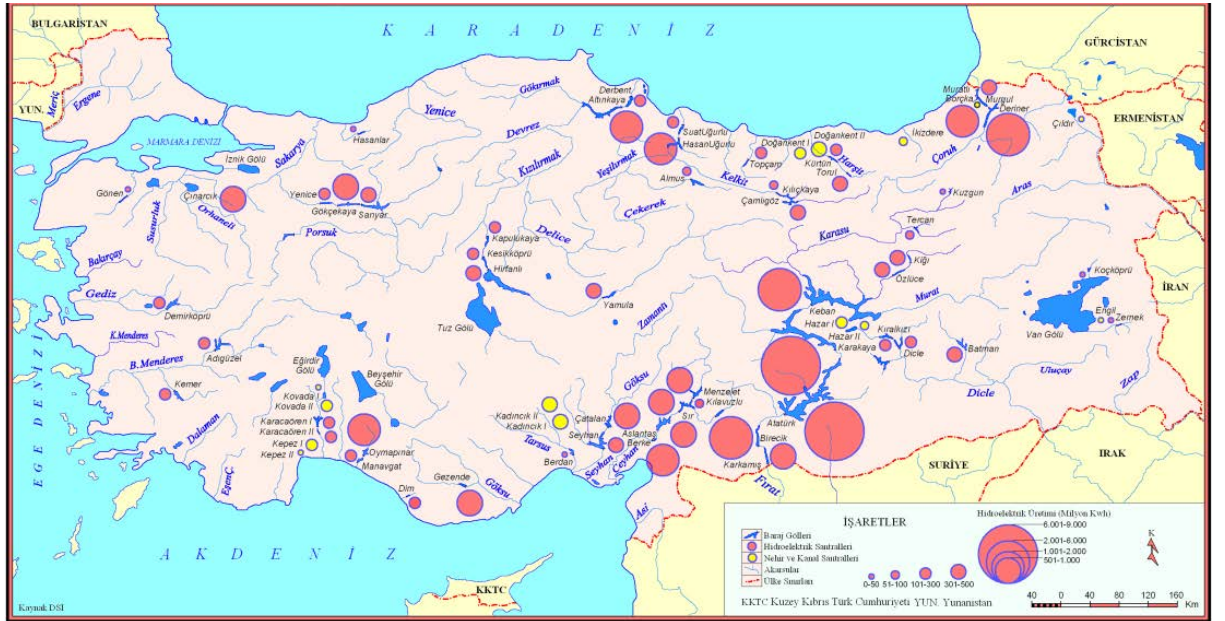
Sıra	Saha adı	Sıcaklığı (°C)	Sıra	Saha adı	Sıcaklığı (°C)
1	Denizli-Kızıldere	242	11	Aydın-Umurlu	155
2	Aydın-Germencik-Ömerbeyli	232	12	İzmir-Seferihisar	153
3	Manisa-Alaşehir-K.dere	214	13	Manisa-Salihli-Caferbey	150
4	Aydın-Yılmazköy	192	14	Aydın-Hıdırbeyli	146
5	Aydın-Pamukören	188	15	Aydın-Sultanhisar	145
6	Manisa-Salihli-Göbekli	182	16	Denizli-Karataş	137
7	Çanakkale-Tuzla	174	17	İzmir-Balçova	136
8	Aydın-Salavathı	171	18	İzmir-Dikili	130
9	Denizli-Tekkehamam	168	19	Aydın-Nazilli-Bozyurt	120-127
10	Kütahya-Simav	162	20	Aydın-Atça	124

Kaynak: (Url 3,2019)

2.2.4. Hidrolik enerji

Enerji kaynakları içerisinde hidroelektrik enerji santralleri, baraj yapım aşaması ve barajda su tutma dönemi tamamlandıktan sonra, enerji üretimi esnasında çevreye zarar vermemeleri ve düşük risk potansiyeli taşıdıkları için tercih edilebilirliği yüksek bir santral türüdür. Anlık talep değişimlerini karşılama potansiyeli de tercih sebepleri arasındadır.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından hidroelektrik santraller; çevreyle uyumlu, temiz, yenilenebilir, ani talepleri karşılayabilen, yüksek verimli (% 90'ın üzerinde), yakıt gideri olmayan, enerji fiyatlarında sigorta rolü üstlenen, uzun ömürlü (200 yıl), yatırımı geri ödeme süresi kısa (5-10 yıl), işletme gideri çok düşük (yaklaşık 0,2 cent/kWh), dışa bağımlı olmayan yerli bir kaynak olarak tanımlanmaktadır (DSİ-Hidroelektrik Enerji Raporu, 2010).



Harita 4:Türkiye Hidroelektrik Santralleri

Kaynak: (ÜRKER, 2012)

Harita 7'ye bakıldığında, Türkiye hidroelektrik santrallerinin Güney Doğu Anadolu Bölgesi ile Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Enerji üretimi açısından Türkiye'nin en büyük 5 barajı; Atatürk Barajı ve Hidroelektrik Santrali (HES) 2.405 MW, Karakaya Barajı ve HES 1800 MW, Keban Barajı ve HES 1.330 MW, Altinkaya Barajı ve HES 703 MW, Birecik Barajı ve HES 672 MW olarak karşımıza çıkmaktadır (Url 4,2019).

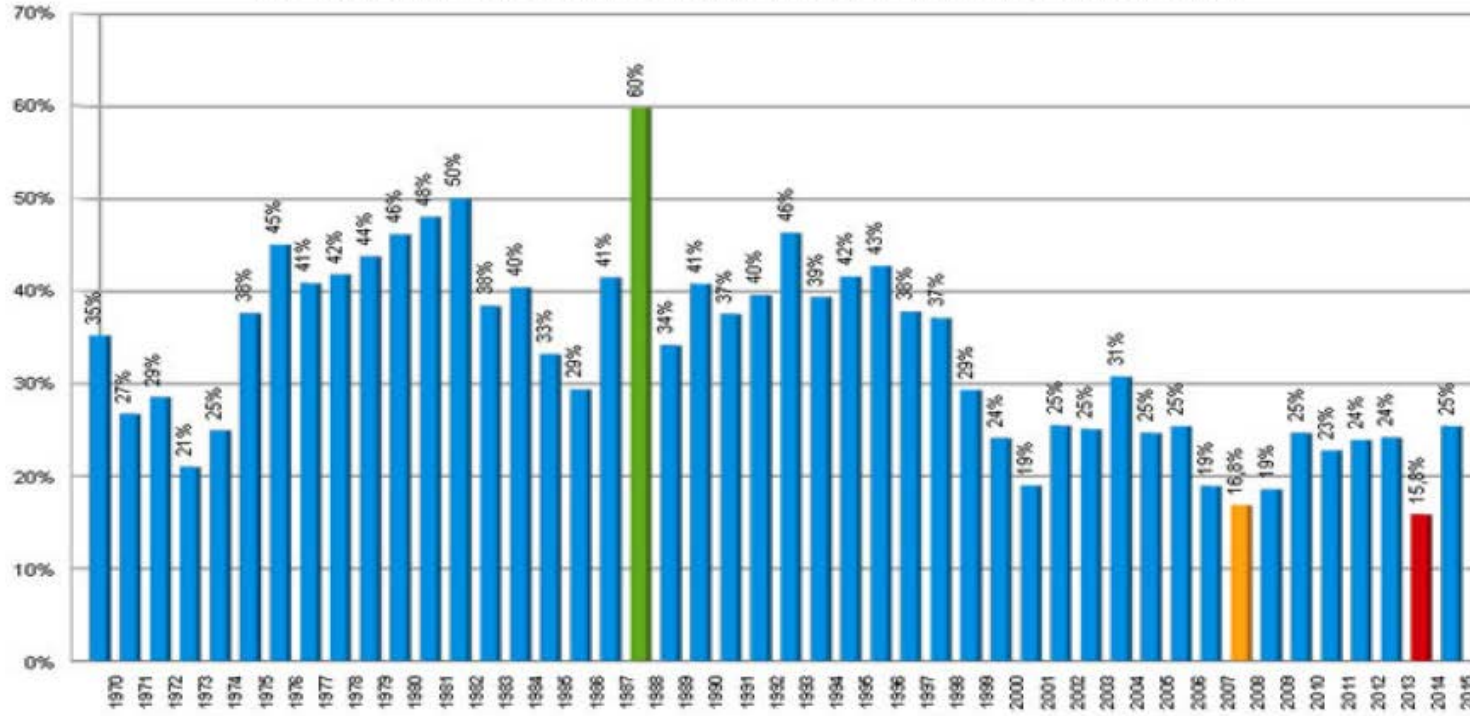
Ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli içinde en önemli yeri tutan hidrolik kaynaklarımızın teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh olup teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyel ise 140 milyar kWh/yıl'dır. 2017 yılında hidroelektrik kaynaklı 58,2 milyar kWh elektrik üretilmiştir (ETKB, 2018).

Bu değerler ile Türkiye dünya teknik hidroelektrik potansiyelinin %1'ine, Avrupa ekonomik potansiyelinin %16'sına sahiptir ve Norveç'ten sonra Avrupa'da ikinci sırada gelmektedir. DSİ 2018 yılı verilerine bakıldığında, ülkemizdeki ekonomik hidroelektrik potansiyeli 48.180 MW/yıl kurulu güce karşılık gelmektedir ve günümüzde bu gücün 28.423 MW/yıl bölümü işletme halindedir. Yapımı devam 55 HES 4.370 MW/yıl kapasiteye sahip olacaktır. Tablo 20'de görüldüğü gibi, yapımı planlanan 554 HES tamamlandığında 15.387 MW/yıl kapasite artışı görülecektir (Tablo 20).

Tablo XX: Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Santrali Kurulu Kapasite

HES POTANSİYEL DURUMU				
Potansiyel	HES Adedi	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)
İşletmede	644	28.423	99.051	62
İnşaat Halinde	55	4.370	13.427	8
İnşaatına Henüz Başlanmayan	554	15.387	46.907	29
Toplam	1.253	48.180	159.385	100

Kaynak: (DSİ, 2018)



Grafik 13: 1970-2018 Yılları Arası HES Kaynaklı Elektrik Üretiminin Tüketimi Karşılama Oranı

Kaynak: (BAZ vd. 2018)

Grafik 13'e bakıldığında, yıllar itibariyle ortaya çıkan enerji talebinin HES'lerden karşılanmasında dalgalanmalar görülmektedir. HES kaynaklı elektrik üretiminin tüketimi karşılama oranı, 1987 yılında %60 olarak ülke tarihindeki rekor seviyesini ulaşmıştır. 2007 yılında ise tüketimi karşılama oranının en az olduğu ve oranın %16,80'de kaldığı görülmektedir. Son 6 yılın ortalamasına bakıldığında ise, tüketimi karşılama oranının %23 civarında olduğu görülmektedir.

2.2.5. Biyokütle enerjisi

Geleneksel olarak biyokütle, ateşin bulunuşundan günümüze bilinen ve kullanılan bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisi modern anlamdaki uygulamalarda biyogaz, biyoetanol, biyodizel, biyomentanol, biyometileter, biyoyağ gibi enerji kaynaklarına dönüşmektedir (Akova, 2008).

Ayçiçeği, soya, aspir, kolza gibi yağlı tohumlular ve hayvansal yağlar kullanılarak üretilen yakıt türü biyodizeldir. Mısır, buğday, şekerpancarı gibi içlerinde şeker olan tarımsal ürünlerin fermantasyonu ile ortaya çıkan ürün biyoetanoldür. Bitkisel atıklar, hayvansal atıklar, şehir ve endüstriyel atıklar gibi organik atıklar, oksijensiz ortamda fermantasyon sonucu oluşan karbondioksit ve metan gazıdır. Bu organik kökenli maddelerden hem enerji üretilmesi hem de atıkların toprağa kazandırılması biyogaz teknolojisi ise mümkündür.

Türkiye'nin yıllık 1,5-2 mtep civarında biyokütle potansiyeli bulunmaktadır. İşletmede bulunan 659 MW'lık toplam kurulu güce sahip biyokütle kaynaklı elektrik üretim santrallerinden, 2018 yılı itibarıyla 3.216 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir (Url 5,2019).

2.2.6. Hidrojen enerjisi

Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır. Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir. 1 kg hidrojen 2,1 kg doğal gaz veya 2,8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji

başına hacmi yüksektir. Hidrojen renksiz, kokusuz, tatsız ve korozif olmayan bir gazdır. Bilinen bir zehir etkisi yoktur. Gözle temas halinde de bir zehirli etkisi yoktur ancak sıvı hidrojen çok düşük sıcaklıklarda bulunmasından dolayı ciltle teması lokal donmaya ve ciddi yanıklara yol açabilir (KINAV, 2007).

Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atık olarak salınan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama %33 daha verimli bir yakıttır. Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında atmosfere salınan su buharı dışında, çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir (ETKB, 2018).

Hidrojen enerjisini şuan itibariyle Türkiye’de kullanımı yoktur. Dünya’da ise ABD, Japonya, Almanya, İngiltere ve Brezilya gibi ülkelerde hidrojen enerjisinin kullanılabilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Gelişmişlik seviyesindeki artışa bağlı olarak gelecekte Türkiye’de kullanımı yaygınlaşması beklenen bir alternatif enerji kaynağı olması sebebiyle çalışmada yer verilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE'DE ULAŞIM SEKTÖRÜNDE KULLANILAN ENERJİ

KAYNAKLARI

2018 yılı Kasım ayı sonu itibariyle trafiğe kayıtlı 11 milyon 254 bin 357 otomobil, 487 bin 25 minibüs, 220 bin 414 otobüs, 3 milyon 739 bin 853 kamyonet, 847 bin 879 kamyon, 3 milyon 200 bin 549 motosiklet ve 1 milyon 875 bin 539 traktör bulunmaktadır. Otomobiller %54 oranla ulaşım sistemlerinde kullanılan karayolu taşıtları içerisinde en büyük orana sahiptir. Bu sebepten dolayı otomobillerin ulaşım sisteminde kullandığı enerji kaynakları incelenecektir.

3.1. Ulaşım Sektöründe Kullanılan Geleneksel Enerji Kaynakları

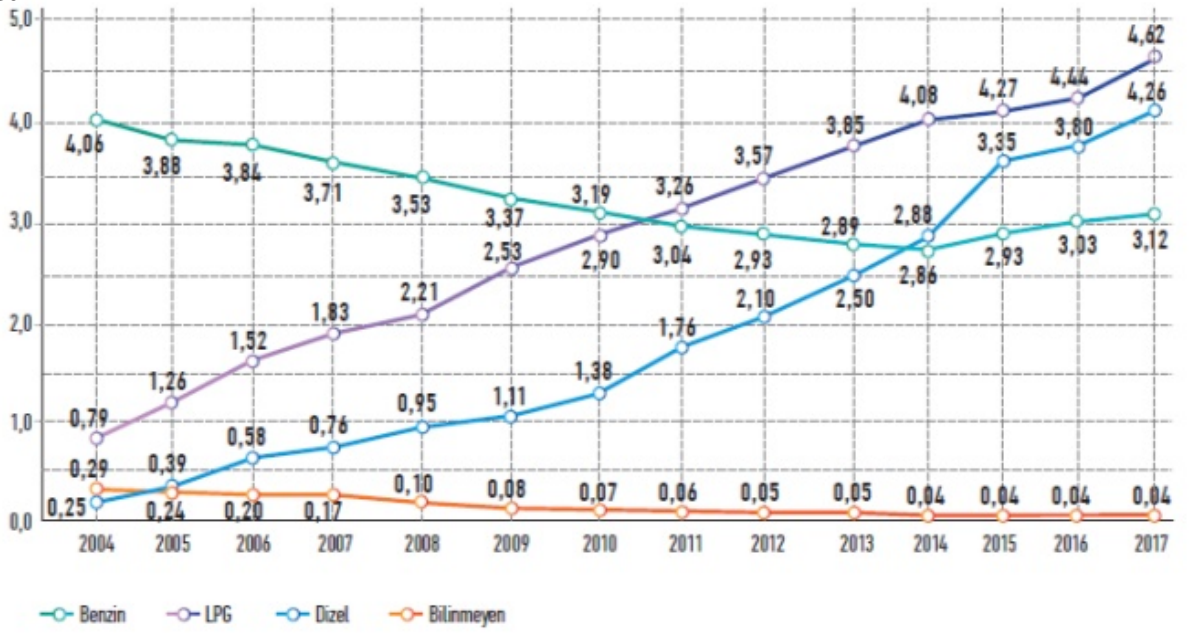
2018 yılı Kasım ayı sonu itibariyle trafiğe kayıtlı 11.254.357 adet otomobilin yüzde 39,3'ü LPG, %33,4'ü dizel, %26,9'u benzin yakıtlı olduğu belirlendi. Yakıt türü bilinmeyen otomobillerin oranı ise %0,4 olarak gerçekleşti (Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2018). UDH verilerine göre, Türkiye'de her yıl artan araç sayısı içerisinde LPG'li yakıt türü kullanımının hızla artış gösterdiği görülmektedir. Yakıt türü olarak benzin kullanan araç sayısının ise her geçen yıl toplam araç sayısı içerisinde azaldığı görülmektedir.

3.1.1. Ulaşım sektöründe benzin kullanımı

2017 yılı TÜİK verilerine göre, Türkiye'de trafiğe kayıtlı otomobillerin yakıt cinsine göre dağılımına bakıldığında, 4,62 milyon araç LPG'li, 4,26 milyon araç dizel yakıt kullanan, 3,12 milyon araç ise benzinli olduğu görülmektedir. Benzinli araçların sayısı 2004 yılından 2014 yılına %29,5 oranında azalmasına rağmen, 2014 yılından günümüze %9 artış yaşandığı görülmektedir. Son 14 yıllık periyoda bakıldığında ise benzinli araçların sayısının %23 oranında azaldığı görülmektedir. Bu verilerin yanı sıra benzinli otomobillerin toplam otomobiller içerisindeki oranı, 2004 yılında %75,1'den 2018 yılına geldiğinde %25,9'a gerilediği net bir şekilde görülmektedir (Grafik 15). Benzinli otomobil sayısının toplam otomobil sayısı içerisinde hızla düşüş yaşaması, LPG ve dizel gibi diğer yakıt türlerinin tercih edilmesi ile

açıklanabilir. Ulaşım sistemlerinde benzinli araç kullanımının azalması ile ulaşım sistemlerinin çevre sorunları üzerindeki etkisinde de değişiklikler yaşanmıştır. Bu değişiklikler LPG yakıtlı araçların sayısının artışına bağlı olarak olumlu yönde gerçekleşirken, dizel yakıtlı araçların sayısının artışına bağlı olarak olumsuz yönde gerçekleşmiştir.

Milyon
adet



Grafik 14: Türkiye’de Otomobillerin Yakıt Cinsine Göre Dağılımı

Kaynak: (TÜİK, 2017)

3.1.2. Ulaşım sektöründe LPG kullanımı

2004 yılı verilerine göre 790 bin olan LPG’li araç sayısı 2017 verilerine göre 4,62 milyon araç sayısına ulaşmıştır. Artış sayısını oran olarak göstermek istediğimizde, artışın son 14 yılda %593 oranında olduğu görülmektedir. LPG’li otomobillerin toplam otomobil sayısı içerisindeki oranı ise %16,8’den %38,9’a yükseldiği görülmektedir. Bu artışın sebepleri arasındaki en büyük etkenin LPG’li araçların,

benzin ve dizel gibi diğer yakıt türleri ile kıyaslandığında daha ucuz yakıt tüketimi olduğu görülmektedir.

3.1.3. Ulaşım sektöründe dizel kullanımı

2004 yılı verilerine göre 250 bin olan dizel yakıt kullanan araç sayısı 2017 verilerine göre 4,26 milyon araç sayısına ulaşmıştır. Artış sayısını oran olarak göstermek istediğimizde, artışın son 14 yılda %1704 oranında olduğu görülmektedir. Dizel otomobillerin toplam otomobil sayısı içerisindeki oranı ise %5,3 ten %35,39'a yükseldiği görülmektedir. Ulaşım sistemlerinde kullanılan yakıt türü olarak dizel araçların sayısının artması, fiyatının benzin fiyatıyla kıyaslandığında daha ucuz olması olarak görülmektedir.

3.2.Ulaşım Sektöründe Kullanılabilecek Alternatif Enerji Kaynakları

Ulaşım sistemlerinde kullanılabilecek alternatif enerji kaynakları olarak elektrik motorları, hibrid sistemleri, yakıt hücreli sistemler, hidrojen kullanımı, doğal gaz kullanımı, biyodizel kullanımı ve alkol kullanımı bu bölümde ele alınacaktır.

3.2.1. Ulaşım sektöründe elektrik kullanımı

Ülkemizde 2011 yılında başlayan elektrikli otomobil macerası, her yıl katlanarak artan bir oranda büyümeye devam etmektedir. 4 yıl önce sadece 2 farklı araba markasının piyasaya sürdüğü 3 farklı model ile temsil edilen elektrikli ve hibrid araçlar pazarı, 2019 yılına 14 farklı araba markasının 31 farklı modeliyle giriş yaptı (TEHAD, 2019). Elektrikli araçların tercih edilme oranı her geçen yıl artarak devam etmektedir.

2018 yılında yayınlanan, "Global Electric Vehicle Market Outlook 2018" adlı raporda, elektrikli araçların satışının 2017 de 1.2 milyon iken 2018'in ilk çeyreğinde 1.6 milyona yükseldiği belirtilmektedir. Artan satış rakamlarında gelişen teknolojinin yanı sıra ülkelerin uygulamaya koyduğu teşvik mekanizmalarının önemi yadsınamaz.

Aynı rapor içerisinde satış rakamlarının dünya genelinde satışa sunulmuş 168'den fazla model ile 2019 yılı içerisinde 2 milyona yaklaşması ön görülüyor.

Otomotiv ve enerji alanında yayınlanan tüm raporlara, tüm rakamsal gelişmelere baktığımızda, önümüzdeki 10 yıl içinde elektrikli ve hibrid araçların küresel tüm pazarlarda ciddi oranlarda yer alacağını görmekteyiz. Özellikle Avrupa Birliğinin CO₂ emisyon oranları konusunda uyguladığı düzenlemeler, yani yüksek CO₂ salımı olan araçlara yüksek vergi sistemi, küresel Otomotiv firmalarının da standart yakıtlı araçlardan elektrikli ve hibrid modellerine doğru geçiş yapmalarını mecbur kılmaktadır. Avrupa otomobil pazarına baktığımızda Norveç gibi petrol ülkesinde dahi, elektrikli otomobillerin payı yıllık satışların %14'üdür (TEHAD). Avrupa elektrikli ve hibrid araç satışları 2018 yılı ilk yarısında elektrikli araçlarda bir önceki yıla oranla %39 oranla artış göstererek 184.910 adet olarak gerçekleşmiştir. Avrupa ülkelerinde 2018 yılı toplam araç satışının 18.194.404 adet olduğu düşünüldüğünde, sadece 2018'in ilk yarısında satılan 184.910 adet elektrikli ve hibrid aracın, Avrupa pazarındaki araç satışlarının % 1'ine denk geldiği ve yılın tamamında aynı satış performansının gerçekleştirilmesi durumunda ise toplam satış rakamlarının %2'sine karşılık geldiği görülecektir. Uluslararası Enerji Ajansı "World Energy Outlook 2017" raporunda, farklı senaryolara, bölgelere, sektörlere ve yakıt türlerine göre en son enerji arz ve talep projeksiyonlarına, orta ve uzun vadede enerji sisteminin nasıl dönüşebileceğine dair önemli analizler yapılırken, elektrikli araçların önlemez yükselişinin her geçen yıl artarak devam edeceği tahmin edilmektedir.

Ülkemizde yıllık satış rakamları ortalama 800bin adet otomobil olurken, elektrikli otomobillerin payı %1'in altındadır. 2011 yılında dünya genelinde sadece 45bin Elektrikli otomobil satışı gerçekleşmişken, bu sayı 2015'e geldiğimizde 430.000 adete ulaşmıştır (TEHAD, 2018).

Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği verilerine göre, ülkemizde 2018 yılında gerçekleşen 4031 adetlik hibrid ve elektrikli otomobil satışının 155 adetlik bölümünü %100 elektrikli modeller oluşturmaktadır (Tablo 21). Bir enerji kaynağı

olarak petrolde %97 oranında dışa bağımlı olduğumuzu göz önüne alırsak, elektrikli araç kullanımının beklentilerin çok altında kaldığı karşımıza çıkmaktadır.

12/10/2011 tarihli ve 2011/2304 sayılı kararnamenin eki kararda elektrikli araçları cazip kılabilmek için uygulanan ÖTV teşvikleri, fosil yakıtlı araçlara olan bağımlılığı azaltabilmek adına desteklenmeli ve geliştirilmelidir.

Tablo XXI: Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araç Satışları/Adet

Yıllar	2015	2016	2017	2018	Genel Toplam
Elektrikli	119	44	77	155	395
Hibrid	106	950	4.451	3.876	9.383
Toplam	225	994	4.528	4.031	9.778

Kaynak: (TEHAD, 2019)

Elektrikli araçların ulaşım sektöründe kullanımıyla birlikte, farklı avantajlar yaşanması beklenmektedir.

Türkiye’de en çok satan elektrikli araç modeli Renault Zoe tek depo şarj ile 400 km menzile sahiptir (RENAULT ZOE, 2019). 2018 model bir elektrikli aracın ulaşabildiği en ileri seviye menzile, fosil yakıt kullanan ve Türkiye’de en çok satılan araç olan Renault Megane Sedan’ın 49 litrelik deposuyla kat ettiği yaklaşık 1300 km’nin 3’te 1’i olarak karşımıza çıkmaktadır (RENAULT MEGAN, 2019). Elektrikli araçların günümüz teknolojisi ile ulaştığı bu seviye fosil yakıtlı araçların şuan için yarısı bile değildir.

Elektrikli araçların şarj süreleri Renault Zoe 2018 modeli için, yaklaşık 2,5 saattir. Şarj süresinin uzunluğu elektrikli araçların tercih edilmesini güçleştiren en büyük problemlerden biridir. Özellikle uzun mesafe yolculuklarda, araç bataryasının doldurulması seyahat süresini artırıcı bir etkiye sahiptir. Şarj sistemindeki olumlu

yön ise ev tipi şarj kablosu ve 220 voltluk bir priz yeterlidir (RENAULT ZOE, 2019).



Şekil 4: Supercharger Şarj Dolum Tesisleri

Kaynak: (Url 6, 2019)

Türkiye’de dağıtımçı firması bulunmayan Tesla marka “Model 3” elektrikli araçlar menzil olarak 530 km’ye ulaşmıştır. Tesla markası geliştirdiği supercharger şarj dolum tesislerinde 30 dakika gibi kısa sürede elektrikli araçları şarj edebilmektedir. Türkiye sınırları içerisinde özellikle ülkenin batısında 10 supercharger şarj istasyonu

yakında açılmasını planlamaktadır (Url 7, 2019). Kuzey batı Avrupa ve Batı Avrupa'da supercharger şarj istasyonu ağının oldukça yaygın olduğu görülmektedir.

Tesla markası dışında diğer şarj operatörlerine baktığımızdaysa yakın zamanda ENERJISA tarafından alınan E-şarj ile Gersan, Voltron firmaları da şarj istasyonlarını aktif şekilde çalışabilir duruma getirme çalışmalarını sürdürüyor. Artan elektrikli araç şarj istasyonu sayısının şebeke üzerinde oluşturduğu yükü karşılayabilmesi için, dağıtım şirketlerinin altyapılarında iyileştirme çalışmalarını zorunlu kılmaktadır (Url 8, 2019). Tüketiciler tarafından elektrikli araçların tercih edilebilirlik seviyesini artırmak için şarj istasyonlarının sayısının hızla artırılması gerekliliği ortadadır.

Bataryalar yapımında kullanılan lityumun doğada kısıtlı miktarda bulunan bir element olması ve elektrikli araçlarının bataryalarının belirli bir kullanım ömrünün bulunması kafalarda sürdürülebilirlik ve çevrecilik konusunda soru işaretleri yaratmaktadır (Url 8, 2019). Buna rağmen geri döndürülebilir bir ürün olması, geri dönüşüm teknolojilerinin gelişmesine bağlı olarak bir sorun olmaktan kurtulabilir.

Elektrikli araçların bir diğer dezavantajı da yüksek satış fiyatlarıdır. Renault Megan Sedan 2018 model bir aracın fiyatı 102 bin TL ile 161 bin TL arasında değişirken(url 9, 2019), elektrikli Renault Zoe 2019 modeli 220 bin TL olarak karşımızda çıkmaktadır (Url 10, 2019). Bu fiyatlara bakıldığında elektrikli bir aracın fiyatı İçten Yanmalı Motorlu (İYM) bir aracın fiyatının 2 katından daha fazla olduğu görülmektedir.

Elektrikli motorların üretebildiği geniş tork aralığı sayesinde vites gerek olmamaktadır. Bu özellik sayesinde vites kutusu ve debriyaj balatasının ortadan kalkmasına sebep olmaktadır. Elektrikli motorlarda eksilen parçalar bunlarla sınırlı değildir. Motorun çalışması için gereken pistonlar, biyel kolları parçaları, gaz tankı, egzoz sistemi, yağ ve su pompaları gibi birçok parçaya da elektrikli motora sahip araçlarda gerek kalmıyor. Elektrik motorlu araçlar ile İYM arasında ortaya çıkan yalın teknoloji kullanımını birde resim 5 üzerinde inceleyelim (Url 11,2019).

Resim 1’de, İYM ile elektrikli arabaların motor ve aksamaları incelendiğinde, elektrikli motorlara sahip arabaların teknolojisinin oldukça basit olduğu görülmektedir. Bu basitlik sayesinde hem arabanın hafiflemesi, hem de sistemin yalınlaşması sağlandığı için elektrikli araçlarda enerji kayıpları ciddi oranda azaltılabiliyor (Url 11, 2019) .

1 Haziran 2018 Enerji İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, günlük benzin tüketimi ortalama 9 milyon litre ve günlük motorin tüketimi miktarı ortalama 63,3 milyon litre olarak gerçekleşmektedir (EİGM, 2018). 2018 yılı TÜİK verilerine göre 20.970.669 ton petrol ithalatı gerçekleşmiştir. Bu değer 373.503.567 varile eşdeğerdir. Ham petrol fiyatlarındaki dalgalanmalara bağlı olarak ithalat rakamları değişmekle birlikte, ham petrolün varil fiyatını yaklaşık olarak 60 dolar olarak kabul ettiğimizde, 2018 yılında ki ithalatımız yaklaşık olarak 22,4 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (Hampetrol ithalat değeri 2002 yılı başından itibaren gizleme nedeniyle paylaşılmamaktadır). Elektrik motorlarının kullanımının artırılmasıyla birlikte petrol ithalatının azalması ve cari açığa azalmanın ulusal düzeyde kazanımları ise bir diğer avantajdır.



Resim 1: İYM ve Elektrik Motorlara Sahip Araç Teknolojileri

Kaynak: (Url 11, 2019)



Grafik 15: Ham Petrol Fiyatı (Varil/Dolar)

Kaynak: (Url 12, 2019)

3.2.2. Ulaşım sektöründe hibrit kullanımı

Hibrid, “melez” demektir. Otomotiv özelinde, iki farklı güç kaynağının bir arada kullanılmasını ifade eder (TOYOTA HYBRID, 2019). Otomobillerde kullanımı ise İYM’la benzin ve elektrik motoruyla elektrik enerjisinin kullanılması söz konusudur.

Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği verilerine göre, ülkemizde 2018 yılında gerçekleşen 4031 adetlik hibrid ve elektrikli otomobil satışının 3876 adetlik bölümünü hibrid araçlar oluşturmaktadır (Tablo 21). Yıllık satış rakamları ortalama 800.000 adet otomobil olan ülkemizde ise, hibrid otomobillerin payı aynı elektrikli araçlarda olduğu gibi %1’in altındadır.

Hibrid araçların ulaşım sektöründe kullanımıyla birlikte, farklı avantajlar yaşanması beklenmektedir. Bu avantajlar içerisinde, araç frenlemelerde hibrid aküsünü güçlü bir şekilde şarj etmesi karşımıza çıkan ilk özelliktir (TOYOTA HYBRID, 2019).

Türkiye’de 2018 yılında en çok satılan Toyota Hybrid C-HR modellerinde hem benzinli, hem elektrik motoru olduğu için, araç sürekli olarak sadece elektrik motoruyla hareket etmediği için, elektrikli araçlardaki gibi bir menzil tanımlaması bulunmamaktadır. Bununla beraber, sürüş stiline ve trafik şartlarına bağlı olarak, şehir içi trafiğinde kat edilen mesafenin ya da sürenin yarısına yakın kısmında benzinli motor devreye girmez. Toyota Hybrid modelleri, kullanım şekline göre, kalkışlarda ve sürüş esnasında bazı koşullarda sadece elektrik motoruyla hareket edebilir (TOYOTA HYBRID, 2019). Bu özelliklerinden dolayı hibrid araçların şehir içi kullanımının egzoz gazı emisyon değerlerinde azalmaya sebep olması kaçınılmazdır.

İdeal koşullara ve araç modeline göre 50-65 km/sa hıza kadar sadece elektrik motorula hareket edebilmektedir (Yaris Hybrid 50 km/sa, C-HR Hybrid 65 km/sa) (TOYOTA HYBRID, 2019). Hibrid araçların sadece elektrik motoruyla ulaştığı hız değerinin düşük olması ise karşımıza dezavantaj olarak çıkmaktadır.

Hibrit araçların geliştirilmesinin amacı çevreyi daha az kirletmektir. Araçlardan kaynaklanan çevre kirliliği söz konusu olduğunda genellikle CO₂ salımı ön plana çıkıyor. Oysa CO₂ ile beraber NO_x (azot oksit ve türevleri) ve PM (partikül madde) salımları da çevre kirliliğinde etkilidir. Benzinli motorlar, dizel yakıtlı motorlara kıyasla çok daha düşük seviyelerde NO_x ve PM üretirler. CO₂ salımı da hibrid teknolojisi sayesinde düşürüldüğünde, benzinli-elektrikli hibrid araç çevreyi çok daha az kirletir. Bir diğer sebep de, benzinli-elektriklinin daha uyumlu bir kombinasyon olması. Elektrik motorların da, dizel motorların da düşük devirleri güçlüdür. Benzinli-elektrikli kombinasyonda ise, düşük süratlerde elektrik motoru kuvvetli ve ekonomik bir çekiş sağlarken, sürat yükseldikçe “Atkinson döngülü/çevrimli” sayesinde İYM oranla daha yüksek termal verime sahip olduğu için benzinli motor ekonomik bir sürüş sağlar. Ayrıca, dizel-elektriklinin daha yüksek araç ağırlığı, yakıt tüketimini olumsuz etkiler. Son olarak, dizel-elektrikli bir hibrid araç hem dizel motorun, hem de hibrid aksamın ilave maliyeti düşünüldüğünde ekonomik açıdan rasyonel olmayabilir (TOYOTA HYBRID, 2019). Hibrid araçların dizel yakıtlı-elektrikli kombinasyonunun tercih edilmeme sebepleri arasında, benzinin otomobil sistemlerinde kullanımının dizel yakıtlı motorlara oranla çevreci bir yakıt olması gelmektedir.

Hibrid araçlar 1997 yılından beri dünyanın çok farklı bölgelerinde kullanılmaktadır. Toyota'nın en fazla hibrid araç sattığı ABD'de, aşırı soğuktan, tropik ve çöl sıcağına kadar uzanan farklı iklim kuşaklarında hibrid araçlar sorunsuz bir şekilde kullanımda. Diğer, büyük bir hibrit pazarı olan Avrupa'da, çok soğuk İskandinav ülkelerinden, sıcak Akdeniz iklimine sahip ülkelere kadar hibrit araçlar yaygın bir şekilde (hatta taksi olarak) kullanılıyor (TOYOTA HYBRID, 2019). Hibrid araçların bir diğer avantajı ise farklı iklim kuşaklarına ve belirgin farklılıklardaki sıcaklıklarda sorunsuz bir şekilde kullanımınıdır.

12/10/2011 tarihli ve 2011/2304 sayılı kararnamenin eki kararda elektrikli araçları cazip kılabilmek için uygulanan ÖTV teşvikleri hibrid araçları da kapsamaktadır.

Satış fiyatlarının yüksek olmasının yanı sıra ÖTV indirimleri tercih edilme sebeplerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Hibrid araçların trafikte kat ettikleri mesafelerde elektrik motorunun desteğiyle benzinli motora düşen yüklerin az olması hibrit araçların periyodik bakım programı aralıkları İYM göre daha uzun olması karşımıza hibrid avantajlarından biri olarak çıkmaktadır.

3.2.3. Ulaşım sektöründe hidrojen yakıt hücreli araçlar

Hidrojen, bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir (Üst ısıl değeri 140,9 MJ/kg (megajoule / kilogram), alt ısıl değeri 120,7 MJ/kg). 1 kg hidrojen, 2,1 kg doğal gaz veya 2,8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir. Hidrojen doğada serbest halde bulunmaz, bileşikler halinde bulunur. En çok bilinen bileşiği ise sudur (BAŞARAN, 2010).

Ülkemizde hidrojen yakıt hücreli araç henüz bulunmamaktadır. Yakıt hücreli araçların çalışma prensibinde, hidrojeni elektriğe dönüştürerek aracın hareket etmesini sağlamak şeklindedir. Bu işlem sonucunda hidrojen ile oksijenin tepkimeye girmesi nedeniyle sadece su buharı açığa çıkmaktadır. Bu açıdan yakıt hücreli araçların avantajları ele alındığında, çevreye CO₂ emisyonu olmaması, yakıt tüketim bedeli ekonomik olması, yakıt deposu dolumu dakikalar içerisinde gerçekleşmesi, fosil kaynaklara olan bağımlılığı azaltarak ülke ekonomisinin dışa bağımlılığı azaltması belirtilebilir.

3.2.4. Ulaşım sektöründe doğal gaz kullanımı

2018 yılı itibariyle ülkemizde 27 Sıkıştırılmış Doğal Gaz(CNG) dolum tesisi bulunmaktadır. Ülkemizdeki CNG'li araç sayısı ise 4000 civarındadır (URL 27, 2019). Bu sayı toplam araç sayısı içerisinde CNG'li araçların %1'e dahi ulaşmadığının göstergesidir. CNG gelecekte taşıtların enerji ihtiyacını büyük oranda karşılayacağı tahmin edilmektedir. Ulaşım sistemlerinde kullanılan fosil yakıtlara

oranla çevreyi daha az kirletici bir yakıt olmasının yanında daha ekonomik bir yakıttır.

Doğal gazın motor yakıtı olarak daha yaygın bir biçimde kullanılmasının önündeki en önemli olumsuzluklar, gerek kullanım öncesindeki ve gerekse taşıttaki depolama güçlükleri ile servis ağının ülkemiz genelinde yaygınlaşmamış olmasıdır (GÜNDOĞAN, 2005).

3.2.5. Ulaşım sektöründe biyodizel kullanımı

Organik yağların (ayçiçek, soya, kolza, aspir, pamuk, palm) baz ve alkol ile belirli oranlarda karıştırılmasıyla dizel yakıtıya dönüştürülmesi sonucunda elde edilen biyodizel, alternatif bir motor yakıtı olarak kullanılabilir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun (EPDK) yayınladığı tebliğ ile 1 Ocak 2018'den itibaren motorine zorunlu olarak binde 5 biyodizel harmanlama düzenlemesini getirdi. Bu düzenleme ile birlikte biyodizel üretimi için ihtiyaç olan hammadde üretim miktarının da artması beklenmektedir.

3.2.6. Ulaşım sektöründe alkol kullanımı

1973 ve 1979 yıllarında yaşanan petrol krizi ile birlikte, ilk yıllarda alkollerin benzine alternatif olarak kullanımı ön plana çıkmıştır. Özellikle yüksek oktan sayısı nedeniyle alkol, benzin motorları için uygun bir yakıt olarak kabul edilmiştir. Ancak alkollerin sahip olduğu düşük enerji yoğunluğunun kullanım ve depolama açısından getirdiği bazı sorunlara ilaveten uygulamada karşılaşılan diğer sorunlar nedeniyle motor yakıtı olarak alkollerin yaygın olarak kullanımı söz konusu olmamaktadır. Ayrıca üretim kaynaklarının da sınırlı olması ve hava kirliliği sorununa kesin çözüm getirmemesi alkollerin geleceğin yakıtı olma olasılığını kısıtlamaktadır (GÜNDOĞAN, 2005). Günümüzde Türkiye'de ulaşımda alkol kullanımı yoktur.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ULAŞIM SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLI ÇEVRE SORUNLARI

Sera gazları, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'nde "Sera gazları hem doğal, hem de insan kaynaklı olup; atmosferdeki kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumları" şeklinde tanımlanmıştır. Bu gazlar, atmosferimiz içinde %0,1'lik paya sahip olup, dünya için bitki seralarındaki camlara benzer bir işlev görmektedir (Arıkan, 2006). Bu nedenle "eser gazlar" olarak da tanımlanan ve atmosferin sera etkisinin oluşmasına neden olan gazlara "sera gazları" denilmektedir. Sera gazı yoğunluğundaki artışın nedeni bilim insanları tarafından havadaki CO₂ oranının artmasına bağlanmıştır. CO₂ oranının artışıdaki temel faktör, fosil yakıtların yakılması ve insan faaliyetleridir (Uzunçakmak, 2014). Kyoto Protokolü 6 adet sera gazını baz almaktadır. Çizelge 1' de bu sera gazlarının sembolleri, isimleri, CO₂ eşdeğeri (GWP - Global Warming Potential- Küresel Isınma Potansiyeli) ve bu gazların ana kaynakları gösterilmiştir. CO₂ Eşdeğeri; CO₂ haricinde diğer sera gazlarının aynı miktar CO₂'e kıyasla kaç kat daha fazla ısı tutabilme kapasitesine sahip olduğunu anlatmaktadır. Bu sayede tüm sera gazları ortak bir paydada toplanarak, yapılan emisyon hesaplamalarının anlaşılması kolaylaştırılmıştır. Bu çizelgeye göre en tehlikeli sera gazı Sülfür Heksaflorür (SF₆), en tehlikesiz sera gazı ise CO₂ gibi görünmektedir. Ancak miktar açısından CO₂ diğer sera gazlarına kıyasla çok yüksek seviyede olmasından dolayı durum tam tersidir (ÇŞB, 2018).

Sembol	İsim	CO ₂ Eşdeğeri	Ana Kaynak
CO ₂	Karbon dioksit	1	Fosil yakıtların yanması, orman yangınları, çimento üretimi
CH ₄	Metan	21	Landfill sahalar, petrol ve doğal gazın üretim ve dağıtımı, çiftlik hayvanlarının sindirim sistemlerindeki fermantasyon
N ₂ O	Diazot monoksit	310	N ₂ O fosil yakıtların yanması, gübreler, naylon üretimi
HFCs	Hidroflorokarbonlar	140-11.700	Buzdolabı gazları, alüminyum eritme, yarı iletken üretimi
PFCs	Perflorokarbonlar	6.500~ 9.200	Alüminyum üretimi, yarı iletken üretimi
SF ₆	Sülfür Heksaflorür	23.900	Elektrik iletim ve dağıtım sistemleri, magnezyum üretimi

Çizelge 1: Kyoto Protokolü'nde baz alınan sera gazları

Kaynak: (BIYIK, CİVELEKOĞLU, 2018)

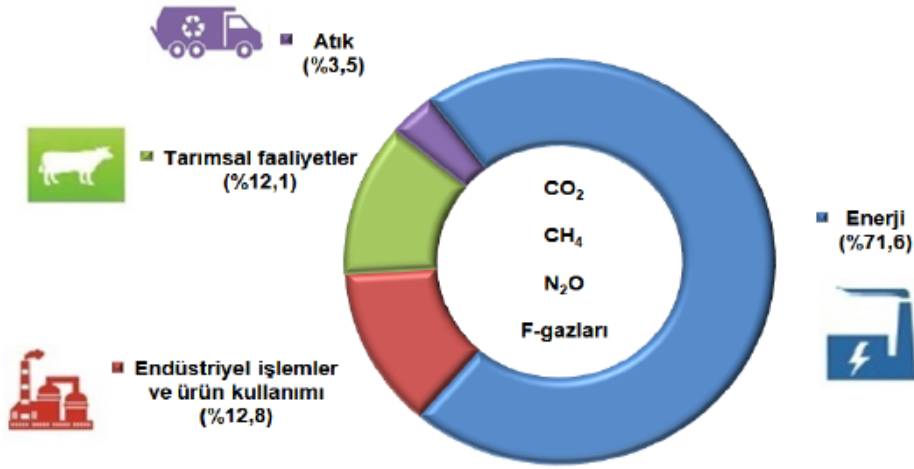
1990 yılından veri girişi yapılarak elde edilen, Türkiye'nin 2014 Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri verileri ile 2017 yılı Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri verileri karşılaştırılarak, ulaşım sektöründen kaynaklı çevre sorunlarının oranındaki artışı ve diğer sektörler ile arasındaki oransal farklılıkları çevre sorunları açısından hava, toprak, su, bitki, hayvan ve insan olmak üzere ayrı ayrı ele alınmaya çalışılacaktır.

Türkiye'nin 2014 Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri toplam sera gazı emisyonu CO₂ eşdeğeri olarak 467,6 milyon ton (Mt) olarak hesaplandı. 2014 yılı emisyonlarında CO₂ eşdeğeri olarak en büyük payı %72,5 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla %13,4 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %10,6 ile tarımsal faaliyetler ve %3,5 ile atık takip etti (TÜİK, 2015).

Türkiye’de 2015 yılında toplam sera gazı emisyonu bir önceki yıla göre %4,3 artış göstererek 475,1 milyon ton CO₂ eşdeğerine yükseldi. Toplam emisyonların 340,1 milyon tonu enerji sektörü, 60,8 milyon tonu endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, 57,4 milyon tonu tarımsal faaliyetler ve 16,6 milyon tonu atık sektörü oluşturdu (TÜİK, 2017).

2014 envanter sonuçları ile 2015 yılı envanter sonuçları karşılaştırıldığında, toplam CO₂ emisyon değerlerinde enerji sektöründe %0,9 oranında azalma, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımında %0,6 oranında azalma, tarımsal faaliyetlerde %1,5 oranında artış görülmektedir. Atık sektöründe ise oransal değişim görülmemektedir.

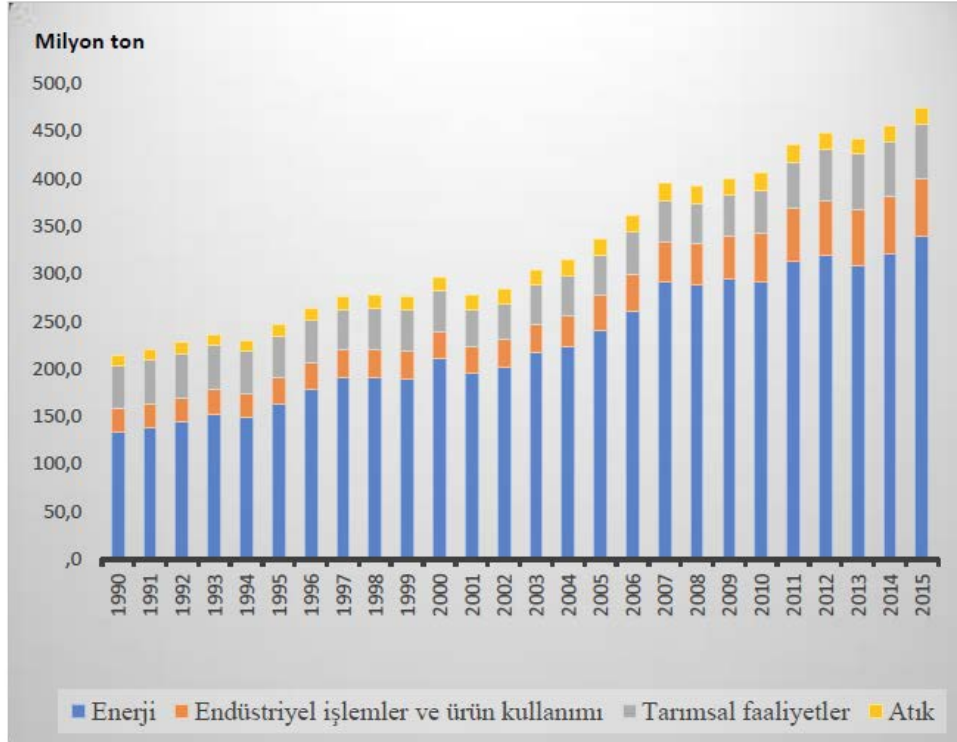
Küresel ısınmaya neden olan seragazları; sera etkisini destekleyen, atmosferde bulunan ve en çok ısı tutma özelliğine sahip bileşiklerdir. (Doğrudan sera gazları: CO₂, CH₄, N₂O ve F-gazları) (TÜİK, 2017).



Grafik 16: Sera Gazı Emisyonlarının Sektörlere Göre Dağılımı

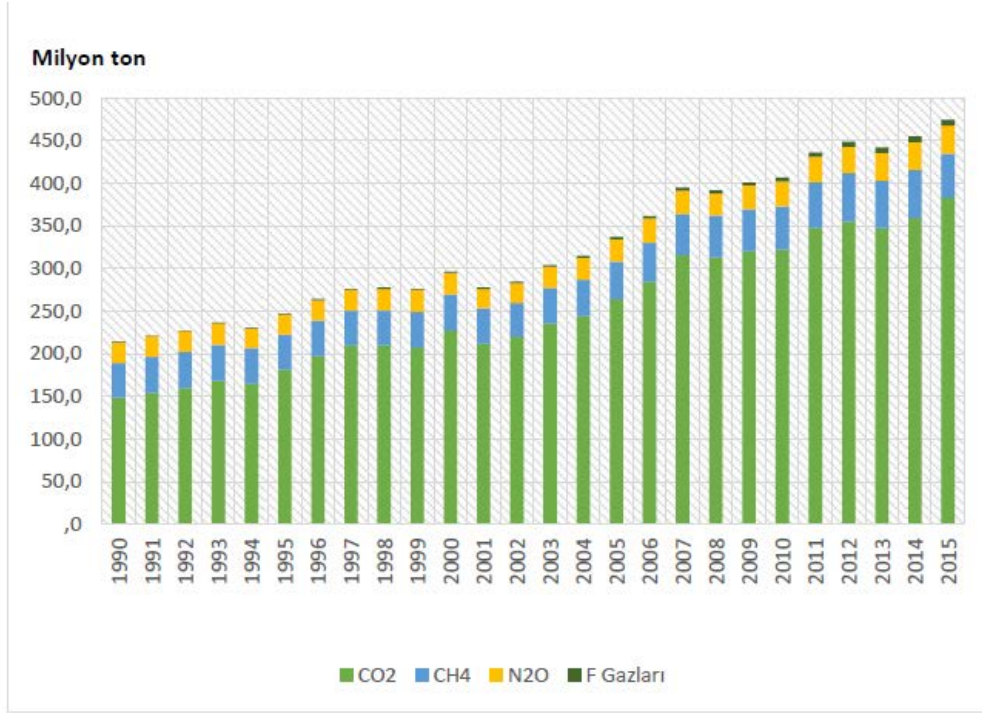
Kaynak: (TÜİK,2017)

2015 yılı için bütün sera gazları içerisinde karbondioksitin payı, %80.7 oranındadır. Karbondioksiti %10,8 ile CH₄, %7 ile N₂O ve %1.5 ile F gazları takip etmektedir (BİLGİÇ, 2017).



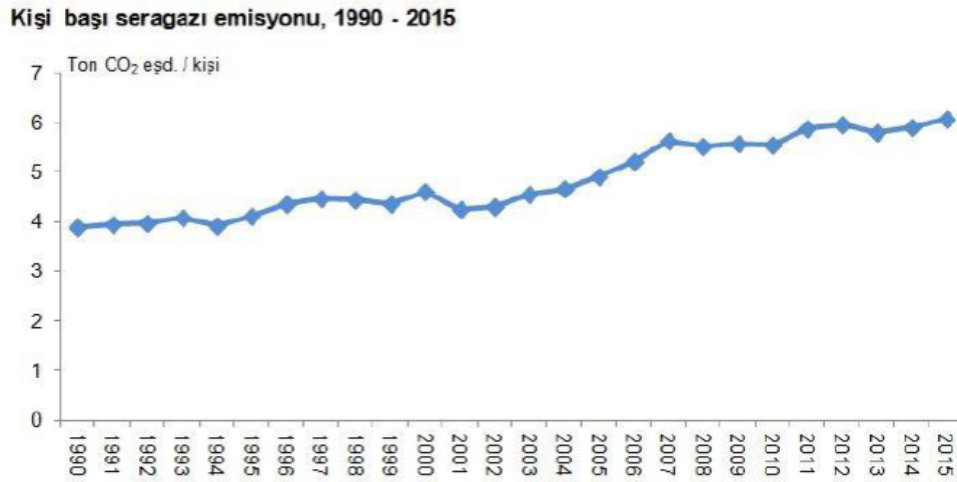
Grafik 17: CO₂ Emisyonlarının Sektörlere Göre Dağılımı

Kaynak: (TÜİK, 2017)



Grafik 18: CO₂ Eşdeğeri Sera Gazı Emisyonları (1990-2015)

Kaynak: (BİLGİÇ, 2017)



Grafik 19: Kişi başı Sera Gazı emisyonu 1990-2015

Kaynak: (TÜİK,2017)

Kişi başına düşen CO₂ emisyon değerinin yıllar içerisinde dalgalanmalar yaptığı görülmektedir. Bu dalgalanmaların sebebi, nüfus artış hızı ile CO₂ emisyon artış hızı arasındaki fark olduğu görülmektedir. Türkiye'nin ulusal CO₂ eşdeğeri, 1990 yılında 207,8 milyon ton olan CO₂ emisyon miktarı, 2014 yılında 467,6 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2015). CO₂ eşdeğeri olarak 2014 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre %125 artış göstermiştir. Grafik 19'da görüldüğü üzere, 1990 yılında kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 3,77 ton/kişi olarak hesaplanırken, bu değer 2014 yılında 6,08 ton/kişi olarak karşımıza çıkmaktadır. 2015 yılında ise toplam 475,1 milyon ton olan CO₂ emisyon miktarı ülke nüfusunun artış hızının CO₂ emisyonu artış hızından az gerçekleşmesi sebebiyle, kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 6,07 ton/kişi olarak karşımıza çıkmaktadır (TÜİK, 2017). 2016 yılında toplam 496 milyon ton CO₂ emisyon değerine bakılarak kişi başı CO₂ eşdeğerinin 6,21 ton/kişi olduğu görülmektedir (TÜİK, 2018).

Tablo XXII: CO₂ Emisyonu Sektörlere göre dağılımı

	1990	2009	2014
Enerji Endüstrisi	27	38	39
Üretim endüstrisi	30	20	19
Ulaştırma	20	17	20
Diğer Faktörler	23	25	22

Kaynak: (TÜİK, 2015)

1990 yılında ulaşım sektöründen kaynaklı CO₂ miktarı 41,5 milyon ton ile toplam CO₂ emisyon dağılımında %20'lik bir paya sahip iken, 2014 yılında 93,5 milyon ton olmasına rağmen, yine toplam CO₂ emisyon dağılımında %20'lik bir paya sahip

olmuştur. Ulaştırma sektöründen kaynaklı emisyon miktarının artmasına rağmen, toplam emisyon oranı içerisinde sabit kaldığı ortadadır.

4.1. CO₂ emisyonlarının doğal çevre ve insan üzerindeki etkileri

Kısaca CO₂ olarak tanımladığımız sera gazı emisyonlarının doğal çevre ve insan üzerindeki etkisi ortaya konulacaktır.

4.1.1. Bitkiler üzerindeki “Ağır Metal Etkisi”: Adana İçel karayolu üzerinden hareket halindeki araçlardan çıkan ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri (miktar olarak) incelenmiştir.

Ağır metaller için ön görülen sınır değer 0.2 mg/kg olması gerekirken ;

- Yola 5 metre uzaklıktaki bitkilerde : 1.85-2.17 mg/kg
- Yola 10 metre uzaklıktaki bitkilerde : 1.8-2.23 mg/kg
- Yola 25 metre uzaklıktaki bitkilerde : 1.9-2.13 mg/kg

Olduğu belirlenmiştir (Enerji Verimliliği Derneği, 2019). Bu veriler ışığında ulaşım sistemlerinde kullanılan yakıtların oluşturduğu CO₂ emisyonunun ve ağır metallerin bitkiler üzerinde oluşturduğu etki, yoldan uzaklaşıldıkça öncelikle artan değerler olarak karşımıza çıkmakta, daha sonra ise yoldan uzaklaşıldıkça azalan değerler karşımıza çıkmaktadır.

4.1.2. Hava, Fosil yakıtların ulaşım sistemlerinde enerji kaynağı olarak kullanılmasıyla birlikte CO₂ emisyonu değeri artmaktadır. Ulaşım Sektöründen Kaynaklanan CO₂ Eşdeğer Emisyonunu gösteren grafik 3’te belirtildiği üzere, 2016 yılı DİAB verilerine göre, 496 milyon ton CO₂ emisyonunun %16,5’i ulaşım sektöründen kaynaklanmaktadır. Ulaştırma sektöründen kaynaklı CO₂ emisyonunun %92,37’si karayolu ulaşımından, %5,23’ü sivil havacılıktan, %1,19’u deniz ulaşımından, %0,46’sı demiryolu ulaşımından ve %0,76’sı boru hatlarından kaynaklanmaktadır. Toplam CO₂ emisyon değerinin 81,8 milyon tonu ulaşım sistemlerinden kaynaklı olarak atmosfere salınmaktadır.

Ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının kontrol edilmesine yönelik olarak Türkiye Ulaşım ve İletişim Stratejisi Belgesi (2011- 2023) ve Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi Belgesinde (2010-2020) bireysel araç kullanımından kaynaklı emisyon artış hızının sınırlandırılması, 2023 yılına kadar alternatif yakıt ve temiz araç kullanımını artırmaya yönelik yasal düzenlemelerin yapılması ve kapasitenin geliştirilmesi gibi hedefler bulunmaktadır (ÇŞB, 2014). Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı CO₂ emisyonlarının azaltılması için, ulaşım sistemlerinde kullanılan fosil yakıtlı araçların yerine kısa sürede alternatif ve temiz yakıt türlerine geçilmesi için çalışmalar yapmaktadır.

4.1.3. Toprak, aynı şekilde bu etki toprak üzerinde de etkili olmaktadır. Bitkilerin yola olan uzaklığa göre ölçülen değerlerinde ortaya konan verilerin toprak üzerindeki etkisi de yola olan mesafeye göre değişim göstermektedir. Toprakta artan ağır metal oranları, toprağın verimini etkilediği kadar, topraktan beslenen bitkilerin gelişim hızlarını yavaşlatmaktadır.

4.1.4. İnsan, Ulaşım sistemlerinde kullanılan yakıtların oluşturduğu CO₂ emisyonunun insan sağlığı açısından ortaya çıkarttığı bazı olumsuzluklar vardır. Bu emisyonlar sağlık yönünden, kardiyovasküler ve solunum yolları rahatsızlıklarına, yaşam kalitesinde azalmaya, bebek ölümlerine, çocuklarda akciğer hastalıklarına, kanser v.b. birçok hastalığa neden olmaktadır (AYDEMİR,2014).

Karbon monoksit (CO) kokusuz ve renksiz bir gaz olan CO çok zehirlidir. Bu gazın kandaki oksijeni taşıma görevine sahip olan hemoglobine bağlanma yeteneği oksijene oranla yaklaşık 200 kere daha fazladır. Bu nedenle CO ortamında bulunan bir kişinin solunum yoluyla aldığı CO, kandaki normal hemoglobini bozar, vücut hücrelerinin oksijen alma olanağını engelleyerek zehirlenmeye ve boğulmaya neden olur (ULUSOY, 2005).

4.1.5. Su, Termik santrallerde buhar üretme, temizleme ve soğutma işlemleri için yüksek miktarda su kullanılması gerekmektedir. Kullanılan suyun sıcaklığı doğal

süreç içerisindeki su sıcaklığından fazla olduğu için, termik santrallerin dışarıya atık olarak gönderdiği su, ilişkide bulunduğu akarsu, nehir göl ya da denize ulaştığında su ekosistemi üzerinde bulunan canlılar ve canlı metabolizması üzerinde hızlandırıcı, katalizleyici, kısıtlayıcı ve öldürücü etkileri bulunduğunu gösteriyor. Sıcaklık aynı zamanda sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden oluyor (GÜNDÖĞAN v.d, 2017). Sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun azalması ile birlikte toplu balık ölümleri karşımıza çıkacak olan bir diğer çevresel etkidir.

Bu çalışmalar kapsamında 12/10/2011 tarihli ve 2011/2304 sayılı kararnameyle elektrikli araçları cazip kılabilmek için uygulanan ÖTV teşvikleri verilmektedir.

24 Eylül 2018 tarihli TEHAD haberine göre, Otomotiv sektöründeki özel tüketim vergisi (ÖTV) matrah limitlerinin yeniden belirlenmesine ilişkin Cumhurbaşkanı kararı, Resmi Gazete’de yayımlandı. Belirlenen yeni ÖTV matrahı limitlerine göre, 1600 cc ve altı araçlar için ÖTV matrahının alt limiti, vergisiz 70 bin liraya kadar otomobillerde yüzde 45, 120 bin liraya kadar olanlarda yüzde 50 oldu (Url 12, 2019). Bu kararla bugünden itibaren matrahı 70 bin TL’yi aşmayan otomobiller için ÖTV yüzde 45 olarak uygulanırken, matrahı 70 bin lirayı aşp 120 bin lirayı aşmayanların ÖTV oranı ise yüzde 50 olacak. Matrahı 120 bin TL’yi aşan 1.6 litre ve altı otomobillerde ise yüzde 60 ÖTV uygulanacak. Matrah limitlerinin artmasıyla ÖTV ve KDV dahil 120 bin TL değerindeki otomobiller en alt dilime, 212 bin 400 TL değerindeki otomobiller ise üst dilime girecek.

Daha önce bu limitler 78 bin TL ile 141 bin TL arasındaydı. 141 bin TL’nin üzerindeki yüzde 60’lık ÖTV dilimine giriyordu. Şimdi 1.6 litre ve altı motora sahip araçlardan sadece 212 bin 400 TL üzerindeki yüzde 60’lık dilime girecek (Url 12, 2019).

Bireysel araç kullanımından kaynaklı emisyon artış hızının sınırlandırılması, 2023 yılına kadar alternatif yakıt ve temiz araç kullanımını artırmaya yönelik yasal düzenlemelerin yapılması ve kapasitenin geliştirilmesi için yapılan bu teşvikler sonucu çevre dostu araçların piyasada sayısının arttığı görülmektedir (Tablo 21).

BEŞİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ULAŞIM SEKTÖRÜNDE ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANILABİLİRLİĞİ

Türkiye’de ulaşım sektöründe, alternatif enerjinin kullanılabilirliğinin çevre sorunları açısından ele alınacağı bu bölüm, 1. Elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynaklarının incelenmesi, 2. Benzin ve Motorinin ulaşım sistemlerinde kullanılmasının çevre sorunları açısından incelenmesi, 3. Ulaşım sistemlerinde kullanılan geleneksel enerji kaynaklarının yerine, elektrik ve hibrid, CNG, hidrojen, biodizel, yakıt hücreli ve yakıt pili gibi doğrudan araçlarda kullanılacak olan alternatif enerji kaynaklarının çevre sorunları üzerine etkisinin incelenmesi şeklinde alt başlıklarla ele alınacaktır.

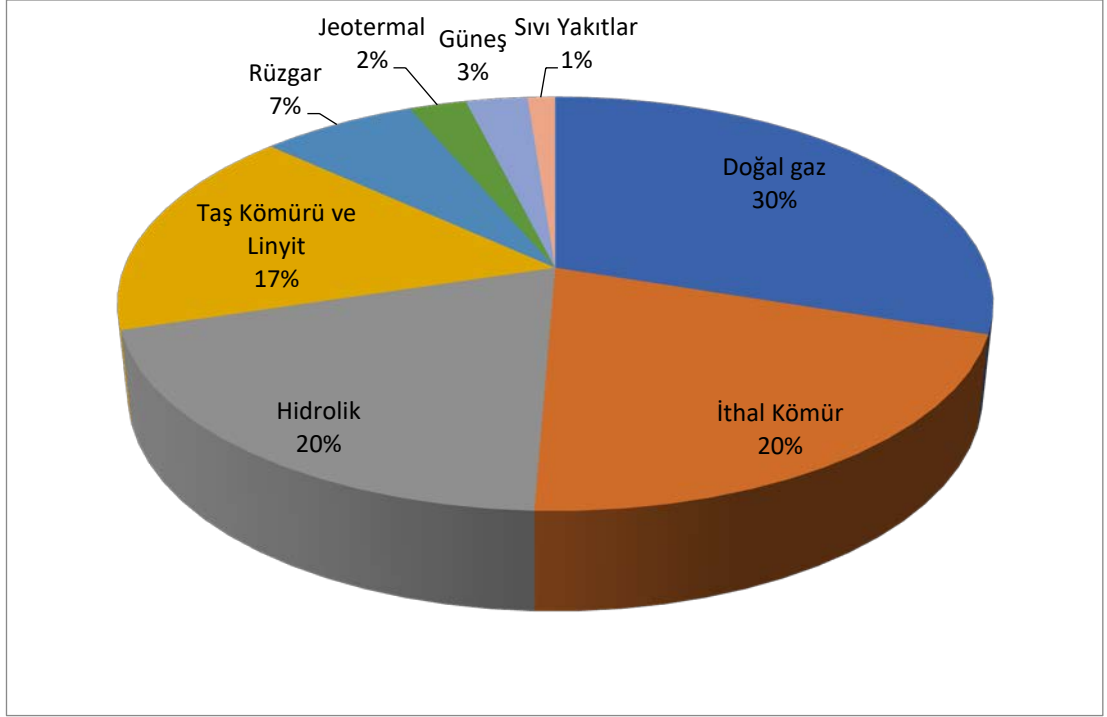
5.1.Elektrik Üretiminde Kullanılan Enerji Kaynaklarının İncelenmesi

Bu bölümde fosil kaynakların elektrik üretiminde kullanılması ile ortaya çıkan sera gazlarının çevreye etkileri ortaya konmaya çalışılacaktır.

Türkiye elektrik enerjisi tüketimi 2018 yılında bir önceki yıla göre %2,2 artarak 303,3 milyar kWh, elektrik üretimi ise bir önceki yıla göre %2,2 oranında artarak 303,9 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrik tüketiminin 2023 yılında yıllık ortalama %4,8 artışla 385 milyar kWh'e ulaşması beklenmektedir (Url 13,2019).

TKİ 2019 verilerine göre, toplam 303,3 kWh olan elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı 112,8 milyar kWh'i kömür, 91,4 milyar kWh'i doğal gaz, 59,6 milyar kWh'i hidrolik, 20,8 milyar kWh'i rüzgâr, 7,6 milyar kWh'i jeotermal, 3,6 milyar kWh'i sıvı yakıtlar ve 8 milyar kWh'i güneş olarak karşımıza çıkmaktadır (Grafik 20). Elektrik üretiminde kullanılan kaynakların %69'u fosil yakıtlardan elde edildiği görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından %31 oranında elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Bugünkü tüketim miktarları ve artış hızının devam etmesi göz önüne alındığında, yeni rezervlerin keşfedilip keşfedilmemesine bağlı olarak fosil yakıtların rezervlerinin gelecek yıllar içerisinde tükenme tehlikesi bulunmaktadır. Bu

sebepten dolayı enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artışı kaçınılmaz olacaktır.



Grafik 20: Türkiye Elektrik Üretimine Kaynaklara Dağılımı

Kaynak: (TKİ, 2019)

Tablo 23'ye bakıldığında, 1 GWh'lik elektrik enerjisi üretimi esnasında atmosfere salınan CO₂ emisyon değerlerinde en büyük payın linyit kömürüne ait olduğu görülmektedir. Linyit kömürünü sırasıyla taş kömürü, ithal kömür, fuel oil ve doğal gaz olmak üzere fosil yakıtların takip ettiği görülür (ÖZCAN, ÖZTÜRK, 2018). 1 GWh elektrik enerjisi üretiminde en az CO₂ emisyon değerleri rüzgâr, güneş, biokütle, hidrolik ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kullanımında karşımıza çıkmaktadır. Farklı yakıt türleri ile elektrik üretim değerleri sonucunda, 153.450 ton CO₂ olan 2018 yılı emisyon değerleri içerisinde linyit, taş kömürü, ithal kömür ve doğal gazın en büyük emisyon kaynağı olduğu görülmektedir.

Tablo XXIII: Farklı Yakıt Türleriyle 1 GWh Elektrik Üretiminde Ortaya Çıkan CO₂ Emisyon Değeriyle 2018 Yılı CO₂ Emisyonu Değeri

	1 GWh Elektrik Üretiminde Ortaya Çıkan CO ₂ (Ton)	2018 Elektrik Üretimi (GWh)	2018 Yılı Elektrik Üretimi CO ₂ Emisyonu (Ton)
Linyit	1.054	50,3	53.016
Taş kömürü	888		& 44.666
İthal Kömür	888	62,5	55.500
Fuel-oil	733	1,6	1.172
Doğal gaz	499	91,4	45.608
Jeotermal	38	7,6	288
Hidrolik	26	59,6	1.549
Biokütle	26	1,6	41
Güneş	23	8,0	184
Rüzgâr	10	20,8	208
Toplam		303,4	153.450

Kaynak: ÖZCAN, ÖZTÜRK, 2018

Tablo XXIV: IPCC Yakıt Türleri Emisyon Karşılaştırması

	IPCC Geçerli Emisyon Faktörü (tCO ₂ /Tj)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Taş kömürü/İthal Kömür	98,3	1,00	1,50
Linyit	101,0	1,00	1,50
Fuel-Oil	77,4	3,00	0,60
Motorin	74,1	3,00	0,60
LPG	63,1	1,00	0,10
Nafta	73,3	3,00	0,60
Doğal gaz	56,1	1,00	0,10

Kaynak: DULKADİROĞLU, 2018 (Toplam CO₂ / Terajoule)

Tablo 24’de Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yayınlanan, çeşitli fosil yakıtlara ait geçerli emisyon faktörleri verilmektedir. Bu faktörler, çeşitli fosil yakıtların yakılmasıyla açığa çıkan sera gazı miktarlarını CO₂ eşdeğeri olarak, birim enerji bazında karşılaştırma olanağı vermektedir ve aynı miktardaki enerji için linyitin doğalgaza göre 2 kata yakın CO₂ emisyonuna neden olduğu, N₂O emisyonunda ise linyitin doğal gaza oranla 15 kat daha fazla emisyonla sahip olduğu görülmektedir.

5.1.1. Kömürle çalışan termik santrallerin çevre sorunları üzerine etkisinin incelenmesi

Ülkemizde, uygulamaya konan Milli Enerji ve Maden Politikası ile enerjide dışa bağımlılığımızı azaltacak ve yerli kaynak kullanımını arttıracak politikaların süratle hayata geçirilmesi hedeflenmektedir. Ülkemiz, hızlı gelişimine paralel olarak, artan enerji ihtiyacını çevreyle uyumlu bir şekilde karşılanması noktasına büyük önem

vermekte ve bu yönde çalışmalarına devam etmektedir. 30.03.2013 tarihli ve 28603 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Elektrik Piyasası Kanunu’nun Geçici 8. Maddesi özelleştirilen ve kamu uhdesinde bulunan termik santrallerin 31.12.2019 tarihine çevre mevzuatında öngörülen gerekli çevre izin ve lisanslarını almaları öngörülmektedir. Bu çerçevede, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği kapsamında 08.06.2019 tarihinde yürürlüğe giren emisyon değerlerine tüm kömür yakıtlı santrallerin uyması gerekecektir.

Bu Yönetmeliğin amacı, sanayi ve enerji üretim tesislerinin faaliyeti sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak; insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumaya; hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermeye ve bu etkilerin ortaya çıkmasını engellemeye ilişkin usul ve esasları belirlemektir.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde belirtilen şekilde: “Bu Yönetmeliğin amacı; hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kriterleri esas alarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır.” • Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde (03.07.2009 tarihli ve 27277 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan) belirtilen şekilde: “Bu Yönetmeliğin amacı, sanayi ve enerji üretim tesislerinin faaliyeti sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak; insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumaya; hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır.” Yukarıda belirtilen HKDYY ile yer seviyesi konsantrasyon ölçümleri ile saptanan, mevcut hava kalitesi sınır (limit) değerlerinin önce 01.01.2014 tarihine kadar

kademeli olarak azaltılması ve o tarihten sonra AB hava kalitesi sınır değerleri artı tolerans değerlerinden başlanarak kademeli bir geçiş ile AB sınır değerlerine uyum sağlanması hedeflenmektedir. Yönetmelikte sınır değerlere ulaşılabacak tarih olarak kükürdioksit saatlik ve 24 saatlik ortalama konsantrasyonu için 01.01.2019, azotdioksit saatlik ve yıllık ortalama konsantrasyonu için 01.01.2024, havada askıda parçacık PM 10 yıllık ve 24 saatlik ortalama konsantrasyonu için 01.01.2019 ve diğer kirleticiler için 01.01.2024'ü geçmemek üzere hedefler belirlenmiştir. Ardından 05.05.2009 tarihli ve 27219 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelikle geçiş dönemi (2009 -2014) için uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerleri ve uyarı eşikleri değiştirilmiştir. HKDYY gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan 09.09.2013 tarihli ve 2013/37 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi (HKDYG) ile yönetmelikte belirtilen hava kalitesi sınır değerlerinin kademeli geçiş takvimi 2013-2019 arası için detaylandırılmış, hava kalitesini değerlendirmek amacıyla belirlenen bölge ve alt bölgeler ilan edilmiştir.

Tablo XXV: Kömür İle Çalışan Termik Santrallerin Tesis Etki Alanında Hava Kalitesi Sınır Değerleri

Parametre	Süre	Birimi	YIL						2024 ve sonrası
			2014	2015	2016	2017	2018	2019- 2023	
SO ₂	Saatlik (bir yılda 24 defadan fazla aşılmaz)	µg/m ³	500	470	440	410	380	350	350
	24 saatlik		250	225	200	175	150	125	125
	UVS		60	60	60	60	60	60	60
	Yıllık ve kış dönemi (1 Ekim-31 Mart)		20	20	20	20	20	20	20
NO ₂	Saatlik (bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	µg/m ³	300	290	280	270	260	250	200
	yıllık		60	56	52	48	44	40*	40
Havada Asılı Partikül Madde	24 saatlik	µg/m ³	100	90	80	70	60	50	50

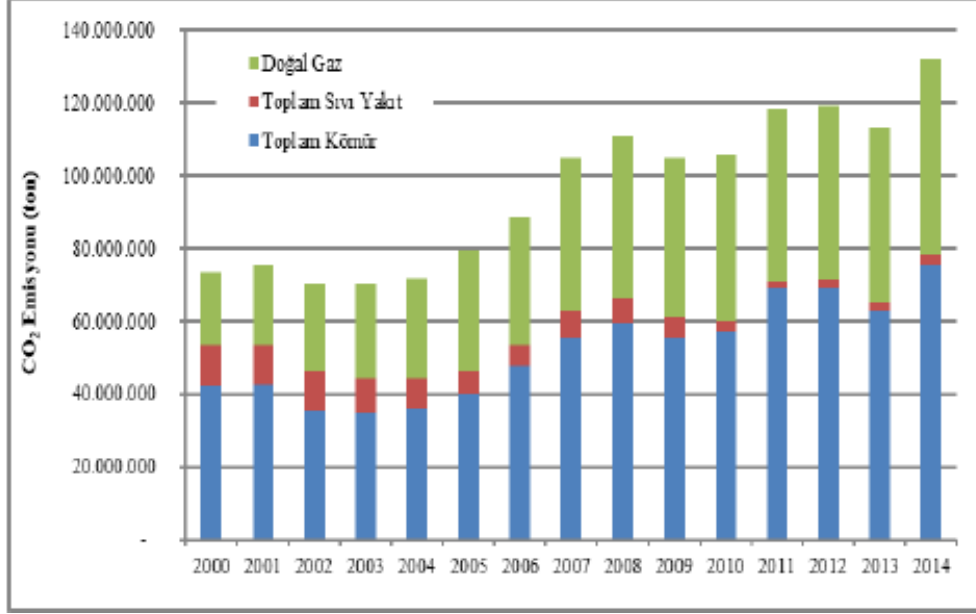
(PM 10)	(bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)								
	Yıllık		60	56	52	48	44	40	40
Pb	Yıllık	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5
CO	maksimum günlük 8 saatlik ortalama	mg/m^3	16	14	12	10	10	10	10
Cd	UVS	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0,02
HCl	KVS	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	150	150	150	150	150	150
	UVS		60	60	60	60	60	60	60
HF	Saatlik	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	30	30	30	30	30	30	30
	KVS		5	5	5	5	5	5	5
H ₂ S	Saatlik	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	100	100	100	100	100	100
	KVS		20	20	20	20	20	20	20
Toplam Organik Bileşikler (karbon cinsinden)	Saatlik	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	280	280	280	280	280	280	280
	KVS		70	70	70	70	70	70	70

Çöken toz		KVS	mg/m ² gün	390	390	390	390	390	390	390
		UVS		210	210	210	210	210	210	210
Çöken tozda	Pb ve bileşikleri	UVS	mg/m ² gün	250	250	250	250	250	250	250
	Cd ve bileşikleri	UVS		3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
	Tl ve bileşikleri	UVS		5	5	5	5	5	5	5

Kaynak: Resmî Gazete Tarihi: 03.07.2009 Resmî Gazete Sayısı: 27277

Bu bağlamda gerek SO₂ gerekse de NO_X limit değerleri için hali hazırda uygulanmakta olan değerlerden daha düşük emisyon değerleri öngörülmektedir. 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun Geçici 8. Maddesine İlişkin Uygulama Yönetmeliği ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yetkililerinden oluşan komisyon çalışmalarına başlamıştır. Bu kapsamda, gerekli çevre izinlerinin alınması ve ileride yürürlüğe girecek daha sıkı emisyon limit değerlerine uyulması amacıyla baca gazı arıtma sistemi bulunmayan santrallere gerekli sistemlerin kurulması ve var olan sistemlerin rehabilitasyonları ilgili komisyon tarafından takip edilmektedir. Bununla birlikte, AB çevre mevzuatına uyum kapsamında, 2010/75/EU sayılı Endüstriyel Emisyonlar Direktifinin mevzuatımıza aktarılması çalışmaları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından sürdürülmektedir. Yeni kurulması planlanan kömür yakıtlı termik santrallerin ileri teknoloji yakma ve arıtma sistemleri ile kurulması öngörülmekte olup, yüksek verimle elektrik üretirken düşük emisyon değerleri ile çalışmaları sağlanacaktır (DEKTMK, 2018).

Türkiye'de fosil yakıtlardan elektrik üretimi nedeniyle atmosfere salınan CO₂ emisyon değerindeki dalgalanmalar, kömürden elektrik üretimi verilerine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Grafik 21). Termik santrallerde kömür kullanımının artışına ve azalışına bağlı olarak, enerji üretimi esnasında doğaya salınan CO₂ emisyon miktarları değişim göstermektedir. Elektrik üretiminde kullanılan sıvı yakıtların oranının neredeyse her geçen yıl azaltılması ile ortaya çıkan elektrik ihtiyacı, doğal gazdan elektrik üretim oranları artırılarak telafi edilmektedir.



Grafik 21: Türkiye’de Fosil Yakıttan Elektrik Üretimi Nedeniyle Atmosfere Salınan CO₂ Emisyonları

Kaynak: (DULKADİROĞLU, 2018)

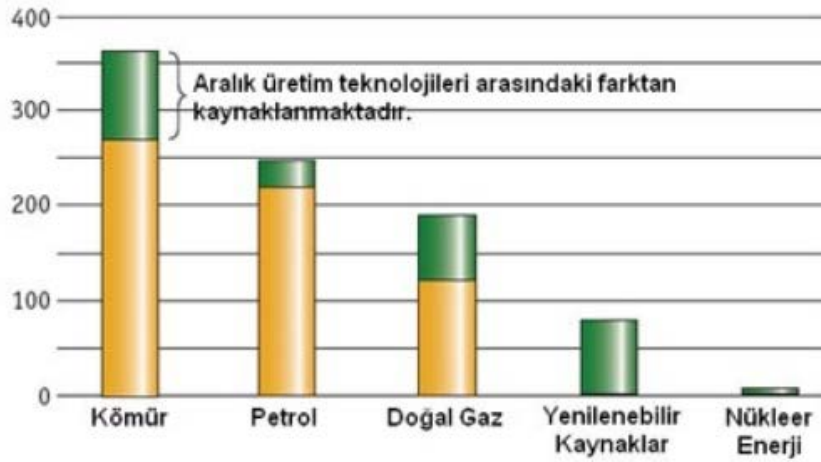
2000 yılı ile 2014 yılı elektrik üretim değerleri karşılaştırıldığında, 77 milyon ton olan CO₂ emisyonunun 132 milyon tona ulaştığı görülmektedir. Kömürden kaynaklı CO₂ emisyonunun yaklaşık %80 oranında artış gösterdiği görülmektedir. Bu artış oranına rağmen toplam CO₂ emisyonu içerisinde kömürün payının neredeyse aynı kalarak %57,3 oranında sabit kaldığı görülmektedir (DULKADİROĞLU, 2018). 2000’li yıllarda yaklaşık olarak 41 milyon ton olan kömürden kaynaklı CO₂ oranı 2014 yılında yaklaşık olarak 77 milyon tona yükseldiği görülmektedir. Kömürden elektrik üreten termik santrallerin üretim miktarlarının artırılması CO₂ emisyonu değerlerinin sürekli atmasına sebep olmaktadır (Grafik 21).

Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığının 2015-2019 Stratejik Planını incelendiğinde, enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için yerli kaynakların kullanılmasının teşvik edilmesi ve bulunan yeni linyit rezervlerin elektrik üretiminde kullanılması planlanmaktadır. Bu durum elektrik üretiminde CO₂ emisyon değerlerinin artacağına beklentisini ortaya çıkartmaktadır. Gelişmekte olan bir ülke durumunda

bulunmamıza ve her geçen yıl artan enerji talebinin karşılanma isteğine bağlı olarak, enerji kaynaklarında dışa bağımlılığı azaltmaya yönelik yapılan bu strateji planı, Kyoto Protokollerinde belirlenen 1990 yılı emisyon değerlerine ulaşmayı imkansız kılmaktadır.

Hali hazırda işletmede bulunan 42 adet kömürle çalışan termik santrale ilave olarak; yapım aşamasında 3 adet, lisansı alınmış 4 adet ve lisans başvuru aşamasında 14 adet olmak üzere toplamda 21 adet kömürle çalışan termik santral bulunmaktadır (Url 15, 2019).

Termik santrallerde yakıtın yanması sonucu oluşan ve atmosfere verilen başlıca kirletici emisyonlar; karbondioksit (CO₂), karbonmonoksit (CO), azot oksitler (NO_x), uçucu organik bileşikler (UOC), kükürt dioksit (SO₂), metan (CH₄) vb gazlar ve partikül maddelerdir (Kır, 2008). Kömürün, termik santrallerde kullanılması, taşınması, atıklarının depolanması gibi tüm süreçlerinde çevresel kirlilikler ve riskler oluşturmaktadır.



Grafik 22: Farklı Enerji Üretim Yöntemlerinden Kaynaklanan Sera Gazı Salınım Değerleri (Carbon eşd/kWh)

Kaynak: (IAEA, 2019)

Grafik 22’de görüldüğü üzere, 2019 yılı IAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı) verilerine göre kömürün termik santrallerde kullanılarak enerji üretimi sırasında kaynaklanan sera gazı salınım değerlerinde, en büyük üretici durumunda olduğu görülmektedir. Üretim teknolojileri arasındaki farkı da göz önüne aldığımızda, sera gazı salınımında kömürün payının daha da arttığı görülmektedir.

Hava kirliliğinden bebekler, çocuklar, hamile kadınlar, yaşlılar ve solunum hastalıkları olanlar daha kolay etkilenmektedir. Termik santrallerin oluşturduğu hava kirliliği, termik santralinin bulunduğu bölgenin yeryüzü şekilleri ve hakim rüzgar yönüne bağlı olarak çok geniş sahalarda etkili olabilmektedir. Bu durumda etki alanı büyüyen termik santrallerin oluşturduğu hava kirliliği çok sayıda insana zarar verebilmektedir. Azotoksitlerin etkili olduğu alanlarda solunum güçlüğü şikâyetleri ve uzun süreli maruz kalınma durumunda ise akciğerlerde ciddi sorunlara sebep olabilmektedir. Atmosfere salınan partikül maddeler bronşite ve damar rahatsızlıklarına neden olmaktadır.

Karbonmonoksit, kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşınmasını aksattığı bilinmektedir. Bununla birlikte kükürdioksit (SO₂)’in, üst solunum yollarında keskin, boğucu ve tahriş edici etkileri vardır. Özellikle duman akciğerden alveollere kadar girerek olumsuz etki yapmaktadır. Kronik kalp hastalığı olan kişilerin hastalıklarının alevlenmesinde artış, kanser insidansında artış ve erken ölüm insidansında artışa neden olmaktadır (Url 16, 2019).

Kömürü yakıt olarak kullanan termik santrallerde enerji üretimi için, buhar üretme, temizleme ve soğutma işlemleri için yüksek miktarda su kullanılması gerekmektedir. Termik santrallerde enerji üretimi esnasında yüksek sıcaklığa sahip buhar üretilmekte ve kullanılmaktadır. Buhar elde etmek için ısıtılan suyun, işlem sonrası tekrar su kaynağına gönderilmesi ile su ekosisteminde 85. ve 86. sayfada belirtilen olumsuzluklar görülmektedir.

Kömürü yakıt olarak kullanan termik santrallerin elektrik üretimi esnasında doğaya salınan SO₂ ve NO_x gazları asit yağmurlarının oluşumunda önemli etkiye sahiptir. Asit yağmurları ile bitkilerin zarar görmesinin yanı sıra tarihi yapılar ve taş yapıtlar da olumsuz etkilenmektedir.

Asit yağmurunun toprağa düşmesi sonucu toprağın asiditesi artar ve bu kuvvetli asidik çözeltiler topraktaki Ca⁺⁺, Mg⁺, K⁺ gibi minerallerin kaybına neden olur. Bu mineraller ağaçların büyümesi ve kendilerini yenilemeleri için yaşamsal öneme sahiptirler. Toprakta PH %5' in altına düşerse toprak sıvısı içinde alüminyum ve ağır metallerin konsantrasyonu artar. Kurak mevsimlerde topraktaki nemin azalması sonucu bu maddeler iyice yoğunlaşır ve bitki kökleri için öldürücü etki gösterirler. Ayrıca kloroplastlarda biriken SO₂ yaprağın fotosentez yapmasını engeller ve bu yolla da ağaca zarar verir. Tüm bunların sonucunda ağaçların yeşil sürgünleri gelişmeyip kurumakta, yaprakları dökülmekte, çiçek ve meyve vermemektedir (Url 17, 2019).

Termik santral küllerinin toplandığı alanda (kül depolarında) oluşan Radon gazı (Ra₂₂₂) havaya ulaşmaktadır. Bu küllerin üzeri toprakla örtülse dahi toprağın gözeneklerinden geçen Ra₂₂₂ havaya karışır. Ra₂₂₂ 3,8 günlük bir süre içinde Polonyum'a (Po₂₁₀) ve aktif kurşuna (Pb₂₁₀) dönüşebilmektedir. Bu nedenle kül yığınları çevreye radyoaktivite yayar. Bacadan atılan maddelerin içinde belki de en önemlisi, linyitte bulunan ve yanma ile açığa çıkarak etrafa yayılan uranyumdur. Küllerdeki uranyum da ayrı bir sorun yaratmaktadır (TÜRK TABİPLER BİRLİĞİ, 2000). Türk Tabipler Birliğinin de dikkat çektiği, termik santrallerin bacalarından atılan maddelerin içinde bulunan radyoaktif maddeler, atmosfere ulaşması durumunda çok geniş sahalar üzerinde etkili olabilmektedir. Santralden çıkan küllerin depolanması, çevre kirliliğinin önlenmesi açısından son derece önem taşımaktadır.

Kömür kullanan termik santrallerin oluşturduğu bir diğer çevre sorunu ise cıva kirliliğidir. Santrallerde kömür yanarken 200C⁰ de buharlaşan cıva 600–700C⁰ de HgO formuna dönüşmektedir. Santral bacasından çıkan uçucu küllerin rüzgâr

etkisiyle çevreye dağılması ile civa kirliliği çok geniş sahalara ulaşabilmektedir (USLU, GÖKMEŞE, 2009).

Metil civa organik yapısıyla kana karışıp özellikle hamileleri, fetüsü, bebekleri ve küçük yaştaki çocukların sağlığını çok ciddi biçimde tehdit etmektedir. Organik formda olduğundan vücutta birikmeye, beyin hücrelerini tahrip etmeye, hafızada bozukluğa, kaslarda eşgüdüm kaybına, böbreklerde birikime ve hatta bebeklerin özürlü doğmasına sebep olmaktadır (USLU, GÖKMEŞE, 2009).

5.1.2. Doğal gazdan elektrik üreten termik santrallerin çevre sorunları üzerine etkisinin incelenmesi

Doğal gazdan elektrik üreten termik santrallerin çevre sorunları açısından ele alındığında, diğer fosil kökenli elektrik üretimi tesisleri ile karşılaştırıldığında, birçok yönden çevreye olumlu katkısının olduğu söylenebilir. Doğal gaz kombine çevrim sistemi kömürle çalışan elektrik santrallerinin aksine hiç katı atık üretmez. Ayrıca doğal gaz kullanımı ile birim kWh elektrik üretiminde daha az SO_x ve NO_x salınımına neden olur.

2000 yılı ile 2014 yılı elektrik üretim değerleri karşılaştırıldığında, doğal gazdan kaynaklı CO₂ emisyonunun 21 milyon tondan 57 milyon tona çıktığı ve yaklaşık olarak %271 oranında artış gösterdiği görülmektedir. Bu artış oranı ile birlikte elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynaklarının oluşturduğu toplam CO₂ emisyonu içerisinde doğal gazın payının son 15 yıl içerisinde sürekli artarak yaklaşık %42'in üzerine çıktığı görülmektedir (Grafik 21). Bu artışın sebepleri olarak, gelişmişliğe paralel olarak ortaya çıkan artan enerjinin karşılanması ve elektrik üretiminde kullanılan sıvı yakıt miktarının azaltılmasına bağlı olarak artan doğal gaz kullanımı olduğu görülmektedir.

Doğal gaz ile elektrik üreten termik santrallerde meydana gelecek başlıca kirlenmeler, azot oksit, kükürt dioksit, karbon monoksit ve partiküller olacaktır. 08.06.2010 tarihli

ve 27605 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren Büyük Yakma Tesisleri Yönetmeliği ile birlikte, doğal gaz termik santrallerinin emisyon değerlerinin azaltılması sağlanmaya çalışılmıştır (HAMİTABAT ELEKTRİK ÜRETİM VE TİCARET A.Ş., 2014).

5.2. Benzin Ve Motorinin Ulaşım Sistemlerinde Kullanılmasının Çevre Sorunları Açısından İncelenmesi

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, günlük benzin tüketimi ortalama 8 milyon litre ve günlük motorin tüketimi miktarı ortalama 57,3 milyon litre olarak gerçekleşmektedir (Tablo 26). 1 litre benzinin otomobillerde yakılmasıyla birlikte atmosfere salınan CO₂ miktarı yaklaşık olarak 2.300 gram olurken bu da günlük yaklaşık 18.400 ton olarak gerçekleşmektedir. 1 litre motorinin otomobillerde yakılmasıyla birlikte atmosfere salınan CO₂ miktarı yaklaşık olarak 2770 gram olurken buda günlük yaklaşık 158.910 ton olarak karşımıza çıkar (Url 18, 2019). Bu oranlar ortaya konularak benzin kullanımının aylık CO₂ emisyon miktarı ise 552.000 tona ve yıllık CO₂ emisyon miktarı ise 6.716.000 tona denk gelmektedir. Motorin kullanımının aylık CO₂ emisyon miktarı ise 4.833.000 tona ve yıllık CO₂ emisyon miktarı ise 57.998.000 tona denk gelmektedir. Benzin ve dizel kullanımının birlikte oluşturduğu CO₂ emisyon miktarı yıllık yaklaşık 65 milyon ton olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo XXVI: Türkiye'nin Günlük Enerji Tüketimi

		27.05.2018	28.05.2018	29.05.2018	30.05.2018	31.05.2018	01.06.2018	02.06.2018	Ort.
Motorin Türleri	Litre	58.619.206	58.152.065	56.165.771	56.555.047	56.182.701	63.306.290	52.950.684	57.370.252
Benzin Türleri	Litre	7.384.495	7.636.458	7.349.856	7.568.295	8.968.065	7.822.412	9.290.195	8.002.825

Kaynak: (EİGM, 2018)

Egzoz kaynaklı kirleticiler iki grupta toplanabilir. Bunlardan birincisi; benzinli araçların egzoz gazlarından çıkan yanmamış hidrokarbonlar (HC), karbon monoksit (CO), azot oksitleri (NO_x) ve kurşundur. İkincisi ise; dizel araçların egzoz gazlarından çıkan; partiküller madde, yanmamış hidrokarbonlar (HC), karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x) ve kükürt dioksittir. Dizel motorlar, benzinli araçlara göre daha az CO ve HC emisyonları vermektedir. Ancak, dizel araçlar da SO₂ ve NO_x emisyonlarını daha fazla atmosfere vermektedir (ULUSOY, 2005).

CO ortamında bulunan bir kişinin solunum yoluyla aldığı CO, kandaki normal hemoglobini bozar, vücut hücrelerinin oksijen alma olanağını engelleyerek zehirlenmeye ve boğulmaya neden olur. Yani CO solunması, akciğerlerden vücut dokularına oksijen taşınmasını bozar (ULUSOY, 2005).

Motordan egzoz gazları ile birlikte atmosfere atılan yanmamış veya kısmen yanmış hidrokarbonlar genellikle kötü kokulu ve tahriş edici maddelerdir. Bu tür hidrokarbonlar arasında parafinler ve olefinler solunum yollarındaki mukozayı (iç deriyi) tahriş edici ve bayıltıcı etkileri de bulunmaktadır (ULUSOY, 2005).

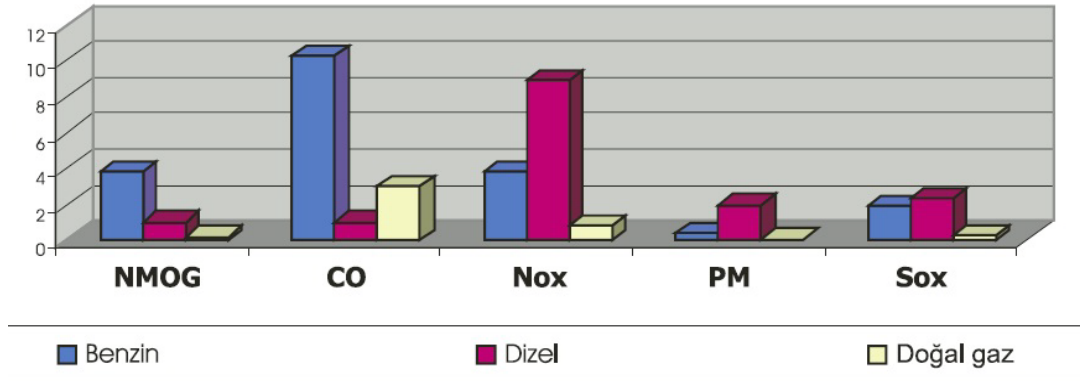
Kömür, çok eskiye dayanan kullanımıyla dikkat çekmektedir. Bu enerji kaynağının çıkarılmasında kullanılan çeşitli kimyasallar ile çıkarılan kömürün kullanıma hazır hale getirilmesinde yapılacak yıkama işlemleri suya, toprağa dolayısıyla çevreye doğrudan zarar vermektedir. En büyük zarar ise, tarım alanlarının ve suların kirlenmesi sonucu, insanın beslenmesi ve sağlığının olumsuz etkilenmesidir (DOĞAN, 2011).

Azot oksitlerin en önemli zehirleyici etkisi ciğerlerde nemle birleşerek nitrik asit oluşturmasıdır. Oluşan asit miktarının konsantrasyonunun azlığı nedeniyle etkisi de az olmaktadır. Ancak zamanla birikim özelliği bulunduğundan özellikle solunum hastalıkları bulunan kişiler için tehlike yaratmaktadır (ULUSOY, 2005).

Azot oksitler ayrıca kimyasal sis oluşumunu etkilemektedir. Atmosferde bulunan su ile (yağmur, sis vb.) birleşerek nitrik asit oluşumuna neden olurlar. Böylece atmosferde asit yağmuru olayını meydana getirirler ve bitki örtüsüne zarar verirler (ULUSOY, 2005).

Dizel yakıt kullanan araçların egzozundaki kötü kokulu, gözleri ve solunum sistemini tahriş edici etkinin önemli kaynağı formaldehittir.

Renksiz, sert kokulu bir gaz olan SO_2 , solunum yolları, akciğer ve karaciğer hastalıklarına neden olmaktadır. Ayrıca su buharı ile birleşerek oluşturduğu sülfürik asidin insan sağlığı ve bitki örtüsü üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır (ULUSOY, 2005).



Grafik 23: Farklı Yakıt Türleri İçin Emisyon Karşılaştırması (kg/ton)

Kaynak: (Url 19, 2019)

Grafik 23'e göre, ulaşım sistemlerinde kullanılan farklı yakıt türlerinin çevreye yaydıkları kirleticilerin oranları eşit değildir. Örneğin; NMOG(Metan Dışı Organik Gaz) salınımı benzinli araçlarda, dizel yakıtlı araçlara oranla 3 kata kadar daha fazla olmakla birlikte, doğal gaz yakıtlı araçlara oranla en az 6 kata kadar daha fazla olmaktadır. CO salınımında da benzinli araçlarda, dizel yakıtlı araçlara oranlara 10

kata kadar daha fazla olmakla birlikte, doğal gaz yakıtlı araçlara oranla 3 kata kadar daha fazla olmaktadır. NO_x(Azot Oksit) salınımında dizel yakıtlı araçlarda, benzinli araçlara oranla 2 kata kadar daha fazla olmakla birlikte, doğal gaz yakıtlı araçlara oranla 8kata kadar daha fazla olmaktadır. PM(Partikül Madde) salınımında dizel yakıtlı araçlarda, benzinli araçlara oranlara 4 kata kadar daha fazla olmakla birlikte, doğal gaz yakıtlı araçlara oranlara en az 8 kat daha fazla olmaktadır. SO_x (Sülfür Oksit) salınımı dizel yakıt kullanan araçlarda ve benzinli araçlarda yaklaşık olarak aynı miktarda gerçekleşmekle birlikte, doğal gaz yakıtlı araçlara oranla en az 7 kata kadar daha fazla olmaktadır.

Tablo XXVII: Yakıt türlerinin CO₂ emisyon karşılaştırması

	Benzin	Dizel	LPG
Renault	209,5 CO ₂ gr/km	182,5 CO ₂ gr/km	154 CO ₂ gr/km

Kaynak: Url 34, 2019

Tablo 27’de Türkiye’de en çok satılan araç markası olan Renault’un farklı yakıt türleri kullanımında ortaya çıkan CO₂ emisyon değerlerine bakıldığında, benzin kullanımının CO₂ emisyon değerlerinde en büyük paya sahip olduğu görülmekle birlikte, dizel yakıtlı araçlarında LPG’li araçlara oranlara daha fazla emisyon değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

5.3. Ulaşım Sistemlerinde Kullanılan Geleneksel Enerji Kaynaklarının Yerine Kullanılabilecek Kaynakların Çevre Sorunları Açısından Değerlendirilmesi

Bu bölümde ulaşım sistemlerinde kullanılan konvansiyonel enerji kaynaklarının yerine doğrudan kullanılabilecek olan, elektrik, hibrid, CNG, hidrojen, biodizel, yakıt hücresi ve yakıt pilli motorlar gibi alternatif kaynakların kullanımının çevre sorunları üzerine etkisi incelenecektir.

5.3.1. Elektrikli ve hibrid motorlu araçların çevre sorunları üzerine etkisi

Elektrikli hibrid motorlu araçların %100 elektrikli versiyonları ulaşım sistemlerinde benzin, LPG ve dizel yerine kullanılsaydı, toplam 467,6 milyon ton olan CO₂

emisyon değerinin %23'ünün ulaşımdan kaynaklandığı göz önüne alınarak, yıllık 107,5 Milyon ton CO₂ atmosfere salınmamış olacaktı. CO₂ salınımındaki bu azalış oranı kişi başı CO₂ salınımını % 23 oranında azaltacak bir gelişme olarak karşımıza çıkacaktır. Elektrikli araçların kullanımının ortaya çıkardığı CO₂ salınımı miktarındaki azalma sera gazı miktarını azaltacak, küresel ısınmanın tetikçisi olarak görülen CO₂ miktarında belirgin azalma olacaktır. Çevresel sorunların en başında küresel ısınma sorunun ortadan kaldırılması için ciddi bir çalışma olan elektrikli araçların kullanımı doğrudan ve dolaylı yollardan evre sorunları üzerinde de olumlu sonuçlar doğuracaktır.

Elektrik motorları içten yanmalı motorların aksine mekaniksel gürültüye ve titreşim problemlerine sahip değildir (GÜRBÜZ vd., 2016). Elektrikli ve hibrid motorlu araçların ulaşım sistemlerinde kullanımının artışına bağlı olarak, ulaşım sistemlerinde akaryakıtlı motorlardan kaynaklı, en yüksek ses seviyesi olan 82 db değerinin hibrid bir araç olan 2012 Tesla Model S modelinde 62 db'e gerileyerek gürültü kirliliği de azaltılmış olacaktır.

Hibrid araçların hem geleneksel enerji kaynağı olan benzin ile hem de elektrik ile çalışmasından kaynaklı atmosfere yapılan CO₂ salınımı sıfır değildir. Hibrid araçların ilk çalıştırılması anında ve elektrik motorunun devreye gireceği ana kadar olan süreçte kullanılan geleneksel enerji kaynağının sebep olduğu CO₂ salınımı mevcuttur. Özellikle arazi koşullarındaki engebenin artışı ve buna bağlı olarak eğimin arttığı yerlerde elektrik motoru yerine geleneksel enerji kaynağına geçen araçlarda CO₂ salınımı olmaktadır. Bu CO₂ emisyon değerleri, geleneksel enerji kaynakları ile yola çıkan ve Türkiye'nin 2018 yılı verilerine göre en çok satan Renault Megane Sedan modelinin 96-142 g/km olan CO₂ emisyon değerinin altında kalacağı aşıkardır (Url 20,2019). Kyoto Protokolleri kapsamında, 1. Taahhüt dönemi:2008-2012 arası dönem için 1990 seviyesine göre sera gazı emisyonlarında %5 oranında azaltım beklenmektedir. 2.Taahhüt dönemi: 2013-2020 dönem için 1990 seviyesine göre sera gazı emisyonlarında %18 oranında azaltım beklenmektedir (evre ve Orman Bakanlığı, 2008). CO₂ emisyon değerlerinin azalmasıyla birlikte

Kyoto Protokollerinde hedeflenen CO₂ salınım değerlerine ulaşmak için önemli bir adım atılmış olacaktır.

Solunum rahatsızlığı çeken bireyler, yola yakınlığından dolayı bünyesine CO² ve diğer zararlı gazları alan bitkiler ve onları doğrudan ya da dolaylı olarak tüketen tüm canlılar bundan olumlu yönde etkilenecektir.

Elektrikli ve hibrid motorlu araçların otomobil sektörü içerisindeki günümüz durumuna bakıldığında, yıllık otomobil satışları içerisinde %1'lik paya sahip olduğu görülmektedir. Bu satış oranları ve yaygınlaşma hızı ile yakın gelecekte otomobil pazarında büyük paya sahip olabileceği beklenmemekle birlikte, uzun vadede çevreci araçların ulaşım sistemlerinde kullanılmasının teşvik edilmesi ile elektrik motorlu araçların sayısının artması beklenmektedir.

Elektrik motorlu araçların elektrik ihtiyacını şebeke hattından sağlaması ya da dolun tesislerinden sağlaması durumunda, elektriğin üretilmesi sırasında kullanılan enerji kaynağının önemi artmaktadır. CO₂ emisyon değerleri açısından %100 temiz olan elektrik motorlu araçların kullandıkları elektrik üretiminin %67,05'i kömür ve doğal gazdan üretilmektedir. Bu durumda elektrikli araçların enerji kaynağının üretiminde kullanılan fosil yakıtlar dolaylı olarak elektrikli araçların CO₂ emisyonuna olumsuz etki yapmaktadır. Tez çalışmasının bu bölümünde alternatif enerji kaynakları kullanılarak elektrik üretilmesi ile birlikte ortaya çıkan CO₂ emisyon değerleri ve bu emisyon değerlerinin çevre sorunları açısından karşılaştırılması yapılacaktır.

5.3.1.1.Hidroelektrik enerjisi ile elektrik üretiminin elektrikli araçlarda kullanımının çevre sorunları üzerine etkisi

Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan hidroelektrik enerji, Türkiye elektrik enerjisi üretiminde 641 adet kayıtlı santral sayısı ve yıllık yaklaşık 73.842 GWh ile toplam elektrik üretimi içerisinde %24,69'luk bir paya sahiptir (Url 21,2019).

Karayolu ulaşımında kullanılan benzin ve motorin gibi geleneksel enerji kaynaklarının oluşturduğu yıllık 73 milyon ton CO₂ emisyonunu ve bu emisyonun

ortaya çıkarttığı çevresel sorunları ortadan kaldırmak, ortadan kaldırmak mümkün değilse de azaltmak için hidroelektrik enerji potansiyelinin kullanımının artırılması gerektiren nedenlerden sadece birisidir.

Hidroelektrik enerji üretilirken doğaya CO₂ salınımı olmadığı gibi termik santrallerden kaynaklı karbon monoksit, azot oksitler, uçucu organik bileşikler, kükürt dioksitler, metan gibi gaz ve partiküllerin atmosfer salınımı da olmayacaktır.

2018 yılı EİGM verilerine göre, elektrikli motorların karayolu ulaşımında kullanımının %100 olması durumunda benzin ve motorinden kaynaklı CO₂ emisyonu değerinin azaltılmasının yanı sıra, elektriğin üretilmesinde de hidroelektrik enerjinin kullanılmasıyla doğal gazdan kaynaklanan yaklaşık 60 milyon ton ve kömürden kaynaklanan 77 milyon ton CO₂ emisyonunun daha salınımının önüne geçilmesi mümkündür. Fosil kaynaklardan enerji üretimi esnasında ortaya çıkan çevre sorunlarının azaltılmasında hidroelektrik enerji potansiyelinin kullanılması son derece önemlidir.

Sayfa 72’te belirtildiği üzere, ulaşım sistemlerinden kaynaklı petrol ithalatımız 22,4 milyar dolar olarak gerçekleştiği düşünüldüğünde, hidroelektrik enerji santrallerinin çevresel avantajları yanında ekonomik olarak yararları olacaktır.

5.3.1.2. Rüzgâr enerjisi ile elektrik üretiminin elektrikli araçlarda kullanımının çevre sorunları üzerine etkisi

Şekil 2’ye bakıldığında, Türkiye’deki rüzgâr enerjisi potansiyeli, rüzgârın hızına ve rüzgâr sürekliliğine bağlı olarak bölgeler arasında farklılık göstermektedir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından Türkiye’nin rüzgâr potansiyelini belirlemek amacıyla bir çalışma yapılmış ve çalışma sonucunda Türkiye’de elektrik üretebilecek rüzgâr enerjisi potansiyeli rüzgâr hızı 7,0 m/sn üzeri değerlere göre hesaplandığında 10.463 MW deniz, 37.386 MW kara olmak üzere toplam 47.849 MW olarak belirlenmiştir (YEGM, 2019). Rüzgâr hızının 7m/s üzerinde olduğu ve enerji üretimine mümkün olan arazilerimizin oranı toplam arazi alanında %1,3’e denk geldiği görülmektedir. Rüzgâr hızının 7,0 m/sn altında olduğu değerlere göre

bakıldığında, toplam arazi alanının %2,27 ve kurulu güç potansiyeli 83. 906 MW olduğu görülmektedir. Türkiye toplam kurulu güç rüzgâr enerjisi potansiyeli 131.756 MW olarak karşımıza çıkmaktadır (Tablo 18).

Türkiye'nin 2018 yılı elektrik üretim miktarı içerisinde, 3.097 adet türbin ile rüzgâr enerjisinden elektrik üretim oranı % 6,18 olduğu görülmektedir (Url 22, 2019). Ülkemizde benzin ve motorin kullanan araçların tamamının elektrik ile çalışan motorlara dönüştürülmesi ile ortaya çıkacak olan elektrik ihtiyacının, günümüz koşullarında rüzgâr enerjisinden karşılanması beklenmemektedir. Rüzgâr enerjisi potansiyelinin teorik olarak %30'unun kullanılabilirliği düşünüldüğünde, 7,0 m/s üzeri potansiyelimiz $47.849/100*30=14.354$ MW, günlük $24*14.354=344.512$ MW ve yılın 365 günü kullanımının gerçekleşmesi durumunda $365*344.512=125.746.880$ MW elektrik üretimi gerçekleştirilebilir. Yıllık elektrik tüketim oranının 2018 yılında 300.000.000 MW olduğu göz önüne alındığında, rüzgar enerjisinden elde edilebilecek teorik enerji miktarımızın tamamının kullanılması durumunda toplam elektrik tüketiminin yaklaşık 1/3'i karşılanacağı karşımıza çıkmaktadır. Bu gelişmelere bağlı olarak fosil yakıtlardan elektrik üretim ihtiyacı azalacak ve fosil yakıtlardan elektrik üretmek için atmosfere salınan CO₂ oranında azalmalar meydana gelecektir.

5.3.1.3. Jeotermal enerji ile elektrik üretiminin elektrikli araçlarda kullanımının çevre sorunları üzerine etkisi

Türkiye'de bulunan 39 adet jeotermal enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 1.028 MW'dır. Yıllık elektrik üretim miktarı ise 7.775 GWh olarak gerçekleşmiştir (Url 23, 2019). Türkiye'nin yıllık elektrik üretim miktarı içerisinde, jeotermal enerjisinden elektrik üretim oranı %1,77 olduğu görülmektedir. Ülkemizde benzin ve motorin kullanan araçların tamamının elektrik ile çalışan motorlara dönüştürülmesiyle ortaya çıkacak olan elektrik ihtiyacının, günümüz koşullarında jeotermal enerjisinden karşılanması beklenmemektedir. Fakat jeotermal enerjisinden elektrik üretim oranları artışına bağlı olarak fosil yakıtlardan elektrik üretim ihtiyacı azalacak ve fosil

yakıtlardan elektrik üretmek için atmosfere salınan CO₂ oranında azalmalar meydana gelecektir.

Jeotermal enerjiden elektrik üretme aşamasında CO₂ emisyon salınımı açısından avantajlı olmasına karşın, sondaj sürecinde ekosistemin bozulması, su ve toprağın kirlenmesi, H₂S emisyonu ve az miktarda CO₂ emisyonu gibi çevresel sorunlara sebep olmaktadır (BADRUK, 2001). Fiili kullanılabilir teknik kapasite ise 4.809 MWs olarak hesaplanmaktadır. Kurulu gücümüzün 1.028 MW olduğu göz önüne alındığında, jeotermal enerji potansiyelimizin %21,3'ünün kullanıldığı görülmektedir. Jeotermal enerji potansiyelimizin sadece %10'luk kısmı elektrik enerjisi üretimi için uygundur ve kurulu güç üretiminin toplam elektrik enerjisi üretimindeki %1,99'luk payı göz önüne alındığında, jeotermal enerjisinin yenilebilir kaynak olmasına rağmen, yakın gelecekte tek başına alternatif bir enerji kaynağı olmayacağı görülmektedir.

5.3.1.4. Nükleer enerji ile elektrik üretiminin elektrikli araçlarda kullanımının çevre sorunları üzerine etkisi

Türkiye'nin inşaat aşamasında olan Mersin Akkuyu ve henüz inşasına başlanmayan Sinop'ta olmak üzere 2 adet nükleer enerji santrali yapılması planlanmaktadır. Üçüncü bir santral için çeşitli bölgelerde fizibilite çalışmaları yapılmaktadır. Santrallerden beklenen tahmini enerji üretimleri Akkuyu için 4800 MW ve Sinop için 4400 MW kapasitededir. Sadece Akkuyu santralinin tam kapasitede çalışması ile elektrik üretiminin yaklaşık %9'unu karşılayacağı beklenmektedir (Url 18, 2019).

Nükleer enerji santralleri, uranyum gibi radyoaktif maddeler aracılığıyla enerji üretimi sırasında çevreye CO₂ ve SO₂ salınımlarına ve kül oluşumuna neden olmamaktadır (Grafik 22). Nükleer santrallerde nükleer güvenlik prensipleri projenin bütün aşamalarında dikkate alınmakta ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından projenin bütün ömrü boyunca denetim altında tutulmaktadır (Url 24,2019). Gelişen teknoloji ve güvenlik teknolojilerinin kullanımıyla birlikte nükleer tesisler

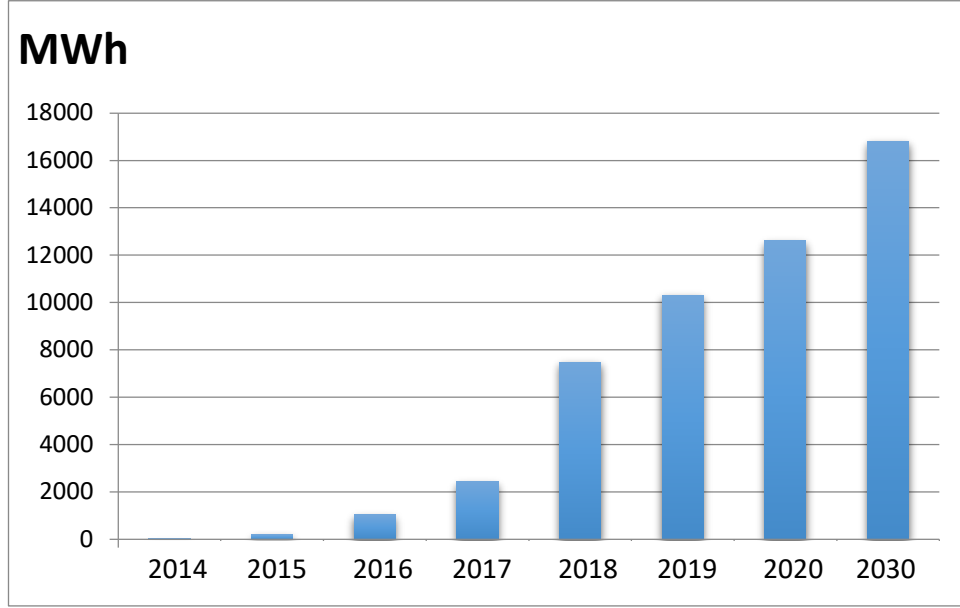
elektrik üretimi süresince herhangi bir kaza olmadığı durumda çevreye zararsız tesisler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Nükleer enerji santrallerinden elde edilen yüksek enerji miktarının yanı sıra fosil kaynaklardan enerji üretimi sırasında atmosfere salınan sera gazı emisyonları açısından kömür, petrol ve doğal gazla çok daha fazla çevreci bir enerji üretim yöntemi olması sebebiyle, elektrik enerjisi üretimi konusunda fosil yakıtlara karşı gerçek ve uygulanabilir bir alternatif enerji kaynağı olduğunu ortadadır. Grafik 22’de görüldüğü üzere, fosil yakıtların kullanılarak enerji üretimi sürecinde kullanılan teknolojik farklılıklar da sera gazı emisyon değerleri üzerinde etkiye sahiptir.

5.3.1.5. Güneş enerjisi ile elektrik üretiminin elektrikli araçlarda kullanımının çevre sorunları üzerine etkisi

Türkiye’de bulunan 5.868 adet Güneş Enerji Santrallerinin toplam kurulu gücü 5.063 MW’dır. Bu santrallerin 2018 yılı elektrik üretim miktarı ise yaklaşık 7.477,3 GWh olarak gerçekleşmiştir (Url 25, 2019). Güneş enerjisine yatırımların bugünkü hızıyla devam etmesi durumunda 2030 yılında tahmini olarak 11.500 GWh elektrik üretimi güneş enerjisinden elde edilecektir. Türkiye’nin yıllık elektrik üretim miktarı 2018 yılı içerisinde, güneş enerjisinden yararlanma oranı %2,64 olduğu görülmektedir. Ülkemizde benzin ve motorin kullanan araçların tamamının elektrik ile çalışan motorlara dönüştürülmesiyle ortaya çıkacak olan elektrik ihtiyacının, günümüz koşullarında güneş enerjisinden karşılanması beklenmemektedir. Fakat güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisinin 2014 yılında 17 GWh olan miktarı 2017 yılında 2429 GWh’e, 2018 yılında ise 7.477 GWh’e ulaşmıştır (Grafik 24). 5 yıl gibi kısa bir sürede artış oranının %43.982 olduğu görülmektedir. Güneş enerjisine yapılan yatırımların ve bu artış oranının devamlılığı sağlandığında, 2020 yılında 12.200 GWh, 2030 yılında ise 16.200 GWh üretim miktarına ulaşması beklenmektedir. Bu gelişmeler ışığında fosil kökenli enerji kaynakları ve ulaşım sistemlerinde kullanılan benzin ve motorinin atmosfere saldığı CO₂ emisyon değerlerinin azalacağı beklenmektedir. Günümüz koşullarında güneşten elektrik üretiminin ulaşım sistemlerinden kaynaklı CO₂ emisyon miktarını azaltmak

için tek başına alternatif bir enerji kaynağı olmadığı görülmektedir. Fakat gelecek yıllarda CO₂ emisyonunun azaltılması için kullanılacak alternatif enerji kaynakları içerisinde güneş enerjisinin olacağı beklenmektedir.



Grafik 24: Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi (yıllık / MWh)

Kaynak: (Url 26, 2019)

Bu veriler ışığında elektrik üretiminde hidroelektrik enerjinin, rüzgar enerjisinin, jeotermal enerjinin, nükleer enerjinin ve güneş enerjisinin elektrik üretiminde kullanıldığında ve ulaşım sistemlerinde elektrik motorlu araçlarla desteklendiğinde, dolaylı olarak yıllık doğal gazdan elektrik üretimi esnasında 60 milyon ton, kömür kullanımıyla 77 milyon ton, benzin ve motorin kullanımından kaynaklı 73 milyon ton CO₂ emisyon değerinin, bir başka ifadeyle toplam olarak 210 milyon ton CO₂ emisyonunun tamamının ya da bu emisyon değerinin bir kısmının atmosfere salınımının engellenmesi mümkündür. CO₂ emisyon değerlerinin azalmasıyla birlikte küresel ısınmanın önlenmesine büyük oranda katkı sağlanmış olacaktır. Fosil yakıtların kullanımından kaynaklı sorunların ortadan tamamen kaldırılması mümkün

olmamakla birlikte, azaltılmasıyla çevresel sorunların çözülmesinde önemli bir adım atılmış olacaktır. %100 elektrikli motorların toplam ulaşım sistemlerinde içerisindeki payının artışına bağlı olarak sayfa 65’de belirtilen Kyoto Protokolleri CO₂ emisyon değerlerinin sağlanacağı gibi çevresel açıdan beklenen olumlu gelişmeler ortaya çıkacaktır.

5.3.2. Yakıt hücreli ve yakıt pilli araçların çevre sorunları üzerine etkisi

Yakıt hücresine sahip bir motoru çevre sorunları açısından ele aldığımızda, motordan sadece su buharı çıkışı olduğu için, ulaşım sistemlerinden kaynaklı CO₂ emisyon miktarları sıfırlanabilecektir.

Türkiye’de ulaşım sistemlerinde Yakıt Hücreli Motorların kullanılmadığı düşünüldüğünde, CO₂ emisyonu açısından tercih edilebilir bir tür olmakla birlikte gerçekçi bir hedef olmadığı ortadadır. Çevre sorunları açısından CO₂ emisyonunun ortaya çıkarttığı sorunları ortadan kaldırmak için alternatif enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir.

5.3.3. Sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) yakıtlı araçların çevre sorunları üzerine etkisi

Doğal gazla çalışan taşıtların çoğu Super Ultra Düşük Emisyonlu Taşıt (SULEV) standardını karşılamakta, geriye kalan kısmı ise Ultra Düşük Emisyonlu Taşıt (ULEV) standardını karşılamakta ve emisyon değerlerinde sıfır emisyon değerlerine neredeyse ulaşmakta olduğu için elektrikli araçlardan bile daha temiz emisyon değerlerine sahiptir.

Sıkıştırılmış Doğal Gazın (CNG) ulaşım sistemlerinde kullanılan enerji kaynağı olarak kullanılması ile ulaşım kaynaklı çevre sorunlarının bir kısmı azalacaktır. CNG’nin yüksek oktan sayısı motorun sessiz çalışmasını ve gürültü kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Araç depolarına doldurulma esnasında benzin gibi buharlaşmaya maruz kalmadığı için başta benzinlik çalışanlarına ve çevresindeki

yaşam alanında çevre kirliliği oluşturmamaktadır. Bünyesinde kükürt olmadığından yanma sonrasında insan sağlığı ve çevreye zararlı gaz salınımı geleneksel enerji türlerine oranla daha az olmaktadır (Duvarcı, 2015). Araçlarda CNG kullanımının geleneksel enerji türlerine oranla karşılaştırıldığı tablo 24'te görüldüğü üzere, sera etkisi yapıcı gazlar üzerindeki etkisi dizel, benzin ve LPG yakıtlı araçlara oranla daha azdır.

Tablo XXVIII: CNG Yakıtlı Araçların Sera Etkisi Yapıcı Gazlar Üzerindeki Avantajları

Sera Etkisi Yapıcı Gazlar	Yakıt türlerine göre avantaj miktarları	
CH ₄ , N ₂ O, F	Dizele göre %22	Benzine göre %29
CO ₂	Benzine göre %25	LPG'ye göre %12
NO _x	Dizele göre %70	Benzin ve LPG'ye göre %30
CO	%90	
NMOG	%87	

Kaynak: Duvarcı, 2015.

Doğal gaz Kullanan Araçlar Birliği Avrupa ayağının yaptığı hayat boyu değerlendirmeye göre yakıt olarak doğal gaz kullanan araçlar benzinli araçlara göre %23, dizel araçlara göre ise %7 ile %17 arasında daha az karbon salınımı gerçekleştirmektedir (TDDBD, 2016).

2020 yılı sonuna kadar Dünyada 70 milyon adet yakıtı doğal gaz olan araç olması beklenmektedir (Duvarcı, 2015). 2018 yılı itibariyle ülkemizde 27 CNG dolum tesisi bulunmaktadır. Ülkemizdeki CNG'li araç sayısı ise 4000 civarındadır(URL 27, 2019). Bu sayı toplam araç sayısı içerisinde CNG'li araçların %1'e dahi ulaşmadığının göstergesidir.

Benzinli araçların LPG ve CNG sistemlerine dönüştürülmesi mümkündür. CNG sistemlerinin dönüşmesindeki en büyük engel, aynı büyüklükteki depolarla CNG ile

ancak LPG'nin 3'te 1'i kadar mesafe yapılabilmesi görülmektedir (Duvarcı, 2015). Tek depo ile alınabilecek mesafe konusunda LPG'nin açık ara gerisinde kalan CNG'nin ulaşım sistemlerinde kullanımının zamanla artacağı fakat depolama sistemlerinin geliştirilmesine bağlı olarak ancak piyasada etkin bir paya sahip olacağı tahmin edilmektedir.

5.3.4. Hidrojenli araçların çevre sorunları üzerindeki etkileri

Enerji kaynağı olarak hidrojen kullanımı günümüz koşullarında en temiz enerji kaynağıdır. Hidrojen ile oksijenin tepkimeye girmesi nedeniyle sadece su buharı açığa çıkmaktadır. İçten yanmalı motorlarda ortaya çıkan kirletici egzoz gazları arasında genellikle azot oksitler, karbon monoksit ve hidrokarbonlar bulunur. Ancak hidrojenin oksijen ile yanması sonucunda, yakıtta karbon bulunmaması nedeniyle yanma ürünleri arasında CO₂ ve HC(hidrokarbon) mevcut olmayacak, sadece motorun yağlama yağının yanması nedeniyle oluşan HC'lar egzoz gazları arasında bulunacaktır (ULUSOY, 2005). Çevresel etkileri açısından göz önüne alındığında benzin ve motorine oranla çok temiz olan bir alternatif yakıt türüdür.

Hidrojen yakıtlı araçların Türkiye'de kullanımının olmadığı düşünüldüğünde, kısa vadede ulaşımında etkin rol oynayan bir alternatif yakıt olamayacağı ortadadır. Bu nedenle ulaşım sistemlerinde farklı alternatif enerji kaynakları kullanılması gerekecektir.

5.3.5. Biyodizel kullanan araçların çevre sorunları üzerindeki etkileri

Biyodizel(biyomotorin) kolza (kanola) , ayçiçeği, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların veya hayvansal yağların bir katalizatör eşliğinde alkol ile reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür (Url 28, 2019).

Tablo XXIX: CNG Yakıtlı Araçların Sera Etkisi Yapıcı Gazlar Üzerindeki Avantajları

Dizel yakıtlı araçlara göre avantaj miktarları	Sera Etkisi Yapıcı Gazlar
	CO %15
	CO ₂ %78
	HC %27
	PM %22

Kaynak: POLAT, 2011

Tablo 29'a göre, biyomotorinin ulaşım sistemlerinde kullanılmasıyla birlikte, ulaşım sistemlerinden kaynaklı çevre sorunlarının dizel yakıt kullanımına oranla daha az olacağı ortadadır.

Biyomotorinin, dizel motorlarında herhangi bir değişime gerek duymadan kullanılabilirliği bulunmaktadır. Bu kullanım kolaylığı biyodizelin kısa vadede enerji kaynağı olarak tercih edilebilirliğini artıracak niteliktedir.

Avrupa Birliği'nde çevre kirliliğini azaltmak için uygulamaya alınan EURO 3 standartlarına göre, zararsız yakıtlar sınıfına alınan biyomotorin ülkemiz tarafında da kabul edilmiş ve TSE tarafından TS-4236 ve TS-5648 numaralı standartlar olarak uygulamaya konulmuştur.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun(EPDK) yayınladığı tebliğ ile 1 Ocak 2018'den itibaren motorine zorunlu olarak binde 5 biyodizel harmanlama düzenlemesini getirmiştir. Bu düzenlemede belirtilen binde 5 biyodizel harmanlama oranının kademeli olarak artırılması ve CO₂ salınımının azaltılması beklenmektedir. Biyodizel yakıtın ulaşım sistemlerinde %100 temiz enerji olarak karşımıza çıkmayı ve biyodizel yakıt üretim miktarlarının toplam enerji miktarına ulaşmasının kısa vadede mümkün olmaması dolayısıyla, günümüz koşullarında ulaşım sistemlerinde kullanılacak alternatif enerji kaynağı olamayacağı, fakat fosil yakıtların kullanımının azaltılmasında yapılan girişimler listesinde olacağı düşünülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç

Küresel CO₂ emisyonu sektörel dağılımına bakıldığında %41 oranında Isı ve Elektrik üretimi birinci olarak karşımıza çıkarken %22 oranında Ulaştırma Sektörü ikinci olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel Isınma ve çevre sorunlarına dikkat çeken ve Dünyanın 175 ülkesinin kabul ettiği, aynı zamanda Türkiye'nin taraf olduğu Kyoto Protokolü yükümlülüklerinin yanı sıra, Avrupa Birliği Uyum Süreci çalışmalarındaki çevre yükümlülükleri artık bir zorunluluk olmaktan ziyade, gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakmak kaygısı ön plana çıkmaktadır. AB'ye tam üyelik sürecinde Türkiye'nin hazırlamış olduğu AB Müktesebatının Üstlenilmesine ilişkin "Türkiye Ulusal Programı'nın" "Çevre" ana başlığı altındaki "Hava Kalitesi" alt başlığında, kısa ve orta vadeli yükümlülükler arasında sera gazı salınımlarının azaltılması ve hava kalitesi yönetimi için programların geliştirilmesi planlanmaktadır. Ulaşım sistemlerinde enerji kaynağı olarak kullanılan benzin, motorin ve LPG gibi fosil yakıtların sebep olduğu çevresel sorunların ortadan kaldırılması için ulaşım sistemlerinde kullanılabilirliği olan hibrid, elektrik, hidrojen, doğal gaz, biyodizel gibi çevreye daha az zarar veren alternatif enerji kaynaklarının etkileri incelenmiştir. Ulaşım sistemlerinde kullanılan konvansiyonel enerji kaynaklarının emisyon değerleriyle alternatif enerji kaynaklarının emisyon değerleri karşılaştırılmış ve çevre sorunları üzerindeki muhtemel etkileri ortaya konulmuştur.

Ülkemizde ulaşım sistemlerinde kullanılan benzin ve türevlerinin 2018 yılı EİGM verilerine göre, sera gazı emisyonuna etkisi yaklaşık 73 milyon ton CO₂ olarak karşımıza çıkmaktadır. Her ne kadar ham petrol ithalat fiyatları 2002 yılından itibaren gizlenmekte de olsa, petrol ithalatı yaklaşık 22,4 milyar dolar olarak gerçekleşmektedir. Ulaşım sistemlerinde kullanılan benzin ve türevlerinin çevresel boyutlarının yanı sıra ulusal ekonomi üzerinde de etkisi büyüktür. Özellikle yıllık motorin kullanımının sera gazı emisyon değerleri üzerindeki etkisinin 65,7 milyon ton CO₂ olduğu düşünüldüğünde, motorin kullanan araçların çevre üzerindeki

olumsuz etkilerine daha kısa sürede ve daha etkili çözümler sunulması gerekliliği ortadadır. Bu konuda Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun yayınladığı tebliğ ile 1 Ocak 2018'den itibaren motorine zorunlu olarak binde 5 biyodizel harmanlama düzenlemesinin getirilmesinin nedenli doğru bir karar olduğu ortadadır.

Grafik 23'ten elde edilen sonuçlara göre, farklı yakıt türlerinin emisyon karşılaştırmasında NMOG ve CO emisyon değerlerinde benzin kullanan araçların, NOx, PM ve SOx emisyon değerlerinde ise dizel yakıtlı araçların toplam sera gazı emisyon değerlerine daha fazla sebep oldukları görülmektedir.

Hibrid araçların melez bir yapıda olması iki farklı enerji kaynağının bir arada kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Bu ikili enerji kaynağı tercih durumunda benzin + elektrik yada dizel + elektrik kombinasyonu uygulanabilir. Emisyon değerlerinin düşük olması sebebiyle benzin + elektrik kombinasyonu şuan için hibrid elektrik piyasasının tercih ettiği durumdur. Elektrik + dizel kombinasyonunun tercih edilmeme sebepleri arasında, elektrik motorlarının da, dizel motorlarının da düşük devirleri güçlü olması karşımıza çıkar. Benzinli + elektrikli kombinasyonda ise, düşük süratlerde elektrik motoru kuvvetli ve ekonomik bir çekiş sağlarken, sürat yükseldikçe "Atkinson döngülü/çevrimli" benzinli motor ekonomik bir sürüş sağlar. Ayrıca, dizel + elektrikli daha fazla araç ağırlığı, yakıt tüketimini olumsuz etkiler. Son olarak, dizel-elektrikli bir hibrid araç hem dizel motorun, hem de hibrid aksamın ilave maliyeti düşünüldüğünde ekonomik açıdan rasyonel olmaması tercih edilebilirliği etkilemektedir.

CO₂ emisyon değerleri açısından %100 temiz olan elektrik motorlu araçların, ulaşım sistemlerinde 2018 verilerine göre toplam araç sayısı içerisinde %1 bile değildir. Elektrik motorlu araçların oranının artırılmasıyla birlikte benzin ve türevlerinden kaynaklı yıllık yaklaşık 73 milyon ton CO₂ emisyonunun önüne geçilebilecektir. Ulaşım sistemlerinde kullanılan araçların elektrik motorlu araçlara dönüştürülmesi mümkün olsa bile sera gazı emisyon değerlerinin %100 temiz olması, ülke elektrik

üretimini hangi kaynaklardan elde edildiğine bağlıdır. 2018 yılı verilerine göre ülkemizde elektrik üretiminin yaklaşık 2/3'sinin fosil kaynaklardan üretiliyor olması, ulaşım sistemlerinde CO₂ emisyon değerleri açısından %100 temiz emisyon değerlerinin şuan için ulaşılamaz bir hedef olduğunu ortaya koymaktadır. Elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynaklarında yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarının her geçen gün artarak devam etmesi umut verici bir gelişme olarak karşımıza çıkmakla birlikte, Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığının 2015-2019 Stratejik Planını içerisinde yer alan, Milli Enerji ve Maden Politikasıyla enerjide dışa bağımlılığı azaltmak adına özellikle linyit kömüründe yerli kaynakların kullanımının yaygınlaştırılmak istenmesi, kömürün elektrik üretimindeki payını artırmakta ve sera gazı emisyon değerlerinin artarak devam etmesine sebep olmaktadır.

Alternatif enerji kaynaklarının ulaşım sistemlerinde kullanılmasıyla birlikte azalan sera gazı emisyon değerleri; insanlar üzerinde, kardiyovasküler ve solunum yolları rahatsızlıkları, yaşam kalitesinde azalma, bebek ölümleri, çocuklarda akciğer hastalıkları, kanser v.b. birçok hastalığın ortaya çıkış sıklığını azaltacaktır. Bitki ve toprak üzerinde, ağır metal miktarında azalmaya ve buna bağlı olarak bitkilerin gelişimin hızına etki edecek, toprak içerisindeki ağır metal miktarının azalmasına bağlı olarak, sağlıklı ürünler yetiştirilmesi için uygun ortam hazırlanmış olacaktır. Özellikle termik santraller çevresinde ki su kaynaklarına doğal süreç içerisindeki sıcaklığından daha fazla sıcak su salınımına bağlı olarak ortaya çıkan ekosistem üzerindeki olumsuz etkisi azalacaktır.

Ulaşım sistemlerinde kullanılan konvansiyonel enerji kaynaklarının atmosfere salınan emisyonlar (CO₂, SO_x, NO_x, H₂S, HC, PM vb.) açısından ele alındığı, toprak ve bitkiler üzerindeki etkisinin incelendiği, insan sağlığı üzerinde oluşturduğu olumsuzlukların ortaya konulduğu, alternatif enerji kaynaklarının ulaşım sistemlerinde kullanılabilirliği ve alternatif enerji kaynaklarının ulaşım sistemlerinde

kullanılabilmesi durumunda ortaya çıkacak çevre sorunları üzerindeki olumlu etkisi ortaya konulmuştur.

Tez çalışmasında ulaşım sistemlerinde kullanılacak alternatif enerji sistemlerinin çevre sorunları üzerindeki etkisi incelenirken, özellikle elektrik motorlu sistemler ve hibrid sistemler üzerinde durulmuştur. Elektrik motorlu sistemlerin ve hibrid sistemlerin etkisinin veri temininin mümkün olması ve Türkiye’de yaygınlaşmasının devlet tarafından teşvik edilmesi tercih sebebi olmuştur.

Elektrikli araçlar %100 temiz emisyon değerleri sebebiyle, ulaşım sistemlerinden kaynaklı çevre sorunlarını azaltmakta kullanılabilir alternatif enerji kaynakları arasında en hızlı gelişen sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat elektrikli araçların enerji ihtiyacını karşılayacağı elektrik üretiminin başta linyit olmak üzere fosil yakıtlardan elde edilmesi, 1 GWh enerji için yaklaşık 1.054 ton CO₂ emisyon değerlerine ulaşılması, elektrikli araçları %100 temiz emisyon değerlerinden uzaklaştırmaktadır. Bu sebeple elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının desteklenmesi gerekmektedir. Ülkemizde kullanımı yaygınlaşmamış ya da henüz hiç kullanılmayan diğer alternatif enerji kaynaklarının ulaşım sistemleri üzerindeki etkisi incelenirken, yeterli veri elde edilememiş ve çalışma bu kısımlarda yüzeysel karşılaştırmalar içerisinde kalmıştır.

Çalışma genel olarak değerlendirildiğinde, ulaşım sektöründe alternatif enerji kaynaklarının kullanımının umut vadetmediği sonucu çıkartılabilir. Bu sebeple ulaşım sistemlerinden kaynaklanan çevre sorunlarının azaltılabilmesi için dizel yakıt kullanan araçlara sınırlama getirilmesi ve benzinle çalışan araçların desteklenmesi hemen bugün sonuç alınmasına katkı sağlayacak bir düzenleme yapılabilir. Hatta şuan için kullanımı toplam kullanım içerisinde %0,01 civarında olan CNG yakıtlı araçların kullanımının teşviklerle desteklenmesi, hem dizel yakıtlı araçlara hem de benzinli araçlara oranla daha temiz olması sebebiyle, ulaşım kaynaklı emisyon değerlerinin daha kısa vadede azalmasına sebep olacaktır.

Öneriler

Ulaşım sektöründe çevre sorunları açısından alternatif enerji kaynaklarının kullanımının kısa vadede umut vadetmediği sonucu çıkartılabilir. Bu sebeple kısa vadede çevre sorunlarının azaltılabilmesi için ulaşım sistemlerinde dizel yakıt kullanan araçlara sınırlama getirilmesi, sıfır dizel araçların kademeli olarak satışlarının azaltılması gerekmektedir.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun (EPDK) yayınladığı tebliğ ile 1 Ocak 2018'den itibaren motorine zorunlu olarak binde 5 biyodizel harmanlama düzenlemesinin, çevre sorunları açısından incelendiğinde çok doğru bir karar olduğu ve biyodizel harmanlama miktarının kısa süre içerisinde artırılması gerekmektedir.

Dizel yakıtlı araç sayılarının azaltılması için, benzin ve LPG yakıtlı araçların hem satış hem de yakıt fiyatları konusunda teşvikler verilmesi gerekmektedir.

Uzun vadede umut vadeden alternatif enerji kaynağı olarak görülen doğal gaz yakıtlı araçların depolama sorunlarının çözülmesine bağlı olarak, CNG kullanımının teşviklerle desteklenmesi gerekmektedir.

Fosil yakıtlardan elektrik enerjisi üretim miktarlarının azaltılmasına bağlı olarak, elektrik motorlu araçların teşviklerle desteklenmesi gerekmektedir.

Tez çalışması sonucunda, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumuna, Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına ve Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığına, ulaşım sistemlerinden kaynaklı CO₂ emisyon değerlerini azaltmak için yukarıda bahsedilen öneriler sunulmuştur.

KAYNAKÇA

- AKOVA, İ. (2008).** Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Ankara, Türkiye: Nobel Yayınları.
- Araştırma Planlama Ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı İstatistik Ve Araştırma Müdürlüğü. (2017).** *Elektrik Üretim Sektör Raporu*. Elektrik Üretim Anonim Şirketi.
- GÜNDOĞAN, A. (2017).** *Linyit Yanmaz! Yakar!* İstanbul.
- AYDEMİR, T. (2014, MART).** Elektrikli Araçların Çevresel Etkilerinin Ve Yakıt Avantajlarının İncelenmesi. Ankara, TÜRKİYE.
- BADRUK, M. (2015).** Jeotermal Enerji Uygulamalarında Çevre Sorunları., (s. 345-358).
- BAŞARAN, A. S. (2010).** Sürdürülebilir Enerji Ve Çevre Anlayışına Dayalı Piyasa Mekanizmaları. Ankara, TÜRKİYE.
- BAYTAR, İ. (2014).** Van'da Ulaşım Sistemleri Ve Ulaşım Sistemlerinin Tarihi Gelişimi. Van, TÜRKİYE.
- BİLGİÇ, E. (2017).** İklim Değişikliği İle Mücadelede Emisyon Ticareti Ve Türkiye Uygulaması. ANKARA.
- BİLGİÇ, E. (2017, TEMMUZ).** İklim Değişikliği İle Mücadelede Emisyon Ticareti Ve Türkiye Uygulaması. ANKARA.
- ÇETİN, B., BARIŞ, S., & SAROĞLU, S. (2011, Güz).** Türkiye'de Karayollarının Gelişimine Tarihsel Bakış. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, s. 123-150.
- DOĞAN, M. (2011).** Enerji Kullanımının Coğrafi Çevre Üzerindeki Etkileri, Marmara Coğrafya Dergisi, s. 36-52.
- DOĞANAY, H. (2011).** Türkiye Ekonomik Coğrafyası, Pegem Akademi, Ankara
- DULKADİROĞLU, H. (2018).** Türkiye'de Elektrik Üretiminin Sera Gazı Emisyonları Açısından İncelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 67-74.
- DUVARCI, M. M. (2015).** *Araçlarda Doğalgaz Kullanımı*. Kocaeli: Kocaeli Büyükşehir Belediyesi.

- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Çevre Çalışma Grubu. (2018, Şubat).**
Kömür Yakıtlı Santrallerden Kaynaklanan Emisyonlar Üzerine Bir Değerlendirme.
- ELEKTRİK ÜRETİM ANONİM ŞİRKETİ. (2018).** *Elektrik Üretimi Sektör Raporu.*
- ENERJİ VERİMLİLİĞİ DERNEĞİ . (2015).** <http://www.enver.org.tr/tr/icerik/ulasim/15>.
3 10, 2019 tarihinde <http://www.enver.org.tr>:
<http://www.enver.org.tr/tr/icerik/ulasim/15>
- GÖÇER, K. (2016).** Osmanlı'dan Cumhuriyet'e Ulaşım Ve Servet-İ Fünûn Dergisi Ulaşım Bibliyografyası. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 149-205.
- GÜNEŞ, S. (2012).** Türk Toplumunu ve Otomobil. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 213-320.
- GÜRSOY, C. (1974).** Türkiye'nin Tabii Yolları. *Türk Coğrafya Dergisi*, 24-33.
- HAMİTABAT ELEKTRİK ÜRETİM VE TİCARET A.Ş. (2014).** *Hamitabat Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali Yenileme Projesi Çevresel Etki Değerlendirmesi.* Ankara.
- İbrahim BAZ, D. A. (2018).** *Şırnak Enerji Ve Maden Potansiyeli .* Şırnak: Eğitim Yayınevi.
- İbrahim USLU, F. G. (2009).** Termik Santral Kaynaklı Cıva Kirliliği. *Türk Bilim Araştırma Vakfı Bilim Dergisi*, 10-13.
- İZMİR TİCARET ODASI. (2008).** *Türkiye'de Ulaştırma Sektörünün Genel Görünümü ve Sorunları.* İzmir.
- KALKINMA BANKASI ÇEVRE YÖNETİM KOMİTESİ. (2018).** *Türkiye Kalkınma Bankası Kurumsal Sera Gazı Envanteri Ve Raporu.* Ankara.
- KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ. (2014).** *Dün, Bugün, Yarın.*
- KINAV, E. (2007).** Hidrojenin Ulaşımında Yakıt Olarak Kullanılması: Hibrit Elektrikli Şehir İçi Kişisel Ulaşım Aracı Konsepti. İstanbul, TÜRKİYE.
- Mustafa ÖZCAN, S. Ö. (2018).** Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Üretimi kaynaklı Sera Gazı Emisyonunda Beklenen Değişimler ve Karbon Vergisi Uygulaması . Kocaeli.
- POLAT, Ö. G. (2011).** Alternatif Motorlar ve Yakıtlar. Çorum.

RENAULT. (2019). *Renault MEGANE Sedan.*

RENAULT. (2019). *Renault Zoe Şehir İle Aranızdaki Elektrik!*

Sinan ARSLAN, M. D. (2001). *Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli.*

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu. (2018). *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu.*

T.C. ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI. (2003/2017). *İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik Ve Haberleşme.*

TOYOTA HYBRID. (2019). *Adım Adım TOYOTA Hybrid.*

TÜİK. (2017). *Ulusal Sera Gazı Emisyon Değerleri.*

TÜRK TABİPLERİ BİRLİĞİ. (2000). *Türk Tabipleri Birliği Yatağan'da Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesi Raporu. Ankara.*

TÜRKİYE DOĞALGAZ DAĞITICILARI BİRLİĞİ DERNEĞİ. (tarih yok). *CO Emisyonu.*

ULUSOY, B. S. (2005, TEMMUZ). *Alternatif Yakıtların Benzinli Motor Emisyonları Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Kırıkkale.*

ULUSOY, B. S. (2005, Temmuz). *Alternatif Yakıtların Benzinli Motor Emisyonları Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Kırıkkale.*

ÜRKER, O. (2012). *Türkiye'de Hidroelektrik Santraller'in Durumu (Hes'ler) Ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 65-88.*

YILMAZ, M. (2012). *Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 33-54.*

YUSUF GÜRBÜZ, A. A. (2016). *Elektrikli Araçlar ile Klasik İçten Yanmalı Motorlu Araçların Çeşitli Yönlerden Karşılaştırılmasına. KONYA.*

- Url 1: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> 10.04.2019
- Url 2: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> 10.04.2019
- Url 3: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> 11.04.2019
- Url 4: <https://www.enerjiportali.com/hidroelektrik-enerjisi-hes-nedir-nasil-elektrik-uretir/> 12.04.2019
- Url 5: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle> 12.04.2019
- Url 6: https://www.tesla.com/en_EU/supercharger 18.04.2019
- Url 7: https://www.tesla.com/en_EU/model3 18.04.2019
- Url 8: <https://www.dunyaenerji.org.tr/elektrikli-araclar/> 19.05.2019
- Url 9: <https://www.renault.com.tr/fiyat-listeleri/binek-arac-fiyat-listesi.html> 17.03.2019
- Url 10: <https://www.renault.com.tr/fiyat-listeleri/binek-arac-fiyat-listesi.html> 17.03.2019
- Url 11: <https://muhendishane.org/elektrikli-otomobil-teknolojisi-hakkinda-bir-degerlendirme/> 19.04.2019
- url 12: <https://www.gcmforex.com/yatirim-araclari/emtialar/ham-petrol/> 17.03.2019
- Url 13: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik> 22.04.2019
- url 14: <https://www.enerjiatlas.com/elektrik-uretimi/> 22.04.2019
- Url 15: <https://350turkiye.org/rapor-linyit-yanmiyor-yakiyor/> 17.03.2019
- Url 16: <https://ekolojiagi.wordpress.com/2011/08/13/termik-santrallerinin-cevresel-etkileri/> 18.03.2019
- Url 17: <http://www.ttb.org.tr/eweb/yatagan/2.html> 24.03.2019
- Url 18: <https://www.enerjiatlas.com/nukleer/24.03.2019>
- Url 19: <https://sedatengineering.wordpress.com/tag/motorin-CO2/> 09.05.2019
- Url 20: www.renault.com.tr 24.03.2019
- Url 21: <https://www.enerjiatlas.com/hidroelektrik/> 24.03.2019
- Url 22: <https://www.enerjiatlas.com/ruzgar-turbini/> 27.03.2019
- Url 23: <https://www.enerjiatlas.com/jeotermal/> 27.03.2019
- Url 24: <http://nukleerakademi.org/nukleer-santraller-ve-cevre/cevresel-etkiler/24.03.2019>

- Url 25: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>
- Url 26: <https://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/gunes24.03.2019>
- url 27: <https://www.ntv.com.tr/ekonomi/araclarda-cng-yakiti-kullanimi-yayginlasacak,QgKwiJXawEiByjutKvC47w27.03.2019>
- Url 28: <http://biyodizel.nedir.org/> 28.04.2019
- Url 29: <http://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal-projeler/194-yesil-havaalani-green-airport-projesi> 08.06.2019
- Url 30: <https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/turkiyede-petrol-uretimi/> 08.06.2019
- Url 31: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur> 08.06.2019
- Url 32: http://aturkitapligi.ibb.gov.tr/kutuphane3/haritalar/Hrt_003544.pdf 09.06.2019
- Url 33: http://aturkitapligi.ibb.gov.tr/kutuphane3/haritalar/Hrt_000853.pdf 09.06.2019
- Url 34: <https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/kara-ulasim-araclarinin-karbondioksit-co-2-emisyonlarına-eko-verimlilik-yaklasimi/165> 09.06.2019