



**T. C.  
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARAYOLU ULAŞIMINDAN KAYNAKLANAN SERA GAZI  
EMİSYONUNUN (KARBON AYAK İZİNİN) HESAPLANMASI:  
ESKİŞEHİR İLİ ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve TÜRKAY  
(201292101005)**

**Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Dönem Projesi Danışmanı: Doç. Dr. Ülker Aşlı GÜLER**

**SİVAS  
EYLÜL 2018**

**MERVE TÜRKEY**'ın hazırladığı ve “**Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazi Emisyonunun (Karbon Ayak İzinin) Hesaplanması: Eskişehir İli Örneği**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**    **Doç. Dr. Ülker Aslı GÜLER**    .....

Cumhuriyet Üniversitesi

**Jüri Üyesi**        **Doç. Dr. Fuat ÖZYONAR**    .....

Cumhuriyet Üniversitesi

**Jüri Üyesi**        **Prof. Dr. Fehiman ÇİNER**    .....

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

**Prof. Dr. İsmail ÇELİK**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.  
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Merve TÜRKAY, 2018

## ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

08/10/2018

Merve TÜRKAY

## TEŞEKKÜR

Çalışmamda bana güler yüzü ve samimiyetiyle bilgi ve desteğini esirgemeyen, değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ülker Aslı GÜLER' e teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tüm Eğitim-öğretim çalışmalarımda beni destekleyen aileme sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.



## ÖZET

# KARAYOLU ULAŞIMINDAN KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONUNUN (KARBON AYAK İZİNİN) HESAPLANMASI: ESKİŞEHİR İLİ ÖRNEĞİ

**Merve TÜRKAY**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Çevre Mühendisliği**

**Ana Bilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ülker Aşlı GÜLER**

**2018, 99 + xiv sayfa**

Endüstriyelleşme ile birlikte hızla artan nüfus ve araç kullanımının etkisiyle sera gazı emisyon konsantrasyonunda son yıllarda hızlı bir artış gözlenmiştir. Söz konusu artış Dünya genelinde hava sıcaklığının gün geçtikçe artmasını sağlamaktadır. Sera gazları emisyon oranları azaltılmaz ise artışın hızlı bir şekilde devam edeceği araştırmacılar tarafından ön görülmektedir. 2006 yılı Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneline (IPCC) göre Sera gazı olarak tanımlanan gazlar doğrudan ve dolaylı olarak ikiye ayrılırlar. Metan ( $CH_4$ ), karbondioksit ( $CO_2$ ), hidroflorokarbon (HFC), diazot oksit ( $N_2O$ ), perflorokarbon (PFC) ve kükürthekzafloretilen ( $SF_6$ ) doğrudan sera gazları iken azotoksitler ( $NO_x$ ), karbonmonoksit (CO), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC) ve kükürtdioksit ( $SO_2$ ) dolaylı sera gazlarıdır.

Yaklaşık olarak son 200 yılda önde gelen sera gazlarının ( $CH_4$ ,  $CO_2$  ve  $N_2O$ ) konsantrasyonunda önemli bir artış gözlenmiştir. Yapılan araştırmalar atmosferdeki sera gazı artışının fosil yakıtların tüketimi ve üretiminden, tarımsal veya endüstriyel faaliyetlerden ileri geldiğini ifade etmektedir. Küresel ısınma potansiyelleri (KIP) sera gazlarının küresel ısınma etkilerini kıyaslamak için tanımlanmaktadır. 100 yıllık bir vadede Karbondioksit, metan ve nitröz oksit gazlarının KIP değerleri; Intergovernmental Panel on Climate Change (2007)'ye göre sırasıyla 1, 21 ve 310 karbondioksit eşdeğeridir. Bu çalışmada, 2012 ve 2017 yıllarında Eskişehir ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının ( $CH_4$ ,  $CO_2$  ve  $N_2O$ ) miktarı; resmi kaynaklardan alınan yakıt tüketim değerlerinde Hükümetler Arası İklim Değişikliği Panelinde yer alan Tier I metodolojisi kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda; gelişen

teknoloji, artan nüfus ve tüketilen yakıt miktarı ile sera gazı emisyonlarının doğru orantılı olduğu görülmektedir. 2012 yılında Eskişehir ili kara ulaşımından kaynaklanan emisyon miktarı 821,509 Gg olup 2017 yılında %77'lik bir artış göstererek 1453,954 Gg'a ulaşmıştır. Karayolu ulaşımında tüketilen yakıt çeşitlerinden, Motorinin Benzin ve LPG'ye göre daha fazla CO<sub>2</sub> emisyonuna sebep olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sera gazı emisyonu, hava kirliliği, sera gazı emisyonu hesabı, İklim değişikliği.





## **ABSTRACT**

### **CALCULATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS (CARBON FOOTPRINT) CAUSED BY ROAD TRANSPORT: ESKİŞEHİR CASE STUDY**

**Merve TÜRKAY**

**Master Thesis**

**Department of Environmental Engineering**

**Supervisor: Asc. Prof. Dr. Ülker Aşlı GÜLER**

**2018, 99 + xiv pages**

In recent years, increasing industrialization, population growth and wide spread motor vehicle use have contributed to a rapid increase in green house gas emissions, which, in turn contributes to increasing global average temperatures. Researchers predict that this increase in temperature will accelerate unless green house gas emissions are reduced. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2006) separates greenhouse gasses into two categories; direct green house gasses are methane (CH<sub>4</sub>), carbondioxide (CO<sub>2</sub>), Hydrofluorocarbon (HFC), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) and perfluorocarbons (PFC). Indirect greenhouse gasses are carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), Non-methane volatile organic compounds (NMVOCs) and Sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>).

Concentrations of CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O in Earth's atmosphere has significantly increased in the last 200 years. Research indicates that the main contributors to the increase in emissions of these green house gasses are use of fossil fuels and production as and other industrial and agricultural activities of humans. The Global warming potential (GWP) is used to measure the relative global warming effects of different greenhouse gasses. According to Intergovernmental Panel On Climate Change (2007), in a hundred year period, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O have GWPs of, in order, 1, 21 and 310 carbon dioxide equivalent.

In this study, the amount of green house gas emissions (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub>O) caused by road transport within the city of Eskişehir are calculated using fuel consumption data from official sources via the Tier 1 methodology. Calculations show a positive correlation

between green house gas emissions and increasing population, advancing technology and fuel consumption. In 2012, green house gas emissions caused by road transport in Eskişehir was 821,509 Gg whereas in 2017 it was calculated at 1453,954 Gg. Among fuel types consumed in road transport; diesel caused more CO<sub>2</sub> emissions compared to gasoline and LPG.

**Keywords:** Greenhouse gas emission, air pollution, calculation of greenhouse gas emissions, climate change.



## İÇİNDEKİLER

ETİK .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
ÖZET .....	v
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER DİZİNİ.....	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ÇEVRE KİRLİLİĞİ.....</b>	<b>4</b>
2.1. Çevre Kirliliğinin Sebepleri.....	5
2.2 Çevre Kirliliğinin Sonuçları .....	7
<b>3. HAVA KİRLİLİĞİ.....</b>	<b>9</b>
3.1 Hava Kirliliğinin Sebepleri.....	10
3.2 Hava Kirliliğinin Kaynakları .....	19
3.3 Hava Kirleticileri .....	20
3.4 Hava Kirliliğinin Çevresel Etkileri .....	21
3.5 İklim Değişikliği ve Etkileri .....	23
3.5.1 İklim değişikliğinin su sistemlerine etkileri .....	25
3.5.2 Hayvan popülasyonlarına etkileri.....	26
3.5.3 Bitkiler üzerindeki etkileri .....	27
3.5.4 Kuraklık ve toprak nemine etkileri.....	28
3.5.5 Ekosistemler üzerine etkileri .....	28
3.5.6 İnsan sağlığı üzerine etkileri .....	29
3.5.7 İklim değişikliğinin potansiyel ekonomik etkileri .....	33
3.6 İklim Değişikliğinin Türkiye’de Sektörel Etkileri.....	34
<b>4. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE KARBON YÖNETİMİ .....</b>	<b>38</b>
4.1 Sürdürülebilir Kalkınma .....	38
4.2 Karbon Yönetimi ve Yaklaşımları.....	39
4.3 Sera Gazı Envanteri .....	41
4.4 İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.....	42
4.5 Kyoto Protokolü.....	44
4.6 Paris Anlaşması .....	46
4.7 Ekolojik Ayak İzi.....	46

4.8 Karbon Ayak İzi .....	47
4.9 Karbon Ayak İzi Hesaplama Standardı .....	47
4.9.1 ISO 14064-1: Sera gazı emisyonlarının ve uzaklaştırmalarının kuruluş seviyesinde hesaplanmasına ve rapor edilmesine dair kılavuz ve özellikler .....	48
4.9.2 ISO 14064-2: Sera gazı emisyon azaltımlarının veya uzaklaştırma iyileştirmelerinin proje seviyesinde hesaplanmasına, izlenmesine ve rapor edilmesine dair kılavuz ve özellikler .....	48
4.9.3 ISO 14064-3: Sera gazı beyanlarının doğrulanmasına ve onaylanmasına dair kılavuz ve özellikler .....	49
<b>5. IPCC METODOLOJİSİ .....</b>	<b>51</b>
5.1 IPCC Tier Yaklaşımları .....	52
5.1.1 Tier I yaklaşımı (ulaşımdan kaynaklı karbon salınımı) .....	52
5.2.2 Detaylı tier yaklaşımları .....	54
<b>6. ESKİŞEHİR İLİ'NİN MEVCUT DURUMU .....</b>	<b>56</b>
6.1 Eskişehir İlinin Hava Kirliliği Açışından Değerlendirilmesi .....	56
6.2 Eskişehir Hava Kalitesi Kontrol Çalışmaları .....	58
<b>7. MATERYAL VE METOD .....</b>	<b>62</b>
7.1 Tier Yaklaşımları .....	62
7.1 Tier I Yaklaşımı ile Emisyon Hesabı .....	62
7.1.1 Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) emisyon hesabı .....	62
7.1.2 CH <sub>4</sub> ve N <sub>2</sub> O emisyon hesabı .....	64
7.1.3 Eşdeğer karbondioksit emisyon hesabı .....	64
<b>8. BULGULAR VE SONUÇLAR .....</b>	<b>66</b>
<b>9. TARTIŞMA VE ÖNERİLER .....</b>	<b>90</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>93</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>99</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Atmosferdeki sabit gazlar ve oranları.....	9
Şekil 3.2 Hava kirliliğinin oluşumu .....	10
Şekil 4.1 ISO 14064 standartları arasındaki ilişki .....	50
Şekil 6.1 Eskişehir ilinin Türkiye’deki konumu .....	56
Şekil 8.1 2017 Yılı emisyon miktarları.....	86
Şekil 8.2 2016 Yılı emisyon miktarları.....	86
Şekil 8.3 2015 Yılı emisyon miktarları.....	87
Şekil 8.4 2014 Yılı emisyon miktarları.....	87
Şekil 8.5 2013 Yılı emisyon miktarları.....	88
Şekil 8.6 2012 Yılı emisyon miktarları.....	88
Şekil 8.7 2017-2012 Yılları emisyon miktarları .....	89
Şekil 9.1 2016-2017 Yıllarında dünya genelinde elektrikli araç sayısı .....	91

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1</b> Fosil yakıtların yanması ile oluşan emisyonlar .....	34
<b>Çizelge 3.2</b> Ülkemizde ulaşım sektöründen ileri gelen emisyonların CO <sub>2</sub> eşdeğeri .....	36
<b>Çizelge 4.1</b> Sera gazı salınımlarının değerlendirilmesi ve hesaplanması için kullanılan yöntem ve standartlar .....	41
<b>Çizelge 4.2</b> BMİDÇS, Ek-I ve Ek-II üye ülkeler listesi .....	43
<b>Çizelge 5.1</b> Küresel ısınma katsayısı .....	54
<b>Çizelge 6.1</b> Eskişehir ilinde 2012-2016 yılları aylık ortalama hava kalitesi parametreleri ve sınır değerlerinin aşıldığı gün sayısı .....	59
<b>Çizelge 6.2</b> 2012-2016 Yıllarında eskişehir iline kayıtlı toplam araç ve egzoz ölçümü yaptıran araç sayısı.....	60
<b>Çizelge 7.1</b> Eskişehir ili 2012-2017 yıllarında karayolu ulaşımına ait yakıt tüketim miktarları.....	62
<b>Çizelge 7.2</b> Yakıtların net kalori değerlerine göre belirlenmiş dönüşüm faktörleri.....	63
<b>Çizelge 7.3</b> Karbondioksit emisyon faktörleri.....	63
<b>Çizelge 7.4</b> CH <sub>4</sub> ve N <sub>2</sub> O emisyon faktörleri .....	64
<b>Çizelge 7.5</b> Sera gazlarının küresel ısınma potansiyelleri .....	65

## SİMGELER DİZİNİ

° C	Santigrat derece
<b>Cu</b>	Bakır
<b>CO</b>	Karbonmonoksit
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbondioksit
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metan
<b>C<sub>2</sub> H<sub>4</sub></b>	Etilen
<b>C<sub>2</sub> H<sub>6</sub></b>	Etan
<b>C<sub>3</sub> H<sub>8</sub></b>	Propan
<b>C<sub>6</sub> H<sub>4</sub></b>	Ksilen
<b>C<sub>6</sub> H<sub>5</sub></b>	Toluen
<b>C<sub>6</sub> H<sub>6</sub></b>	Benzen
<b>Gg</b>	Gigagram
<b>GW</b>	Gigawatt
<b>HFC</b>	Hidroflorokarbon
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Hidrojen sülfür
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Sülfirikasit
<b>kg</b>	Kilogram
<b>km</b>	Kilometre
<b>kt</b>	kiloton
<b>kWh</b>	Kilowatt/saat
<b>m</b>	Metre
<b>m<sup>3</sup></b>	Metreküp
<b>mg</b>	Miligram
<b>mm</b>	Milimetre
<b>mtep</b>	Milyon ton eşdeğeri petrol
<b>mtoe</b>	Milyon ton petrol eşdeğeri
<b>MWh</b>	Megawatt/saat
<b>NO</b>	Azotmonoksit
<b>NO<sub>x</sub></b>	Azotoksit
<b>N<sub>2</sub> O</b>	Nitröz oksit
<b>NO<sup>-3</sup></b>	Nitrat
<b>OH</b>	Hidroksit
<b>Pb</b>	Kurşun
<b>PFC</b>	Perflorokarbon
<b>PM<sub>10</sub></b>	Toz partikül madde
<b>ppm</b>	Process Production Model (mg/l)
<b>PO<sub>4</sub><sup>-3</sup></b>	Fosfat
<b>SF<sub>6</sub></b>	Kükürthekzaflorit
<b>Sn</b>	Kalay
<b>SO<sub>2</sub></b>	Kükürtdioksit
<b>SO<sub>3</sub></b>	Kükürtrioksit
<b>TJ</b>	Terajoule
<b>TWh</b>	Terawatt/saat
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozon
<b>%</b>	Yüzde

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devleti
<b>BM</b>	: Birleşmiş Milletler
<b>BMİDÇS</b>	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
<b>CDP</b>	: Karbon Saydamlık Projesi
<b>COP</b>	: Taraflar Konferansı
<b>DGE</b>	: Directorate General Environment
<b>DPT</b>	: Devlet Planlama Teşkilatı
<b>EC</b>	: European Commission
<b>FAO</b>	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
<b>GHG</b>	: Green House Gases Protokolü
<b>GSMH:</b>	: Gayri Safi Milli Hasıla
<b>GWP</b>	: Global Warming Potentials
<b>HES</b>	: Hidroelektrik Santral
<b>IEA</b>	: Uluslararası Enerji Ajansı
<b>INDC</b>	: Intended Nationally Determined Contribution
<b>IPCC</b>	: Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>ISO</b>	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu
<b>İMKB</b>	: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
<b>KIP</b>	: Küresel Isınma Potansiyeli
<b>KVS</b>	: Kısa Vadeli Sınır Değer
<b>NMVOC</b>	: Metan Dışı Uçucu Organik Bileşikler
<b>OECD</b>	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
<b>PEGSÜ</b>	: Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecindeki Ülkeler
<b>PM</b>	: Partikül Madde
<b>TPES</b>	: Türkiye'nin Toplam Birincil Enerji İhtiyacı
<b>TSE</b>	: Türk Standartları Enstitüsü
<b>UNEP</b>	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
<b>UNFCCC</b>	: United Nations Framework Convention on Climate Change
<b>UVB</b>	: Ultraviole B ışını
<b>UVS</b>	: Uzun Vadeli Sınır Değer
<b>VOC</b>	: Uçucu Organik Bileşikler
<b>WBCSD</b>	: Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi
<b>WHO</b>	: Dünya Sağlık Örgütü
<b>WMO</b>	: Dünya Meteoroloji Örgütü
<b>WRI</b>	: Dünya Kaynakları Enstitüsü
<b>WWF</b>	: Dünya Doğayı Koruma Vakfı
<b>YEK</b>	: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun



## 1.GİRİŞ

İnsanoğlu, doğayı var olduğu günden bugüne kadar kendi ihtiyaçları için kullanmıştır. Ancak gelişi güzel tüketilen doğal kaynaklar ile kirlenme etkileri son yüzyılda çok daha fazla hissedilir olmuştur. Kirlenme etkilerinden biri atmosferik doğal dengedeki olumsuz değişimdir. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri ve değişime bağlı Dünya zerindeki yaşamı olumsuz yönde etkileyerek doğanın tepkisini göstermektedir (Aliusta ve ark., 2016).

İklim değişikliği ve küresel ısınma, global evre sorunlarının başında yer almakta olup bölgesel ve küresel yönden beklenen bazı etkiler ortaya çıkmaktadır. Bu potansiyel etkilerin başında orman, tarım, deniz seviyesi, temiz su kaynakları, enerji, insan sağlığı ve bioçeşitlilik bulunur. Ayrıca, dünya genelinde hala tam olarak yaşanmamış olsa da, ekolojik, ekonomik ve sosyal yaşamda bazı zincirleme etkilere sebep olacak olması, küresel iklim değişikliğine karşı gerekli tedbirlerin alınmasını ve ülkelerin, uluslararası işbirliğine gerekli hassasiyeti göstermesini gerektirir (Açıkgöz, 2010).

İklimsel ve küresel değişimlerden etkilenen yalnızca canlı varlıklar değil aynı zamanda işletmelerde bu değişimlerden olumlu veya olumsuz yönde etkilenmektedir. İşletmelerdeki etki küresel etkilenmeyi de beraberinde getirir. Küresel ısınmaya bağlı olarak gerçekleşen iklim değişikliğine karşı alınan tedbirlerin; Dünya (GSMH) gayri safi milli hasılasının % 1'ine mal olacağı, tedbirin alınmaması halinde ise uzun zaman içinde % 20'ye yakın kaybı beraberinde sürükleyeceği ifade edilmektedir (Açıkgöz, 2010).

İklim değişikliğine sebep olan etkilerin azaltılması için uygulanan ülkesel veya uluslararası politikalara en hassas sektörler; madencilik, havacılık ve imento. Elektrik şirketleri ise otomotiv ve enerji endüstrileri gibi enerji kullanan malzemelerin üretimini petrol, gaz ve kömür kullanarak yapan enerjisi yoğun sektörlerdir(Dlugolecki ve Lafeld, 2005). İklim değişikliği enerji ilişkili sektörlerinin dışında, tarım, ormancılık, balığılık, sağlık, sigorta, turizm, gayrimenkul sektörlerini de etkilemektedir (Alper ve Anbar, 2008). İşletmeler zellikle Kyoto protokolü ile başlayan süreçte atmosfere bırakmış oldukları emisyonlar için bedel ödemek zorunda kalabilmekte veya emisyon azaltımları nedeniyle kazanç sağlayabilmektedirler.

Küresel ısınmada etkili sera gazlarının tümünün engellenmesi ise gerçekçi bir yaklaşım olarak kabul edilmemektedir. Çünkü gerek işletmeler gerekse bireyler enerji ihtiyaçlarının

büyük bir kısmını günümüzde kolay bulunabilen karbon içerikli fosil yakıtları ve doğada mevcut olan yakıtları kullanmaktadır. Bu kullanıma bağlı olarak atmosferde biriken emisyon miktarı da artmaktadır. Fakat fosil yakıtlar yerine değer olarak daha ucuz alternatif temiz enerji kaynakları, bulunmadığı sürece atmosferdeki emisyon miktarının azaltılması da pek mümkün olmayacaktır.

Küresel ısınmada etkili sera gazı emisyonlarının tam anlamıyla engellenmesi mümkün görülmesi de etkilerinin azaltılabilmesi için ulusal ve uluslararası platformda gerek bilim çevrelerince gerek de dünya siyasi zemininde çeşitli çözüm metotları aranmaktadır. Mevcut sorunun çözümüne yönelik uygulamalarda “Kyoto Protokolü” ile büyük başarı elde sağlanmıştır. Emisyon salımlarından sorumlu ülkelerin karbon emisyonlarını azaltması gerektiği ve karbon emisyonlarını hesaplamak amacıyla ülkelere emisyon salım sınırlamaları bu protokol kapsamında getirilmiştir. Protokol ile belirlenen sınır değerlerin aşılmasını için sera gazı emisyonlarına sebep olan emisyonların karbon ayak izinin hesaplanması, sera gazı envanterlerinin hazırlanması ve bu sınırların altında kalacak çalışmaların gerekliliği üzerinde durulmuştur. Karbon ayak izi hesaplamalarına protokole taraf ülkelerin gereken hassasiyet ve ilgiyi göstermesi gerektiği protokol kapsamında böylelikle vurgulanmıştır.

Üretilen sera gazı miktarı insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın birim karbondioksit cinsinden ölçüsü Karbon ayak izidir. Karbon ayak izi belirlenmesi; birim karbondioksit eşdeğeri cinsinden toplam sera gazı emisyonlarının ifade edilmesi ile yapılmaktadır. GHG (Green House Gas) Protokol, IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli), UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) ve “TS ISO 14064 Sera Gazları Hesaplanması ve Denetimi” standardı ülkelere, üreticilere, tüketicilere ve işletmelere yardımcı olmaktadır. Yapılacak değişiklikler, alınacak tedbirler ve enerji kullanımında proaktif verimlilik çalışmaları öncelikli olarak sürdürülebilir karbon yönetimini gerektirecektir. İdari yapılanmanın ve sorumlulukların kurumsal iklim değişikliği yönetimi stratejisi kullanılması sürdürülebilir karbon yönetimi kapsamında gereklidir. Kurum, kuruluş ve şirketler, karbon yönetim stratejilerini geliştirirken mevcut yönetim ve veri toplama, idari teşkilat, paydaşları bilgilendirme ve raporlama detaylarının tümünü dikkate almak şartı ile karbon yönetimine ait öğeleri değerlendirerek sistemine uyarlamaktır.

Bu bağlamda legal bir zorunluluk olan karbon ayak izi hesaplaması; aynı zamanda kurumsal sosyal sorumluluk içermesi, yatırımcı veya müşteri taleplerini karşılama, kurum imajını

artırma ve pazarlama, zorunluluk veya gönüllülük esaslı karbon ayak izi azaltımı emisyon ticareti mekanizmalarına katılmak amacıyla yapılmaktadır.

Bu çalışmada; insan hayatı, canlı çeşitliliği ve ekolojik sistemin vazgeçilmez bir parçası olan temiz havanın korunmasında; hava kirliliğini artıran etmenleri ortaya koyan genel bir çatı sunmak, küresel ısınmaya önemli ölçüde etki eden fosil yakıtların kullanımından doğan zararlı etkilerinin ortaya konması hedeflenmiştir. Bu kapsamda fosil yakıtların yakılması ile ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının başında yer alan CO<sub>2</sub> üzerinde bilhassa durularak, Eskişehir İlinde kara ulaşımından kaynaklanan karbon salınımının tespiti; miktar ve değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli) tarafından önerilen metotlar kullanılmış olup IPCC Tier 1 metoduyla hesaplamalar yapılmıştır.



## 2. ÇEVRE KİRLİLİĞİ

Çevre insanların ve diğer canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları, fiziki, biyolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel ortamdır. Genel bir tanımla çevre insan faaliyetleri ve canlı varlıklar üzerinde hemen ya da uzunca bir süre içinde dolaylı ya da dolaysız bir etkide bulunabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve toplumsal etkenlerin belirli bir zamandaki toplamıdır (Keleş ve Hamamcı, 2002). Bir başka tanıma göre ise çevre, evrensel değerler bütünlüğüdür. Bitki ve hayvan toplulukları, cansız varlıklar, insanın tarih boyunca yarattığı uygarlık ve bunun ürünleri ve tüm insanların ortak varlığıdır (Keleş ve Hamamcı, 2002).

Türk Çevre Mevzuatının temelini oluşturan Çevre Kanununda çevreye verilen anlam da, sıralanan tanımlara koşutluk göstermektedir. Kanuna göre çevre, bütün vatandaşların ortak varlığı olup, hava, su, toprak, bitki ve hayvan varlığı ile doğal ve tarihsel zenginlikleri içermektedir (Keleş ve Hamamcı, 2002).

İnsanoğlu var olduğu günden bu güne, hem çevresindeki olaylardan etkilenmiş, hem de çeşitli etkinlikleriyle çevresini etkilemiş, tahrip etmiş, kirlenmesine ve bozulmasına neden olmuştur.

Çevre kirliliği ise; genel olarak insanların her türlü faaliyetleri sonucu suda, toprakta ve havada meydana gelen olumsuz gelişmelerle ekolojik dengenin bozulması ve böylece ortaya çıkan kötü koku, zehirlilik, radyasyon, gürültü, hava kirliliği ve istenmeyen diğer sonuçlar olarak tanımlanabilir. İnsan hayatı bazı dengeler üzerine kuruludur. İnsan hayatındaki uyumlu ilişkileri çevresiyle olan doğal dengedir. Dünya üzerindeki ekolojik dengeyi bozarak çevresel problemlere neden olan insan, yarattığı çevre problemlerinin kendi sağlığını olumsuz etkilemesi ile durumun ciddiyetine varmıştır (Özen, 2006).

Sanayileşmenin artması ile çevre kirliliği hissedilir hale gelmiş ancak kirlilik ve sorunların temeli oldukça eskilere dayanmaktadır. Başlarda yalnızca kirlenme olarak kabul edilen ve yöresel sınırlarda hissedilen çevre sorunları, ilerleyen zamanla birlikte hızla çoğalarak yöresellikten çıkıp tüm dünyayı etkileyen bir tehdit unsuru olmaya başlamıştır. Kirletici unsur ya da unsurların ortaya çıkardığı zararlı duman ve gazlar bir ülke sınırları içerisinde oluşmuş olsa dahi rüzgarın etkisiyle başka ülkelere taşınabilmekte ve o ülke/ülkeler için de

kirletici birer unsur olmaktadır. Toplumsal hayatın bütün alanlarını çevre sorunları ve kirliliği kapsamakta ve etkilemektedir.

Günümüzde dünya ölçeğinde ya da uluslararası boyutlarda dikkat çeken başlıca ekolojik sorunlar; sera etkisi, ozon tabakasının delinmesi/incelmesi, biyolojik çeşitliliğin azalışı, nükleer kirlilik, kimyasal (pestisit petrol, ağır metal vb.) kirlilik, asit yağmurları, çölleşme ve zehirli atıklardır. Ozon tabakası ultraviyole ışınların % 98'ini absorbe ederek yer küreyi zararlı etkilere karşı korur. Dünya üzerindeki ekolojik sorunlar nedeniyle ozon tabakasının kutuplar üzerinde incelendiği tespit edilmiştir. Böylece dünyada “ozon alarmı” verilmiştir (Özen, 2006). Ozon tabakasındaki incelmeye zamanla; okyanuslarda besin zincirinin bozulmasına, insanlarda ve hayvanlarda çeşitli kanser türlerinin ortaya çıkması ve hızla ilerlemesine yol açabilecektir. Sera etkisi nedeniyle, 21'nci yüzyılda artış gösteren ısı tarım alanlarının değişimine, deniz seviyesinin yükselmesine ve bu sayede kıyı şehirlerinin sular altında kalmasına sebep olacaktır. 21. yy. çoğu teknolojik faaliyeti insanlara sunarken, insanlığın ortak malı olan çevreden geri getirilmesi zor, hatta mümkün olmayan varlıkları da alıp götürmektedir.

## **2.1. Çevre Kirliliğinin Sebepleri**

İnsan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan çevre kirliliğinin başlıca sebepleri aşağıda sıralanmıştır. Sanayileşme, tehlikeli ve katı atıklar, şehirleşme-kentleşme, hızlı nüfus artışı, çevre bilinci eksikliği ve turizm olarak sayılabilir.

### *Sanayileşme, tehlikeli ve katı atıklar:*

Sanayileşme, insan faaliyetleri sonucu oluşan çevre sorunlarının temel kaynağını oluşturmaktadır. Sanayileşme ile beraber hayatımıza giren teknolojik imkan ve yetenekler ile mevcutta çevresel değişimlere neden olurken, yapay çevre yaratma çalışmalarının hızlanmasıyla birlikte yeşil alanların ve tarım alanlarının sayısı gün geçtikçe azalmaktadır. Sanayi ürünlerinin tüketimi sonrasında oluşan atıklar çevre kirliliğine katkı sağlamaktadır. Atıkların bilinçsiz olarak alıcı ortama bırakılmasıyla başta su ve hava kirliliğine neden olmaktadır. Daha kötüsü ise bu bilinçsiz bertaraf yöntemleri ile doğal kaynakların yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmasıdır. Canlılara ve çevreye karşı tehlike oluşturabilecek atıklara “tehlikeli atık” denir. Katı atıklar evsel, ticari veya endüstriyel alanlardan oluşan; madencilik, tarımsal işlemler ve su arıtım ünitelerinin de dahil olduğu gruplardan kaynaklanan yarı-katı çamurları da içeren, hem ayrışabilen hem de ayrışma özelliği olmayan maddelerdir. Bunlar çöpler, her türlü pil ve batarya, ampuller, pas gidericiler, yağlar, her

türlü ilaç, deodorant, sprey, tarım ve haşere ilaçları, metal parçaları, elektrik ve sıhhi tesisat malzemeleridir. Atık maddelerin zaman zaman gizlice ve bilinçsizce akarsulara, denizlere ve kanalizasyona arıılmaksızın deşarj edilmesi son günlerde yer altı ve yüzeysel su kaynaklarının kirlenmesinde oldukça etkili olmuştur.

#### *Şehirleşme-kentleşme:*

Göçler, doğal nüfus artışı ve kırsal bölgenin (şehirleşme olmayan) kentsel hale getirilmesi kentlerin büyümesinde etkili olan üç önemli faktördür. (Özdemir, 2001). Kasabalardan ayrılarak kentlere yerleşen nüfus artışı sanayileşme ile hız kazanmıştır. Hızlı nüfus artışı şehirlerin birer problem yumağı haline dönüşmesine neden olmaktadır. Doğal çevrenin yok olduğu; normallerin üzerindeki gürültülü şehir yaşamı insanların beden ve ruh sağlığını önemli ölçüde etkilemektedir. Sağlıksız, stresli ve karmaşık yaşam koşullarıyla şehirlerde; alkol kullanımı, ilaç tutsaklığı, uyuşturucu madde alışkanlığı, psikolojik bozukluklar, intiharlar, cinayetler, kazalar, enfeksiyon hastalıkları artmaktadır. Yoğun araç trafiğı; gürültü, hava kirliliğı, yorgunluk gibi etkilere neden olmaktadır (Özdemir, 2001).

#### *Hızlı nüfus artışı:*

İnsan kaynaklı çevre sorunlarının ve çevresel kirliliğın ortaya çıkışında etkili olan bir başka etken de nüfusun artmasıdır. Artan nüfus; konutta, besin ve enerji arzında, sağlık hizmetlerinde iyileşme ve gelişme beklentilerinin gerçekleşebilmesini zorlaştırmaktadır. Artan nüfus dünya da gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin çevrede oluşturduğu baskı ve tehdit sınırlı kaynaklar için ciddi bir tehdit unsurudur. Hızlı nüfus artışı nüfus ve doğal kaynakların planlamasının uzun vadeli olarak düşünülmesi gerektiğini göstermiştir. Sağlık ve sosyal hizmetlerin bir dalı olarak planlama, nüfus ve aile planlaması gelişir.

#### *Çevre bilinci eksikliği:*

İnsan kaynaklı çevre sorunlarının ve kirliliğında çevre bilincinin eksikliği de önemli bir husustur. Bu noktada çevre eğitiminin önemi gündeme gelmektedir (Yıldırım, 1997).

#### *Turizm:*

Turizmin temel bir unsurudur insan. İnsanoğlu tüm hayatı boyunca doğal ve fiziksel çevre ile zorunlu ve sürekli bir etkileşim içerisinde. Söz konusu etkileşim insanoğlunun sağlıklı ve daha iyi bir yaşam sürebilmesinin ön koşuludur. Doğal varlıklar turizmin en önemli kaynak kullanım alanıdır. Şehirlerde turizmin sağladığı ekonomik getirilere karşın, çevrenin kirlenmesi, doğal alanların tahrip edilmesi, turistik kentleşme, nüfus yoğunluğu gibi sorunların da değerlendirilmesi gerekmektedir. Turistik gelişmenin belirli bölgelerde nüfus

yoğunluğu bölgenin arazi, su ve bitki örtüsü gibi ekolojik unsurlarının aşırı kullanılması yörenin doğal unsurlarının tahrip edilmesi ve yörede çevre sorunlarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum özellikle gelişmekte olan ülkelerde görülmekte ve telafisi olmayan doğal, fiziksel ve kültürel çevre sorunlarını oluşturmaktadır.

## **2.2 Çevre Kirliliğinin Sonuçları**

Çevre kirliliğinin sonuçlarını su, hava ve toprak kirliliği ana başlıkları altında değerlendirmek mümkündür.

### *Hava kirliliği:*

Hava kirliliği, havanın doğal olarak bileşiminde bulunan ana maddelerin miktarının değişmesi ve dışardan yeni ve yabancı maddelerin havaya karışması sonrasında oluşmaktadır. Bütün tabiatta olduğu gibi onun bir parçası olan atmosferde de hassas bir denge kurulmuştur. Bu dengenin insanların olumsuz girişimleri sonucu bozulmasıyla birlikte hava kirliliği sorunu karşımıza çıkmaktadır.

Hava kirliliği, havanın yapısında bulunan esas maddelerin yüzdelerinde meydana gelen değişim ya da bu yapıya is, duman, aerosol halindeki kimyasal kirleticilerin karışmasıdır. Havanın insan sağlığını bozacak, hayvan, bitki ve eşyalara zarar verebilecek derecede kirlenmesi bu kirleticiler ile mümkündür.

### *Su kirliliği:*

İnsanların kullanımına dere, ırmak ve göllerden alınarak sunulan su, insan ve canlı sağlığını tehdit etmeyecek şekilde belirlenen standart değerlere uymak zorundadır. Aksi takdirde bu suların kullanılması tehlikeli sonuçlar meydana getirebilmektedir. Bu nedenle insan ve canlı yaşamı için hayati öneme sahip olan suyun kullanılabilir olması için tehlikeli kimyasallardan ve bakterilerden arınmış olması gerekir.

Günümüzde teknolojinin gelişmesi, nüfus artışı ve yerleşim yerleri (şehir, kasaba vb.) ile fabrikaların atık sularının gerekli arıtma işlemleri yapılmaksızın alıcı ortama deşarj edilmesi gibi etkiler nedeniyle su kaynakları (dere, göller ve yeraltı suları) kirlenme riski ile karşı karşıya kalmaktadır.

Atık sulardaki kimyasal maddeler ve organik bileşikler suda çözülmüş olan oksijenin miktarının azalmasına sebep olur. Bu da suda yaşayan bitki ve hayvanların ölüm oranlarını artırmaktadır. Bu tür sular daha koyu renge ve kirli kokuya sahiptirler. Hatta bazı göller veya

derelerde aşırı kirlenme sonucu canlı yaşamı sona ermiş ve içerisinde atıklardan meydana gelen adacıklar oluşmuştur.

Çiftçiler tarafından daha verimli ürün elde edebilmek için kullanılan gübreler, yağmur gibi etkenlerle yeraltı ve yerüstü sularına karışarak yüksek oranda nitrat ( $NO^{-3}$ ) ve fosfat ( $PO_4^{-3}$ ) içeren gübreler suda yosunların daha fazla üremesini sağlar. Bu da yosunların diğer canlılardan daha fazla oksijen kullanmasına sebep olur ve diğer canlıları tehdit eder. Bu tür sular kötü ve pis kokulu olurlar.

#### *Toprak kirliliği:*

Toprak, ana materyal adını verdiğimiz kayaçların, organik atıkların uzun bir süreç içinde birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik olay ve etkenlerle parçalanıp ayrışması sonucu ortaya çıkan ve dinamikleri devam eden doğal bir varlıktır. Topraklar; insan bitki ve birçok hayvanın üzerinde durdukları, insanların yaşamlarını devam ettirebilecekleri tek yerdir (URL-1).

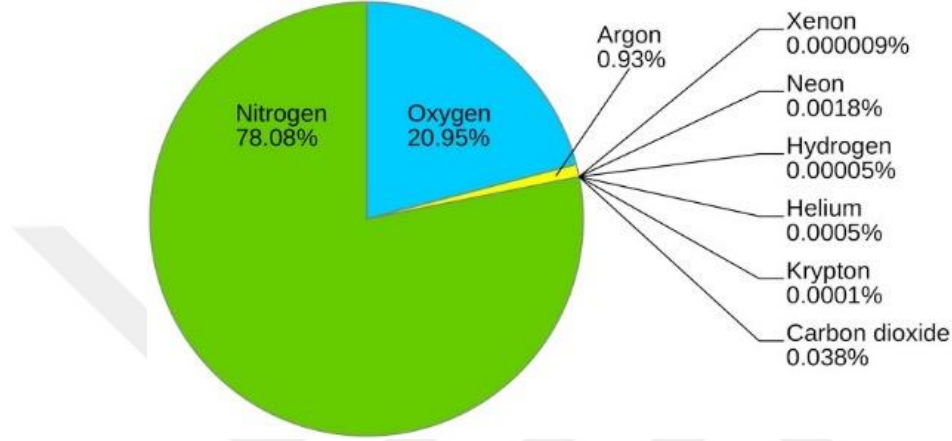
Toprak kirliliği; katı, sıvı kirleticiler ve radyoaktif artıklar tarafından toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bozulmasıdır. Toprak kirliliğine neden olan kirletici unsurlar, yer altı ve yer üstü sularına karışarak insan sağlığını tehdit ettikleri gibi bitkilerin gelişimleri üzerinde de olumsuz etkileri vardır.

Kentleşme ve sanayileşmenin bir ürünü olan her türlü atık ve artığın toprağa karışması, tarımsal ilaç ve gübrelerin gelişigüzel ve bilinçsiz kullanımı toprak kirliliğini oluşturmaktadır. Bununla birlikte kentsel ve sanayi kullanımına açılan verimli tarım arazileri toprakların kaybına neden olmaktadır.



### 3. HAVA KİRLİLİĞİ

Hava dünyayı canlıların yaşamasına uygun duruma getiren, dünyayı çevreleyen atmosferdir. Başta azot ve oksijen olmak üzere argon, karbon dioksit, su buharı, neon, helyum, metan, kripton, hidrojen, azot monoksit, karbon monoksit, ksenon, ozon, amonyak ve azot dioksit gazlarının karışımından meydana gelmiş olup Şekil 3.1' de oranları verilmiştir (URL-2).



Şekil 3.1 Atmosferdeki sabit gazlar ve oranları (URL-3)

Canlıların yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan solunum, sindirim, fotosentez gibi süreçlerin temel girdisidir. Örneğin yetişkin bir insanın kan dolaşımı ve beyin üst fonksiyonları için günde ortalama 14 kg havaya, 2 kg suya ve 1,4 kg besin maddesine gereksinimi vardır (Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 1986).

Hava kalitesi; insan ve çevresi üzerine etki eden hava kirliliğinin göstergesi olan, havada mevcut hava kirleticilerinin artan miktarıyla azalan kalitelidir (Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 1986).

Hava kalitesi sınır değerleri; insan sağlığının korunması, çevrede kısa ve uzun zamanda olumsuz etkileri ortaya çıkmaması için atmosferdeki hava kirleticilerinin birlikte bulduklarında farklılık gösteren zararlı etkileri de göz önüne alınarak tespit edilmiş değerlerdir (Uslu, 2001).

Hava kirleticileri için saptanan kirlilik sınır değerleri hava kirliliği standardı olarak adlandırılmaktadır. Yaklaşık solunum düzeyindeki 1 m<sup>3</sup> havanın içerdiği kirlilik miktarına hava kirlilik seviyesi adı verilir (Keleş ve Hamamcı, 2002).

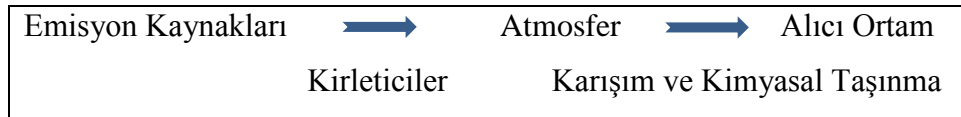
Genellikle hava kalitesi sınır değerleri, hava kirleticilerinin düşük miktarlarının uzun sürede solunmasıyla ortaya çıkan kronik etkiler için verilen üst sınır değerleri gösteren uzun vadeli sınır değerler (UVS) ve kısa sürede hava kirleticilerinin yüksek derişimlerinin solunmasıyla

ortaya çıkan kısa süreli akut etkiler için verilen sınır değerleri gösteren kısa vadeli sınır değerler (KVS) olmak üzere iki başlık altında değerlendirilmektedir (Özen, 2006).

İnsanların faaliyetleri sonucu meydana gelen üretim ve tüketim faaliyetleri sırasında ortaya çıkan atıklarla hava tabakası kirlenerek, yeryüzündeki canlı hayatını tehdit eder konuma gelir. İnsanlar tarafından atmosfere karıştırılan yabancı maddelerle hava bileşiminin bozulması hava kirliliği olarak tanımlanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre hava kirliliği tanımı; canlıların sağlığını olumsuz yönden etkileyen veya maddi zararlar meydana getiren havadaki yabancı maddelerin, normalin üzerindeki yoğunluğu şeklinde ifade edilmiştir (Yıldırım, 1997).

Hava kirliliği konusunda gerek kirleticiler gerekse kirleticilerin etkileri ve çeşitli belirsizliklerin bulunmasından dolayı kapsamlı bir genel tanımın yapılmasını güçleştirmektedir. En genel haliyle hava kirliliği alıcı ortamdaki kirleticilerin insan sağlığı, bitkiler ve malzemeler üzerinde olumsuz etki yapabilecek miktar ve sürede bulunmasıdır. Bir başka deyişle hava kirliliği; havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunmasıdır (Toprak, 2004).

Bir kaynaktan oluşan emisyonun alıcı ortamlara taşınması şeklindeki sistem hava kirliliğini meydana getirir (Şekil 3.2) (Hasançebi, 2002).



Şekil 3.2 Hava kirliliğinin oluşumu (Hasançebi, 2002)

İnsan faaliyetleri sonucu oluşan salınımda en yüksek sera gazı Karbondioksittir. Sanayi devriminden günümüze kadar, sera gazlarının etkinliği % 60 oranında radyoaktif ışımaya zorlama ya da ısı hapsedme özelliğinde artışa neden olmuştur. CO<sub>2</sub> emisyonunun oluşmasındaki temel etken fosil yakıtların yakılmasıyla oksitlenen karbondur. Aynı zamanda, insan faaliyetleri sonucu oluşan CO<sub>2</sub> emisyonlarında % 70-90 oranındaki payda fosil yakıtların yakılması etkilidir (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997; Atabey, 2013).

### 3.1 Hava Kirliliğinin Sebepleri

İnsan sağlığını doğrudan ve dolaylı olarak hava kirliliği etkilemekte ve yaşam kalitesini düşürmektedir. Bugün hava kirliliği sebebiyle yaygın olarak küresel, bölgesel ve yerel bazda oluşan sorunlar görülmektedir.

Büyük şehirlerde özellikle kış sezonlarında; hızlı kentleşme, şehirlerin yanlış konumlanması, motorlu taşıt sayısındaki hızlı artış, düzensiz sanayileşme, düzensiz kentleşme, topoğrafik şartlar, kalitesiz yakıt kullanımı ve meteorolojik şartlar hava kirliliğinin yaşanmasında etkili olmaktadır.

Yöre halkının nasıl bir havayı teneffüs ettiğini öğrenmesi açısından hava kalitesinin ölçülüyor olması önemlidir. Ayrıca, önemli bir diğer hususta yörede oluşan hava kirliliğinin yalnızca o bölgede kalmayıp rüzgar gibi meteorolojik faaliyetlerin etkinliği ile yayılım göstermesidir. Bu yayılım ile kirlilik yerel ve bölgesel olmaktan çıkarak küresel bir sorun (küresel ısınma, asit yağmurları, vb) haline gelmiştir.

Ekonomik etkilerin çoğalması, belli bölgelere yoğunlaşması ve buna bağlı olarak nüfus hareketlerinin ortaya çıkması daha çok enerji kullanımını doğurmaktadır. Artan enerji gereksinimi yüksek oranda teknik yanma ile birlikte hava kirliliğine yol açmaktadır. Konuya bu açıdan bakıldığında kirlenmenin temelinde kentleşme ve endüstrileşme olgusu bulunmaktadır (Keleş ve Hamamcı, 2002).

Normal basınç ve sıcaklık altında gaz halinde bulunan maddeler ile katı ve sıvı halde bulunan maddelerin buharları hava kirliliğine sebep olan gaz kirletici kaynaklardır. Gaz fazındaki kirleticilerin başında; karbonmonoksit (CO), hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S), kükürtoksitler, hidrokarbonlar, ozon ve azot oksitler (NO<sub>x</sub>)'dir. İnsan kaynaklı iklim değişikliğini sekiz ana başlık altında incelemek mümkündür (Muslu, 2000).

#### *Fosil yakıt kullanımı:*

Kömür, petrol ve doğalgazın kökeni, çürümüş bitkisel ve hayvansal maddelerdir. Karbon açısından zengin bu fosil yakıtlar yakıldıklarında büyük miktarda karbondioksit, azot oksitler ve kükürt dioksit açığa çıkar. Karbon açısından zengin fosil yakıtlar, yaygın olarak elektrik üretiminin yanı sıra sanayi sektöründe ve evlerde yakıt olarak kullanılır. Atmosferdeki sera gazı salınımlarının % 77'si petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil yakıtların yanmasıyla oluşur (Atabey, 2013).

#### *Sanayi:*

Sanayi faaliyetleri, toplam küresel salınımların dörtte birini oluşturan yaklaşık 12 milyar ton sera gazından sorumludur. Bunların büyük bir kısmı enerji üretimi için fosil yakıtların kullanımdan veya üretim sektöründe prosesin bir parçası olarak doğrudan karbondioksit üretiminden (örneğin, kireç taşından çimento yapımında) kaynaklanır. Neredeyse tüm enerji kullanımı demir, çelik, kimyasal ve gübre, çimento, cam ve seramik, kağıt hamuru ve kağıt

üreten sektörde gerçekleşmektedir. Sanayide doğrudan ihtiyaç duyulan enerjiyi azaltmanın pek çok yolu vardır. Yeni teknolojik ilerlemeler, temiz üretim programları, enerji verimliliği bunlardan bazılarıdır. Bugün küresel sera gazı salınımlarının yaklaşık % 3'ünden sorumlu olan çimento sanayi gibi doğrudan karbondioksit üreten sanayiler için en umut verici yaklaşımlardan biri de karbonu atmosfere ulaşmadan önce yakalayıp depolamak olacaktır (Atabey, 2013).

#### *Enerji:*

Televizyon izlemek, vantilatörü açmak gibi basit ancak elektriğe bağlı günlük her türlü insan faaliyeti sera gazlarının salınımına neden olmaktadır. Her yıl dünya çapında salınan sera gazlarının % 25,9'unun sorumlusu, tek başına enerji sektörüdür. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2008 yılı verilerine göre, enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık % 4 artan Türkiye'de enerji gereksinimlerinin dörtte üçünden fazlası sadece fosil yakıtlarla karşılanmaktadır (Atabey, 2013).

Hava Kirliliğinin üstesinden gelmek için yapılması gereken en önemli şey, enerji verimliliğidir. Enerji verimliliği, yeni teknolojilerin kullanılması ve/veya mevcut tasarımların iyileştirilmesi yoluyla enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Enerji tasarrufu, hiçbir kriter göz önüne alınmadan, kullanıcıların uyguladıkları önlemler sonucunda harcanan enerji miktarında sağlanan azalmadır. İki lambadan birini söndürmek tasarruf, aynı aydınlatmayı sağlayan, daha az enerji tüketen teknolojik lambaların kullanılması ise verimliliktir. Sürdürülebilir bir iklim ve enerji politikasının üç ayağı enerji tasarrufu, enerji verimliliği ve su, rüzgar, güneş, termal, fotovoltaik, jeotermal, dalga ve gelgit gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak olmalıdır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

Günümüzde enerji politikalarının önde gelen konularından birisi de, hava kirliliği ile orantılı olarak artış gösteren çevre bilincidir. Kömür, petrol ve doğalgaz olarak isimlendirilen fosil kaynaklı yakıtlar dünyada enerji tüketiminin başında yer almaktadır. "Uluslararası Enerji Ajansı"nın yayınlamış olduğu "Dünya Enerji Yıllığı" verilerine göre, 2006 yılında 11.730 mtep (milyon ton eşdeğeri petrol) olan Dünya birincil enerji tüketiminin, kurumun Referans Senaryosunda 2006-2030 yılları arasında yıllık % 1,6 oranında artış göstererek, 17.014 mtep'e seviyesine ulaşması ve toplamda % 45 oranında yükselmesi öngörülmektedir. 2006-2030 yılları arasında fosil yakıtların total enerji arzındaki payında, büyük bir değişiklik beklenmemekte; fosil yakıtların total enerji arzında 2006 yılında % 80,8 olan payının dönem sonunda % 80,4 olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Elbette fosil yakıtların dünya enerji tüketimindeki ağırlıklı görevinin, enerji tüketimiyle orantılı olarak artan sera gazı emisyonları başta olmak kaydıyla, çevresel etkileri göz ardı edilmemelidir. "Uluslararası

Enerji Ajansı'nın Referans Senaryosu'na göre, "2006-2030 yılları arasında enerji tüketimi ile bağlantılı karbondioksit emisyonları, 2006 yılındaki 28 milyon ton'dan projeksiyon dönemi sonunda 41 milyon ton'a ulaşarak % 45 oranında artış gösterecek, gerçekleşecek emisyon artışının yaklaşık olarak % 97'si OECD dışı ülkelerden gelecektir. 2006- 2030 döneminde enerji bağlantılı emisyon artışında ortaya çıkması beklenen 13 milyar ton'luk yükselişin, yaklaşık olarak % 75'i, Çin (6,1 milyar ton), Hindistan (2 milyar) ve Orta Doğu (1,3 milyar ton) bölgelerinden kaynaklanacaktır". Enerji kaynaklarına verilen önemin artması; enerji tüketiminin çevresel etkilerin araştırmaya başlanması, enerji politikalarında fosil yakıtlara bağımlılığın düşmesi ve çevre dostu yaklaşımlar ile sağlanmaktadır. Bu açıdan, küresel ısınmayla beraber enerji politikalarında sera gazı emisyonlarının düşürülmesinin hedeflendiği değişimler beklenmektedir (IEA, 2008).

İnsanların küresel ısınmanın yol açtığı değişikliklere daha kolay direnç gösterebilmesi için, sürdürülebilir kalkınma ile yoksulluğun azaltılmasında yenilenebilir enerjinin önemi büyüktür. Bunun sebebi yenilenebilir enerjinin yoksulluğu azaltıp yenilenemeyen enerji kaynakları üzerindeki uyumsuzlukların yaşanması olasılığını da azaltmasıdır (Prugh vd., 2005).

Çevreye duyarlı yenilenebilir enerji kaynaklarının ve kullanımı yaygın olan fosil yakıtlarda temiz yanmayı sağlayacak teknolojilerin geliştirilmesi üzerindeki çalışmalar devam etmektedir. Enerji politikalarındaki bu gibi yenilik ve değişiklikler, yalnızca iklim ve çevre üzerinde değil, ekonomik ve sosyal yapıya da katkı sağlayacaktır. Yeni enerji kaynaklarıyla alakalı birçok araştırmayla beraber, bu alanda yeni bir endüstrinin de ortaya çıkması muhtemeldir. Bu sayede yeni yatırım ve iş fırsatlarına da ortam oluşacaktır. "Avrupa Birliği"nin Mart 2006'da yayınlamış olduğu "Avrupa İçin Sürdürülebilir, Rekabetçi ve Güvenli Bir Enerji Politikası" adını taşıyan "Yeşil Kitap"ında, enerji politikasında yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanılmasına yönelik öncelik verilmesi bu konuya örnek gösterilebilir. "Avrupa Birliği Komisyonu", yenilenebilir enerji kaynakları ve daha düşük karbon emisyonuna sahip enerji kaynaklarına öncelik verilmesinin sadece çevre için değil, aynı zamanda Avrupa ekonomisinin gelişimi destekleyeceğini de öngörmektedir. Yeni enerji kaynaklarını Avrupa ülkelerinin teknolojilerinde kullanmaları, gelecekte Avrupa ülkeleri arasında rekabet avantajı sağlayacaktır (EC, 2006).

Enerji tüketiminde öncelikli konulardan bir diğeri de, değişen sıcaklık ve küresel ısınmanın enerji tüketimi üzerinde yaratacağı etkilerdir. Küresel ısınmayla birlikte artan ortalama sıcaklık değerleri, kış mevsiminin daha ılık geçmesine sebep olacaktır. Avrupa'da daha sıcak yaz ve daha ılık kış mevsiminin olacağını öngörülmesi örnek olarak verilebilir. Yaz

mevsiminde artan sıcaklar sebebiyle serinlemek için kullanılan klimaların etkinliğinde tüketilen enerji miktarı artarken, ılıman kışlar sebebiyle daha az enerji kullanılması da beklentiler arasındadır. Özellikle kuzey enlemlerinde daha ılıman kışlar sebebiyle enerji tüketim miktarında bir azalmanın olacağı düşünülmektedir (EC-DGE, 2005).

#### *Ulaşım:*

Ulaşım sektörü, her yıl küresel olarak salınan sera gazlarının % 17'sinin sebebidir. Kara ulaşımında otomobil ve otobüs gibi ulaşım araçları, büyük miktarda sera gazının salınmasına neden olmaktadır. Ancak kişi başına her kilometrede en fazla sera gazı salınımına yol açan havacılık sektörü, tüm sera gazı salınımlarının yaklaşık % 5'ini oluşturmaktadır. Ulaşım alanındaki enerjinin neredeyse tamamı petrolden gelir. Bugünkü yaşam biçimimizde bir değişiklik yapmazsak, ulaşımdan kaynaklanan sera gazı salınımları 2013 yılında bugünkünden % 80 fazla olacaktır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

Havayolu: Hava yolu taşımacılığı 20. yy. da dünyanın en önemli endüstrilerinden biri haline gelerek; ticareti canlandırma, dünyanın refah düzeyini artırma, iş imkanı ile yeni turizm ve seyahat olanaklarını sağlamanın yanında emisyon, gürültü, enerji tüketimi, arazi kullanımı, küresel ısınma, çöp ve atıklar ile su ve toprakta kirlenmeye yol açarak çevreye ve ekolojik yaşama olumsuz etkilere neden olmaktadır (Hasançebi, 2002; DPT, 2001). Uçak motoru ve yer hizmetinde kullanılan araçlar başta olmak üzere çeşitli kaynaklardan yayılan gazlarla oluşan hava kirliliği de ikinci derecede önemli çevresel sorundur. Bilim adamları tarafından, jet motorlu uçakların insan kaynaklı küresel azot oksit ( $NO_x$ ) emisyonunun % 2-3'ünü yarattığı tahmin edilmektedir (Hasançebi, 2002).

Günümüz uçakları 15 yıl öncesinin teknolojisine göre yakıt tüketimi açısından daha randımanlı olmasına karşı yakıt randımanı sağlayan CO ve  $CO_2$  gazlarının yayılımını azaltan teknoloji  $NO_x$  yayılımına çözüm oluşturamamıştır. Uçak motorundan yayılan  $NO_x$  değerleri, göreceli olarak düşüğe olsa, ozon tabakasını olumsuz etkilemektedir. Yeni yanma teknolojileri ile üretilen motorlarda,  $NO_x$  yayılımının % 30-40 oranında daha az olduğu belirtilmektedir (Hasançebi, 2002). Havacılık sektörü her yıl yaklaşık 700 milyon ton karbondioksitten doğrudan doğruya sorumludur. Ancak molekül bazında bakıldığında, salınımlar yerdekenden çok daha fazladır. Çünkü uçaklar küresel ısınmaya önemli derecede neden olurlar. Yüksek irtifada açığa çıkarılan azot oksidin yanı sıra (başka bir sera gazı olan ozonu oluşturur) jet motorlarından çıkan ve sirüs bulutu oluşturabilen yoğunlaşma izindeki su, karbondioksitin doğrudan etkisini yaklaşık üç kat artırır. Hava taşıtlarının bu kadar çok dikkat çekmesinin bir diğer nedeni ise, karbon üreten diğer ulaşım biçimlerinin aksine, burada fosil yakıtlara alternatif biçimlerin ufukta görünmemesidir.

Karayolu: Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde artan nüfusa bağlı olarak taşıt trafiğinde meydana gelen yoğunluklar her ne kadar sosyal açıdan bireysel olarak bir gelişme sağlasa da; toplumsal ve ekolojik olarak çevreye etkileri küçümsenmeyecek derecededir. Dünyanın diğer büyük şehirlerinde olduğu gibi ülkemizde de başta Ankara, İstanbul, İzmir olmak üzere, pek çok kentimizdeki hava kirliliğinin sağlığını tehdit edici boyutlara ulaşmasının, özellikle ısınma dışında süreklilik göstermesinin temel nedeninin motorlu taşıtların egzoz gazları olduğu kuşkusuzdur.

Benzin ve dizel taşıtların çıkardığı egzoz gazlarında bulunan zararlı maddelerin özellikle nüfus ve trafiğin yoğun olarak yaşandığı kent merkezinde çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar oldukça fazladır. Tüm karbon monoksit (CO) emisyonlarının %70-90'ndan, azotoksit (NO<sub>x</sub>) emisyonlarının % 40-70'den, hidrokarbon (HC) emisyonlarının yaklaşık % 50'sinden ve şehir bazında kurşun emisyonlarının % 100'ünden özellikle motorlu taşıtlar sorumludur (Özen, 2006). Ulaşım alanındaki tüm sera gazı salınımlarının dörtte üçü karayolu taşıtlarından kaynaklanmaktadır. 2030 yılına kadar karayollarında bir milyardan fazla taşıt olacak ve 2050 yılında da buna bir milyar daha eklenecektir. Bilim insanları ve iş dünyası, bu duruma farklı çözüm yolları bulmak için çalışmaktadırlar. Örneğin hibrit araçlar, normal benzinle çalışan içten yanmalı bir motoru, bir elektrik motoru ve bataryasıyla birleştirir. Böylece, yakıt verimliliğini % 50'ye yakın artırır ve sera gazı salınımlarını aynı ölçüde azaltır. Elektrikli araçlar, fişli hibritler ile ilgili araştırma-geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Eko-sürüş yaklaşımı, bazı ülkelerde ehliyet almadan önce alınması gereken zorunlu bir kurs haline getirilmiştir. Toplu taşıma olanaklarını, hem hızlı ve kolay kullanılabilir hale getirmek, hem de daha güvenilir kılmak için birçok yerel yönetim çaba sarf etmektedir (Atabey, 2013).

Denizyolu: Deniz yoluyla gerçekleştirilen bütün uluslararası nakliyeler ve gemi yolculukları her yıl yaklaşık 800 milyon ton karbondioksit salınmasından sorumludur (Atabey, 2013).

Demiryolu: Dünyada demiryollarının neredeyse tamamında, yeniden yapılanma çalışmaları çeşitli biçimlerde sürdürülmektedir. Karayolu ağırlıklı taşımacılık sisteminin sebep olduğu kirlenme, kaza, trafik tıkanıklığı gibi olumsuzluklar, birçok Avrupa ve Asya ülkesinde, demiryollarına özel önem verilmesinin itici gücü olmuştur. Avrupa ve Asya'nın birçok ülkesinde hareketliliği artırmak için demiryollarına büyük önem verilmiştir. 1960'larda Japonya'da kullanılmaya başlayan yüksek hızlı trenler, 1980'lerde bütün Avrupa'da yaygınlaşmıştır (URL-4). Demiryollarında dizel yakıt veya elektrik kullanılmaktadır. Dizel yakıtın meydana getirdiği kirlilik benzine göre oldukça azdır. Elektrikte ise emisyon oluşmamaktadır. 1 litre yakıtın yanması sırasında 200 litre oksijen tüketildiği dikkate

alındığında, karayolunda oluşan toplam kirliliğin, demiryollarına göre, yolcu trafiğine 8,3 katı yük trafiğinde ise 30 katı fazla olduğu tespit edilmiştir (URL-5). Bir elektrikli tren ile 42km seyahat sonucunda çevreye 1kg karbon dioksit yayılırken aynı miktarda karbon dioksit otobüsle 12 km de, otomobil ve uçakla ise 7 km de yayılmaktadır (Toprak, 2004; Dengiz, Kutay ve Duman,1997).

#### *Tarım:*

Tarım, küresel sera gazı salınımlarının yaklaşık % 13'ünden sorumludur. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan ve küresel ısınmaya neden olan en önemli etkenler metan ve azot oksit salınımlarıdır. Tarımsal metan, ağırlıklı olarak inek ve koyunların geviş getirmesi, pirinç tarlaları ve biyokütlelerin yakılmasından kaynaklanmaktadır. Azot oksit ise, nitrattlı gübreler ya da hayvan gübreleri nedeniyle fazla azot içeren bileşiklerdeki topraktan atmosfere salınır. "Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli" (IPCC) Raporu, 2030 yılında tarımın bu iki sera gazına yaptığı katkının % 31 ile % 37 oranında artacağını öngörmektedir (Atabey, 2013).

Tarımdan kaynaklanan salınımları kontrol altına almanın çeşitli yolları vardır. Bunların neredeyse tamamı toprağımızı ve genelde var olan teknolojileri daha verimli ve doğru kullanmak, hayvanlar için daha iyi beslenme ve barınma düzenleri sağlamak gibi yöntemleri içermektedir. Toprağın ihtiyacı olan besin elementlerini, nitrattlı gübreler eklemek yerine daha doğal yollarla artırmak ve dengede tutmak mümkündür. Doğa dostu tarım yöntemlerinin kullanımı, ekolojik tarım ve iyi tarım uygulamalarının artması sağlanabilir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

Artan sıcaklıklar sebebiyle bazı ürünlerin yetiştiği alanlar, kuzeye ve daha yükseklere çıktıkça değişiklik gösterecektir. Bu durum, tropik bölgelere sahip gelişmekte olan ülkeleri olumsuz olarak etkileyecektir. Tropik iklim bölgelerine sahip ve gelirlerini büyük ölçüde tarım ürünlerinin ihracatı ile kazanan Orta Amerika ve Afrika ülkeleri, küresel ısınmadan kötü yönde etkilenecektir. Filipinler'de artan sıcaklıkla beraber pirinç üretim miktarında yaşanacak azalma yaşanacak olumsuz etkilere örnek olarak gösterilebilir. Sıcaklık artışının 1 C° olması, pirinç üretim miktarında % 10'luk bir düşüşe neden olmaktadır. Rusya, Kanada gibi kuzey enlemlerde bulunan ülkeler, küresel ısınma sayesinde giderek genişleyen tarım alanlarına sahip olabilecektir. Fakat bu kuzey ülkelerdeki iklim koşulları uygun olsa dahi, toprak koşullarının yoğun tarım için elverişli olabileceği konusunda bir takım endişeler mevcuttur (UNEP, 2006).

Yağışlarda oluşacak değişimlerin, tarımsal etkisi daha çok gelişmekte olan ülkelerin yer aldığı güney enlemlerinde, kuzey enlemlerine kıyasla daha fazla olacaktır.



Atmosferde artan karbondioksit miktarının, bazı tarım ürünlerinin yetişmesinde olumlu katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Aralarında buğday ve pirincin bulunduğu C<sub>3</sub> sınıfı olarak belirlenen bitkiler (yüksek karbondioksit miktarına ve düşük sıcaklığa ihtiyaç duyan, ışık şiddetini kullanma becerisi düşük, ılıman bölge bitkiler), artan karbondioksit miktarından olumlu etkileneceklerdir. Ayrıca, şeker kamışı, mısır gibi C<sub>4</sub> sınıfı bitkiler (düşük karbondioksit miktarına, yüksek sıcaklığa ve daha düşük oranda suya ihtiyaç duyan, iklimsel kuraklığa dayanıklı, ilk etapta 4 karbon atomuna sahip organik molekülleri bağlayan, ışık şiddetini kullanma yetenekleri yüksek bitkiler), artan karbondioksit miktarından olumsuz etkileneceklerdir. Bu ürünler, büyük oranda Latin Amerika ve Afrika ülkelerinde yetişmektedir (Doğan ve Tüzer, 2011).

#### *Ormansızlaşma:*

Ormanlar hem en büyük karbon yutak alanı(karbon deposu), hem de en büyük karbon kaynağıdır. Ancak yeryüzündeki ormanların nerdeyse % 70'ini tüketerek iki yönlü zarara yol açmış durumdayız. Birincisi; ağaçların kesilmesi büyük miktarda karbonun (daha önce bitkinin gövdesinde depolanmış olan karbonun) karbondioksit olarak atmosfere salınmasına neden olur. İkincisi ise; ormansızlaşma yüzünden atmosferdeki karbondioksiti emip yeniden depolayacak ağaç sayısının azalması, atmosferdeki karbondioksit yoğunluğunu ciddi oranda artırır (Atabey, 2013).

Ormanlar, insanlardan kaynaklanan toplam sera gazı salınımlarının % 16'sından fazlasını oluşturur. Bu da tarım ve ulaşımın yol açtığından daha fazladır. Ormanların yok edilmesi ile ortaya çıkan karbondioksitin bir bölümü, tropikal ormanların yakılmasından kaynaklanır. Kereste elde etmek, tarım alanı açmak, yerleşim alanı açmak, yol yapımı gibi birçok nedenle, ormanlar yok olma tehdidi altındadır. Bununla birlikte, ormanlardan dönüştürülerek açılan tarım alanları birkaç yılda hemen verimsizleşir. Geçtiğimiz yıllarda dünyada yılda 9 milyon hektarlık bir orman kaybı yaşanmıştır. Ormanlar, tarım arazilerine göre 20 kat daha fazla karbon depolar. Ormansızlaşmanın engellenmesi, daha iyi ve sürdürülebilir bir orman yönetiminin sağlanması ve uygun alanların tekrar ağaçlandırılması ile karbon salınımları azaltılabilir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

#### *Katı atıklar:*

Katı Atıklar; yılda yaklaşık 1,2 milyar ton karbondioksit ile nispeten küçük bir etkiye bulunmaktadır. Belediye çöplüklerinde katı atık alanlarında atıkların çürümesi (özellikle organik atıkların anaerobik çürümesi) büyük miktarda metan gazının salınmasına neden olur. Örneğin; İngiltere son 10 yılda atık sahalarındaki metan gazını % 55 oranında azaltılmıştır. İklim temelli bir bakış açısıyla bakıldığında, nesneyi bir kez kullanıp atmak sürdürülebilir

değildir. Doğru tüketim alışkanlıkları geliştirmek, tüketimi azaltmak, yeniden kullanmak ve geri dönüşüm burada kilit kavramlardır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

#### *Biyoyakıtlar:*

Biyoyakıtlar bir alternatif gibi görünse de çeşitli çevresel sorunları da beraberinde getirir. İlk olarak, tarım arazisinin gıda üretimi yerine yakıt üretimi için tahsis edilmesi riski mevcut gıda maddelerinin fiyatını yükseltebilir. Aynı zamanda kendi geçimini sağlamaya gücü zorlukla yeten kişiler de geçimini sağlama ve gıda güvenliği konusunda zarar görebilir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO), Haziran 2007'de yayımladığı bir raporda biyoyakıtla dönüştürülecek tahıllara ve bitkisel yağlara olan talebin fiyatları yükselttiği konusunda uyarıda bulunmaktadır. Ayrıca rapor, gelişmekte olan ithal ülkeler için gıda fiyatlarının 2000 yılından beri % 90 gibi çarpıcı bir artış gösterdiğini ortaya koymaktadır (Atabey, 2013).

Biyoyakıt için gerekli tarım ürünlerinin yetiştirilmesi, azotlu gübrelerin kullanılması anlamına da gelir. Bu da toprağın azot oksit yaymasına neden olur. Ayrıca toprağı sürmek, hasat etmek, ürünleri işlemek enerji gerektirir ve bu enerji çoğunlukla fosil yakıtların yakılması ile elde edilir. Hatta belirli biyoyakıtların, yerlerini almaya çalıştıkları eski fosil yakıtlardan daha fazla sera gazı salımı üretmesi de ihtimal dahilindedir. Talebin giderek artması, dünyadaki palmye yağının büyük bölümünü üreten Malezya ve Endonezya gibi ülkelerin bakir durumdaki geniş yağmur ormanlarını hurma/palmye yağı plantasyonlarına dönüştürülmelerine neden olabilir. Bu; biyoyakıtların kötü olduğu anlamına gelmez. Ancak burada vurgulanması gereken önemli nokta Hava Kirliliğine karşı alınacak tüm önlemlerin sadece biyoyakıt üretimine dayalı olmaması gerektiğidir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

Ekonomik etkilerin çoğalması, belli bölgelere yoğunlaşması ve buna bağlı olarak nüfus hareketlerinin ortaya çıkması giderek daha çok enerji kullanımını doğurmaktadır. Artan enerji gereksinimi yüksek oranda teknik yanma ile birlikte hava kirliliğine yol açmaktadır. Konuya bu açıdan bakıldığında kirlenmenin temelinde kentleşme ve endüstrileşme olgusu bulunmaktadır (Keleş ve Hamamcı, 2002).

Kentlerdeki kirliliğin ısıtma sistemleri, yakma tekniği ve yakıt kalitesi ve motorlu taşıtlardan ileri geldiği bilinmektedir. Bunlara ek olarak hızlı kentleşme, kentlerin meteorolojik ve topoğrafik koşullara göre hatalı yerleşim ve yeşil alan azlığı da kirliliğe etki eden nedenlerdendir. Kentsel ulaşımında kullanılan özel oto, taksi, otobüs gibi ulaşım araçları, egzoz gazları da hava kirliliğine yol açmaktadır.

Sanayi kaynaklı kirlilik ise endüstri kuruluşlarının yanlış yer seçimi ve yanma sonucu ortaya çıkan atık gazların yeterli teknik önlemler alınmadan havaya bırakılması sebebiyle ortaya çıkmaktadır. Eski teknolojilerin kullanıldığı sanayi kuruluşları, önemli kirletici kaynaklarıdır. Kükürt oranı yüksek ve düşük kaliteli yakıtların kullanıldığı yakma tesislerinden yayılan kükürtdioksit atıkları da önemli hava kirleticileri arasındadır.

### **3.2 Hava Kirliliğinin Kaynakları**

Kaynaklarına göre doğal kaynaklardan meydana gelen kirleticiler ve insan faaliyetleri sonucu oluşan yapay kaynaklardan meydana gelen kirleticiler olarak hava kirliliğine neden olan kirleticileri iki sınıfa toplayabiliriz.

Toz, duman, polen ve rüzgarla sürüklenen tozlar doğal hava kirleticileridir. Doğal hava kirliliği kaynakları ise; doğanın kendisinde bulunan volkanlar, tozlar, orman yangınları, okyanus spreyleri ve buharlaşmadır. Bu kaynaklardan atmosfere çeşitli miktarlarda gaz ve partikül halinde emisyonlar yayılmaktadır.

Volkanlar, bazı zamanlarda ya da sürekli olarak önemli miktarlarda kükürt dioksit ve partikül maddeyi ortama bırakan birer kaynak olma özelliğine sahiptirler. Atmosferin radyasyon dengesini olumsuz yönde etkileyebilecek özellikleri nedeniyle volkanlar doğal hava kirliliği kaynakları içerisinde ön planda yer alırlar.

En büyük partikül kaynaklarından biri olan çöl bölgelerinde kalın kum tabakaları rüzgarla uzun mesafelere taşınabilmektedir.

Hava kirliliğinde, doğal kirlilik kaynaklarından çok yapay kaynaklardan meydana gelen kirlilik önemlidir. Çünkü günümüzde insanları en çok ilgilendiren, özellikle büyük yerleşim merkezleri ve sanayi alanlarındaki hava kirliliğidir. Antropojenik (insan kaynaklı) kirlilik kaynakları ise başlıca şöyle sıralanabilir;

- Ulaşım,
- Katı yakıtlar,
- Elektrik santralleri,
- Endüstri ve ısınma için kullanılan yakıtlar,
- Endüstriyel işlemler

İnsan kaynakları başlıca hava kirleticiler ise karbon monoksit, sülfür oksitler, azot oksitler, yanmamış hidrokarbonlar ve partiküllerdir. İklim koşulları, endüstriyel faaliyetler ve kullanılan akaryakıtlar hava kirliliğinin en önemli etkenleridir.

Antropojenik (İnsan kaynaklı) hava kirliliği kaynakları; sabit kaynaklar ve hareketli kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılır (Hasançebi, 2002).

Sabit kaynaklar; katı, sıvı ve gaz yakıtların yakılması ile veya herhangi bir üretim prosesi esnasında oluşan kirleticilerin bir baca yardımı ile atmosfere emisyonunun yapıldığı kaynaklardır. Bunlardan bazıları; petrol rafinerileri, petrokimya entegre tesisleri, kimya sanayi ve tarımsal mücadele ilaçları, termik santraller, selüloz ve kağıt sanayi, ev ve iş yerlerinde ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardır.

Hareketli kaynaklar ise; kara, deniz ve hava taşıtlarının egzozlarıdır. Kara, deniz ve hava taşıtlarında mazot, benzin veya kerosen vb. yakıtlar tüketilmekte ve taşıtların egzozlarından atmosfere verilen hava kirleticiler; katı, sıvı ve gaz yakıtların yakılması ile oluşan yanma ürünlerinin benzerleridir (Hasançebi, 2002).

### 3.3 Hava Kirleticileri

Havanın içinde bulunan ve insan ya da çevre üzerinde zararlı etkisi olabilecek bütün maddelere hava kirleticisi olarak tanımlanmaktadır.

Çevre Bakanlığı hava kirleticilerini, “*Havanın doğal bileşimini değiştiren is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki kimyasal maddelerdir*” şeklinde tanımlamaktadır.

Başlıca hava kirleticileri; partikül madde (PM), ozon, kükürt dioksit, karbon monoksit, azot oksitler, uçucu organik bileşikler, sülfür, sülfat ve nitrattır (URL-6). Kirleticinin atmosfer, baca ve egzoz gazı içindeki miktarı ifade edilirken kirleticinin cinsi dikkate alınarak yüzde (%), milyonda (ppm) veya birim hacimdeki kütleli miktar ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) ölçü birimleri kullanılır. Hava kirleticiler başlıca üç grupta incelenebilirler;

*Kaynaktan çıkışlarına göre kirleticiler:*

Kaynaktan çıkışlarına göre kirleticileri birincil ve ikincil kirleticiler olmak üzere iki grup altında toplamak mümkündür. Kaynaktan doğrudan atmosfere atılan kirleticilere “birincil kirleticiler”, atmosferde çeşitli reaksiyonlar sonucu oluşan kirleticilere ise “ikincil kirleticiler” adı verilir.

Kükürt dioksit ( $\text{SO}_2$ ), Hidrojen sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ ), Azot dioksit ( $\text{NO}_2$ ), partikül maddeler, karbon monoksit (CO), azot monoksit (NO), Karbon dioksit ( $\text{CO}_2$ ), hidrojen klorür, hidrojen florür (HF) vb. gibi kirleticiler birincil kirleticilerdir. Kükürttrioksit ( $\text{SO}_3$ ), Sülfürik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), nitrat, sülfat, foto kimyasallar, aldehytler, ketonlar, asitler, endüstriyel duman vb. gibi kirleticiler ise ikincil kirletici grubuna girmektedirler (URL-6).

*Kaynaklarına göre kirleticiler:*

Kaynaklarına göre kirleticiler ise doğal ve yapay kaynaklardan oluşan kirleticiler olarak ikiye ayrılırlar. Doğal kaynaklardan oluşan kirleticiler; yanardağ veya orman yangınlarından atmosfere yayılan zararlı bileşikler, deniz yosunlarının ortama verdiği gazlar, okyanus

spreyleri, doğadaki biyolojik değişimler sırasında açığa çıkan karbon oksitler, metan vb. gibi kirleticilerdir (Uslu, 2001).

Yapay kaynaklardan oluşan kirleticiler ise; fosil kaynaklı yakıtların (odun, kömür, benzin, fueloil gibi) yanması sonucunda ortaya çıkan partiküller, kükürtdioksit, azot oksitler, karbon oksitler, kurşun, hidrokarbonlardır (Uslu, 2001).

*Kimyasal yapılarına göre kirleticiler:*

Bu kirleticiler de üç grupta incelenmektedir. Bunlardan ilki inorganik gazlar yani azot oksitler, kükürt oksitler, karbon oksitler ve diğer organiklerdir (florür, amonyak, klorür vb.). Diğer organik gazlar hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar vb. üçüncüsü de partikül maddelerdir. Toz, duman, kül, karbon, kurşun, asbest katı partikülleri oluştururken; sis, duman, yağ ve asitler sıvı partiküller grubunu oluşturmaktadırlar (Uslu, 2001).

Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) renksiz bir gazdır ve sülfat ve sülfürik asit olarak atmosferde oksitlenir. Ayrıca atmosferde yer alan diğer hava kirleticiler ile birlikte rüzgar ve benzeri meteorolojik olayların etkinliğinde büyük mesafeler kat ederek damlalar veya katı partikülleri meydana getirir. Kuru ve nemli depozisyonların (asitli yağmur) etkinliği ile Kükürtdioksit oksidasyon ürünleri atmosferden uzaklaştırılır.

Azot Oksitler (NO<sub>x</sub>), Azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO<sub>2</sub>), toplamı azot oksitleri (NO<sub>x</sub>) meydana getirir. Azot oksitler genelde (% 90) NO olarak dışarı verilir. NO ve NO<sub>2</sub>'in ozon veya radikallerle (OH veya HO<sub>2</sub> gibi) reaksiyonu sonucunda oluşur. İnsan sağlığını en çok etkileyen azot oksit türü olması itibari ile NO<sub>2</sub> kentsel bölgelerdeki en önemli hava kirleticilerinden biridir. Azot oksit (NO<sub>x</sub>) emisyonları insanların yarattığı kaynaklardan oluşmaktadır. Ana kaynakların başında kara, hava ve deniz trafiğindeki araçlar ve endüstriyel tesislerdeki yakma kazanları gelmektedir.

### **3.4 Hava Kirliliğinin Çevresel Etkileri**

Özellikle insan sağlığı olmak üzere; görüş mesafesi, bitkiler ve hayvan sağlığı üzerinde pek çok olumsuz etkisi vardır hava kirliliğinin.

*İklim e etkisi:*

Şehirlerde ulaşım, ısınma veya endüstriyel etkinlikler sebebiyle artan enerji ihtiyacı daha fazla yanmayı gerektirmektedir. Bu sebeple; şehirlerdeki ısı ortalaması, kırsal alanlardakine oranla çok daha fazladır. Havayı ısıtan enerji ve ısı artışı; nemçeker maddelerin çoğalması, bulutların oluşmasına ve dolayısıyla yağış miktarlarında artışa neden olmaktadır. Şehirlerin üzerinde meydana gelen kirli hava katmanı, morötesi (ultraviöle) ışınlarının kaybına, bu sayede gün ışığının azalmasına sebep olmaktadır.

*Hayvan ve bitki topluluklarına etkisi:*

Solunum yoluna bağılı olarak kendini gösteren zararlı etkilerin birçoğı insanları yanı sıra hayvanlarda da kendini gösterirken, bitkiler de büyümelerini engelleyici hatta öldürücü etkilere neden olabilmektedir. Bu etkilerden dolayı hava kirliliğı hem canlı sağına, hem de ekonomik zararlara sebep olmaktadır (URL-6). Asit yağmurları ile toprağına karışan kirleticiler bitki dokusunda tahribata neden olduğı gibi toprağın verimini de azaltarak tarımsal üretim de düşmeye yol açmaktadır.

*Yapılara ve maddelere etkisi:*

Kükürt içerikli yakıtların yakılmasıyla oluşan kükürt oksitler atmosferde mevcut bulunan nem ile etkileşime girerek sülfirik asidi oluşturmaktadır. Oluşan sülfirik asit yapıların taş ve metal kısımlarına ve makinelere zarar verir. Ayrıca eşyaların yıpranmasına ve ömrünün kısalmasına neden olmaktadır. Ayrıca hava kirliliğinin, sanatsal ve mimari yapılar üzerinde de tahrip edici ve bozucu etkisi vardır.

*Küresel etkisi:*

Hava kirliliğinin temel küresel etkileri; atmosferdeki karbondioksit birikim miktarının artması ile beraber sera etkisi adıyla anılan dünyanın ısınmasının bir sonucu olarak ozon tabakasının incilmesi sonrasında morötesi ışınların zararlı etkilerin ortaya çıkmasıdır. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarının artması; yakıt kullanımı sonucunda CO<sub>2</sub> oluşumunun çoğalmasına ve ormanların bitki örtüsünün tahrip edilmesi nedeniyle oluşan CO<sub>2</sub> fotosentez süreci içinde işlenememesine bağılıdır.

Dünyanın ısınmasında, atmosferdeki karbondioksit miktarının artması, en önemli rolü oynar. Isınmadaki artış dünya ikliminin değışmesine yol açarak; kutuplardaki buzulların erimesiyle deniz seviyesinin yükselmesine ve önemli oranda tarım toprağının sular altında kalmasına neden olması beklenmektedir. Sera etkisinin önlenmesi büyük ölçüde fosil yakıtların tüketiminin azaltılmasına, enerji altyapısının yenilenebilir enerjileri kullanımına uygun duruma getirilmesine bağılıdır.

Güneşin morötesi ışınlarını emme yeteneğine sahip olan ozon tabakasının incelişindeki temel etkeni kloroflorokarbon bileşiminin atmosfere yayılmasıdır. Ozonun ışın tutma faaliyeti oksijenin ozona, ozonun ise parçalanarak oksijene dönüşmesi, morötesi ışınların kullanılması ile gerçekleşebilmektedir. Ozon yoğunluğunun morötesi ışınlarını absorbe etme görevini yerine getiremeyecek kadar azalması, ozon tabakasının delinmesi olarak tariflenmektedir. Delinme ile anlatılmak istenen gerçek bir delik değıl de daha çok bir incelişinin oluşumudur.

Ozonun incelmesini önlemek amacıyla, uluslararası topluluklar küresel düzeyde tüzel belgeler geliştirmeyi hedefleyerek; 22 Mart 1985 tarihli “Ozon Tabakasının Korunmasına ilişkin Viyana Sözleşmesi”, 16 Eylül 1987 tarihinde kabul edilen “Ozon Tabakasında İnceltilen Maddelere İlişkin Montreal Protokolü” gibi girişimlerde bulunmuşlardır.

### **3.5 İklim Değişikliği ve Etkileri**

Yüzyıllar boyunca süregelen insan kaynaklı aktiviteler dünya atmosferinin hassas kimyasal dengesini değiştirmektedir. Bilim adamları bu faaliyetlerin iklime olan etkilerini belirlemeye ve sınıflandırmaya çalışmaktadırlar. Özellikle sıcaklık ve yağıştaki ani değişimlere, büyük hava olaylarının sıklığına ve boyutuna dikkat çekmektedirler (Şimşek, 2011). İklim sistemi hava, su, buz, kara yüzeyi, bitkiler ve hayvanlar arasında kimyasal, fiziksel ve biyolojik birçok etkileşimi içermektedir (Dimento ve Doughman, 2007).

Belirli dönemlerde, dünyamızın unsurları arasındaki doğal dengenin çeşitli nedenlerle bozulmasına bağlı olarak, iklimde de büyük değişimler meydana gelmiştir. İnsanlık tarihinin başladığı dönemden günümüze kadar olan süreçte, yeryüzünün buzullarla kaplandığı, buzul ve buzullar arası dönemlerde yaşanmış doğal ve beşeri çevre büyük ölçüde değişmiştir (Şimşek, 2011).

Bugün hemen hemen bütün iklim bilimciler tarafından, dünya iklim sisteminde bir bozulmanın olduğu kabul edilmektedir. Doğal dengenin bozulmasına neden olan insanların, gerekli önlemler alınmadan çeşitli etkinliklerinin devam etmesi halinde iklimdeki bu bozulmaların artarak, sonucu olumsuz olabilecek küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliklerinin yaşanacağı, kesin bir dille ifade edilmektedir. Atmosferdeki sera gazı birikimlerinde ve partiküllerde meydana gelecek artış, doğal çevrenin tahribi, ozon tabakasındaki incelme, küresel boyutta sıcaklık artışına neden olacaktır (Öztürk, 2002).

İnsan aktiviteleri iklim değişikliğinde payı olan çeşitli sera gazları üretmektedir. Zaman geçtikçe dünya atmosferindeki sera gazı konsantrasyonları doğal ve antropojenik olaylar nedeniyle değişime uğramaktadır ve bu değişimler iklimlerin değişmesine neden olmaktadır. Bununla birlikte, bu değişimler doğal döngülerin de bir parçasıdır ve oluşumu yıllarca sürmektedir. Bu gazların dünya iklimine olan bireysel ve kümülatif etkilerini belirlemek için, toplam miktarı, doğal ortamda kaybolma hızı, geçmiş zamandaki miktarı ve artış hızı, ısınma potansiyeli gibi bilgileri belirlememiz gerekmektedir (Şimşek, 2011).

Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) atmosferde doğal olarak bulunan bir bileşiktir ve çok reaktiftir. Geçtiğimiz 150 yıl boyunca ve özellikle son 30 yıldır insanlar atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunu arttırmaktadır. Fosil yakıtların yakılması, arazi kullanımının değişmesi,

endüstriyel üretim bu artışın başlıca nedenleridir (Hardy, 2004). 2005'te dünya genelinde CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 228 ppm'den 379 ppm'e çıkmıştır ve her yıl yaklaşık %0,5 değerinde artış olmaya devam etmektedir. Tüm emisyon kaynakları bugün kesilse bile atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu düzeyi 100 ile 300 yıl devam edecektir (IPCC, 2007).

Metan (CH<sub>4</sub>) oksijenin olmadığı ortamda organik maddenin bozunmasıyla oluşmaktadır. Fosil yakıtlar, pirinç tarlaları, atık sahaları, hayvancılık metanın oluşumunun nedenlerindedir. Konsantrasyonu son yıllarda neredeyse % 150 artmıştır ve her yıl % 1,1 artmaya devam etmektedir (Şimşek, 2011).

Azot oksit (N<sub>2</sub>O) gübreleme, endüstriyel süreçler ve yanma nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Konsantrasyonu geçtiğimiz 20-30 yıl boyunca 0,8 ppb artmıştır (IPCC, 2007).

Kloroflorokarbonlar ve hidrokloroflorokarbonların başlıca kaynakları sıvı soğutucular, köpükler, spreyleyler, ve temizleme çözeltileridir. Doğada uzun yarılanma süresine sahip olmaları nedeniyle önemli sera gazları olarak görülmektedir (Hardy, 2004).

Bilim adamlarının ortak kararı insan kaynaklı sera gazı konsantrasyonlarında gözle görülür bir artışın olduğudur ve geçtiğimiz yüzyılda sıcaklıkta ortalama 0,74 °C artış olduğu gözlenmiştir (Alley, 2001). Ayrıca 1850 yılından 2000 yılına kadar yüzey sıcaklığı 0,6-1°C artmıştır. Geçmiş elli yılın ısınma hızı ondan önceki yüz yılın neredeyse iki katıdır. Özellikle sanayi devriminden sonra sıcaklıkta 2000'li yıllara kadar ortalama 0,8°C artış olmuştur (Şimşek, 2011).

Sera gazlarındaki artış hidrolojik dengeyi önemli ölçüde etkilemektedir. Okyanuslarda iklim değişikliğine bağlı çeşitli değişimler gözlenmektedir. Dip sularının yüzey suları ile karışmasını sağlayan Ekman taşınımları, iklim değişimi ile değişmektedir. Böylelikle bazı kıyı bölgelerinde daha az yağış ve artan bir rüzgar hızı oluşmaktadır. Diğer taraftan eriyen buzullardan okyanusa karışan tatlı su miktarının artışı Kuzey Atlantik'in ısınmasına yol açmaktadır (Hardy, 2004).

1950'den beri yapılan çalışmalarda okyanuslarda 300 m'den yukarı kısımların sularında 0,31 °C sıcaklık artışı olduğu belirlenmiştir (Levitus ve ark., 2000). Bunun yanı sıra yine buzulların erimesiyle deniz seviyelerinde yükselmeler görülmektedir. 1961-2003 yılları arasında yapılan çalışmalarda deniz seviyesinde 1,3-2,3 mm yükselme belirlenmiştir. Ayrıca 2100 yılına kadar deniz seviyesinin 0,28-0,43 m yükseleceği öngörülmektedir. Bilgisayar modelleri de Arktik okyanusunun buzunun inceleneceğini, Greenland buzullarının eriyeceğini ve buzsuz deniz alanlarının artacağını tahmin etmektedir (Hardy, 2004).



Ayrıca her yıl, sel ve sıcak hava dalgaları gibi büyük hava olayları yaşanmakta ve bu durum milyonlarca insanın hayatını kaybetmesine, milyon dolarlarca hasara ve değiştirilemez çevresel zararlara yol açmaktadır.

### 3.5.1 İklim değişikliğinin su sistemlerine etkileri

Küresel ısınma potansiyel buharlaşmayı ve havanın su buharı tutma kapasitesini arttırmaktadır. Bilim adamları hava sıcaklığındaki her 1 °C'lik artışın % 4'lük bir buharlaşma artışı oluşturacağını öngörmektedir. Bununla birlikte, artan sıcaklığın etkileri, net ışınım, nem ve rüzgar hızı değişimleri ile örtüşmektedir. Artan bulutluluk net ışınımın azalmasına yol açarak mutlak nemi arttırmaktadır. Bu yüzden buharlaşma ihtiyacı azalırken yüksek sıcaklık söz konusu olduğunda havadaki doymuş buhar basıncı artarak, mutlak nemdeki artış bağıl nemde azalmaya neden olur ve böylece buharlaşma ihtiyacında artış meydana gelir. Aynı şekilde atmosferdeki CO<sub>2</sub> seviyesindeki artış ve sıcaklık artışıyla bitki örtüsü büyüme miktarı ve hızının etkilenmesi nedeniyle potansiyel buharlaşma ile terleme de değişmektedir (Şimşek, 2011).

Nemli sıcak bölgelerde, akışa geçen su genelde toprağa sızan ve toprak içinde hareket eden su tarafından oluşturulur ve yağmur doymuş buhar basıncına yakın nem oranına sahip bölgelerin üzerine yağar. Toprak özellikleri; suyun sızması ve toprağın doymuş hale gelme süresi gibi parametreleri etkiler. Yüksek sıcaklık ve fazla yağış toprağın organik içeriğinin azalmasına neden olur ve toprağın nem tutma kapasitesini azaltır. Yaz aylarındaki artan kuraklıkla birlikte toprak çatlak ve bu da toprağa suyun sızma hızını çok artırır. Artan yağış toprak içinde katmanların oluşmasına neden olarak aşağı doğru sızmayı sınırlandırır.

Tatlı su kaynaklarının içinde hareket ettiği coğrafi konum, yüzey şekilleri ve iklim özelliklerine göre bir bölgede etkili olan çevrime hidrolojik çevrim adı verilir. Bu çevrim sadece su miktarı bakımından değil, aynı zamanda doğal olarak tuzlu ve kirli sularında buharlaşma yoluyla saflaşarak yeniden canlıların hizmetine sunan bir arıtma vazifesi de görmektedir (Şimşek, 2011).

İklim ve su sistemleri birbirleriyle bağlantılıdır. Bu sistemlerin herhangi birindeki bir aksama ya da değişiklik bir diğerini etkilemektedir. Hidrolojik sistemlerdeki orantılı olmayan tepkiler, karşılıklı ilişkiler, geri beslemeler nedeniyle iklimdeki değişiklikler hızlandırılabilir.

Küresel ısınma göllerde termal yapı ve canlı yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. İklim değişikliği her canlıyı ve beslenme biçimini değiştirecektir. Böylece ısınma canlı bileşimini, durağanlığı ve su ekosistemindeki besin ağını da etkileyecektir. İklim değişikliğinin etkisi,

sıcaklığın, su seviyesinin, buzsuz okyanus periyodunun ve çözülmüş gazların değişmesi şeklindedir. Artan sıcaklık oksijenin sudaki çözünürlüğünü azaltır ve mikrobiyal oksijen ihtiyacını artırır. Değişen yağış ve buharlaşma da özellikle yarı kurak kıta ortalarında bulunan göllerin kimyasını değiştirir. İklim senaryolarına göre göllerin tuzluluğu artacak, bu da fitoplankton türlerinin ve besin ağının değişmesine neden olacaktır (Hardy, 2004).

Yıllık ve mevsimlik iklim değişikliği, su temin sistemlerini birçok yönden etkilemektedir ve bunun sonucu olarak su talebi de etkilenmektedir. Artan hava sıcaklıkları ve yağıştaki değişiklikler içme suyu, soğutma sistemi suyu ve bahçe sulama suyu talebindeki artışlara neden olmaktadır. Yağış rejimindeki değişiklikler nehir akışlarında azalmalara, yeraltı suyu seviyelerinde düşmelere ve kıyı bölgelerde tuzlu su girişimlerine yol açmaktadır. İklim değişikliği aşırı şiddetli yağmurlar akışı ile su boru hatlarının aşınmasını hızlandırmaktadır (Şen, 2009).

İklim değişikliği nedeniyle etkilenen akarsu ve göller, taşımacılık, sulama, güç üretimi, atık giderimi gibi insan faaliyetlerini de etkileyecektir. Kuzey Amerika'da bir çalışmada incelenen Büyük Göller dünyanın taze su rezervlerinin % 20'sini depolamaktadır ve Amerika nüfusunun % 12'si ve Kanada nüfusunun % 27'si bu havzada bulunmakta ve yararlanmaktadır. CO<sub>2</sub> derişiminin iki katına ulaşacağını öngören senaryoya göre gölleri besleyen akarsu su miktarları % 15-21 oranında azalacaktır. Buharlaşan su miktarı yüzeysel akışa geçen su miktarını aşacak ve göllerdeki su seviyesi yaklaşık 1,5 m azalacaktır. Bu azalma göllerdeki taşımacılık ve denizcilik faaliyetlerini engelleyecektir (Şen, 2009).

### **3.5.2 Hayvan popülasyonlarına etkileri**

Deniz ortamında çoğu organizmanın büyümesi, gelişmesi ve çoğalması için optimum sıcaklık ve koşullar gerekir. 1951-1993 yılları arasında Kaliforniya kıyılarında zooplanktonların sayısında azalma görülmüştür. Bu azalma su sıcaklığının 1,2-1,6 °C artışıyla ortaya çıkmıştır.

Ayrıca okyanuslardaki su sıcaklığının artması çevresel açıdan büyük öneme sahip mercan kayalıklarını da tehdit etmektedir (Goreau ve ark., 1994). 1980'den 1990'a kadar buzulların % 6 oranında erimiş olması kutup aylarının yaşamlarını tehlikeye sokmaktadır (Hardy, 2004). Kuşlarla ilgili İngiltere'de yapılan bir çalışmada, 25 yıllık bir periyotta (1971-1995) 65 kuş türünden 45'inin yumurtlama mevsiminin, normal döneminden 4-17 gün öncesine kaydığı belirlenmiştir (Şen, 2009). Amerika'da yapılan bir çalışmada da CO<sub>2</sub> derişimi iki katına çıkacağını öngören senaryoya göre ılıman göllerde buz oluşumu 20 gün gecikecek ve buz kaplı dönem 58 gün kısılacaktır. Kanada ve Alaska'da gerçekleştirilen çalışmalarda 50

yıla kadar sıcaklık artışlarının olması kutup göllerindeki besin ağının değişeceğini ortaya koymuştur (Şen, 2009). Akarsu sıcaklığındaki artışlar balıkların ve omurgasız canlıların nüfus yoğunluğunu, boyutlarını ve üremelerini azaltabilir. Genelde yeraltı suyu sıcaklığı kışın hava sıcaklığından daha fazladır ve küresel ısınma ile artacağı tahmin edilmektedir. Hava sıcaklığındaki dalgalanmalar toprağın kök bölgesinin sıcaklığında da dalgalanmalara neden olur. Dağlık bölgelerde, artan yükseklik ile yeraltı suyu sıcaklığı azalır (Hardy, 2004). Tatlı su balıkçılığının iklim değişikliğine, coğrafi bakımdan ayrı oluşu nedeniyle daha fazla duyarlı olduğu bilinmektedir. Hava sıcaklığındaki artış yerel balık türlerinin neslinin tükenmesine neden olmaktadır. Balıkçılık besinler, sıcaklık katmanlaşması, pH ve buz örtüsündeki değişikliklerden etkilenecek olan plankton üretimine bağlıdır. Planktonların gelecekteki değişikliklerin ölçeği ve boyutu çok az bilinmektedir. Plankton dağılımları hava sıcaklığının arttığı orta ve yüksek enlemlerde hızlı kaymalarla birlikte değişmektedir (Şimşek, 2011).

### **3.5.3 Bitkiler üzerindeki etkileri**

Karasal bitkilerdeki beklenmeyen değişimler iklim değişikliğinin başka bir belirleyicisidir. Kuzey bölgelerde, 1880'den beri yaklaşık 2 °C sıcaklık artışı görülmüştür. Bu ısınmayla beraber Moğolistan merkezindeki çam ağaçları da çoğalmışlardır. Alaska'daki beyaz ladinler hızla büyümektedir. Ayrıca ısınma kuzey bölgelerdeki fotoplanktonların ekolojisini de değiştirmektedir (Şimşek, 2011).

İklim değişikliğinin başlattığı bitki türü kompozisyonu değişikliği mera üretimini değiştiren önemli bir mekanizma olacaktır. Hava sıcaklığında son zamanlarda gözlemlenen artışlar ılıman ve kuzey ekosistemlerinde büyüme mevsimlerini uzatmaktadır. Azalan yağmur ve artan hava sıcaklığına bağlı buharlama artışının kombinasyonu yüzünden dünya bölgelerinin çoğunluğunda sulama talebi artmaktadır. Bu durum azalan su varlığı ile birleştiğinde gelecekte su ve gıda güvenliği açısından önemli bir tehlike oluşturmaktadır.

Isınma sürdükçe birçok orman ısınmaya ayak uyduramayacak ve yerini otlaklar gibi daha yüksek hava sıcaklıklarına uyum sağlayabilen türler alacaktır. Birçok ağaç türü daha yüksek rakımlara ve enlemlere kayacaktır. Ayrıca artan hava sıcaklığı ve değişen yağış miktarı ormanlarda yangın riskini arttırmaktadır.

Kısa vadede iklim değişikliğinin gıda niteliğindeki bitkisel ürünler üzerindeki etkisi ılıman enlemlerdekine göre ekvator ve kurak tropik bölgelerde daha ağırdır. Gıda güvenliğinin zaten tehlikede olduğu ve doğal kaynak tabanının zayıf olduğu bazı bölgelerde potansiyel olumsuz ürün etkileri özellikle belirgindir. Bu gelişmelerin beraberinde Uluslararası tarım

ticaret akışının dramatik ölçüde yükseleceği tahmin edilmektedir. İklim değişikliğinin etkisi, ılıman bölge ürünlerinin ılıman bölgelerden tropik bölgelere akışının artmasına yol açacaktır (Şimşek, 2011).

### **3.5.4 Kuraklık ve toprak nemine etkileri**

Küresel ısınma bazı bölgelerde yüksek yüzey sıcaklıklarına neden olacak ve buna bağlı olarak evapotranspirasyon değerleri artacak ve toprak nemi azalarak daha sık kuraklıklar yaşanacaktır. Suyun hidrolojik çevriminde önemli bir yer tutan buharlaşma ile terleme (evapotranspirasyon) sayesinde suyun bir kısmı atmosfere geri döner. Solunum ile su kaybı atmosferdeki CO<sub>2</sub> derişimi ile yakından ilişkilidir. Model çalışmaları, sıcaklık ve evaporasyondaki artış ile yağıştaki azalışın çeşitli su sıkıntılarına neden olacağını göstermektedir. Sıcaklıktaki ufak bir artış bile, yağıştaki değişim ile yüzeysel akışta oldukça büyük değişimlere neden olabilecektir. CO<sub>2</sub> derişiminin iki katına çıkması, yağışta bölgesel olarak  $\pm\%$  20'lik bir değişime neden olurken, yüzeysel akış ve toprak neminde  $\pm\%$  50'lik bir değişime neden olabilecektir (Hardy, 2004).

Kuraklık ve bazı insan faaliyetleri korunmaya muhtaç bölgelerin çölleşmesine yol açmaktadır. Gelişmiş ülkelerde dahi aşırı kuraklık önemli çevre, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olabilir. 2003 yazında Avrupa'da çok ağır, yaygın ve uzun süren bir yaz kuraklığı yaşanmıştır. Yüksek hava sıcaklığı, yetersiz yağışla birleştiğinde yangınlara, su temininde ve enerji üretiminde sorunlara ve ürün başarısızlıklarına yol açmıştır (Beniston ve Diaz, 2004).

### **3.5.5 Ekosistemler üzerine etkileri**

İklim değişikliğinin ekosistemleri etkilediğine ilişkin ve ekosistemlerin yapısı, işlevi ve tür kompozisyonu üzerindeki etkilerine ilişkin bulgular genelde yerel ölçeklerle sınırlıdır.

İklim değişikliği senaryoları altında ekosistemlerin yabancı yayılmacı türlere karşı artan yatkınlığı bioçeşitlilik ve ekosistem işleyişi için büyük belirsizliktir. İklim değişikliğinin haşereleri, hastalıkları veya patojenleri çoğaltabilme ve diğer türleri azaltabilme riski bulunmaktadır.

Ağaçlandırma, deniz karbonunun uzaklaştırılması, deniz demir gübrelemesi gibi iklim değişikliğinin yumuşatılması girişimlerinin ekolojik, bioçeşitlilik ve ekosistem işleyişi üzerindeki etkileri belirsizdir. Karasal türlerin davranışlarındaki, coğrafi sistem ve ekosistemdeki değişikliklere ilişkin bulgular iklim değişikliğinin erken işaretlerine atfedilmektedir. Bulgular iklim değişikliğinin yerel nüfusların (kelebek, kurbağa ve diğer birkaç türün) neslini tüketeceğini belirtmiştir. Birçok böcek türü iklim değişikliğine coğrafi

menzil kaymaları yoluyla hızlı karşılık verme yeteneğine sahiptir. Deniz gıda zinciri sistemleri önemli ve temel değişikliklerden geçmektedir. Buna karşın daha soğuk ve sıcaklık çeşitliliğini ortaya koyan kutup altı ve kutup bölgesi deniz türleri azalmaktadır (IPCC, 2007).

### **3.5.6 İnsan sağlığı üzerine etkileri**

İnsan toplulukları yıllarca doğal kaynakları ve ormanlık alanları tahrip edip, yerine binaları inşa etmişlerdir. Yaşamlarını sürdürdükleri bölgelerde çevreye vermiş oldukları zarar bölgesel iklim değişikliklerine neden olmuştur. Bugün iklim değişikliği tanımlanırken; atmosferde biriken sera gazı miktarını arttıran insan faaliyetlerinden kaynaklanan kirletici etkinliği de göz ardı edilmemelidir. Sanayileşme, nüfus ve kentleşmedeki artışa paralel olarak, başta CO<sub>2</sub> olmak üzere sera gazlarının atmosfere salınımı gün geçtikçe artmış ve artan CO<sub>2</sub> konsantrasyonu insan sağlığını tehdit etmeye başlar olmuştur.

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, insan sağlığını çeşitli faktörler vasıtasıyla doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Bu değişikliğin insan sağlığı üzerindeki doğrudan etkisi; ısı dalgaları, fırtınalar, seller ve beklenmeyen hava olayları sonucunda meydana gelmektedir.

Hastalıklar, iklimsel değişikliklere karşı oldukça hassas ve duyarlıdır. İklim değişikliğinin etkinliğinde gerçekleşen; yetersiz beslenme ve tek başına global bazda dağılarak etkili olan hastalıklar en çok sosyo-ekonomik seviyesi düşük insanlarla çocukları etkilemekte hatta ölümlerine neden olabilmektedir. Kırsal ve kentsel yerlerde çevre sorunlarının yaşanması, su ve gıda teminindeki yetersizlik, çocuklarda ishal ve uzun vadede beslenme bozukları gibi problemlerin oluşmasını sağlamaktadır. Başta düzensiz yağış dağılımı ve sıcaklıkların yükselmesi, hastalığa neden olan tehlikenin (enfeksiyon, virüs vb.) dağılımında değişikliğe neden olacaktır.

İklim değişikliğinin insan sağlığına dolaylı etkileri; su kullanımı, enfeksiyon hastalıkları ve besin temini yoluyla olmaktadır. Beklenmeyen veya beklenenden çok daha fazla gerçekleşen hava olaylarının ve iklim değişikliğinin, humma, sarıhumma, malarya, ve virüs kökenli bazı enfeksiyonların transfer olasılığında artışa neden olacağı düşünülmektedir. Yapılan araştırmalar, 2100 yılına kadar dünya sıcaklığında 3-5 °C' lik bir artış olması halinde, gelecek yüzyılın ikinci yarısına kadar olası malarya hastalığının bölgesel görülme alanının, yaklaşık olarak dünya nüfusunun % 45 ~ % 60'lık kısmını etkisi altına alacağı düşünülmektedir. Çoğunlukla tropikal, sup tropikal ve birkaç ılıman kuşak toplumlarında Malaryanın etkili olacağı beklenmektedir. Malarya dışında artan taşkın ve yüksek sıcaklıklar neticesinde, kolera ve salmonella vakalarında da artış olmasının kaçınılmaz olacağı düşünülmektedir (Epstein, 2010).

İnsan sağlığı üzerinde iklim değişikliğinin etkileri araştırılırken; cinsiyet, yaş, sosyo-ekonomik durum, cilt yapısı, temizlik koşulları, nufus yapısı ve dağılımının değerlendirilmelidir. Ayrıca yaşlı insanların gençlere göre termal stresin etkilerine karşı daha duyarlı oldukları da atlanmamalıdır. Araştırmalar, 65 yaş üzerindeki insanların sıcak dalgalardan yaşanması ile ölüm oranlarında artış olduğunu göstermektedir. İlerleyen yaş ile birlikte çoğu sağlık problemi de gündeme gelmektedir. İleri yaşlar sıcağa olan hassasiyetin de arttığı dönemlerdir. Mevcut fizyolojik ve metabolik koşullarda sıcak hava ile birlikte insan üzerindeki stresin artmaktadır. Cilt hastalıkları, kronik kalp ve damar hastalıkları, öğrenme zorlukları, yaşanan unutkanlıklar ve bunamalar vücut sıcaklık dengesini olumsuz yönde etkileyen anti-depresanlar, alkol ve uyuşturucu kullanımı ise bu etkiyi daha da artırır. Yapılan epidemiyolojik araştırmalar ozon konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak, kirli bölgelerde yaşayan insanların astım riskinin artacağını göstermiştir. Astımın ilerlemesi ve Prematüre bebek ölümlerindeki artış da atmosferde yer alan ozon konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak görülebilmektedir. Bunların yanı sıra yüksek ya da orta enlemlerde yaşayanların ilerleyen yıllarda cilt kanserlerine rastlama olasılığının ciddi oranda artacağı düşünölmektedir. Ozon yoğunluğu ve UVB radyasyonu ile alakalı yürütölen pilot çalışmalara göre, 2050 yılına kadar bu bölgelerde cilt kanserinde % 5 civarında bir artışa rastlanacağı tahmin edilmektedir.

İklim değişikliği gıda güvenliğinde de sıkıntıların yaşanmasına neden olacaktır. Hava sıcaklığının artması, zararlı böceklerin ve soğutma problemlerinin artmasının yanında hayvanlardan insanlara bulaşan bazı yeni hastalıklara da ortam sağlayacağı öngörülmektedir. Ayrıca içme sularının hızla azalması ve su kirliliğinin artmasıyla temiz su bulmada da sıkıntıların yaşanacağı düşünölmektedir. Azalan su kalitesi ile kıyı sularının kalitesinin ve güvenliğinin düşeceğinden deniz ürünlerinin tüketimi ve deniz turizmi de azalacaktır. İçme ve kullanma suyundaki düşüş; hijyen sorunları, yetersiz sıvı tüketimine bağlı olarak elektrolit sıvı dengesinde bozulma ve böbrek yetmezlikleri gibi çoğu sağlık problemini gündeme getirecektir.

Fosil yakıt kullanarak enerji üretimi sağlayan santrallerin emisyonu hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu şekilde faaliyet gösteren santrallerde baca ve emisyon standartlarına dikkat edilmelidir. Dikkat edilmediği hallerde bölge ve çevrede yaşayan halkın sağlığını tehdit eder nitelik taşıyacaklardır. Bu gibi tesislerde emisyon kontrolleri yapılmaması ile çevrede yaşayan halkın; bronşit, akciğer kanseri, eklem romatizması, raşitizm, göz yanmaları, kalp hastalıkları, nefes darlığı ve çeşitli tozların vücuttaki birikimine bağlı iştah kaybı ve iştah kaybına bağlı vücut direncinin düşmesi, hava kirliliği sebebiyle de erken yaşlanma belirtileri,

ruhsal bozukluklar, suç işleme oranında artış, hamilelerde düşük yapma sıklığında artış gibi durumlar karşılaşılabilecek sağlık sorunları arasında sıralanabilir (URL-7).

Genel olarak sel felaketleri sonrasında enfeksiyon hastalıkları kendini göstermeye başlar. Seller insan ve hayvan dışkılarını taşıyarak içme sularına karışmasına ve bu sayede içme sularının kirletmesine sebep olmaktadır. Sel felaketi sonrasında ülkelerde kolera, tifo, dizanteri gibi hastalıkların arttığı gözlenmiş ve salgınlarınsa toplum sağlığını tehdit ettiği görülmüştür. Aynı şekilde çok az görülen ve bilinen enfeksiyon çeşidinin de doğal afetler sonrasında ortaya çıktığı görülmektedir. Fareler tarafından taşınan “leptospirosis” hastalığı farenin idrarıyla temasta bulunan insanlara geçmesi ve bu hastalığın sel suları ile taşınarak insanlara bulaşması örnek olarak gösterilebilir (Epstein, 2010).

Gözlem sonuçları vektör (enfeksiyon yoluyla sivrisinek, kene, ve pire), su, yiyecek ve hayvan yoluyla bulaşan hastalıkların yayılma alanlarının belirleyicisinin iklim ve hava olduğunu göstermiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından yürütülen bilimsel araştırmalarda iklim değişikliği ile; kene, kuş gribi, ebola, veba, verem, kolera, parazitler, Lyme, zararlı deniz yosunları, kızıl humma, sarıhumma ve sıtma gibi hastalıklarda artış olacağı gözlemlenmiştir. Sıtma mikrobu sivrisineklerle taşınmaktadır. Sanayisi gelişim gösteren ülkelerde sıtma mikrobu oldukça büyük bir problemdir. Bir yıl içerisinde yaklaşık olarak bir milyonu aşkın çocuk sıtma mikrobu nedeniyle hayatını kaybetmektedir. Böcekler, özellikle de sivrisinekler soğukkanlı hayvanlardır ve diğer canlılar gibi iklime ve meteorolojik olaylara karşı duyarlı bir yapıya sahiplerdir (Epstein, 2010).

İklimsel değişim; bakteri ve virüs oluşmasını, taşınmasını ve canlı yaşamın devam etmesini, ekolojiyi, bitkisel ve hayvansal üretim alanlarını etkilemektedir.

Yapılan çalışmalar 2080 yılına kadar sıcaklıklarda 2,3 °C seviyesindeki küresel bir artışın 270 milyon insanın, 3,3 °C seviyesindeki bir sıcaklık artışının da 330 milyon kadar insanın sıtma tehlikesiyle burun buruna gelmesine sebep olacağını göstermektedir. Çalışmalar, iklim değişikliği ile 2030 yılına kadar yaşanacak sıcaklık artışının, ishal olaylarında % 10'luk bir artışa sebep olacağını söylemektedir (EC-DGE, 2005).

Yüksek NO<sub>2</sub> konsantrasyonuna kısa süre maruz kalan sıhhatli insanların, şiddetli akciğer sorunları ortaya çıkabilmektedir. Kronik akciğer rahatsızlığı olan kişilerin maruziyetleri sonrasında akciğerde kısa zamanda fonksiyon bozuklukları yaşanabilmekte iken uzun süre maruz kalınması halinde ise solunum yolu rahatsızlıklarında büyük ölçüde artışa neden olacaktır.

Toz Partikül Madde (PM<sub>10</sub>), partikül madde kavramı, havada bulunan katı partikülleri temsil eder. Bu partiküllerin bir çeşit kimyasal bileşimi yoktur. Katı partiküller doğal kaynaklardan

ve insan faaliyetleri sonrasında doğrudan atmosfere karışırlar. Atmosferde diğer kirleticiler ile etkileşime neden olur ve PM 'yi oluşturarak atmosfere verilirler. PM<sub>10</sub> Toz partikül madde 10 µm'nin altında bir aerodinamik çapa sahiptir. Partikül boyutu 2,5 µm'ye kadar olan maddeler için yasal düzenlemeler üzerine çalışmalar sürdürülmektedir. Yollardan kalkan tozlar PM<sub>10</sub> toz partikül maddesi için gösterilebilecek doğal bir kaynaktır. Diğer kaynaklara; kömür, trafik ve maden, taş ocakları ve inşaat sahalarıdır. Toz partikül madde insan sağlığı üzerinde; solunum sisteminde birikebilir ve bazı sağlık problemlerine sebep olabilir. Astım benzeri solunum rahatsızlıklarını olumsuz yönde etkiler ve hatta astım hastalarının erken ölümüne sebep olabilecek ciddi sağlık problemlerini doğurur. Astım, kronik tıkayıcı akciğer ve kalp hastalığı gibi akciğer veya kalp rahatsızlığı olan kişilerin maruz kalması halinde rahatsızlıkları kötüleşebilir. Toz partikül madde maruziyetine karşı yaşlılar ve çocuklar oldukça hassastır. Toz içindeki mevcut diğer kirleticiler partikül maddenin de yardımıyla akciğerin derinliklerine kadar nüfus edebilir. Hatta ince partiküllerin önemli bir kısmı alveollere kadar ulaşabilir. Alveollerden kurşun gibi zehirli maddelerin % 100'ü kana geçebilir. Karbonmonoksit (CO); renksiz ve kokusuz bir gazdır. Yakıtların yapısındaki karbonun tam olarak yanmaması nedeniyle oluşur. CO konsantrasyonları, soğuk mevsimlerde en yüksek değere ulaşır. Soğuk mevsimlerde çok yüksek değerlere ulaşılmasının bir sebebi de inversiyon halidir. CO'in küresel arka plan derişimi 0.06 mg/m<sup>3</sup> ve 0.17 mg/m<sup>3</sup> arasındadır. 2000/69/EC sayılı AB direktifinde CO'e ait sınır değerler tespit edilmiştir. İversiyon, sıcak havanın soğuk havanın üzerinde olmasını, havanın dikey olarak birbiriyle karışmasına mani olmasıdır. Kirlilik bu sayede yer seviyesine yakın soğuk hava tabakasının içinde birikir (Eskişehir Valiliği, 2017).

CO'in temel kaynağı trafikteki yoğunluk ve sıkışıklıktır. İnsan sağlığı üzerindeki etkileri; akciğer vasıtası ile kan dolaşımına nüfus ederek, kimyasal olarak hemoglobine bağlanmasıdır. Hemoglobine bağlanan CO, oksijenin hücrelere taşınmasına engelleyerek dokularda ve organlardaki oksijen konsantrasyonunu düşürür. Yüksek düzeyde CO'e maruz kalmak, sağlıklı bireylerde gözün görme ve algılamasını olumsuz yönde etkileyebilir. CO kirliliğine karşı en riskli grup hafif ve daha ağır kalp ve solunum sistemi rahatsızlığı olan bireyler ile yeni doğmuş ve henüz doğmamış bebeklerdir. Kurşun (Pb), doğada metal olarak bulunmaz. Kurşun vibrasyon, gürültü ve ışınlarla karşı bir koruyucu olup hava ile taşınmaktadır. Kurşun çevreye, bakır ve tunç (Cu + Sn) alaşımının işlenmesi ve maden ocakları, kurşun bulunduran ürünlerin geriye dönüştürülmesi ve kurşunlu petrolün yanması sonrasında yayılır. Kurşun bulunduran benzin ilavesi ürünlerin de kullanılması, atmosferdeki kurşun miktarını artırır. Ozon (O<sub>3</sub>), renksiz, kokusuz ve 3 oksijen atomundan



oluşan bir gazdır. Ozon kirliliği, bilhassa yaz aylarında güneşli havalarda ve yüksek sıcaklıkta görülmektedir ( $\text{NO}_2 + \text{güneş ışınları} = \text{NO} + \text{O} \Rightarrow \text{O} + \text{O}_2 = \text{O}_3$ ). Ozon üretimi uçucu organik bileşikler (VOC) ve karbon monoksit sayesinde güçlendirilir veya hızlandırılabilir. Ozonun oluşması için en önemli öncü bileşimler VOC ve  $\text{NO}_x$  (Azot oksitler)'dir. Yüksek güneş ışınlarının etkisiyle ozon konsantrasyonu Akdeniz ülkelerinde Kuzey-Avrupa ülkelerine kıyasla daha yüksektir. Nedeni ise güneş ışınlarının Ozon' un fotokimyasal oluşumundaki fonksiyonundan ileri gelmesidir. Diğer kirleticilere oranla ozon doğrudan ortam havasına karışmaz. Yeryüzüne yakın düzeyde ozon karmaşık kimyasal reaksiyonlar yoluyla meydana gelir. Bu reaksiyonlara metan,  $\text{NO}_x$ , CO ve VOC'ler (etan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), etilen ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), benzen ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), toluen ( $\text{C}_6\text{H}_5$ ), ksilen ( $\text{C}_6\text{H}_4$ ) gibi kimyasal maddeler de eklenir. Ozon oldukça güçlü bir oksidasyon maddesidir. Çoğu biyolojik madde ile reaksiyonda bulunur. Solunum sisteminin tamamını olumsuz etkileyebilir. Ozonun zararlı etkisi konsantrasyon miktarına ve ozona maruziyet süresine bağlı olarak değişmektedir. En büyük risk grubunu çocuklar oluşturmaktadır. Diğer gruplar da ise öğlen saatlerinde dışarıda fiziksel faaliyetlerde bulunanlar, akciğer hastaları, astım hastaları ve yaşlılar bulunur.

### **3.5.7 İklim değişikliğinin potansiyel ekonomik etkileri**

İklim değişikliği ve buna bağlı olarak küresel ısınmanın insanlığa çıkaracağı maliyet konusunda bugüne kadar sayısız araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalar, iklim değişikliğinin günümüze oldukça yakın bir gelecekte önemli bir refah kaybına neden olacağını ortak olarak açıkça göstermektedir (Yalçın, 2010).

Günümüzdeki sanayi faaliyetlerinde gerekli olan enerjinin temininde, tüketilen fosil yakıtların başında kömür gelmektedir. Çünkü kömür, diğer petrol türevli enerji kaynaklarına oranla daha bol ve daha az maliyetlidir. Dünyadaki ihtiyacı karşılayacak kömür rezervlerinin 200 yıldan daha fazla olduğu tahmin edilmektedir. Ancak kömür, karbon emisyonunun en fazla görüldüğü fosil enerji kaynağıdır. World Bank dataları Çin ve ABD'de yalnızca 2008 yılında 157 adet kömürle çalışan termik santralin faaliyet göstermeye başladığı, ilerleyen yıllarda yüzlerce yeni kömür santralinin faaliyetine başlayacağını göstermektedir. Öte yandan petrol rezervinde bariz bir azalma gözlenirken, kömüre oranla daha fazla rezerve sahip olan doğalgaza olan bağımlılığın ilerleyen günlerde artacağı düşünülmektedir (World Bank, 2010).

### 3.6 İklim Değişikliğinin Türkiye’de Sektörel Etkileri

Türkiye’deki sera gazı emisyonlarının temel kaynağı olan sektörler kısaca aşağıda sıralanmıştır (Toröz, 2015).

#### *Enerji:*

Enerji tüketimiyle meydana gelen emisyonların kontrol edilmesinde öne çıkan politikalar, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynak payının artırılması ve enerji verimliliğinin iyileştirilmesidir. Yenilenebilir kaynak oranının artırılması hedefiyle yürürlüğe giren “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” (YEK Kanunu) üreticiye önemli ölçüde destek ve teşvik imkanı yaratmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğe YEK Kanunu ile tarife desteği ve alım garantisinin yanında, arazi edinimi konularında da teşvikler sağlanmıştır (YEK, 2011). YEK Kanununun yürürlüğe girmesi ile elektrik enerjisi üretimi için yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılarak kurulan tesislerin güç kapasitelerinin önemli oranda artış gözlenmiştir. Adnan Serkan Toröz tarafından 2015 yılında hazırlanan yüksek lisans tezinde “Barajlı HES (Hidroelektrik Santral)’ler hariç yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün toplam kurulu güç içindeki payı 2000 yılındaki % 2,7 seviyesinden 2009 yılında % 4,8’e yükselmiştir. 2002 yılında yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi 34,0 milyar kWh iken, 2010 yılı sonunda % 64 artışla 55,8 milyar kWh’a çıkmıştır” ifadesine yer verilmiştir. Ülkemizdeki sera gazı emisyonlarının esas kaynağı fosil yakıtların yanmasıdır. Hükümetler arası iklim değişikliği paneline göre, enerji sektöründen kaynaklanan emisyonların temelinde fosil yakıtların yanması yer almaktadır. CO<sub>2</sub> kaynaklı emisyonların büyük çoğunluğu yakıtın yanmasından oluşmaktadır. Çizelge 3.1’de yakıtların yanması ile oluşan emisyon miktarları verilmiştir.

**Çizelge 3.1** Fosil yakıtların yanması ile oluşan emisyonlar (Gg) (National Greenhouse Inventory Report, 2012).

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC
<b>1990</b>	126.701,07	143,02	3,21	628,65	3.445,45	445,99
<b>1995</b>	155.347,54	137,27	3,59	789,51	4.491,64	610,59
<b>2000</b>	207.082,91	122,59	4,21	1.009,66	4.090,47	588,01
<b>2005</b>	236.416,94	114,57	4,89	1.049,19	3.036,11	459,78
<b>2010</b>	277.379,22	176,21	5,14	1.256,35	3.287,61	513,09
<b>2011</b>	294.728,91	147,89	3,23	1.259,71	2.751,33	410,65
<b>2012</b>	301.673,26	171,97	3,20	1.249,77	2.792,40	411,56

Gelişmiş ülkelerde, sera gazı emisyonlarının % 80'den fazlasını CO<sub>2</sub> meydana getirmektedir. Ülkemizde CO<sub>2</sub> miktarında 2012 yılı içinde gözlenen artışın kaynağının %250 ile enerji sektörü olduğu ve enerji sektörünü % 136 ile ulaşım, % 123 ile de diğer sektörlerin (tarım ve kamu sektörü) ve % 49 ile üretim sanayisinin olduğu bilinmektedir. Yakıt tüketiminden kaynaklı CO<sub>2</sub> artışı 2012 yılında 1990 yılına oranla % 138'dir. 1990 yılında fosil yakıtların tüketimi ile karbondioksit emisyonlarının büyük bir kısmı üretim sektöründen kaynaklanırken, 2012 yılında enerji endüstrisi üretim sektörünün önüne geçmiştir. Ülkemiz ulusal sera gazı envanterinde; 2012 yılında yakıtların tüketiminden kaynaklı emisyonların toplam emisyon miktarına olan oranı % 68,5'dir. Emisyon miktarının % 20'sini ulaşım, % 19'unu inşaat sektörü ve üretim sanayi, % 22'sini ise diğer sektörler oluştururken %39'u enerji sektöründe yakıtların yanmasından ileri gelmektedir (Toröz, 2015).

#### *Enerji endüstrileri:*

Enerji endüstrileri, petrol rafinerisinden ve elektrik üretiminden kaynaklı emisyonları kapsamaktadır. Emisyon seviyeleri ve eğilimleri yönüyle, ısı ve elektrik üretimi için tüketilen linyit, doğalgaz ve ikincil yakıttan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları için önemli bir kaynaktır. Elektrik üretiminde 2012 yılında sera gazı emisyonları, büyük bir role sahiptir. 57 GW (gigawatt) kurulu kapasite gücüne ulaşarak bir önceki yıla göre % 7,8 oranında artmış 1990 yılına göre ise 3,5 kat büyüme göstermiştir. Net elektrik tüketimi 2012 yılında 193,8TWh (Terawatt/saat) iken, 2011 yılındaki ise 186 TWh'dir. Elektrik üretiminde doğalgaz % 43,6 kömür % 13,6 jeotermal ve hidro % 24,6 diğer yenilenebilir % 2,7 ve petrol ise % 0,7'lik bir paya sahiptir.

Hidroelektrik üretimi, bir önceki yıla göre 2012 % 10,5 artarak 52,3 TWh'den 57,9 TWh'e yükselmiş, termik santraller ise % 0,1 artış göstererek toplam elektrik ihtiyacının %71,3'ünü karşılar seviyeye ulaşmıştır.

Kurulu rüzgar gücünün kapasitesi, bir önceki yıla kıyasla 2012 yılında 1729 MWh (megawatt/saat)'den 2260 MWh'e çıkmıştır. Güneş, jeotermal, biyokütle, hidroelektrik ve rüzgar santrallerini destekleyen ve 2005 yılında yürürlüğe giren YEK 2011 yılında yeniden düzenlenmiştir. Düzenleme ile elektrik satın alımlarında artışın olması hedeflenmiştir.

Ülkemizin toplam birincil enerji ihtiyacı (TPES), 2012 yılında bir önceki yıla oranla %5,7 artarak 121 mtoe (milyon ton petrol eşdeğeri)'ne yükselmiştir. Enerji ihtiyacında gaz ve kömürün payı 37,4 mtoe ve 20,3 mtoe, petrolün payı 30,6 mtoe iken Yenilenebilir enerjinin payı ise 9,6 mtoe'dur.

Enerji üretimi genel enerji ihtiyacının % 28,4'ünü birincil yerli üretimden karşılamıştır. 2012 yılında % 6,9 artışla, bir önceki yıla kıyasla 32,2 mtoe'nden 34,5 mtoe'ne kadar yükselmiştir. Türkiye'nin enerji üretiminde ithalat bağımlılığı % 71,6'dan % 81,6 seviyesine ulaşmıştır. Atık tesislerinde elektrik üretimi kurulu gücü 158,5 MWh'e ulaşarak (720,8GWh elektrik üretimiyle) bir önceki yıla kıyaslandığında 2012 yılında % 37 artış göstermiştir. Bitkisel ve hayvansal atıklar hariç katı fosil yakıtların üretimi 2012 yılında 20,3mtoe'nden 22,9 mtoe'ne yükselmiştir. Yerli petrol üretimi ise % 4,7 oranında azalmıştır. 2012 yılında yerli doğalgaz üretimi de 0,65 mtoe'nden 0,53 mtoe'ne gerilemiş, yerli kömür üretimi ise 2012 yılında % 4,9 artarak 76 Mt seviyesinden 80 Mt'a seviyesine yükselmiştir.

#### *Ulaşım:*

Ülkemizde ulaşım sektöründen ileri gelen emisyonlar karayolu taşımacılığı, sivil havacılık, denizyolu taşımacılığı ve demiryolu taşımacılığından kaynaklanmaktadır. Ulaşım kaynaklı emisyonlar 2012 yılında 1990 yılına göre % 134,6 oranında artmıştır. Ortalama emisyon ise her yıl yaklaşık olarak % 6,1 artmıştır (Çizelge 3.2). Ulusal sera gazı emisyonu raporuna göre ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonlar 2012 yılında 61,7 milyon ton CO<sub>2</sub> olup, toplam emisyonun içindeki payı % 13,6'dır (National Greenhouse Inventory Report, 2012).

**Çizelge 3.2** Ülkemizde ulaşım sektöründen ileri gelen emisyonların CO<sub>2</sub> eşdeğeri (Gg) (National Greenhouse Inventory Report, 2012).

Taşıma Çeşitleri	CO <sub>2</sub> eşdeğeri (Gg)			Ulaşım Sektöründeki Payı
	1990	2011	2012	2012
<b>Karayolu</b>	24.350,70	41.742,53	55.817,39	%90,50
<b>Yerli Havacılık</b>	914,98	3.404,39	3.801,67	%6,16
<b>Demiryolu</b>	521,52	482,12	443,7	%0,72
<b>Yerli Denizyolu</b>	499,39	2.230,34	1.615,61	%2,62
	<b>2011-2012 Arasındaki Değişim</b>	<b>1990-2012 Arasındaki Değişim</b>		
	<b>CO<sub>2</sub> eşdeğeri (Gg)</b>	<b>(%)</b>	<b>CO<sub>2</sub> eşdeğeri (Gg)</b>	<b>(%)</b>
<b>Karayolu</b>	14.074,86	25,2	31.466,69	129,22

<b>Yerli Havacılık</b>	397,28	10,5	2.886,69	315,49
<b>Demiryolu</b>	-38,42	-8,7	-77,82	-14,92
<b>Yerli Denizyolu</b>	-614,73	-38,0	1.116,22	223,52

Ulaşım sektörü toplam emisyon değerlerine, 2012 yılında 61,7 Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri kadarlık bir katkıda bulunmuştur. Ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonlarında karayolu taşımacılığı % 90,5 katkı ile CO<sub>2</sub> emisyonlarının esas kaynağı olmuştur. Karayolu taşımacılığını sırasıyla yerli havacılık % 6,2 denizyolu taşımacılığı % 2,6 demiryolu taşımacılığı % 0,7'lik katkı ile takip etmiştir.

*Atıklar:*

Ülkemizde atık sektöründe oluşan özellikle metan (CH<sub>4</sub>) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gibi sera gazları iklim değişikliği ve küresel ısınmada oldukça etkilidirler. Mevcuttaki atık sektörü sera gazı emisyonlarının kaynağı düzenli ve düzensiz depolama sahalarında oluşan % 50-55 oranındaki CH<sub>4</sub> içerikli depo gazıdır (Kumbaroğlu ve ark, 2009).

## 4. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE KARBON YÖNETİMİ

### 4.1 Sürdürülebilir Kalkınma

Sanayi devrimi ile başlayıp günümüze kadar gelen, ham maddenin işlenmiş ürüne dönüştürülmesi aşamalarının, sadece ekonomik faydaya bağlı olmadığı, uzun vadede sosyal ve çevresel gelişimi engelleyici sistematığıne bir alternatif olarak sürdürülebilir kalkınma terimi ileri sürülmüştür (Meadows, 1972).

1970' den bugüne çevre problemleri dünyada yer alan tüm ülkelerin temel gündem konularından biri olmuştur. Bu konu üzerine çok sayıda rapor yazılmış, uluslararası boyutta toplantılar düzenlenerek gerçekleştirilmiş ve bu toplantılarda alınan kararlarla çeşitli anlaşmalar, sözleşmeler ve eylem planları hazırlanarak kabul edilmiştir. Yürütülen bu çalışmaların her biri bu toplantılara taraf olan ülkelerin uyguladığı politikalara yansımıştır. Yapılan tüm bu düzenlemelerin sebebi global bir niteliğe sahip çevre sorunlarından kaynaklanmaktadır. Gelecek kuşakların da mevcuttaki doğal kaynaklar üzerinde söz sahibi olduğu fikri global çevre politikalarının en önemli taraflarından birisidir. Çevre sorunlarının global seviyede bir sorun olarak kabul edilmesinden sonra ortaya atılmış olan sürdürülebilir kalkınma aslında ilk kez 18.yy. sonu ve 19.yy. başında kara ormanlarının yok edilmesine engel olmak amacıyla Federal Almanya'nın Baden Bölgesinde çıkarılan yasalarda kullanılmıştır. Sürdürülebilir kalkınma toplumsal kalkınma kavramına da uyarlanabilmesinin yanında, esas anlamını 1987 yılında yayımlanan "Bruntland Raporu" ile elde etmiştir. Bu kapsamda çevreci bir görüş olarak tarif edilip ekonomik gelişmenin sağlanmasını hedefleyen "Sürdürülebilir Kalkınma" 1987 yılında Bruntland tarafından hazırlanan ve "Birleşmiş Milletler Çevre Kalkınma Komisyonu"na sunulmuş olan "Ortak Geleceğimiz" isimli raporda yer almıştır. Bu raporda "Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme becerisini kısıtlamaksızın, günümüzün ihtiyaçlarını karşılanması sürdürülebilir kalkınmadır" şeklinde tarif edilmektedir. 1992 Rio Zirvesi'nde bu prensip, toplantının ana gündem konusu olarak kabul edilmiştir. Birleşmiş Milletler (BM)' in sonraki yıllardaki toplantılarında da söz konusu ilke başlıca gündem konusu olmuştur. 2002 Johannesburg Zirvesi olsun 2012 Rio+20 Zirvesi olsun her ikisi de sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması hususundaki ilkelerin netlik kazandığı toplantılar olmuştur (Toröz, 2015).

Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye, bu kapsamın dışında kalamamış ve global seviyede alınan kararlar yönünde çevre politikalarını oluşturmuştur. Günümüzde

sürdürülebilir kalkınma amaç/hedeflerinin yakalanmasında global işbirliğinin önemi ülkemizde de olduğu gibi tüm dünyada da onaylanmaktadır. Bu yönden sürdürülebilir kalkınmadan taviz vermeksizin iklim değişikliği ile mücadelede “Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi”nin (BMİDÇS) önemi ve rolü büyüktür.

BMİDÇS sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı ve büyümeyi iklim değişikliği probleminin üstesinden gelecek muvaffak politikaların bir parçası olarak görmeyi amaçlamaktadır. “Sera gazı emisyonlarının büyük bir çoğunluğunu gelişmiş ülkelerin oluşturması nedeniyle bu emisyonların azaltılmasına yönelik uygulamalarda da gelişmiş ülkelerin öncü olmaları gerektiği ve gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliği ile mücadelelerinde finansal ve teknolojik yardımda bulunmaları gerektiği” uluslararası müzakerelerde vurgulanmaktadır.

Ülkemizde çevrenin geliştirilmesi ve korunması faaliyetlerinin, sürdürülebilir kalkınma ile birlikte yürütülmesi, çevre politikalarının temel bir hedefidir. İlk olarak 25 Nisan 2012’de “Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik” yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik sera gazı emisyonlarının doğrulanması, izlenmesi ve raporlanmasına yönelik çalışmaların başlangıcını oluşturmuş olup, 31 Mayıs 2017 tarihinde revize edilmiştir. Yönetmelik kapsamında belirtilen işletmelerin 22 Temmuz 2014 tarihinde yayımlanan “Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ” esaslarına uygun olarak yıllık sera gazı emisyonlarını raporlamaları zorunlu hale getirilmiştir.

#### **4.2 Karbon Yönetimi ve Yaklaşımları**

İlgili mevzuatlar kapsamında 2012 yılıyla birlikte gelişmiş ülkelerde tüm kuruluşlar ve şirketler karbon emisyonlarını açıklamak zorundadır. Türk şirketlerden bu ülkeler ile ticaret yapanlarda bu uygulamaya uymakla yükümlüdür. İlerleyen yıllarda endüstrilere getirilmesi öngörülen emisyon kotalarının AB Emisyon Ticaret’inin hız kazanmasına neden olacağı aşikardır. Artan emisyonlara karşılık belirlenmesi öngörülen kotaların tutturulması amacıyla kuruluşlar ve şirketler yeni enerji politikası uygulamaya ve üretim teknolojilerinde değişim ve veya reform sürecine girmek zorunda kalacaklardır. Başka bir çözüm yolu ise protokol kapsamında belirlenen sınır değeri tamamlayamayan bir diğer kuruluş veya şirketten kota satın almaktır. Enerji kullanımında beklenen verimlilik çalışmaları, üretim sürecinde alınacak tedbir, yapılacak iyileştirme ve değişiklikler, sürdürülebilir karbon yönetimini de beraberinde getirecektir.

Şirketler ya da kuruluşlar, kurumsal sosyal sorumluluk kapsamında hazırladıkları sera gazı emisyon bilgilerini, sürdürülebilirlik raporları ve diğer araçlarla iklim değişikliği yönetimlerini çeşitli platformlarda halk ile paylaşmaya başlamışlardır. Bu paylaşımın en

güncel ve yeni örneği Uluslararası yatırımcılar tarafından 2000 yılında hayata geçirilen Karbon Saydamlık Projesi (CDP)'dir. CDP; uluslararası yatırımcılar tarafından kurulan, kuruluşların/şirketlerin mevsimsel değişiklik risk ve fırsatlarını nasıl yönettiklerini belirtmelerini talep eden, kâr gütmeyen bağımsız bir organizasyon tarafından hayata geçirilmiştir. Karbon Saydamlık Projesi (CDP) 2010 yılı itibariyle ülkemizde de Sabancı Üniversitesi öncülüğünde başlatılmıştır. İMKB-50 kurumsal bilgilerini paylaşması için bu proje kapsamında davet edilmiştir. Ülkemizde halihazırda bir zorunluluk olmamasına karşın, global sera gazı emisyonlarını bir risk faktörü olarak değerlendirmek isteyen şirketler/kuruluşlar tarafından ilgi gösterilmiştir. Bu şirketler, iklim değişikliğine karşı geliştirdikleri politikaları ve karbon emisyon oranlarını doğru bir ortamda açıklama şansını CDP sayesinde kullanacak ve diğer şirketlere göre bir ulusal ve uluslararası platformda rakiplerinin bir adım önüne geçerek yatırımcı kuruluşların dikkatini çekme şanslarını yükselteceklerdir (Toröz, 2015).

Küresel ölçekte hükümetler bazında; ulusal, sektörel ve kurumsal ölçekte sera gazı emisyonlarının yönetiminde bilinen en kabul görmüş prensip “ölçülen kontrol edilir” yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda karbon yönetimine ilişkin ilk ve en önemli adım mevcut emisyonların doğru, eksiksiz ve güvenilir şekilde ölçülerek ortaya konduğu envanter çalışmalarınıdır. Emisyon miktarlarının azaltılmasına yönelik çalışmalar, alınacak önlemler ve hedefler öncelikle mevcut durumun gerçekçi ve güvenilir ölçülerde belirlenmesini gerektirmektedir. Ancak bu belirleme yapıldıktan sonra alınacak önlemlerin içeriği, zamanlaması ve öncelik verilmesini belirleyen bir strateji ve eylem planı oluşturulabilir. Bir şirketin veya kuruluşun sera gazı envanterini kullanılabilir hale getirebilmesi için bu envanter bağımsız denetleyici kuruluşlar tarafından doğrulanmalı ve belgelendirilmelidir.

Ülkemizde karbon salınımına yönelik sınırlamalar henüz uygulanmamakla birlikte, çevre politikalarını stratejik seviyede ele alarak uygulayan öncü şirketler, karbon maliyetlerinden doğacak riskleri öngörerek sera gazı emisyon envanterlerini oluşturma ve kolay ulaşılabilir enerji verimliliği fırsatlarını ortaya koymayı hedefleyen çalışmalar yürütmektedir. Öncü şirketler tarafından yürütülen bu çalışmalar, doğru bir karbon yönetimi ile birlikte kısa ve uzun vadede tasarruf ve şirketlerin marka değerini artırmalarına yardımcı olur. Üretim süreçlerinde atıkları kaynağında önleme, yakıt değiştirme, yeni yakma teknolojileri, arıtma ve enerji tasarrufu, akıllı ofis sistemleri (ısıtma, yalıtım, soğutma ve ışıklandırma), atık ısıdan enerji elde edilmesi, atıktan enerji elde edilmesi, yenilenebilir enerji yatırımları ve ağaçlandırma Ülkemizdeki öncü şirketlerin karbon emisyonlarını azaltmak amacıyla yürüttükleri projelere birer örnek olarak gösterilebilir (Seval, 2011).



### 4.3 Sera Gazı Envanteri

Envanter, kuruluş veya şirket bünyesinde dolaylı veya doğrudan oluşan tüm emisyonların belirlenmesi temeline dayanır. Tüm emisyon kaynaklarından salınan sera gazı miktarlarıyla beraber sera gazı yutaklarını da kapsamaktadır. Envanterde “küresel ısınmaya etki potansiyeli” yardımıyla farklı sera gazlarının, karbondioksit eşdeğeri cinsinde hesabı mümkündür.

Standart yöntem gereğince sera gazı envanteri oluşturulmaktadır. En sık tercih edilen standart yöntem Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) ve Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) tarafından hazırlanıp Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından uygulanan “ISO 14064” GHG Protokolüdür. GHG(Gren House Gas) Protokolü ile ISO14064 serisi ile sera gazı envanteri hesaplaması ve denetimine ilişkin standart birbiri ile benzer ve birbirini bütünler vaziyettedir. GHG Protokolü gerekliliklerin yanı sıra hesaplama ve raporlamanın nasıl yapılacağına dair bilgi veren bir kılavuz niteliği taşımakta ISO 14064 standardı ise sera gazı envanteri doğrulanmasına ve hesaplamasına ilişkin uluslararası konumda kabul edilen kriterleri detaylandırmaktadır. Sera gazı salınımlarının hesaplanması ve değerlendirilmesi için standart ve metotlar Çizelge 4.1’de sunulmuştur (Toröz, 2015).

**Çizelge 4.1** Sera gazı salınımlarının değerlendirilmesi ve hesaplanması için kullanılan yöntem ve standartlar (Toröz, 2015).

Rapor	Yöntem/Standart
<b>Sera Gazı Azaltım Hesaplamaları</b>	IPCC Metodolojileri
<b>Ömür Döngü Analizleri</b>	ISO 14048, PAS 2050, PAS 2060, ISO 14064
<b>Kurum ve Kuruluşlar için Envanter Hazırlama</b>	GHG Protokolü Temiz Kalkınma Mekanizması Ortak Yürütme
<b>Karbon Ticareti</b>	Gönüllü Karbon Piyasaları (VCS, Gold Standard, Ver+, Social Carbon vb)

Kuruluş veya şirket faaliyet sınırlarından salınan doğrudan sera gazı emisyonlarını ve faaliyet sınırlarında kuruluşça tüketilen ısı, elektrik veya buharın üretilmesiyle meydana gelen enerji kaynaklı sera gazı emisyonları ile birlikte başka dolaylı emisyonların hesaplanmasındaki temeller söz konusu standartlar tarafından belirlenir. GHG Protokolü ve ISO14064 gibi standartları gereğince kuruluşlarca oluşturulan emisyon envanteri, sadece

bağımsız bir denetim firmasınınca belgelendirilmesi ve doğrulanması halinde geçerli ve kullanılabilir. Belgelendirilmemiş ve doğruluğu bağımsız kuruluşlar tarafından kanıtlanmamış bir envanterin uluslararası karbon emisyonu pazarında herhangi bir hükmü yoktur. Sera gazı envanteri hazırlanması çalışmalarında kuruluşun sera gazı emisyonun olduğu tüm faaliyetlerine ait tüketim değerleri ve diğer dataların eksiksiz ve güvenilir olması envantere ait belirsizliklerin o oranda az olacağını gösterir. Eksiksiz ve güvenilir bir arşivleme ve veri toplama düzeni kuruluşların envanter hazırlama çalışmalarını kolaylaştırırken aynı zamanda hesaplanan envanterin yüksek seviyede doğrulamaya sahip olmasına katkı sağlayacaktır (Toröz, 2015).

#### **4.4 İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi**

3-14 Haziran 1992 yılında toplanan “Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı”nda (Rio Dünya Zirvesi) Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) imzaya açılmıştır. Sözleşmenin temel amacı; atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki insan kaynaklı tehlikeli etkiyi önleyecek bir seviyede durdurmayı başarmak, böyle bir seviyeye, gıda üretiminin zarar görmeyeceği, ekosistemin iklim değişikliğine doğal bir şekilde uyum sağlamasına ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir şekilde devamına zemin hazırlayacak bir ortama ulaşmaktır.

İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin temel ilkeleri;

- İklim değişikliğinin etkilerine karşı önlem alınması ve alınacak önlemlerin; etkin maliyetli ve küresel yarar sağlayacak biçimde olması,
- İklim değişikliğinin eşitlik temelinde, ortak ancak farklı sorumluluk ilkesine uygun olarak korunması,
- Belirlenecek politika ve önlemlerin ulusal kalkınma programlarına dâhil edilmesi ile sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi,
- İklim değişikliğinden etkilenen olan gelişmekte olan ülkelerin özel şart ve ihtiyaçlarının dikkate alınması,
- Sözleşmedeki tarafların birbiri ile işbirliği yapabilmesi.

İklim değişikliğinin oluşmasındaki tarihsel sorumlulukları olan ülkeler ve o dönemki OECD’ye üye ülkeler, sözleşmede gelişmişlik seviyelerine göre iki listede gruplandırılmıştır (Çizelge 4.2).

Ek-I’den farklı olarak, Ek-II ülkelerinin, emisyon azaltım faaliyeti gerçekleştiren gelişmekte olan ülkelere finansal destek sağlama, onların gelişmelerine destek olma ve teknoloji transferi gibi sorumlulukları sözleşme gereği yerine getirmelilerdir. İlgili hükümlere göre,

Sözleşme'nin yürürlüğe girebilmesi için 50 ülkenin onay ya da kabul belgesinin BM'ye sunulmuş olması şartı aranmaktaydı, 1994 yılı Şubat ayına kadar 50'den fazla ülke, onay ya da kabul belgelerini BM'ye teslim etmesi ile 21 Mart 1994 tarihinde sözleşme yürürlüğe girmiştir. Bugün sözleşmeyi 192 ülke onaylamış olup bunlardan 41'i Ek-I Ülkesi (40+AB) ve 151'i Ek-I Dışı Ülke statüsündendir. 4 ülke ise (Andora, Vatikan, Irak ve Somali) gözlemci statüsünde yer almaktadır.

**Çizelge 4.2** BMİDÇS, Ek-I ve Ek-II üye ülkeler listesi (URL-8)

<b>EK-I Ülkeleri (40+AB)</b>	<b>Ek-II Ülkeleri (23+AB)</b>
<b>Sanayileşmiş Ülkeler (26+AB)+ PEGSÜ (14)</b>	
<p><b><u>Sanayileşmiş Ülkeler:</u></b>            Almanya, ABD, AB, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, İngiltere, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Lüksemburg, Kanada, Norveç, Portekiz, Yeni Zelanda, Yunanistan.            Türkiye, Lichtenstein, Monaco.</p> <p><b><u>Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecinde Olan Ülkeler (PEGSÜ):</u></b>            Beyaz Rusya, Bulgaristan, Estonya, Letonya,            Litvanya, Macaristan, Polonya, Romanya, Rusya Federasyonu, Ukrayna, Çek Cumhuriyeti, Slovenya, Slovakya, Hırvatistan</p>	<p><b><u>Sanayileşmiş Ülkeler:</u></b>            Almanya, ABD, AB, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, İngiltere, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Lüksemburg, Kanada, Norveç, Portekiz, Yeni Zelanda, Yunanistan.</p>

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'de sera gazları “*hem doğal, hem de insan kaynaklı olup, atmosferdeki kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumları*” olarak tanımlanmıştır. Sözleşme'ye bağlı olarak oluşturulan Kyoto Protokolü Ek-A'da bu gazlar; Metan (CH<sub>4</sub>), Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), Hidrofluorokarbonlar

(HFC<sub>s</sub>), Diazot Oksit (N<sub>2</sub>O), Perfluorokarbonlar (PFC<sub>s</sub>) ve Sülfür Hegzaflorid (SF<sub>6</sub>) olarak listelenmiştir.

Bir kuruluşun sahip olduğu veya yönettiği sera gazı kaynaklarından salınan sera gazı emisyonu doğrudan sera gazı emisyonu olarak tanımlanırken; kuruluşun faaliyetleri sonucunda oluşan ancak başka bir kuruluşun sahip olduğu veya yönettiği sera gazı kaynaklarından salınan emisyon, dolaylı sera gazı emisyonu olarak değerlendirilmektedir (Mataracı, 2016).

#### **4.5 Kyoto Protokolü**

Japonya'nın Kyoto kentinde 11 Aralık 1997 yılında yapılan 3. Taraflar Konferansında (COP 3), dünya çapında sera gazlarının azaltılması için bağlayıcı hedefler içeren “Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ne İlişkin Kyoto Protokolü” imzalanmıştır. Bu protokolde, Ek-I’de yer alan taraflar 2008-2012 yıllarını kapsayan taahhüt döneminde Ek-A’da sıralanan insan faaliyetlerinin neden olduğu CO<sub>2</sub> eşdeğeri sera gazlarının salımları toplamını, 1990 yılı seviyelerinin en az % 5 aşağısına indirmek için Ek-B’de kayıtlı sayısallaştırılmış salım sınırlandırma ve azaltım taahhütlerine uygun olarak ve hesaplanarak tayin edilmiş olan miktarları aşmamasını sağlayacakları ve bu tarafların, 2005 yılına kadar bu protokoldeki taahhütlerini gerçekleştirme konusunda kanıtlanabilir bir ilerleme kaydetmiş olacakları belirtilmektedir.

Kyoto Protokolü’nün yürürlüğe girebilmesi için, 1990 yılı toplam CO<sub>2</sub> salımlarının en az % 55'ine tekabül eden Ek-I’deki tarafların protokolü onaylaması gerektiğinden, son olarak 18 Kasım 2004 tarihinde Rusya Federasyonu’nun da onaylamasıyla Kyoto Protokolü 16 Şubat 2005 tarihinde fiilen yürürlüğe girmiştir. Türkiye’nin de onayladığı Protokole 168 ülke ve AB taraftır.

1992 yılında imzaya açılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve sözleşmesinin orijinal metninde Türkiye hem Ek-1 (tarihsel sorumluk), hem de Ek-II (maddi sorumluluk) listesinde yer almaktaydı. Ancak 1995 yılında gerçekleştirilen COP 1’den 2000 yılında gerçekleştirilen COP 6’ya kadar geçen sürede OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) üyesi olmakla birlikte gelişmiş değil, gelişmekte olan bir ülke olması nedeniyle Türkiye sözleşmenin Ek’lerinden çıkmak için girişimlerde bulunmuşsa da başarılı olamamıştır. 2000 yılında tutumunu değiştirerek Ek II’den çıkmamız ve Ek I’de özel statüyle yer almamıza ilişkin önerimiz sunulmuş olup bu öneri 29 Ekim-6 Kasım 2001 tarihlerinde Fas’ın Marakeş kentinde yapılan 7. Taraflar Konferansı’nda (COP 7) Türkiye’nin Ek II’den çıkarak özel koşulları tanınmış Ek I ülkesi olarak sözleşmeye taraf olmasını sağlamıştır.

Böylelikle 24 Mayıs 2004 tarihinde Türkiye resmen sözleşmeye katılan 189. taraf olmuştur. 2005 yılında Kyoto Protokolünün yürürlüğe girmesi ile COP toplantıları kapsamında Kyoto Protokolü'nü kabul etmiş tarafların da toplantıları düzenlenmeye başlamıştır (Parties to Protocol, MOP). Ancak Türkiye protokole taraf ülkeler arasında yer almadığından düzenlenen toplantılara katılamamaktaydı. 2007 Bali Yol Haritası ile birlikte 2012 sonrası süreç belirleme çalışmaları başladığından Türkiye'nin de taraf ülkeler arasında yer alarak söz sahibi olabilmesi için "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine (BMİDÇS) yönelik Kyoto Protokolüne Katılmamızın Uygun Bulunduğuna Dair Kanun Tasarısı" 05 Şubat 2009 tarihinde "Türkiye Büyük Millet Meclisi Genel Kurulu"nda kabul edilmiştir. Söz konusu 5836 sayılı Kanun 17.02.2009 tarih ve 27144 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Türkiye'nin Kyoto Protokolüne taraf oluşunu bildiren "Katılım Belgesi" ilgili Bakanlar Kurulu Kararının 13 Mayıs 2009 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanmasına müteakip, 28 Mayıs 2009 tarihinde söz konusu Protokol'ün depositeri BM Genel Sekreteri'ne tevdi edilmiştir. Türkiye, Kyoto Protokolü'nün 25inci maddesi uyarınca "Katılım Belgesi"nin tevdi tarihini izleyen doksanıncı gün olan 26 Ağustos 2009 tarihinde Protokole resmen taraf olmuştur.

İklim değişikliği müzakereleri kapsamında Türkiye'nin konumu ise şu şekilde özetlenebilir.

- Türkiye bir Ek-I ülkesi iken 2001 yılında Marakeş'te düzenlenen 7. Taraflar Konferansı'nda (COP 7), Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi altında Türkiye'ye ilişkin olarak alınan 26/CP.7 numaralı karar ile, "sözleşmenin Ek-I listesinde yer alan diğer taraflardan farklı bir konumda olan Türkiye'nin özel koşullarının tanınarak, isminin EK-I'de kalarak EK-II'den silinmesi" yönünde karar alınmıştır.
- Türkiye Kyoto Protokolüne taraf olmasına rağmen Ek-B dışı bir ülkedir (yani salım sınırlandırma veya azaltım taahhüdü bulunmamaktadır).
- Türkiye OECD ve G20 üyesi ve AB üyeliğine aday bir ülkedir.

Sıralanan özelliklerin tümü düşünüldüğünde Türkiye, dünyada tek ülke olma özelliğine sahiptir.

Türkiye'nin BMİDÇS Ek-I Tarafı olarak, iklim değişikliği ile mücadelede politika geliştirme, uygulama, mevcut sera gazı emisyonlarını ve emisyonlarla ilgili verileri Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekretaryası' na bildirmekle yükümlüdür. Bu kapsamda İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi 2007 yılında; ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci bildirimlerin birlikte sunulduğu İklim Değişikliği Beşinci

Ulusal Bildirimi ise 2013 yılında BMİDÇS Sekreteryası' na sunulduğu bilinmektedir. Ulusal şartlar, sera gazı emisyon ve yutak envanteri, politika ve önlemler, sera gazı projeksiyonları, iklim değişikliği etkileri, etkilenebilirlik ve uyum, finansman kaynakları ve teknoloji transferi, araştırma ve sistematik gözlem, eğitim, öğretim ve kamuoyunun bilinçlendirilmesi olmak üzere sekiz ana bölümden oluşan İklim Değişikliği Altıncı Ulusal Bildirimi çalışmaları 2016 yılı içerisinde bitirilmiştir.

#### **4.6 Paris Anlaşması**

2015 yılında Paris'te gerçekleştirilen ve Paris İklim Zirvesi olarak da adlandırılan 21. Taraflar Konferansı'nda 195 ülke tarafından, iklim değişikliği ile mücadelede tarihi önem taşıyan Paris Anlaşması imzalanmıştır. Paris Anlaşması'nda Kyoto Protokolü'nden farklı olarak, maksimum sıcaklık artışı hedefi konulmuş olup bugüne kadar 1 °C'ye ulaşan yerkürenin ısınmasının 2 °C'nin altında ve mümkün olduğunca 1,5 °C seviyelerinde tutulmasına karar verilmiştir. Konferansta, iklim değişikliği için ortak hareket etmenin önemli olduğu ortaya konmuş ve tüm taraflar emisyon azaltımı konusunda 2020 sonrası için yükümlülük almayı kabul etmişlerdir. Ayrıca 2050 sonrası için öncelikle gelişmiş ülkelerin sıfır emisyon sağlayacak tedbirler alması için çalışmaları beklenmektedir (Mataracı, 2016). Paris Anlaşması'na göre gelişmiş ülkelerin gelişmekte olan ülkelere iklim finansmanı, teknoloji ve kapasite geliştirme desteği sağlamaları gerekmektedir. Bu bağlamda, 2020 yılı sonrası için gelişmekte olan ülkelere yıllık 100 milyar dolarlık bir iklim finansmanı sağlanması konusuna karar verilmiştir. Anlaşma, ülkelere herhangi bir azaltım hedefi belirlememekte olup, ülkelerin kendi belirledikleri ulusal katkı beyanlarıyla küresel ısınma ile mücadeleye katkı sağlamaları söz konusudur (Paris Anlaşması, 2015;URL-9).

Türkiye, 21. Taraflar Konferansı öncesinde, Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı (Intended Nationally Determined Contribution-INDC) beyanını Birleşmiş Milletler Sekreteryasına sunmuştur. Bu beyanda, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarında ki artışın % 21 azaltılmasının hedeflendiği belirtilmektedir (INDC, 2015).

#### **4.7 Ekolojik Ayak İzi**

Sürdürülebilirliğin nicel olarak hesaplanmasında birçok yöntem ortaya konulmuştur. İlk kez 90'lı yıllarda Mathis Wackernagel ve William Rees tarafından sürdürülebilirliğin analizi için "ekolojik ayak izi" tasarlanmıştır. Ekolojik ayak izi, insanların üretim ve tüketim faaliyetleri ve bu faaliyetler sonucu oluşturdukları atıkların absorbe edilmesi için gerekli biyolojik

olarak üretken kara ve su alan miktarlarının ölçümüdür. Ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite, küresel hektar (kha) olarak adlandırılan ortak bir birimle ifade edilir (WWF, 2014). Ekolojik ayak izi hesaplamalarında göz önünde bulundurulmuş bileşenler; tarım arazisi, otlatma alanları, balıkçılık sahaları, yapılaşmış alan, orman ürünleri ve karbon tutma alanlarıdır. Karbon, 1961’de toplam ayak izimizin yüzde 36’sı iken 2010’a gelindiğinde bu oran yüzde 53’e çıkmıştır. Karbon ayak izi ulusal düzeyde ölçümlenen ülkelerin dörtte birinde, ekolojik ayak izinin yarısından fazlasını oluşturmaktadır (WWF, 2014).

#### **4.8 Karbon Ayak İzi**

Karbon ayak izi; bir kişinin, kurumun ya da herhangi bir ürünün doğaya saldıgı sera gazlarının genel toplam içindeki payıdır (URL-10).

İşletmelerin, organizasyonların ve/veya bireylerin küresel ısınmadaki payının belirlenmesini sağlamaktadır. Karbon ayak izi hesaplamasının işletme için faydaları;

- Kuruluş sınırlarının belirlenmesi sonrası tüm süreçlerin dahil edildiği hesaplamalarda sera gazı salınımının ortaya konmasını ve buna bağlı olarak azaltılmasını sağlar,
- İşletmelerin faaliyetleri sırasındaki emisyon etkilerinin karar mekanizmasında rol oynamasını sağlar,
- Tüm üretim ve ticaret aşamaları hesaplamaya dahil olup, maliyet düşürücü fırsatların belirlenmesi sağlanır,
- Doğa dostu üretim süreçleri ile piyasadaki rekabet ortamında işletmenin sürdürülebilirliğini artırır,
- Kuruluşların çevre ve sosyal sorumluluk konularında tanınabilirliğini artırır (Genç, 2009).

#### **4.9 Karbon Ayak İzi Hesaplama Standardı**

Sera gazı emisyonu hesaplama standartlarından olan ve bu çalışma kapsamında kullanılan ISO 14064-1 standardı kurumsal sera gazı envanteri hazırlanmasında rehberlik eder. ISO 14064 serisi standartlar, Kyoto Protokolü’nde olduğu gibi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC<sub>s</sub>, PFC<sub>s</sub>, SF<sub>6</sub> gazlarının sera gazı olarak değerlendirildiği tarafsız bir sera gazı programıdır. ISO 14064 serisi standartların kullanımı;

- Sera gazı hesaplanmasında çevresel boyutların artırılması,

- Emisyon azaltmaları ve uzaklaştırma iyileştirmeleri de dahil sera gazı projesine dair sera gazının hesaplanması, izlenmesi, raporlanması, güvenilirliği, tutarlılığı ve şeffaflığın artırılması,
- Kuruluşun sera gazı yönetim stratejilerinin ve planlarının geliştirilmesinin ve uygulanmasının kolaylaştırılması,
- Sera gazı projelerinin geliştirilmesinin ve uygulanmasının kolaylaştırılması,
- Sera gazı emisyonlarındaki azaltmayı ve/veya sera gazı uzaklaştırılmalarındaki artış performansını ve ilerlemesini izleme becerisinin kolaylaştırılması,
- Sera gazı emisyon azaltmaları veya uzaklaştırma iyileştirmelerinin kredilendirilmesinin ve ticaretinin kolaylaştırılması açılarından önem arz etmektedir.

ISO 14064 standartlar serisi üç ayrı kapsamda yayımlanmıştır (Mataracı, 2016).

#### **4.9.1 ISO 14064-1: Sera gazı emisyonlarının ve uzaklaştırmalarının kuruluş seviyesinde hesaplanmasına ve rapor edilmesine dair kılavuz ve özellikler**

ISO 14064-1, sera gazı envanterlerinin kuruluş veya şirket seviyesinde oluşturulması, geliştirilmesi, yönetilmesi ve raporlanması için ilkeler ve gereklilikler hakkında ayrıntılı bilgi içeren standarttır. Sera gazı yönetimini iyileştirmek amacıyla sera gazı emisyon sınırlarının belirlenmesi, bir kuruluşun sera gazı emisyonlarının ve uzaklaştırmalarının hesaplanması ve şirketin özel tedbirlerinin veya faaliyetlerinin tanımlanması için gerekleri içerir. Ayrıca doğrulama faaliyetleri için envanter kalite yönetimi, rapor etme, iç tetkik ve kuruluşun sorumluluklarına ilişkin şartları ve kılavuzu da içermektedir.

Sera gazları ile ilgili bilgilerin doğru olduğunun belirlenmesi amacıyla; veriler ile ilgili uygunluk, tamlık, tutarlılık, doğruluk ve şeffaflık prensiplerine sahiptir. Kuruluşların sera gazı envanteri oluşturabilmesi için sera gazı envanterinin sınırlarının belirlenmesi, sera gazı emisyonlarının hesaplanması ve/veya ölçülmesi ve sera gazı envanter raporunun hazırlanması olmak üzere üç ana unsur tanımlanmıştır.

#### **4.9.2 ISO 14064-2: Sera gazı emisyon azaltımlarının veya uzaklaştırma iyileştirmelerinin proje seviyesinde hesaplanmasına, izlenmesine ve rapor edilmesine dair kılavuz ve özellikler**

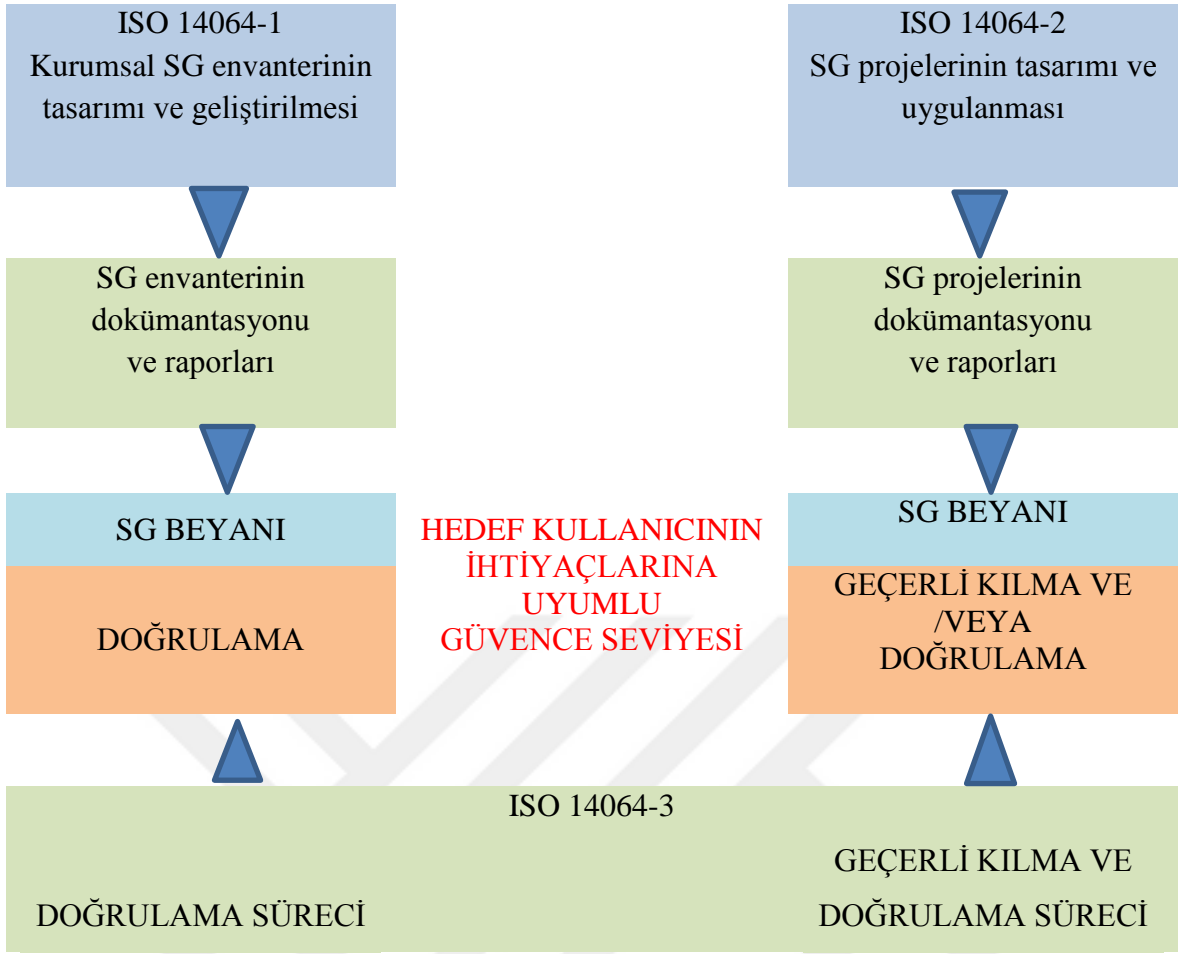
ISO 14064-2, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve uzaklaştırılması ile ilgili iyileştirmeler için yapılan projelerin ölçümü, izlenmesi ve raporlanmasına dair belirlenen kural ve gereklilikler kılavuzudur. Sera gazı projesinin planlanması, projenin temel senaryolarının belirlenmesi, bu senaryo ile ilgili olarak sera gazı kaynaklarının ve yutaklarının belirlenmesi,



proje performansının izlenmesi ve ölçülmesi, raporlanması ve veri kalitesinin yükseltilmesine ilişkin gereklilikleri içermektedir. Bu standardın amacı, sera gazı emisyon azaltmaları veya uzaklaştırma iyileştirmeleri için hazırlanmış projeler için kural ve gereklilikleri sağlamaktır (Genç, 2009; TSE, 2015b).

#### **4.9.3 ISO 14064-3: Sera gazı beyanlarının doğrulanmasına ve onaylanmasına dair kılavuz ve özellikler**

ISO 14064-3, sera gazı envanterlerini doğrulama ve sera gazı projelerini geçerli kılma veya doğrulama ile ilgili ilkelere ve gereklere dair ayrıntılı bilgi verir. Bu standart, sera gazı kullanıcılar tarafından kullanılmaktadır. İç uygulamalarda kılavuz olarak kullanılabilirken, dış uygulamalarda ise gerekli kurallar bütünü olarak kullanılabilir. Onaylama veya doğrulama için en önemli parametrelerden biri güven seviyesidir. Makul ve sınırlı olmak üzere iki farklı güven seviyesi vardır. Onaylayıcı veya doğrulayıcı; onaylama veya doğrulama amaçlarını, güven seviyesini, kriterleri ve kapsamı göz önünde bulundurarak hedef kullanıcılar tarafından istenen maddeselliği oluşturmalıdır. Maddesellik hatalardan, ihmallerden ve yanlış anlaşılmalardan birinin veya tamamının sera gazı beyanını ve hedef kullanıcılarının kararlarını etkileyebilen kavram olarak tanımlanır (TSE, 2015b;URL-11). ISO 14064 serisi standartlar arasındaki ilişki Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 ISO 14064 standartları arasındaki ilişki (URL-11)

## 5. IPCC METODOLOJİSİ

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 1988 yılında Kanada'nın Toronto kentinde düzenlenen "Değişen Atmosfer Konferansı" sonrasında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO)'nün ortak girişimiyle kurulmuştur. Kuruluş amacı hükümetlere iklim değişikliği ile ilgili güvenilir, en son bilgileri sağlamaktır. İnsan faaliyetlerinin neden olduğu iklim değişikliğinin risklerini değerlendirmek üzere kurulan Panel, özerk bir uluslararası kuruluştur. Panel bünyesinde çalışan genel olarak gelişmiş ülkelerden bilimsel kuruluşlar, enstitüler ve Birleşmiş Milletlerin uzman kuruluşlarından binlerce deneyimli bilim insanı iklim değişikliğinin anlaşılması için gerekli bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik bilgileri değerlendirerek en yeni bilgilerin gözden geçirilmesi ile değerlendirmesini yaparak İklim Değişikliği Değerlendirme Raporlarını hazırlar (Atabey, 2013).

2011 yılı itibariyle 194 ülke IPCC üyesidir ve ilk raporu 1990 yılında yayınlanan panel, yaklaşık beş yılda bir düzenli rapor yayınlamaktadır. En güncel rapor 2013 yılına ait beşinci değerlendirme raporudur. Kuruluş 2007 yılında Nobel Barış Ödülü'nü kazanmıştır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997; URL12).

IPCC' nin yayımladığı raporlar başlıca 4 ana gruptan oluşmaktadır.

- 1- Değerlendirme Raporları (Assessment Reports)
- 2- Özel Raporlar (Special Reports)
- 3- Yöntem Metodları (Methodology Reports)
- 4- BM dışı dillere çeviriler (Translations in non-UN languages)

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) sera gazı envanteri hesaplamalarında şu ana başlıkları kullanmıştır:

1. Enerji
2. Endüstriyel işlemler
3. Solvent ve diğer ürünlerin kullanımı
4. Tarım
5. Yeryüzü coğrafyasının ve ormanların kullanımı
6. Atıklar
7. Genel rehberlik ve raporlama

## 5.1 IPCC Tier Yaklaşımları

Tier; çeşitli seviyelere ayrılmış emisyon hesaplama metotlarını ifade etmektedir. Seviyeyi belirleyen unsur ise teknolojik detaylardır. Tier I yaklaşımı genel anlamda daha az bilgi veren basit bir yöntem iken, Tier III yaklaşımı Tier I yaklaşımına oranla biraz daha kompleks ve uzmanlık bilgisi gerektirmektedir. Tüm yönleriyle değerlendirildiğinde ise Tier I ve diğer Tier (Tier II ve Tier III) yaklaşımları arasında bir ayırım yapılabilir. Ancak Tier I yaklaşımına göre daha karmaşık olarak değerlendirilebilen Tier II ve Tier III yaklaşımlarında temel anlamda aynı mantık kullanılmaktadır.

### 5.1.1 Tier I yaklaşımı (ulaşımdan kaynaklı karbon salınımı)

Ulaşım sektöründen kaynaklanan tüm emisyon miktarının hesabı, yakıtın yanması üzerine kurulmuştur. Tier I yaklaşımında, kullanılan yanma teknolojisi hesaba katılmamaktadır. Örneğin x kadar yakıt (kömür, doğal gaz, ham petrol..vb) kullanılıyor ise bu oranda y kadar emisyon meydana geleceği düşünülerek hesaplama işlemleri yürütülmektedir. Bilhassa CO<sub>2</sub> emisyonunun hesaplanabilmesi için Tier I yaklaşımı güvenilirdir. CO<sub>2</sub> dışındaki gazlar içinse basit bir metot geliştirilmiş olup kullanılan yakıt türü, araç yaşı, çalışma koşulları, kontrol teknolojisi, yanma teknolojisi ve diğer özelliklerden yararlanılmaktadır.

*Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonları;*

CO<sub>2</sub> emisyonlarının hesabında şu sıralama takip edilir:

1. Yakıt tüketim miktarı belirlenir.
2. Belirlenen yakıt tüketim miktarının enerji içeriği bulunur.
3. Her bir yakıt türü için uygun karbondioksit emisyon faktörleri seçilir ve bu faktör değeri kullanılarak tüketilen yakıtın içerisindeki toplam karbondioksit miktarı bulunur.

Referans yaklaşıma (birincil, ikincil) göre yakıt tüketim değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak bulunmaktadır. Yakıt tüketim değerleri eşitlik 5.1 ve eşitlik 5.2 kullanılarak bulunmaktadır.

$$\text{Birincil Yakıt Tüketimi} = I_m + P_r - E_x - SC - IB \quad (5.1)$$

$$\text{İkincil Yakıt Tüketimi} = I_m - SC - IB - E_x \quad (5.2)$$

Burada;

$I_m$ : İthal edilen yakıt miktarı;  $P_r$ : Üretilen yakıt miktarı;  $E_x$ : İhraç edilen yakıt miktarı;  $SC$ : Stoklarda meydana gelen değişim;  $IB$ : Uluslararası kullanıma satılan yakıt miktarı değerlerini ifade etmektedir.

Kömür, doğalgaz ve ham petrol gibi doğada var oldukları şekliyle tüketilen yakıtlar birincil yakıtlardır. Birincil yakıtlardan üretilen benzin ve yağlayıcılar gibi yakıt ürünleri ise İkincil yakıtlardır. Yapılan hesaplamalarda ikincil yakıtların da birincil yakıtlardan üretildiği dikkate alınarak birincil yakıtların üretim değerini kullanılırken, ikincil yakıtların üretim değerleri hesaba katılmaz. Ancak eğer ithal edilen ikincil yakıtlar var ise o değerler hesaba katılmalıdır.

İkinci adımda, yakıt tüketim değerlerini IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli) Kılavuzunda yer alan dönüşüm faktörleri ile çarpılarak yakıt türünün enerji içeriği hesaplanır. İlk adımda kullanılan yakıt tüketim miktarları enerji biriminde ise (TJ) bu adımda herhangi bir işlem yapılmaz. İlk adımda hesaplanan yakıt tüketim miktarları eğer kütle cinsinden (kg, ton) ise, net kalori değerlerine uygun belirlenen dönüşüm faktörleri (TJ/kt veya TJ/ton gibi) ile çarpılıp, enerji birimi olan TJ değerine geçilir.

Üçüncü adımda karbondioksit emisyon faktörleri yardımı ile yakıtların karbondioksit içeriği bulunur. IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli) her ülkenin kendi karbondioksit emisyon faktörlerini hesaplamasını tavsiye etmektedir. Ancak vakti veya imkanı bulunmayan ülkeler için bazı ortalama değerler sunmaktadır.

$$\text{Toplam Karbondioksit (kg)} = ET_a \text{ (TJ)} \times EF_a \text{ (kg/TJ)} \quad (5.3)$$

Burada; ET: Enerji tüketimi (TJ biriminde); EF: Karbon emisyon faktörü (kg/TJ biriminde); a: Yakıt türünü ifade etmektedir.

*Karbondioksit (CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O) emisyonları;*

CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının hesabında ise şu sıra izlenir:

1. Her sektörün yakıt tüketim miktarı belirlenir.
2. Bu yakıt tüketim miktarının enerji içeriği bulunur.
3. Her yakıt türü için uygun CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O için ayrı uygun emisyon faktörleri seçilir
4. CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O için ayrı küresel ısınma potansiyeli seçilir ve bu değer kullanılarak

yakıtın içeriğinde yer alan toplam karbondioksit miktarı bulunur.

Birinci adımda; CO<sub>2</sub> emisyon hesabında da olduğu gibi yakıt tüketim değerlerini IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli) Kılavuzunda verilen dönüşüm faktörleri ile çarpılarak yakıt türünün enerji içeriği TJ cinsinden bulunur.

İkinci adımda CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyon faktörleri yardımıyla yakıtların emisyon miktarı bulunur.

Üçüncü adımda ise sera gazlarının küresel ısınma etkilerini karşılaştırmak amacıyla Kyoto Protokolü Ek A'da listelenen sera gazlarının yüz yıllık periyot için belirtilen Küresel Isınma

Potansiyelleri (Global Warming Potentials-GWP) kullanılarak CO<sub>2</sub> eşdeğeri bulunmaktadır (Çizelge 5.1).

**Çizelge 5.1** Küresel ısınma katsayısı (Global Warming Potentials-GWP)

Sera Gazı	Küresel Isınma Katsayısı (t)
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310
HFC	140 - 11,700
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> , C <sub>6</sub> F <sub>14</sub> , CF <sub>4</sub>	6,500 - 9,200
SF <sub>6</sub>	23,900

### 5.2.2 Detaylı Tier yaklaşımları

Yakıtın kullanıldığı yanma teknolojisi hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirmesi, kolayca ulaşılabilen yakıt tüketim veya dağıtım miktarlarının kullanılması Tier I ve diğer Tier (Tier II ve Tier III) yaklaşımlarını ayıran temel farktır. Tier II ve Tier III yaklaşımları arasındaki farkı ortaya koymak ise çok daha zordur. Bunun sebebi emisyon hesap işlemlerinde yapılan rehabilitasyon ile birlikte diğer yaklaşıma geçilmesidir. Genel anlamda Tier II yaklaşımıyla, uygun emisyon faktörleriyle yakıt tüketim gruplarını ayırmak hedeflenirken Tier III yaklaşımında yakıt tüketim değerlerinden farklı olarak araçların ton-km biriminde taşıdığı yük değeri ve kat ettiği yol uzunluğu gibi detaylara hakim olarak ve seçilen uygun emisyon faktörlerini kullanarak hesaplama yapılır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

Mobil kaynaklarda meydana gelen emisyonlar; havayolu, demiryolu, karayolu ve denizyolundaki ulaşım faaliyetlerinden yararlanarak hesaplanabilir. Fakat mobil kaynaklı emisyonlar büyük oranda karayolu ulaşımından, ikincil olarak da havayolu ulaşımından kaynaklandığı için, emisyon modellerinin geliştirildiği sektörler çoğunlukla karayolunda kullanılan tercih edilen araçlar ve uçaklardır.

Mobil kaynaklarda meydana gelen emisyon hesabı çeşitli kriterlerin bilinmesini gerektiren karmaşık bir işlemdir. Çalışma karakteristikleri, tüketilen yakıt, transport sınıfı, araç yaşları ve emisyon kontrol düzeyi gibi bazı detayların bilinmesi ile mobil kaynaklardan meydana gelen emisyon hesabı yapılabilmektedir. Bu hesaplamada detaylı bazı kriterlerin belirlenmiş olması gerekliliği şartı nedeniyle karmaşık bir işlemdir.

Bu çalışmada ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların doğrudan yakıtın yanmasıyla ilgili olduğu üzerinde durularak hesaplamalar yapılmıştır. Özellikle CO<sub>2</sub> gazı diğer gazlara

oranla daha kesin hesaplanabilmektedir. Bunun sebebi CO<sub>2</sub> gazının doğrudan yakıtın yakılmasıyla ilgili bir gaz olmasıdır. Yanma neticesinde meydana gelen CO<sub>2</sub>, miktarı tüketilen yakıtın verimli yanıp yanmadığını ya da ne kadar verimli yandığı hakkında bilgi vermektedir. Çünkü CO<sub>2</sub> yanma tepkimesinin doğal bir ürünüdür. CO<sub>2</sub> emisyon miktarı hesaplanırken; yakıt tüketim veya yakıt satış değerlerini, birkaç düzeltme faktöründen faydalanarak kolayca hesaplayabiliriz. Ticari araçlar sektöründe ülkelerin yakıt tüketim değerleri bilinmektedir.



## 6. ESKİŞEHİR İLİ'NİN MEVCUT DURUMU

Eskişehir ili İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeybatısında bulunur. Topoğrafik yapısını; Sakarya ve Porsuk havzalarındaki düzlükler ve bu düzlükleri çevreleyen dağlar oluşturur. Sakarya ve Porsuk havzaları kuzeyden Sündiken ve Bozdağ sıradağları ile kuşatılırken güney ve batıdan İç Batı Anadolu eşiğinin doğu kıyısında yer alan Türkmen Dağı, Emirdağ ve Yazılıkaya Yaylası ile çevrelenmektedir. Sahip olduğu bu coğrafya ile ülkemiz topraklarının %1,8'ini kaplarken il merkezinin deniz seviyesine olan yüksekliği 792 m'dir (Eskişehir Valiliği, 2017).

Eskişehir ilinin sahip olduğu yer şekilleri içerisinde yaklaşık % 22'si dağlar % 26'sını ise ovalar oluşturmaktadır. Eskişehir ilinin dörtte birini meşe, ardıç, çam, gürgen, köknar ve katran ağaçlarından oluşan ormanlar oluşturmaktadır. Ormanlık alan dışında kalan bölümlerdeyse su kenarlarında ahlat, söğüt ve kavak ağaçları yer almaktadır (Eskişehir Valiliği, 2017).

Eskişehir il sınırlarında Porsuk Çayı ve Sakarya Nehri geçmektedir. Bu iki akarsu üzerinde 2 adet baraj yer almakta olup, Porsuk Çayı üzerinde inşa edilen Porsuk Barajı, Sakarya Nehri üzerinde inşa edilen ise Gökçekaya Barajlarıdır (Şekil 6.1) (Eskişehir Valiliği, 2017).



**Şekil 6.1** Eskişehir ilinin Türkiye'deki konumu (Eskişehir Valiliği, 2017).

Şehir nüfusunun kırsal nüfusa göre hızla büyümesi, yetiştirilmiş bir iş gücü potansiyelinin varlığı, ilin coğrafi bakımdan dahili pazarlara yakınlığı, enerji ve hammadde kaynaklarının uygunluğu, sanayi için gerekli altyapı yatırımlarının yeterli olması ve ulaşım kolaylıkları, bölge sanayisinin giderek gelişmesini sağlamıştır (Eskişehir Valiliği, 2017).

### 6.1 Eskişehir İlinin Hava Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi

Ülkemizde özellikle kış mevsiminde bazı şehir merkezlerinde meteorolojik şartlara da bağlı olarak hava kirliliği yaşanabilmektedir. Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ısınma kaynaklı



hava kirliliğinin ana sebepleri; düşük kalite ve özellikteki yakıtların iyileştirilme yapılmaksızın kullanılması, hatalı-yanlış yakma yöntemlerinin uygulanması ve işletmelerin bakımlarının periyodik olarak yapılmamasıdır. Fakat ısınmada kaliteli yakıtların ve doğal gazın kullanılmasıyla bilhassa büyük şehirlerde hava kirliliğinde 1990'lı yıllara kıyasla azalma gözlenmiştir.

Hava kirliliğinin olumsuz etkilerini, sanayi kuruluşlarına yakın bölgelerdeki konut sayısının artması da etkilemektedir. Kömür ile elektrik üretiminin gerçekleştirildiği termik santrallerde kullanılan yerli linyitin yüksek kükürt oranı ve bazı sanayi tesislerinde arıtma yöntemlerinin kullanılmaması sebebiyle kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) emisyonları hava kirliliğine dair sorun oluşturmaktadır. Çevre Mevzuatında kirletici özelliği yüksek tesisler arasında değerlendirdiği enerji üretim tesisleri için özel emisyon sınır değerlerine yer verilmektedir. Kirletici özelliği yüksek tesislerin kurulması ve işletilmesindeki gerekli izinler, tesisten çıkan emisyonlar ve etki alanı içerisinde hava kirliliğinin oluşmasına ilişkin usul ve esaslar Çevre Mevzuatında Hava Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği ve Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliklerinde belirlenmiştir. Katı, sıvı ve gaz yakıt tüketen bu tesisler için ilgili baca gazı sınır değerlerinin sağlanmasının yanında, tesisin etki alanında hava kalitesi sınır değerlerini de sağlanması ilgili mevzuat kapsamında zorunludur. Bu sebeple bahse konu tesislerden kaynaklanan özellikle kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), toz ve azotoksit (NO<sub>x</sub>) emisyonlarının bertarafı veya azaltılması konusunda bazı tekniklerin uygulanması gerekmektedir. Son yıllarda tesislerden kaynaklanan emisyon yükleri bu azaltım teknikleri sayesinde önemli miktarda azalmıştır. Söz konusu azaltım tekniklerinin uygulamaya alınması ve yaygınlaştırılabilmesi içinde Çevre Mevzuatında bir takım değişiklikler de bulunmaktadır.

Kentlerde yaşanan hava kirliliğini, kullanımı artan motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz gazları da etki etmektedir.

Eskişehir il geneline ait temiz hava planlarının yapılması, kaliteli ve temiz yakıt dönüşüm planlarının oluşturulması ve beraberinde kararlı ve istikrarlı bir biçimde uygulanması ilk kez” Mahalli Çevre Kurulunun 20.02.1995 tarih ve 12 numaralı karar”ından sonra gerçekleşmiştir. Osmangazi Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Anadolu Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezi, İl Çevre Müdürlüğü, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi, Sağlık Müdürlüğü, Eskişehir Şeker Fabrikası ve Eskişehir Çimento Fabrikası’ndan konusunda uzman kişilerden meydana gelen komisyon, Türkiye’de kömür çeşitleri ile ithal edilebilecek kömürleri tüm yönüyle incelemiş, araştırmış ve bir

“Kömür Komisyon Raporu” ortaya konmuştur. Kalorifer ile ısınma sağlayan binalarda ithal taş kömürü, soba ile ısınan evlerde kok kömürü ve SOMA+18 Lavvar kullanılması hazırlanan raporda önerilmiştir. “20.02.1995 tarih ve 12 nolu Mahalli Çevre Kurulu Kararı”nın devamı özelliğindeki “19.06.1998 tarih ve 5 nolu, 06.07.1999 tarih ve 3 nolu Mahalli Çevre Kurulu Kararları” ile de benzer yakıt programı ve alınan önlemlere devam edilmiştir. Şehir merkezinde hava kirliliği Dünya Sağlık Örgütünce (WHO) belirlenen hedef değerlerin altına düşürülmüştür. Benzer şekilde “25/12/2015 tarih ve 57 nolu Mahalli Çevre Kurulu Kararı” ile uygulanacak yakıt programı belirlenmiş, yakıt programı hazırlanırken “Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği” hükümleri göz önünde bulundurulmuş ve Eskişehir ilinde kullanılacak katı yakıtta toplam kükürdün (kuru bazda) en çok % 1 olması (tolerans payı olmaksızın) uygun görülmüştür (Eskişehir Valiliği, 2017).

## **6.2 Eskişehir Hava Kalitesi Kontrol Çalışmaları**

Eskişehir İli hava kirliliği ölçümleri 27.02.2007 tarihinde kurulan, “Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava İzleme Ağı”na entegre hava kalitesi ölçüm istasyonundan sağlanmaktadır. İl Merkezinde Kurulu olan hava kalitesi ölçüm istasyonunda PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> ve meteorolojik veriler ölçülerek Çevre ve Şehircilik Bakanlığının internet sayfasında paylaşılmaktadır.

“09.09.2013 tarih ve 2013/37 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi” hükümleri kapsamında Eskişehir ili “Yüksek Kirlilik Potansiyeli Bulunan İller” arasında yer almaktadır. Bu kapsamda, genelgenin yayımı sonrasında “Eskişehir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü” tarafından “Eskişehir Büyükşehir Belediye Başkanlığı” ve “İlçe Kaymakamlık”ları ile “Belediye Başkan”lıkları genelge kapsamında uymaları gereken hususlar açısından bilgilendirilmiştir.

2014-2019 yılları arasında İlimizin “Temiz Hava Eylem Planı” hazırlanarak “24/07/2014 tarih ve 52 nolu Mahalli Çevre Kurulu Kararı” ile onaylanmış ve “Çevre ve Şehircilik Bakanlığına” gönderilmiştir. Temiz Hava Eylem Planı kapsamında emisyon denetimleri, egzoz denetimleri ve kömür numunesi alınarak yakıt denetimleri gerçekleştirilmektedir.

Eskişehir il merkezinde kurulu olan hava kalitesi ölçüm istasyonunda ölçülen değerlere göre; 2012-2016 yılları aylık hava kalitesi parametreleri ve sınır değerini aştığı gün sayısı Çizelge 6.1’de verilmiştir.

**Çizelge 6.1** Eskişehir ilinde 2012-2016 yılları aylık ortalama hava kalitesi parametreleri ve sınır değerlerinin aşıldığı gün sayısı (Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı)

<i>Yıllar</i>	<i>Aylar</i>	<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>AGS</i>	<i>PM<sub>10</sub></i>	<i>AGS</i>
<b>2012</b>	<b>Ocak</b>	3	-	24	-
	<b>Şubat</b>	4	-	34	-
	<b>Mart</b>	3	-	35	-
	<b>Nisan</b>	NA	-	NA	-
	<b>Mayıs</b>	NA	-	NA	-
	<b>Haziran</b>	NA	-	NA	-
	<b>Temmuz</b>	NA	-	NA	-
	<b>Ağustos</b>	4	-	32	-
	<b>Eylül</b>	3	-	35	-
	<b>Ekim</b>	2	-	29	-
	<b>Kasım</b>	5	-	31	-
	<b>Aralık</b>	6	-	24	-
<b>2013</b>	<b>Ocak</b>	3	-	22	-
	<b>Şubat</b>	2	-	24	-
	<b>Mart</b>	5	-	29	-
	<b>Nisan</b>	3	-	28	-
	<b>Mayıs</b>	3	-	43	-
	<b>Haziran</b>	1	-	33	-
	<b>Temmuz</b>	1	-	32	-
	<b>Ağustos</b>	2	-	36	-
	<b>Eylül</b>	4	-	37	-
	<b>Ekim</b>	5	-	51	-
	<b>Kasım</b>	4	-	46	-
	<b>Aralık</b>	6	-	34	-
<b>2014</b>	<b>Ocak</b>	4	-	32,7	-
	<b>Şubat</b>	3,4	-	45	-
	<b>Mart</b>	4	-	36	-
	<b>Nisan</b>	4,4	-	25,5	-
	<b>Mayıs</b>	2	-	28,3	-
	<b>Haziran</b>	0	-	28,6	-
	<b>Temmuz</b>	0	-	31,1	-
	<b>Ağustos</b>	1,1	-	28,2	-
	<b>Eylül</b>	1,9	-	25,6	-
	<b>Ekim</b>	2,6	-	27	-
	<b>Kasım</b>	3,6	-	31	-
	<b>Aralık</b>	3,6	-	27,3	-
<b>2015</b>	<b>Ocak</b>	3,5	-	24,1	-
	<b>Şubat</b>	3,7	-	17,1	-
	<b>Mart</b>	2,7	-	22,7	-
	<b>Nisan</b>	3,2	-	21,3	-
	<b>Mayıs</b>	NA	-	NA	-
	<b>Haziran</b>	0,1	-	14,1	-
	<b>Temmuz</b>	NA	-	NA	-
	<b>Ağustos</b>	NA	-	NA	-
	<b>Eylül</b>	NA	-	NA	-
	<b>Ekim</b>	4,7	-	18,5	-

2016	<b>Kasım</b>	6	-	30,3	-
	<b>Aralık</b>	7	-	30,4	-
	<b>Ocak</b>	5,8	-	22,8	-
	<b>Şubat</b>	8,2	-	29,1	-
	<b>Mart</b>	4,2	-	25	-
	<b>Nisan</b>	3,5	-	33,3	-
	<b>Mayıs</b>	2,5	-	26,5	1
	<b>Haziran</b>	1,8	-	24	-
	<b>Temmuz</b>	1,8	-	19,4	-
	<b>Ağustos</b>	1,3	-	21,3	-
	<b>Eylül</b>	1,2	-	19,7	-
	<b>Ekim</b>	NA	-	27,3	-
	<b>Kasım</b>	6,6	-	37,8	1
	<b>Aralık</b>	4,6	-	25,6	-
	<b>Ortalama</b>	3,8	-	25,9	-

**AGS:** Sınır değerlerin aşıldığı gün sayısı, **NA:** Ölçüm cihazının arızalı olması nedeniyle azı aylarda değer alınmamıştır.

*Egzoz Gazı Emisyon Kontrolü:*

Eskişehir İli egzoz gazı ölçümlerine “Makine Mühendisleri Odası Eskişehir Şubesi” ve “Vakıf Başkanlığı” arasında yapılan protokol ile 14.11.1994 tarihinde başlanmıştır. Egzoz gazı ölçümü yaptırmayan araçların tespiti ve cezai işlem başlatılması konusunda da “Eskişehir Emniyet Müdürlüğü” çalışmalarını titizlikle yürütmektedir.

2012-2016 yıllarında Eskişehir ili genelinde motorlu araç sayısı sırasıyla 204.572, 227.849, 207.440, 222.907 ve 265.338, adet olup “Emisyon Ölçüm Yetki Belgesi” bulunan firma sayısı ise 9 adettir. Ayrıca 2012-2016 yılları içerisinde toplam 427.410 adet egzoz emisyon ölçüm pulu ve satılmıştır (Çizelge 6.2).

**Çizelge 6.2** 2012-2016 Yıllarında Eskişehir iline kayıtlı toplam araç ve egzoz ölçümü yaptıran araç sayısı (Eskişehir Emniyet Müdürlüğü)

Yıllar	Araç Sayısı					Egzoz Ölçümü yaptıran toplam araç sayısı
	Binek Otomobil	Hafif Ticari	Ağır Ticari	Diğerleri	Toplam	
2016	151.545	7.151	9.416	40.657	265.338	91.700
2015	142.988	42.453	9.963	27.503	222.907	83.000
2014	133.774	37.879	9.727	26.060	207.440	93.150
2013	127.208	5.842	69.121	25.678	227.849	79.780
2012	111.129	5.677	63.038	24.728	204.572	79.780

Bu çalışmada; küresel ısınmaya önemli oranda katkı sağlayan fosil yakıtların tkretimini zararlı etkilerinin ortaya konması hedeflenmiştir. Bu kapsamda Eskişehir il genelinde kara ulaşımında kullanılan fosil yakıtların yakılması ile ortaya çıkan sera gazı emisyon değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından önerilen metotlar kullanılmış olup IPCC Tier I metoduyla hesaplamalar yapılmıştır.



## 7.MATERYAL VE METOD

### 7.1 Tier Yaklaşımları

*Tier I Yaklaşımı:* Ulusal enerji istatistiklerinden yakılan yakıt türüne göre yakıt miktarı ve sadece varsayılan emisyon faktörleri ile yapılan hesaplamalardır.

*Tier II Yaklaşımı:* Ulusal enerji istatistiklerinden yakılan yakıt türüne göre yakıt miktarının, yakıt karakteristiğine bağlı olarak belirlenmiş ülkeye veya belirli bölgelere göre belirlenen özel emisyon faktörlerinin, yakma teknolojileri bilgilerinin kullanılmasıyla yapılan hesaplamalardır.

*Tier III Yaklaşımı:* Yakıt istatistikleri ve yakma teknolojisine göre belirlenmiş teknolojiye bağlı emisyon faktörlerinin, daha fazla detaylı verilerin olduğu yakma tesislerinin ısıt güçlerinin, beslenme tipi vb. bilgilerin kullanılarak yapıldığı hesaplamalardır.

Tier II ve Tier III yaklaşımlarında daha ayrıntılı bilgiye ihtiyaç duyulması ve istenilen dokümanlara ulaşılamaması nedeniyle bu çalışma da sadece Tier I yaklaşımı kullanılmıştır.

### 7.1 Tier I Yaklaşımı ile Emisyon Hesabı

Eskişehir İline ait Tier I yaklaşımı ile yapılan emisyon hesabında 2012-2017 yılları Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan alınan verilerden yararlanılmıştır.

#### 7.1.1 Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyon hesabı

Tier I yaklaşımı ile emisyon hesaplarırken Bölüm 5'te anlatılan aşamalar izlenmiştir. İlk aşamada Eskişehir ili 2012-2017 yıllarına ait tüm yakıt tüketim miktarları Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan temin edilmiş olup, Çizelge 7.1'de yer almaktadır.

**Çizelge 7.1** Eskişehir ili 2012-2017 yıllarında karayolu ulaşımına ait yakıt tüketim miktarları (ton) (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Yıllık Sektör Raporları)

YIL	BENZİN (t)	MOTORİN (t)	LPG (t)
2017	27.964,605	378.275,787	45.822
2016	27.273,456	278.815,092	41.140
2015	24.791	256.081	38.465
2014	22.975	223.397	42.617
2013	22.849	231.831	41.425,87
2012	22.668	193.289	40.542,71

Karayolu ulaşımında kullanılan yakıt çeşitlerine göre tkretim değerleri (ton) her bir yakıt türü için belirlendikten sonra, IPCC Kılavuzundan alınan (izelge 7.2) ve ülkemiz emisyon hesaplamalarında hala kullanılmakta olan dönüşüm faktörlerine eşitlik 7.1 uygulanmıştır. Bu dönüşüm faktörleri net kalori değerlerine göre IPCC kılavuzunda belirlenmiş TJ/Gg (Terajoule/Gigagram) ve TJ/kt (Terajoule/Kiloton) birimindeki değerlerdir. Bu sayede tkutilen yakıt miktarına karşılık gelen enerji içeriğine veya enerji tketicimi birimine (TJ) geçilmiştir.

**Çizelge 7.2** Yakıtların net kalori değerlerine göre belirlenmiş dönüşüm faktörleri (IPCC, 2006).

<b>Yakıt</b>	<b>Dönüşüm Faktörü</b> <b>(TJ/Gg)</b>	<b>Dönüşüm Faktörü</b> <b>(TJ/kt)</b>
<b>Benzin</b>	44.3	44,80
<b>Dizel Yakıt (Motorin)</b>	43.0	43,33
<b>LPG</b>	47.3	47,31

Enerji Tketicimi [TJ] = Yakıt Tketicimi [t]  $\times 10^{-3}$   $\times$  Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg] (Eşitlik, 7.1)

Bir sonraki adımda Ulusal Sera Gazı Envanteri Rehberinden alınan ve izelge 7.3’de verilmiş olan karbondioksit emisyon faktörleri kullanılarak, tkutilen yakıtın karbondioksit içeriği bulunmuştur. Burada yakıt türüne göre karbondioksit emisyon faktörleri seçilip ve eşitlik 7.1’de bulunan enerji tketicimi değerine eşitlik 7.2 uygulanmıştır.

**Çizelge 7.3** Karbondioksit emisyon faktörleri (IPCC, 2006)

<b>Yakıt</b>	<b>Emisyon Faktörü</b> <b>(kg/TJ)</b>	<b>Emisyon Faktörü</b> <b>(t C/TJ)</b>
<b>Benzin</b>	69 300	18,9
<b>Dizel Yakıt (motorin)</b>	74 100	20,2
<b>LPG</b>	63 100	17,2

CO<sub>2</sub> Emisyonu [kg] = Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]  $\times$  Enerji Tketicimi [TJ] (Eşitlik, 7.2)

Tier I yaklaşımında farklı birimler kullanılarak başka bir hesaplama yapılabilir. İlk adımda yakıt tkretim değerine TJ/kt birimli dönüşüm faktörü (izelge 7.2) eşitlik 7.1 kullanılarak uygulanır. Sonraki aşamada elde edilen enerji tkretim değeri tC/TJ birimli

karbon emisyon faktörü (Çizelge 7.3) seçilerek eşitlik 7.2 uygulandığında yakıtın karbon emisyonu bulunmuştur.

Karbon Emisyonu [Gg C] = Karbon İçeriği [Gg C] × Karbon Oksitlenme Oranı (Eşitlik, 7.3)

t C/TJ birimli karbon emisyon faktörünün seçimi ile eşitlik 7.2 sonrasında oksitlenen karbon yüzdesi (oksidlenme oranı) değerleri kullanılarak, yanma sırasında ne kadar karbonun okside olduğu hesaplanmıştır (Eşitlik 7.3). Oksitlenme oranı değerleri petrol ürünlerinde, sıvı yakıtlar (benzin, motorin..vb.) için 0,990, gaz yakıtlarda (LPG..vb.) ise 0,995 oranındadır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

Son olarak CO<sub>2</sub> emisyon miktarını bulabilmek için, CO<sub>2</sub> ve karbonun mol ağırlıklarının birbirine olan oranından yararlanılmıştır. CO<sub>2</sub>'in moleküler ağırlığı 44g/mol, karbonun moleküler ağırlığı ise 12 g/mol olduğu için, eşitlik 7.3 ile elde edilen karbon emisyonu değeri 44/12 oranı ile çarpılarak gerçek CO<sub>2</sub> emisyonu değeri elde edilmiştir (Eşitlik 7.4).

CO<sub>2</sub> Emisyonu [Gg CO<sub>2</sub> ] = Karbon Emisyonu [Gg C] × (44/12) (Eşitlik, 7.4)

#### 7.1.2 CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyon hesabı

Emisyon miktarları hesaplanırken Bölüm 5'te anlatılan aşamalar izlenmiştir. İlk aşamada Eskişehir iline ait tüm yakıt tüketim verileri, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu raporlarından yararlanılarak belirlenmiştir. Belirlenen yakıt tüketim değerlerinin enerji içeriğinin hesaplanması karbondioksit emisyon hesabı ile aynı olduğu için o aşamada elde edilen sonuçları ile Ulusal Sera Gazı Envanteri Rehberinden alınan emisyon faktörlerine (Çizelge 7.4) eşitlik 7.2 uygulanmıştır. Böylece kullanımdan doğan emisyon miktarları bulunmuştur.

Çizelge 7.4 CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyon faktörleri (IPCC, 2006)

Yakıt Türü	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Benzin	33	3,2
Motorin	3,9	3,9
LPG	62	0,2

#### 7.1.3 Eşdeğer karbondioksit emisyon hesabı

Toplam CO<sub>2</sub> eşdeğer miktarının hesaplanabilmesi için ayrı ayrı hesaplanan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyon miktarları küresel ısınma potansiyeli (Çizelge 7.5) ile çarpılarak toplanmış ve toplam CO<sub>2</sub> eşdeğer miktarı elde edilmiştir (Eşitlik 7.5).



**Çizelge 7.5** Sera gazlarının küresel ısınma potansiyelleri (DEFRA, 2012).

<b>EMİSYON</b>	<b>KİMYASAL FORMÜL</b>	<b>KÜRESEL ISINMA POTANSİYELİ</b>
<b>Karbondioksit</b>	CO <sub>2</sub>	1
<b>Metan</b>	CH <sub>4</sub>	21
<b>Diazot oksit</b>	N <sub>2</sub> O	310

CO<sub>2</sub> Emisyonu [Gg] = Hesaplanması istenen emisyon [Gg] × Küresel Isınma Potansiyeli (Eşitlik,7.5)

\*: Hesaplanması istenen emisyon; CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O' nun emisyon miktarlarıdır.

Bu çalışmada birincil ve ikincil yakıt tüketim yöntemi ile resmi kurumlardan temin edilen toplam yakıt tüketim değerlerinden faydalanılmıştır. Birincil yakıtlar ulaşım sektöründe doğrudan kullanılmamaktadır. Bunun yerine işlenerek piyasaya sürülen ikincil yakıtların araçlar tarafından tüketimi sağlandığı için bu çalışma kapsamında yapılan hesaplarda resmi kurumlardan temin edilen tüketim miktarlarının ilk adımda hesaplanacak olandan farklı bir sonuç vermeyeceği göz önüne alınmıştır. Çünkü ulaşımında kullanılan fosil yakıtlar son yakıt formunda olup sonrasında başka bir işleme tabi tutulup enerji dışı bir aktivitede kullanılması söz konusu değildir. Ulaşım sektöründe tüketilen yakıt temelde enerji üretmek ve yakılmak üzerine kuruludur. Bu nedenle çalışmada bu adım atlanmıştır. Ancak ulaştırma dışındaki uygulamalarda bu adımı da hesaplamak gerekmektedir.

## 8. BULGULAR VE SONUÇLAR

Bu çalışmada; Eskişehir İli 2012-2017 yılları arasında karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonları Bölüm 7 deki eşitlikler (Eşitlik, 7.1, 7.2 ve 7.5) kullanılarak hesaplanmıştır.

Eskişehir iline ait 2017 yılı benzin tüketim sonucunda açığa çıkan

### **CO<sub>2</sub> emisyonu hesabı:**

Yakıt Tüketimi (Benzin) = 27.964,605 t

Dönüşüm Faktörü = 44.3 TJ/Gg

Enerji Tüketimi [TJ] = Yakıt Tüketimi [t] × 10<sup>-3</sup> × Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]

Enerji Tüketimi = 27.964,605 × 44.3 × 10<sup>-3</sup> = 1238,832TJ

Benzinin CO<sub>2</sub> Emisyon Faktörü = 69 300 kg/TJ

CO<sub>2</sub> Emisyonu [kg] = Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ] × Enerji Tüketimi [TJ]

CO<sub>2</sub> Emisyonu = 1238,832 × 69 300 = 85851057,704 kg CO<sub>2</sub>

1kg=10<sup>-6</sup> Gg

**CO<sub>2</sub> Emisyonu** = 85851057,704 × 10<sup>-6</sup> = **85,851Gg CO<sub>2</sub>**

Biyojenik karbondan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları ulusal toplama dahil edilmemesine rağmen, mobil kaynaklarda yakıtların yanması ile CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının üretildiği de hesaba katılmalıdır.

Bu kapsamda **CH<sub>4</sub> emisyon hesabı;**

Yakıt Tüketimi (Benzin) = 27.964,605 t

Dönüşüm Faktörü = 44.3 TJ/Gg

Enerji Tüketimi [TJ] = Yakıt Tüketimi [t] x 10<sup>-3</sup> x Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]

Enerji Tüketimi = 27.273,456 x 44.3 × 10<sup>-3</sup> = 1238,832 TJ

Benzinin CH<sub>4</sub> Emisyon Faktörü = 33 kg/TJ

CH<sub>4</sub> Emisyonu [kg] = Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ] × Enerji Tüketimi [TJ]

CH<sub>4</sub> Emisyonu = 1238,832 x 33 = 40881,456 kg CH<sub>4</sub>

1kg=10<sup>-6</sup> Gg

CH<sub>4</sub>Emisyonu = 40881,456 x 10<sup>-6</sup>= 0,041 Gg CH<sub>4</sub>

CO<sub>2</sub> Emisyonu [Gg] = CH<sub>4</sub> – N<sub>2</sub>O Emisyonu [Gg] × Küresel Isınma Potansiyeli

**CO<sub>2</sub> Emisyonu (CH<sub>4</sub>)** = 0,041 x 21 = **0,859 Gg CO<sub>2</sub>**

### **N<sub>2</sub>O emisyon hesabı;**

Yakıt Tüketimi (Benzin) = 27.964,605 t

Dönüşüm Faktörü = 44.3 TJ/Gg

Enerji Tüketimi [TJ] = Yakıt Tüketimi [t] x 10<sup>-3</sup> x Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]

Enerji Tüketimi = 27.964,605 x 44.3 x 10<sup>-3</sup> = 1238,832 TJ

Benzinin N<sub>2</sub>O Emisyon Faktörü = 3,2 kg/TJ

N<sub>2</sub>O Emisyonu [kg] = Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ] x Enerji Tüketimi [TJ]

N<sub>2</sub>O Emisyonu = 1238,832 x 3,2 = 3964,262 kg N<sub>2</sub>O

1kg=10<sup>-6</sup> Gg

N<sub>2</sub>O Emisyonu = 3964,262 x 10<sup>-6</sup> = 3,964 6 x 10<sup>-3</sup>Gg N<sub>2</sub>O

CO<sub>2</sub>Emisyonu [Gg] = CH<sub>4</sub> – N<sub>2</sub>O Emisyonu [Gg] x Küresel Isınma Potansiyeli

**CO<sub>2</sub>Emisyonu (N<sub>2</sub>O)= 3,964 x 10<sup>-3</sup> x 310 = 1,229 Gg CO<sub>2</sub>**

Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu = CO<sub>2</sub> Emisyonu + CH<sub>4</sub> Emisyonu + N<sub>2</sub>O Emisyonu

**Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu (Benzin) = 85,851 + 0,859 + 1,229 = 87,939 Gg CO<sub>2</sub>**

### **CO<sub>2</sub> emisyonu hesabı:**

Yakıt Tüketimi (Motorin) = 378.275,787 t

Dönüşüm Faktörü = 43.0 TJ/Gg

Enerji Tüketimi [TJ] = Yakıt Tüketimi [t] x 10<sup>-3</sup> x Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]

Enerji Tüketimi = 378.275,787 x 43.0 x 10<sup>-3</sup> = 16265,859 TJ

Motorinin CO<sub>2</sub> Emisyon Faktörü = 74 100 kg/TJ

CO<sub>2</sub> Emisyonu [kg] = Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ] x Enerji Tüketimi [TJ]

CO<sub>2</sub> Emisyonu = 16265,859 x 74 100 = 1205300140,118 kg CO<sub>2</sub>

1kg=10<sup>-6</sup> Gg

**CO<sub>2</sub> Emisyonu = 1205300140,118 x 10<sup>-6</sup> = 1205,300 Gg CO<sub>2</sub>**

Biyojenik karbondan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları ulusal toplama dahil edilmemesine rağmen, mobil kaynaklarda yakıtların yanması ile CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının üretildiği de hesaba katılmalıdır.

### **Bu kapsamda CH<sub>4</sub> emisyon hesabı;**

Yakıt Tüketimi (Motorin) = 378.275,787 t

Dönüşüm Faktörü = 43.0 TJ/Gg

Enerji Tüketimi [TJ] = Yakıt Tüketimi [t] x  $10^{-3}$  x Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]

Enerji Tüketimi =  $378.275,787 \times 43.0 \times 10^{-3} = 16265,859$  TJ

Motorinin CH<sub>4</sub> Emisyon Faktörü = 3,9 kg/TJ

CH<sub>4</sub> Emisyonu [kg] = Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ] x Enerji Tüketimi [TJ]

CH<sub>4</sub> Emisyonu =  $16265,859 \times 3,9 = 63436,849$  kg CH<sub>4</sub>

1kg= $10^{-6}$  Gg

CH<sub>4</sub>Emisyonu =  $63436,849 \times 10^{-6} = 0,063$  Gg CH<sub>4</sub>

CO<sub>2</sub> Emisyonu [Gg] = CH<sub>4</sub> – N<sub>2</sub>O Emisyonu [Gg] x Küresel Isınma Potansiyeli

**CO<sub>2</sub> Emisyonu (CH<sub>4</sub>) =  $0,063 \times 21 = 1,332$  Gg CO<sub>2</sub>**

### **N<sub>2</sub>O emisyon hesabı:**

Yakıt Tüketimi (Motorin) = 378.275,787 t

Dönüşüm Faktörü = 43.0 TJ/Gg

Enerji Tüketimi [TJ] = Yakıt Tüketimi [t] x  $10^{-3}$  x Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]

Enerji Tüketimi =  $378.275,787 \times 43.0 \times 10^{-3} = 16265,859$  TJ

Motorinin N<sub>2</sub>O Emisyon Faktörü = 3,9 kg/TJ

N<sub>2</sub>O Emisyonu [kg] = Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ] x Enerji Tüketimi [TJ]

N<sub>2</sub>O Emisyonu =  $16265,859 \times 3,9 = 63436,849$  kg N<sub>2</sub>O

1kg= $10^{-6}$  Gg

N<sub>2</sub>O Emisyonu =  $63436,849 \times 10^{-6} = 0,063$  Gg N<sub>2</sub>O

CO<sub>2</sub>Emisyonu [Gg] = CH<sub>4</sub> – N<sub>2</sub>O Emisyonu [Gg] x Küresel Isınma Potansiyeli

**CO<sub>2</sub>Emisyonu (N<sub>2</sub>O)=  $0,063 \times 310 = 19,665$  Gg CO<sub>2</sub>**

Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu = CO<sub>2</sub> Emisyonu + CH<sub>4</sub> Emisyonu + N<sub>2</sub>O Emisyonu

**Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu (Motorin) =  $1205,300 + 1,332 + 19,665 = 1226,297$  Gg CO<sub>2</sub>**

### **CO<sub>2</sub> emisyonu hesabı:**

Yakıt Tüketimi (LPG) = 45.822 t

Dönüşüm Faktörü = 47.3 TJ/Gg

Enerji Tüketimi [TJ] = Yakıt Tüketimi [t] x  $10^{-3}$  x Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]

Enerji Tüketimi =  $45.822 \times 47.3 \times 10^{-3} = 2167,071$ TJ

LPG CO<sub>2</sub> Emisyon Faktörü = 63 100 kg/TJ

CO<sub>2</sub> Emisyonu [kg] = Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ] x Enerji Tüketimi [TJ]

CO<sub>2</sub> Emisyonu =  $2167,071 \times 63 100 = 136761715,860$  kg CO<sub>2</sub>

$$1\text{kg}=10^{-6}\text{ Gg}$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu} = 136761715,860 \times 10^{-6} = \mathbf{136,762\text{ Gg CO}_2}$$

Biyojenik karbondan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları ulusal toplama dahil edilmemesine rağmen, mobil kaynaklarda yakıtların yanması ile CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının üretildiği de hesaba katılmalıdır.

Bu kapsamda **CH<sub>4</sub> emisyon hesabı**;

$$\text{Yakıt Tüketimi (LPG)} = 45.822\text{ t}$$

$$\text{Dönüşüm Faktörü} = 47.3\text{ TJ/Gg}$$

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = \text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$$

$$\text{Enerji Tüketimi} = 45.822 \times 47.3 \times 10^{-3} = 2167,071\text{TJ}$$

$$\text{LPG için CH}_4 \text{ Emisyon Faktörü} = 47,3\text{ kg/TJ}$$

$$\text{CH}_4 \text{ Emisyonu [kg]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$$

$$\text{CH}_4 \text{ Emisyonu} = 2167,071 \times 47,3 = 134377,597\text{ kg CH}_4$$

$$1\text{kg}=10^{-6}\text{ Gg}$$

$$\text{CH}_4 \text{ Emisyonu} = 134377,597 \times 10^{-6} = 0,134\text{ Gg CH}_4$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu [Gg]} = \text{CH}_4 - \text{N}_2\text{O Emisyonu [Gg]} \times \text{Küresel Isınma Potansiyeli}$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (CH}_4) = 0,134 \times 21 = \mathbf{2,822\text{ Gg CO}_2}$$

**N<sub>2</sub>O emisyon hesabı**;

$$\text{Yakıt Tüketimi (LPG)} = 45.822\text{ t}$$

$$\text{Dönüşüm Faktörü} = 47.3\text{ TJ/Gg}$$

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = \text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$$

$$\text{Enerji Tüketimi} = 45.822 \times 47.3 \times 10^{-3} = 2167,071\text{TJ}$$

$$\text{LPG için N}_2\text{O Emisyon Faktörü} = 0,2\text{ kg/TJ}$$

$$\text{N}_2\text{O Emisyonu [kg]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$$

$$\text{N}_2\text{O Emisyonu} = 2167,071 \times 0,2 = 433,476\text{ kg N}_2\text{O}$$

$$1\text{kg}=10^{-6}\text{ Gg}$$

$$\text{N}_2\text{O Emisyonu} = 433,476 \times 10^{-6} = 4,335 \times 10^{-4}\text{Gg N}_2\text{O}$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu [Gg]} = \text{CH}_4 - \text{N}_2\text{O Emisyonu [Gg]} \times \text{Küresel Isınma Potansiyeli}$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (N}_2\text{O)} = 4,335 \times 10^{-4} \times 310 = \mathbf{0,134\text{ Gg CO}_2}$$

$$\text{Eşdeğer CO}_2 \text{ Emisyonu} = \text{CO}_2 \text{ Emisyonu} + \text{CH}_4 \text{ Emisyonu} + \text{N}_2\text{O Emisyonu}$$

$$\text{Eşdeğer CO}_2 \text{ Emisyonu (LPG)} = 136,762 + 2,822 + 0,134 = \mathbf{139,718\text{ Gg CO}_2}$$

Yapılan ilk hesaplama yöntemi ile 2017 yılında, karayolu ulaşımında tüketilen 27.273,456 t benzin, 378.275,787 t motorin ve 45.822 t LPG' nin toplamda 1453,954 Gg eşdeğer CO<sub>2</sub> emisyonuna neden olduğu tespit edilmiştir.

Eskişehir ili 2012-2017 yılları arasındaki karayolu araçlarında tüketilen yakıtta; metan, diazot oksit ve karbondioksitten kaynaklanan karbondioksit emisyon hesabına ilişkin tablolar sırasıyla Tablo 8.1-8.6'da verilmiştir.



**Tablo 8.1** 2017 yılı emisyon hesap tablosu

2017	A	B	C	D	E	F	G	H
Ulaştırma Grubu (Karayolu)	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Emisyon Faktörü	Emisyon İçeriği	Emisyon İçeriği	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu
	(t)	(TJ/Gg)	(TJ) $C=A \times B \times 10^{-3}$	(kg/TJ)	(kg ) $E=C \times D$	(Gg ) $F=E \times 10^{-6}$	( t )	(Gg CO <sub>2</sub> ) $H=G \times F$
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>								
Benzin	27.964,605	44,3	1238,832	69.300	85851057,704	85,851	1	85,851
Motorin	378.275,787	43,0	16265,859	74.100	1205300140,118	1205,300	1	1205,300
LPG	45.822	47,3	2167,071	63.100	136761715,860	136,762	1	136,762
							<b>Ara Toplam</b>	1427,913
<b>CH<sub>4</sub> Emisyonu</b>								
Benzin	27.964,605	44,3	1238,832	33	40881,456	0,041	21	0,859
Motorin	378.275,787	43,0	16265,859	3,9	63436,849	0,063	21	1,332
LPG	45.822	47,3	2167,381	62	134377,597	0,134	21	2,822
							<b>Ara Toplam</b>	5,013
<b>N<sub>2</sub>O Emisyon</b>								
Benzin	27.964,605	44,3	1238,832	3,2	3964,262	$3,964 \times 10^{-3}$	310	1,229
Motorin	378.275,787	43,0	16265,859	3,9	63436,849	0,063	310	19,665
LPG	45.822	47,3	2167,381	0,2	433,476	$4,335 \times 10^{-4}$	310	0,134
							<b>Ara Toplam</b>	21,029
<b>Toplam (TJ)</b>			<b>19672,071</b>	<b>Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu (Gg CO<sub>2</sub>)</b>				<b>1453,954</b>

**Tablo 8.2** 2016 yılı emisyon hesap tablosu

2016								
Ulaştırma Grubu (Karayolu)	A	B	C	D	E	F	G	H
	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Emisyon Faktörü	Emisyon İçeriği	Emisyon İçeriği	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu
	(t)	(TJ/Gg)	(TJ) $C=A \times B \times 10^{-3}$	(kg/TJ)	(kg ) $E=C \times D$	(Gg ) $F=E \times 10^{-6}$	( t )	(Gg CO <sub>2</sub> ) $H=G \times F$
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>								
Benzin	27.273,456	44,3	1208,214	69.300	83.729.237,185	83,729	1	83,729
Motorin	278.815,092	43,0	11989,049	74.100	888388527,640	888,389	1	888,389
LPG	41.140	47,3	1945,922	63.100	122.787.678,200	122,788	1	122,788
							<b>Ara Toplam</b>	1094,905
<b>CH<sub>4</sub> Emisyonu</b>								
Benzin	27.273,456	44,3	1208,214	33	39.871,065	0,040	21	0,837
Motorin	278.815,092	43,0	11989,049	3,9	46.757,291	0,047	21	0,982
LPG	41.140	47,3	1945,922	62	120.647,164	0,121	21	2,534
							<b>Ara Toplam</b>	4,353
<b>N<sub>2</sub>O Emisyon</b>								
Benzin	27.273,456	44,3	1208,214	3,2	3.866,285	$3,866 \times 10^{-3}$	310	1,199
Motorin	278.815,092	43,0	11989,049	3,9	46.757,291	0,047	310	14,495
LPG	41.140	47,3	1945,922	0,2	389,184	$3,892 \times 10^{-4}$	310	0,121
							<b>Ara Toplam</b>	15,814
<b>Toplam (TJ)</b>			<b>15143,185</b>	<b>Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu (Gg CO<sub>2</sub>)</b>				<b>1115,072</b>



**Tablo 8.3** 2015 yılı emisyon hesap tablosu

2015								
Ulaştırma Grubu (Karayolu)	A	B	C	D	E	F	G	H
	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Emisyon Faktörü	Emisyon İçeriği	Emisyon İçeriği	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu
	(t)	(TJ/Gg)	(TJ) $C=A \times B \times 10^{-3}$	(kg/TJ)	(kg ) $E=C \times D$	(Gg ) $F=E \times 10^{-6}$	( t )	(Gg CO <sub>2</sub> ) $H=G \times F$
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>								
Benzin	24.791	44,3	1098,241	69.300	76.108.122,090	76,108	1	76,108
Motorin	256.081	43,0	11011,483	74.100	815.950.890,300	815,951	1	815,951
LPG	38.465	47,3	1819,395	63.100	114.803.792,950	114,804	1	114,804
							<b>Ara Toplam</b>	1006,863
<b>CH<sub>4</sub> Emisyonu</b>								
Benzin	24.791	44,3	1098,241	33	36.241,963	0,036	21	0,761
Motorin	256.081	43,0	11011,483	3,9	42.944,784	0,043	21	0,902
LPG	38.465	47,3	1819,395	62	112.802,459	0,113	21	2,369
							<b>Ara Toplam</b>	4,032
<b>N<sub>2</sub>O Emisyon</b>								
Benzin	24.791	44,3	1098,241	3,2	3.514,372	$3,514 \times 10^{-3}$	310	1,089
Motorin	256.081	43,0	11011,483	3,9	42.944,784	0,043	310	13,313
LPG	38.465	47,3	1819,395	0,2	363,879	$3,638 \times 10^{-4}$	310	0,113
							<b>Ara Toplam</b>	14,515
<b>Toplam (TJ)</b>			<b>13929,119</b>	<b>Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu (Gg CO<sub>2</sub>)</b>				<b>1025,410</b>

**Tablo 8.4** 2014 yılı emisyon hesap tablosu

2014	A	B	C	D	E	F	G	H
Ulaştırma Grubu (Karayolu)	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Emisyon Faktörü	Emisyon İçeriği	Emisyon İçeriği	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu
	(t)	(TJ/Gg)	(TJ) $C=A \times B \times 10^{-3}$	(kg/TJ)	(kg ) $E=C \times D$	(Gg ) $F=E \times 10^{-6}$	( t )	(Gg CO <sub>2</sub> ) $H=G \times F$
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>								
Benzin	22.975	44,3	1017,793	69.300	70.533.020,250	70,533	1	70,533
Motorin	223.397	43,0	9606,071	74.100	711.809.861,100	711,810	1	711,810
LPG	42.617	47,3	2015,784	63.100	127.195.976,710	127,196	1	127,196
							<b>Ara Toplam</b>	909,539
<b>CH<sub>4</sub> Emisyonu</b>								
Benzin	22.975	44,3	1017,793	33	33.587,153	0,034	21	0,705
Motorin	223.397	43,0	9606,071	3,9	37.463,677	0,037	21	0,787
LPG	42.617	47,3	2015,784	62	124.978,614	0,125	21	2,625
							<b>Ara Toplam</b>	4,117
<b>N<sub>2</sub>O Emisyon</b>								
Benzin	22.975	44,3	1017,793	3,2	3.256,936	$3,257 \times 10^{-3}$	310	1,010
Motorin	223.397	43,0	9606,071	3,9	37.463,677	0,037	310	11,614
LPG	42.617	47,3	2015,784	0,2	403,157	$4,032 \times 10^{-4}$	310	0,125
							<b>Ara Toplam</b>	12,748
<b>Toplam (TJ)</b>			<b>12639,648</b>	<b>Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu (Gg CO<sub>2</sub>)</b>				<b>926,404</b>

**Tablo 8.5** 2013 yılı emisyon hesap tablosu

2013								
Ulaştırma Grubu (Karayolu)	A	B	C	D	E	F	G	H
	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Emisyon Faktörü	Emisyon İçeriği	Emisyon İçeriği	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu
	(t)	(TJ/Gg)	(TJ) $C=A \times B \times 10^{-3}$	(kg/TJ)	(kg ) $E=C \times D$	(Gg ) $F=E \times 10^{-6}$	( t )	(Gg CO <sub>2</sub> ) $H=G \times F$
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>								
Benzin	22.849	44,3	1012,211	69.300	70.146.201,510	70,146	1	70,146
Motorin	231.831	43,0	9968,733	74.100	738.683.115,300	738,683	1	738,683
LPG	41.425,87	47,3	1959,444	63.100	123.640.894,378	123,641	1	123,641
							<b>Ara Toplam</b>	932,470
<b>CH<sub>4</sub> Emisyonu</b>								
Benzin	22.849	44,3	1012,211	33	33.402,953	0,033	21	0,701
Motorin	231.831	43,0	9968,733	3,9	38.878,059	0,039	21	0,816
LPG	41.425,87	47,3	1959,444	62	121.485, 506	0,121	21	2,551
							<b>Ara Toplam</b>	4,069
<b>N<sub>2</sub>O Emisyon</b>								
Benzin	22.849	44,3	1012,211	3,2	3.239,074	$3,239 \times 10^{-3}$	310	1,004
Motorin	231.831	43,0	9968,733	3,9	38.878,059	0,039	310	12,052
LPG	41.425,87	47,3	1959,444	0,2	391,889	$3,919 \times 10^{-4}$	310	0,121
							<b>Ara Toplam</b>	13,178
<b>Toplam (TJ)</b>			<b>12940,387</b>	<b>Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu (Gg CO<sub>2</sub>)</b>				<b>949,717</b>

**Tablo 8.6** 2012 yılı emisyon hesap tablosu

2012								
Ulaştırma Grubu (Karayolu)	A	B	C	D	E	F	G	H
	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Emisyon Faktörü	Emisyon İçeriği	Emisyon İçeriği	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu
	(t)	(TJ/Gg)	(TJ) $C=A \times B \times 10^{-3}$	(kg/TJ)	(kg ) $E=C \times D$	(Gg ) $F=E \times 10^{-6}$	( t )	(Gg CO <sub>2</sub> ) $H=G \times F$
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>								
Benzin	22.668	44,3	1004,192	69.300	69.590.533,320	69,591	1	69,591
Motorin	193.289	43,0	8311,427	74.100	615.876.740,700	615,877	1	615,877
LPG	40.542,71	47,3	1917,670	63.100	121.004.988,547	121,005	1	121,005
							<b>Ara Toplam</b>	806,472
<b>CH<sub>4</sub> Emisyonu</b>								
Benzin	22.668	44,3	1004,192	33	33.138,349	0,033	21	0,696
Motorin	193.289	43,0	8311,427	3,9	32.414,565	0,032	21	0,681
LPG	40.542,71	47,3	1917,670	62	118.895,551	0,119	21	2,497
							<b>Ara Toplam</b>	3,873
<b>N<sub>2</sub>O Emisyon</b>								
Benzin	22.668	44,3	1004,192	3,2	3.213,416	$3,213 \times 10^{-3}$	310	0,996
Motorin	193.289	43,0	8311,427	3,9	32.414,565	0,032	310	10,049
LPG	40.542,71	47,3	1917,670	0,2	383,534	$3,835 \times 10^{-4}$	310	0,119
							<b>Ara Toplam</b>	11,164
<b>Toplam (TJ)</b>			<b>11233,290</b>	<b>Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu (Gg CO<sub>2</sub>)</b>				<b>821,509</b>

Bölüm 7 de CO<sub>2</sub> emisyonu hesaplanırken yine Tier I yaklaşımında bu kez farklı birimde dönüşüm faktörü ve emisyon faktörlerinin seçimi ile yapılan hesaplama işlemlerden söz edilmiştir (Çizelge 7.2 ve Çizelge 7.3).

Farklı birimlerin kullanımı ile yapılan hesaplama göre **CO<sub>2</sub> emisyonu hesabı:**

$$\text{Yakıt Tüketimi (Benzin)} = 27.964,605 \text{ t}$$

$$\text{Dönüşüm Faktörü} = 44.8 \text{ TJ/kt}$$

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = \text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/kt]}$$

$$\text{Enerji Tüketimi} = 27.964,605 \times 44.8 \times 10^{-3} = 1252,814 \text{ TJ}$$

$$\text{Benzinin C Emisyon Faktörü} = 18,9 \text{ (t C/TJ)}$$

$$\text{C İçeriği [t C]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [t C/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$$

$$\text{C İçeriği} = 1252,814 \times 18,9 = 23678,190 \text{ t C}$$

$$1 \text{ t} = 10^{-3} \text{ Gg}$$

$$\text{Karbon İçeriği} = 23678,190 \times 10^{-3} = 23,678 \text{ Gg C}$$

$$\text{Benzinin Karbon Oksitlenme Oranı (sıvı yakıtlar için)} = 0.99$$

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [Gg C]} \times \text{Karbon Oksitlenme Oranı}$$

$$\text{Karbon Emisyonu} = 23,678 \times 0.99 = 23,441 \text{ Gg C}$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu [Gg CO}_2 \text{]} = \text{Karbon Emisyonu [Gg C]} \times (44/12)$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu} = 23,441 \times 44/12 = \mathbf{85,952 \text{ Gg CO}_2}$$

$$\text{Yakıt Tüketimi (Motorin)} = 378.275,787 \text{ t}$$

$$\text{Dönüşüm Faktörü} = 43,33 \text{ TJ/kt}$$

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = \text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/kt]}$$

$$\text{Enerji Tüketimi} = 378.275,787 \times 43,33 \times 10^{-3} = 16390,690 \text{ TJ}$$

$$\text{Motorinin C Emisyon Faktörü} = 20,2 \text{ (t C/TJ)}$$

$$\text{C İçeriği [t C]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [t C/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$$

$$\text{C İçeriği} = 16390,690 \times 20,2 = 331091,935 \text{ t C}$$

$$1 \text{ t} = 10^{-3} \text{ Gg}$$

$$\text{Karbon İçeriği} = 331091,935 \times 10^{-3} = 331,092 \text{ Gg C}$$

$$\text{Motorinin Karbon Oksitlenme Oranı (sıvı yakıtlar için)} = 0.99$$

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [Gg C]} \times \text{Karbon Oksitlenme Oranı}$$

$$\text{Karbon Emisyonu} = 331,092 \times 0.99 = 327,781 \text{ Gg C}$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu [Gg CO}_2 \text{ ]} = \text{Karbon Emisyonu [Gg C]} \times (44/12)$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu} = 327,781 \times 44/12 = \mathbf{1201,864 \text{ Gg CO}_2}$$

$$\text{Yakıt Tüketimi (LPG)} = 45.822 \text{ t}$$

$$\text{Dönüşüm Faktörü} = 47,31 \text{ TJ/kt}$$

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = \text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/kt]}$$

$$\text{Enerji Tüketimi} = 45.822 \times 47,31 \times 10^{-3} = 2167,839 \text{ TJ}$$

$$\text{LPG'nin C Emisyon Faktörü} = 17,2 \text{ (t C/TJ)}$$

$$\text{C İçeriği [t C]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [t C/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$$

$$\text{C İçeriği} = 2167,839 \times 17,2 = 37286,828 \text{ t C}$$

$$1 \text{ t} = 10^{-3} \text{ Gg}$$

$$\text{Karbon İçeriği} = 37286,828 \times 10^{-3} = 37,287 \text{ Gg C}$$

$$\text{LPG'nin Karbon Oksitlenme Oranı (gaz yakıtlar için)} = 0.995$$

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [Gg C]} \times \text{Karbon Oksitlenme Oranı}$$

$$\text{Karbon Emisyonu} = 37,287 \times 0.995 = 37,100 \text{ Gg C}$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu [Gg CO}_2 \text{ ]} = \text{Karbon Emisyonu [Gg C]} \times (44/12)$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu} = 37,100 \times 44/12 = \mathbf{136,035 \text{ Gg CO}_2}$$

CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyon hesabı için önceki yapılan hesaplama metodları kullanıldığı için burada ayrıca hesaplanmamıştır.

Tier I yaklaşımında farklı birimlerin seçimi ile yapılan hesaplama yöntemi 2017 yılında, karayolu ulaşımında tüketilen 27.273,456 t benzin, 378.275,787 t motorin ve 45.822 t LPG'nin toplamda 1449,892 Gg eşdeğer CO<sub>2</sub> emisyonuna neden olduğu tespit edilmiştir. Bu şekilde hesaplanan CO<sub>2</sub> emisyonuna ait tablolar Tablo 8.7 ile Tablo 8.11 arasında yıllara göre sıralanmıştır.

**Tablo 8.7** 2017 yılı emisyon hesap tablosu

2017	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Ulaştırma Grubu (Karayolu)	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Karbon Emisyon Faktörü	Karbon İçeriği	Karbon İçeriği	Oksitlenen Karbon Yüzdesi	Gerçek Karbon Emisyonu	Gerçek CO <sub>2</sub> Emisyonu	
	(t)	(TJ/kt)	(TJ) $C=A \times B \times 10^{-3}$	(t C/TJ)	(t C) $E=C \times D$	(Gg C) $F=E \times 10^{-3}$	(%)	(Gg C) $H=G \times F$	(Gg CO <sub>2</sub> ) $I=[H \times (44/12)]$	
Benzin	27.964,605	44,80	1252,814	18,9	23678,190	23,678	0,99	23,441	85,952	
Motorin	378.275,787	43,33	16390,690	20,2	331091,935	331,092	0,99	327,781	1201,864	
LPG	45.822	47,31	2167,839	17,2	37286,828	37,287	0,995	37,100	136,035	
<b>Toplam (TJ)</b>			<b>19811,343</b>	<b>Toplam CO<sub>2</sub> Emisyon Miktarı (Gg CO<sub>2</sub>)</b>				<b>1423,850</b>		

**Tablo 8.8** 2016 yılı emisyon hesap tablosu

2016	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Ulaştırma Grubu (Karayolu)	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Karbon Emisyon Faktörü	Karbon İçeriği	Karbon İçeriği	Oksitlenen Karbon Yüzdesi	Gerçek Karbon Emisyonu	Gerçek CO <sub>2</sub> Emisyonu
	(t)	(TJ/kt)	(TJ) $C=A \times B \times 10^{-3}$	(t C/TJ)	(t C) $E=C \times D$	(Gg C) $F=E \times 10^{-3}$	(%)	(Gg C) $H=G \times F$	( Gg CO <sub>2</sub> ) $I=[H \times (44/12)]$
Benzin	27.273,456	44,80	1221,851	18,9	23.092,981	23,093	0,99	22,862	83,828
Motorin	278.815,092	43,33	12081,058	20,2	244.037,370	244,037	0,99	241,597	885,856
LPG	41.140	47,31	1946,333	17,2	33.476,934	33,477	0,995	33,310	122,135
<b>Toplam (TJ)</b>			<b>15249,242</b>		<b>Toplam CO<sub>2</sub> Emisyon Miktarı (Gg CO<sub>2</sub>)</b>				<b>1091,818</b>



**Tablo 8.9** 2015 yılı emisyon hesap tablosu

<b>2015</b>									
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>
Ulaştırma Grubu (Karayolu)	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Karbon Emisyon Faktörü	Karbon İçeriği	Karbon İçeriği	Oksitlenen Karbon Yüzdesi	Gerçek Karbon Emisyonu	Gerçek CO <sub>2</sub> Emisyonu
	(t)	(TJ/kt)	(TJ) <b>C=A×B×10<sup>-3</sup></b>	(t C/TJ)	(t C) <b>E=C×D</b>	(Gg C) <b>F=E× 10<sup>-3</sup></b>	( % )	(Gg C) <b>H=G×F</b>	( Gg CO <sub>2</sub> ) <b>I=[H×(44/12)]</b>
Benzin	24.791	44,80	1110,637	18,9	20.991,036	20,991	0,99	20,781	76,197
Motorin	256.081	43,33	11095,990	20,2	224.138,993	224,139	0,99	221,898	813,625
LPG	38.465	47,31	1819,779	17,2	31.300,201	31,300	0,995	31,144	114,194
<b>Toplam (TJ)</b>			<b>14026,406</b>	<b>Toplam CO<sub>2</sub> Emisyon Miktarı (Gg CO<sub>2</sub>)</b>				<b>1004,016</b>	

**Tablo 8.10** 2014 yılı emisyon hesap tablosu

<b>2014</b>									
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>
Ulaştırma Grubu (Karayolu)	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Karbon Emisyon Faktörü	Karbon İçeriği	Karbon İçeriği	Oksitlenen Karbon Yüzdesi	Gerçek Karbon Emisyonu	Gerçek CO <sub>2</sub> Emisyonu
	(t)	(TJ/kt)	(TJ) $C=A \times B \times 10^{-3}$	(t C/TJ)	(t C) $E=C \times D$	(Gg C) $F=E \times 10^{-3}$	(%)	(Gg C) $H=G \times F$	( Gg CO <sub>2</sub> ) $I=[H \times (44/12)]$
Benzin	22.975	44,80	1029,280	18,9	19.453,392	19,453	0,99	19,259	70,616
Motorin	223.397	43,33	9679,792	20,2	195.531,799	195,532	0,99	193,576	709,780
LPG	42.617	47,31	2016,210	17,2	34.678,817	34,679	0,995	34,505	126,520
<b>Toplam (TJ)</b>			<b>12725,282</b>	<b>Toplam CO<sub>2</sub> Emisyon Miktarı (Gg CO<sub>2</sub>)</b>				<b>906,916</b>	

**Tablo 8.11** 2013 yılı emisyon hesap tablosu

2013									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Ulaştırma Grubu (Karayolu)	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Karbon Emisyon Faktörü	Karbon İçeriği	Karbon İçeriği	Oksitlenen Karbon Yüzdesi	Gerçek Karbon Emisyonu	Gerçek CO <sub>2</sub> Emisyonu
	(t)	(TJ/kt)	(TJ) $C=A \times B \times 10^{-3}$	(t C/TJ)	(t C) $E=C \times D$	(Gg C) $F=E \times 10^{-3}$	(%)	(Gg C) $H=G \times F$	( Gg CO <sub>2</sub> ) $I=[H \times (44/12)]$
Benzin	22.849	44,80	123,635	18,9	19.346,705	19,347	0,99	19,153	70,229
Motorin	231.831	43,33	10045,237	20,2	202.913,792	202,914	0,99	200,885	736,577
LPG	41.425,87	47,31	1959,858	17,2	33.709,556	33,710	0,995	33,541	122,984
<b>Toplam (TJ)</b>			<b>13028,730</b>	<b>Toplam CO<sub>2</sub> Emisyon Miktarı (Gg CO<sub>2</sub>)</b>				<b>929,789</b>	

**Tablo 8.12** 2012 yılı emisyon hesap tablosu

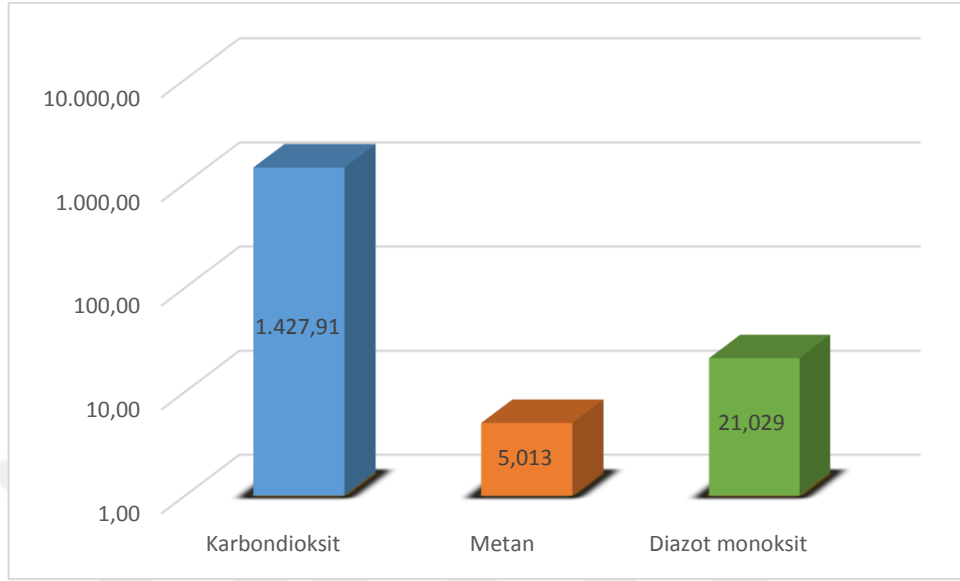
2012									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Ulaştırma Grubu (Karayolu)	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Karbon Emisyon Faktörü	Karbon İçeriği	Karbon İçeriği	Oksitlenen Karbon Yüzdesi	Gerçek Karbon Emisyonu	Gerçek CO <sub>2</sub> Emisyonu
	(t)	(TJ/kt)	(TJ) $C=A \times B \times 10^{-3}$	(t C/TJ)	(t C) $E=C \times D$	(Gg C) $F=E \times 10^{-3}$	(%)	(Gg C) $H=G \times F$	( Gg CO <sub>2</sub> ) $I=[H \times (44/12)]$
Benzin	22.668	44,80	1015,526	18,9	19.193,449	19,193	0,99	19,002	69,672
Motorin	193.289	43,33	8375,212	20,2	169.179,290	169,179	0,99	167,487	614,121
LPG	40.542,71	47,31	1918,076	17,2	32.990,900	32,991	0,995	32,826	120,362
<b>Toplam (TJ)</b>			<b>11308,814</b>	<b>Toplam CO<sub>2</sub> Emisyon Miktarı (Gg CO<sub>2</sub>)</b>				<b>804,155</b>	

Tier I yaklaşımına göre uygulanan ilk yöntemde bulunan CO<sub>2</sub> Emisyon miktarı 1453,954 Gg CO<sub>2</sub>, Yine Tier I yaklaşımı ancak farklı birimlerin kullanımı ile bulunan CO<sub>2</sub> emisyon miktarı ise 1449,892 Gg CO<sub>2</sub>'dir. Sonuçlardaki farklılığın sebebi Tier I kapsamında bir hesaplama olmasıdır. Bu çalışmada yapılan hesaplamalar ilk uygulamaya göre CO<sub>2</sub> emisyon hesabı dikkate alınarak yapılmıştır.

2012 yılı benzin, motorin ve LPG kullanımı ile oluşan emisyon miktarları sırasıyla; 71,283; 626,607 ve 123, 621 Gg CO<sub>2</sub>'dir. 2013 yılında benzin, motorin ve LPG kullanımı ile oluşan emisyon miktarları ise sırasıyla; 71,851; 751,551 ve 126, 313 Gg CO<sub>2</sub> olarak bulunmuştur. 2014 yılındaki benzin, motorin ve LPG kullanımı ile oluşan emisyon miktarı ise sırasıyla; 72,248; 724,211 ve 129,946 Gg CO<sub>2</sub>'dir. 2015 yılında benzin, motorin ve LPG kullanımı ile oluşan emisyon miktarlarına bakacak olursak sırasıyla; 77,958; 830,166 ve 117,286 Gg CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır. 2016 yılı benzin, motorin ve LPG kullanımı ile oluşan emisyon miktarları sırasıyla; 85,765; 903,866 ve 125, 443 Gg CO<sub>2</sub> iken 2017 yılında benzin, motorin ve LPG kullanımı ile oluşan emisyon miktarları sırasıyla; 87,939; 1226,297 ve 139,718 Gg CO<sub>2</sub> olarak belirlenmiştir.

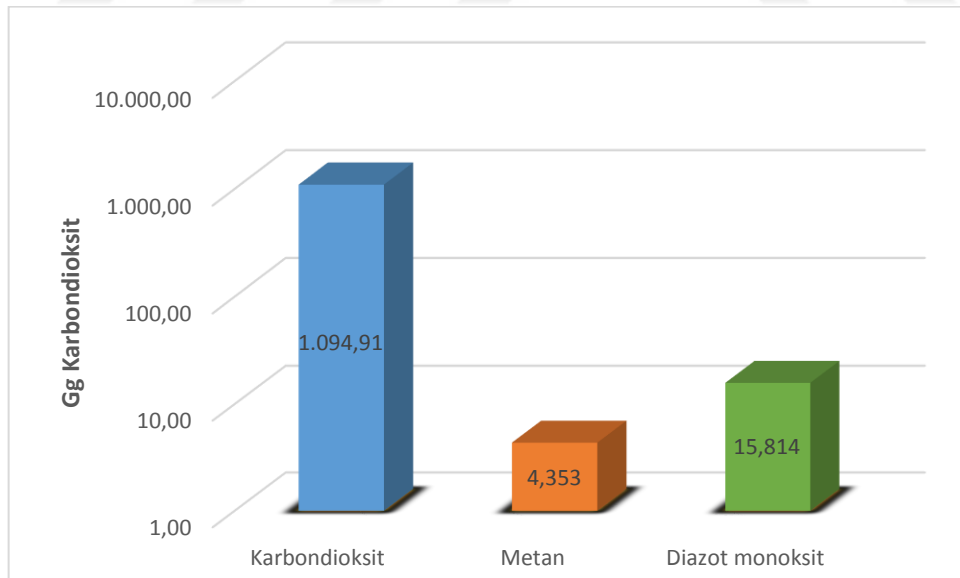
Çizelge 8.1-8.6'da hesaplanan verilere göre 2012 ve 2017 yıllarına ait hesaplamalar da yıllara bağlı olarak artan araç sayısı ve yakıt tüketiminin artmasıyla birlikte emisyon miktarında da artış olduğu görülmektedir. Ancak LPG kullanımının 2013 ve 2014 yıllarında önceki yıllara göre azalması nedeniyle LPG emisyonunun da 2015 ve 2016 yıllarında önceki yıllara göre düşüş olduğu tespit edilmiştir.

Eskişehir ili 2017 yılı karayolu araçlarında tüketilen yakıtta; metan, diazot oksit ve karbondioksitten kaynaklanan karbondioksit emisyon miktarları Şekil 8.1’de verilmiştir.



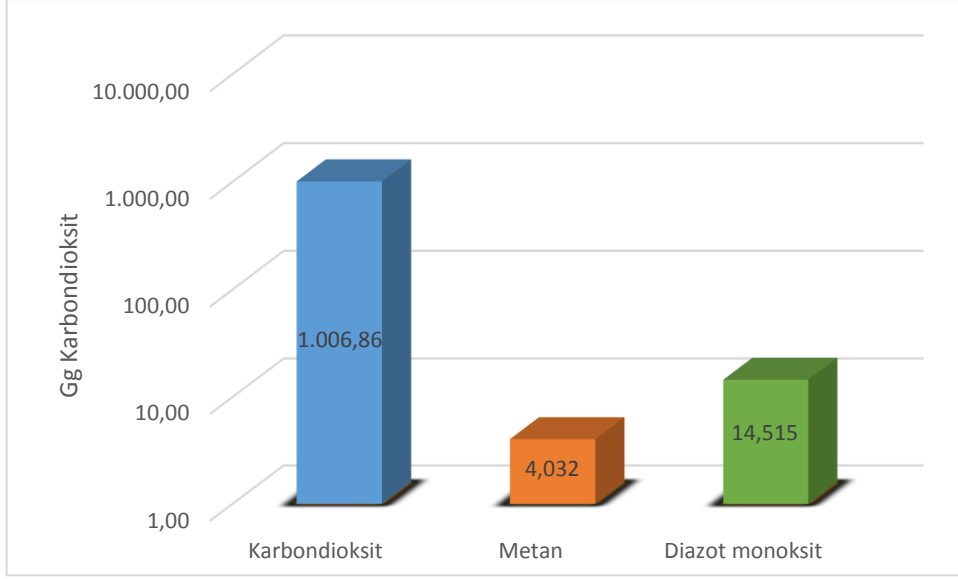
Şekil 8.1 2017 Yılı emisyon miktarları

Eskişehir ili 2016 yılı karayolu araçlarında tüketilen yakıtta; metan, diazot oksit ve karbondioksitten kaynaklanan karbondioksit emisyon miktarları Şekil 8.2’de verilmiştir.



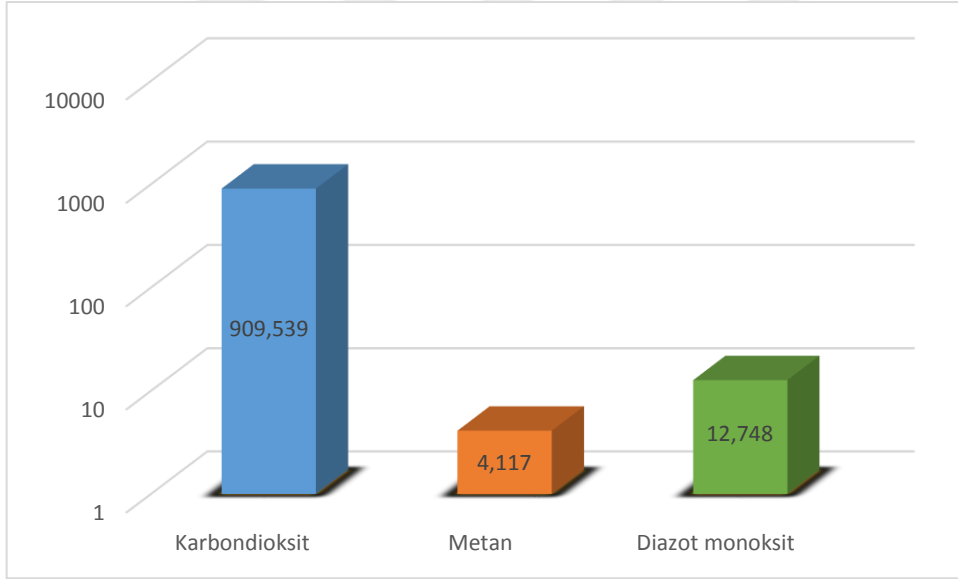
Şekil 8.2 2016 Yılı emisyon miktarları

Eskişehir ili 2015 yılı karayolu araçlarında tüketilen yakıtta; metan, diazot oksit ve karbondioksitten kaynaklanan karbondioksit emisyon miktarları Şekil 8.3’de verilmiştir.



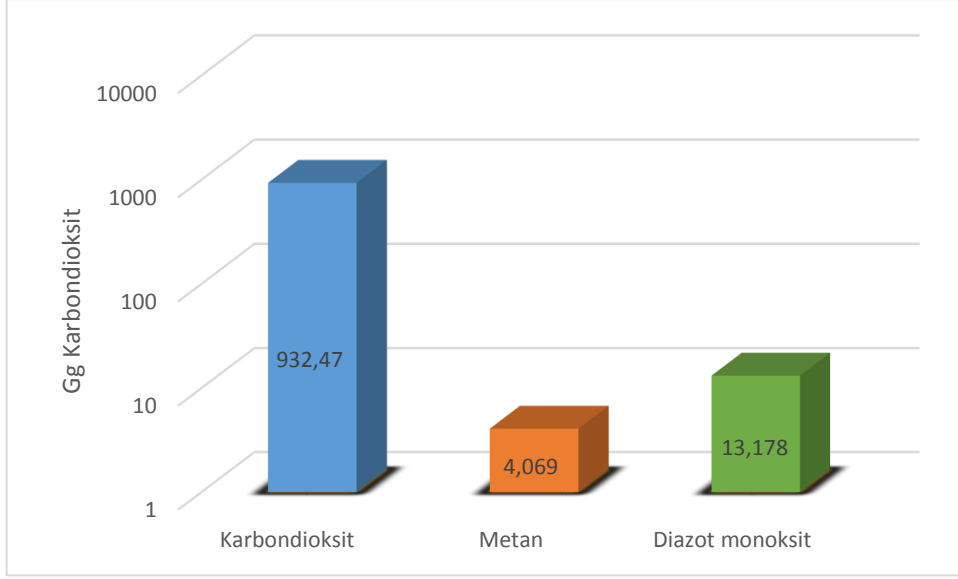
**Şekil 8.3** 2015 Yılı emisyon miktarları

Eskişehir ili 2014 yılı karayolu araçlarında tüketilen yakıtta; metan, diazot oksit ve karbondioksitten kaynaklanan karbondioksit emisyon miktarları Şekil 8.4’de verilmiştir.



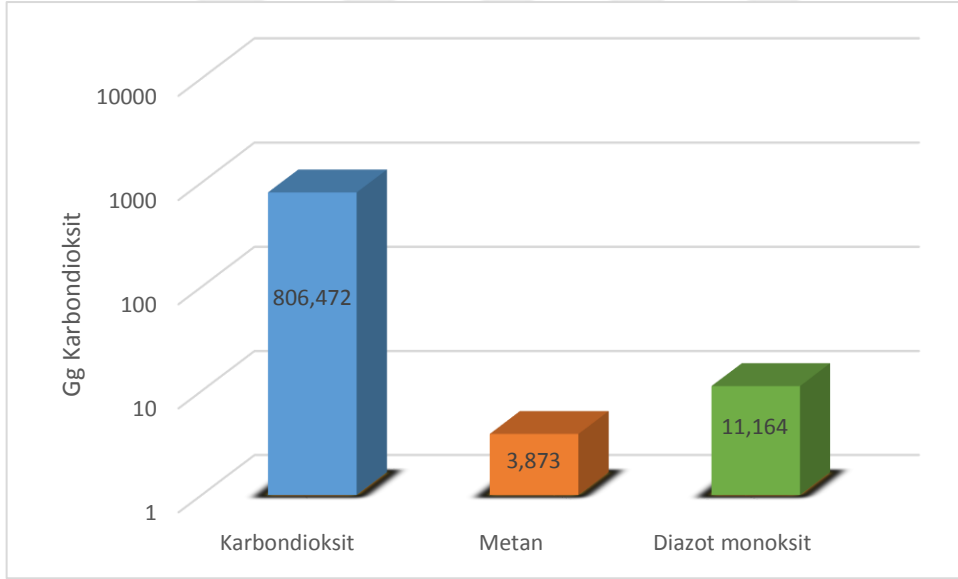
**Şekil 8.4** 2014 Yılı emisyon miktarları

Eskişehir ili 2013 yılı karayolu araçlarında tüketilen yakıtta; metan, diazot oksit ve karbondioksitten kaynaklanan karbondioksit emisyon miktarları Şekil 8.5’de verilmiştir.



**Şekil 8.5** 2013 Yılı emisyon miktarları

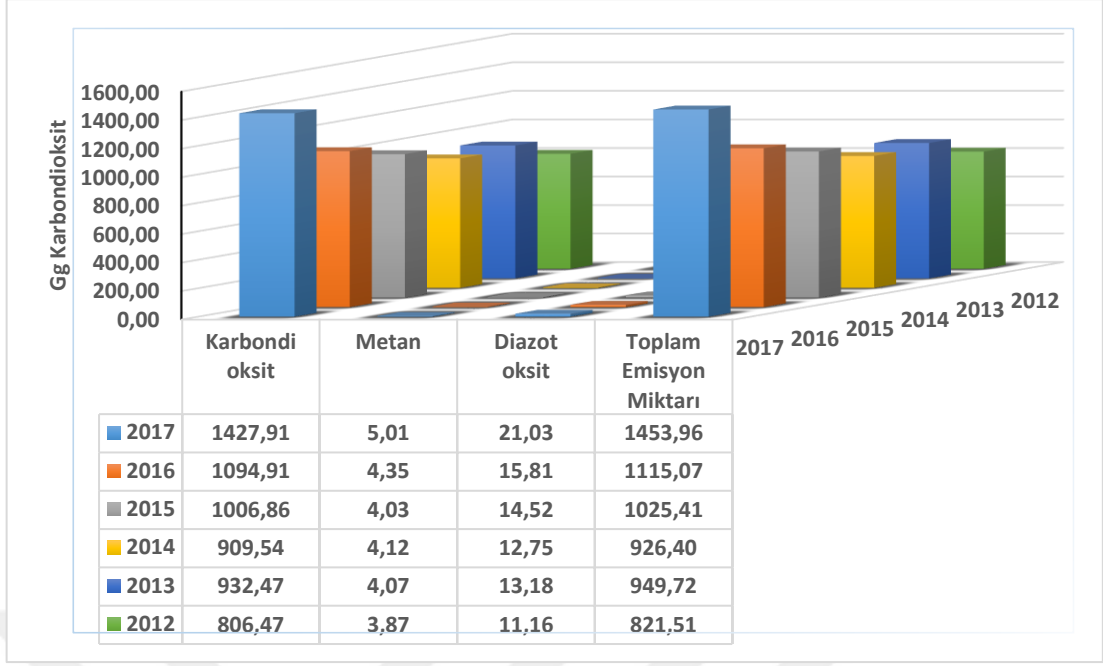
Eskişehir ili 2012 yılı karayolu araçlarında tüketilen yakıtta; metan, diazot oksit ve karbondioksitten kaynaklanan karbondioksit emisyon miktarları Şekil 8.6'da verilmiştir.



**Şekil 8.6** 2012 Yılı emisyon miktarları

Eskişehir ili 2012-2017 yıllarında karayolu araçlarında tüketilen yakıtta; metan, diazot oksit ve karbondioksitten kaynaklanan karbondioksit emisyon miktarları her yıl için karşılaştırmalı olarak Şekil 8.7'de verilmiştir.





Şekil 8.7 2017-2012 Yılları emisyon miktarları

## 9. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında; iklim değişikliğine neden olabilecek sera gazı emisyonlarına karayolunun etkisi üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda örnek olarak Eskişehir ili incelenmiş olup İl'e ait yıllık tüketilen yakıt değerleri üzerinden IPCC kılavuzunda yer alan Tier I yaklaşımı kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve eşdeğer karbondioksit miktarı hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda;

2012 yılı toplam emisyonunun % 98,17'si CO<sub>2</sub>, % 0,47'si CH<sub>4</sub> ve % 1,36'sının N<sub>2</sub>O tüketiminden; 2013 yılı toplam emisyonunun % 98,18'i CO<sub>2</sub>, % 0,43'ü CH<sub>4</sub> ve %1,39'ununda N<sub>2</sub>O tüketiminden; 2014 yılı toplam emisyonunun % 98,18'i CO<sub>2</sub>, %0,44'ü CH<sub>4</sub> ve % 1,38'inin de N<sub>2</sub>O tüketiminden; 2015 yılı toplam emisyonunun %98,2'si CO<sub>2</sub>, % 0,39'u CH<sub>4</sub> ve % 1,42'sinin de N<sub>2</sub>O tüketiminden; 2016 yılı toplam emisyonunun % 98,19'u CO<sub>2</sub>, % 0,39'u CH<sub>4</sub> ve % 1,42'sinin de N<sub>2</sub>O tüketiminde; 2017 yılı toplam emisyonunun ise % 98,21'i CO<sub>2</sub>, % 0,34'ü CH<sub>4</sub> ve % 1,45'inin de N<sub>2</sub>O tüketiminden kaynaklandığı hesaplanmıştır. Tüketilen yakıt ile oluşan emisyon salınımlarında; CO<sub>2</sub> miktarının N<sub>2</sub>O ve CH<sub>4</sub> miktarına oranla daha etkili olduğu görülmüştür.

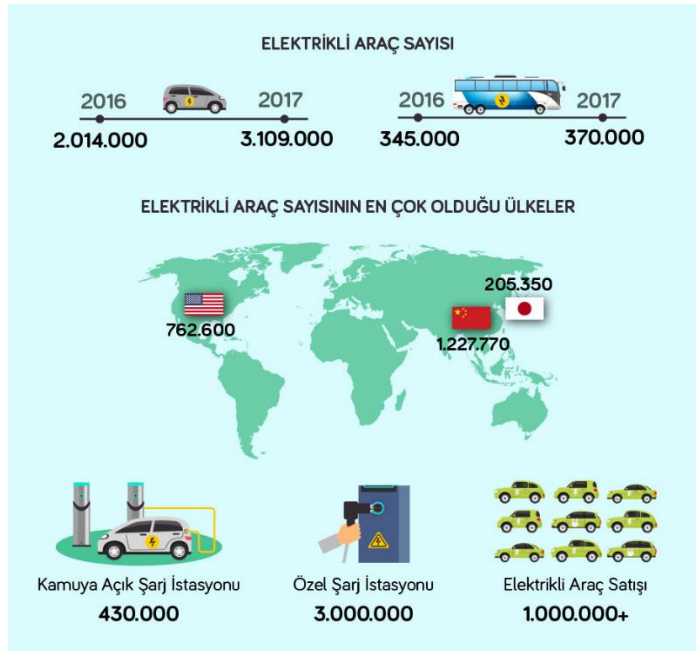
2012 yılı toplam emisyonunun % 8,68'i Benzin, % 76,28'i Motorin ve %15,05'ininde LPG tüketiminden; 2013 yılı toplam emisyonunun % 7,57'si Benzin, % 79,13'ü Motorin ve % 13,30'ununda LPG tüketiminden; 2014 yılı toplam emisyonunun %7,80'i Benzin, % 78,17'si Motorin ve % 14,03'ünde LPG tüketiminden; 2015 yılı toplam emisyonunun % 7,60'ı Benzin, % 81'i Motorin ve %11,44'ünde LPG tüketiminden; 2016 yılı toplam emisyonunun % 7,71'i Benzin, %81,05'i Motorin ve % 11,25'ininde LPG tüketiminde; 2017 yılı toplam emisyonunun ise % 6,05'i Benzin, % 84,34'ü Motorin ve % 9,61'ininde LPG tüketiminden kaynaklandığı hesaplanmıştır. Yakıt türleri arasında motorin kullanımından kaynaklanan emisyon miktarının benzin ve LPG' ye oranla daha yüksek olduğu hesaplamalarda görülmektedir. Motorin molekül zincirinin benzin ve LPG'ye oranla daha uzun olması sebep gösterilebilir.

2018 yılında Bıyık, tarafından 2010-2016 yıllarında Isparta ili karayolu ulaşımından kaynaklı karbon emisyon miktarları hesaplanmıştır (Bıyık, 2018). Bıyık 2018'den elde edilen veriler ile bu çalışmada elde edilen veriler karşılaştırıldığında Isparta ilinde; 2012 yılında nüfus 416,663 kişi iken 394,82 Gg, Eskişehir ilinde nüfus 789,750 iken

821,509 Gg olduğu hesaplanmıştır.2016 yılında Isparta İlinde nüfus 427,324 iken 471,84 Gg, Eskişehir İlinde nüfus 844,842 iken 1115,072 Gg olarak hesaplanmıştır. Karşılaştırılan hesaplamalarda 2012 yılında; Isparta’da kişi başına düşen emisyon miktarı 0,95 Gg/kişi iken Eskişehir’de 1,04 Gg/kişi, 2016 yılında ise; Isparta’da kişi başına düşen emisyon miktarı 1,10 Gg/kişi, Eskişehir de ise 1,32 Gg/kişi olarak gerçekleştiği görülmüştür.

Sonuçlar nüfus artışı ile birlikte her geçen yıl artan araç sayısı ve yakıt tüketimiyle emisyon salınımlarının da arttığını göstermiştir. Bu kapsamda ilerleyen yıllarda emisyon salınımlarının azaltımına yönelik çalışmaların desteklenmesi oldukça önemlidir. Gelişmiş ülkelerde yürütülen çalışmaların örnek alınarak ülkemizde de yapılacak planlamalarda ve uygulamalarda kullanılması gerektiği açıktır.

Örneğin; Avrupa’daki katı emisyon kanunları ile birlikte otomotiv markalarının dizel motordan vazgeçip tamamen hibrit ve elektrikli motor teknolojilerine yöneldiği, geleceği yansıtan birçok konsept otomobilin de elektrikli ve otonom (sürücüsüz) olduğu bu yıl 88. kez düzenlenen “Uluslararası Cenevre Otomobil Fuarını” da ortaya konmuştur. Ayrıca birçok marka 2020’den itibaren dizel otomobil satmayacaklarını açıklamıştır (URL-13). 2016 ve 2017 yıllarında dünya genelinde elektrikli araç piyasası durumu Şekil 9.1’ de yer almaktadır.



**Şekil 9.1** 2016-2017 yıllarında dünya genelinde elektrikli araç sayısı (URL-14)

Bir başka örnekte Almanya’da yakın zamanda Dünyanın hidrojenle çalışan ilk treni Almanya’da ticari kullanımına başlanmıştır. Demiryolu ulaşım şirketi Alstom

tarafından geliştirilen Coradia iLint yolcu treni tek hidrojen tankıyla 1000 km yol alabildiği ve enerjiyi özel yakıt hücrelerinde kullanarak hidrojen ve oksijenin kombinasyonu ile üretirken, fazla enerjiyi ise lityum iyon bataryalarda depolandığı belirtilmektedir (URL-15)

Ülkemizde ise İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Adalar'da elektrikli araçların toplu taşıma hizmeti vermesi için ilk olarak Kınalıada'da hizmet verecek 12 kişilik elektrikli araçlarda İstanbul Kart ile ödeme yapılabilecek yeni bir toplu taşıma uygulaması için harekete geçmiştir. İBB, 12 kişilik elektrikli araçlarla, ada içerisinde yolcu taşıyacak ve İSPARK AŞ tarafından işletilecek elektrikli araçları ile önümüzdeki günlerde hizmet vermeye başlanacaktır. Uygulamanın Kınalıada'da başarılı olması halinde zamanla tüm adalarda toplu taşıma hizmeti verilmesi de planlanmaktadır (URL-16).

Eskişehir'de ise hava kalitesinin iyileştirilmesi için çözüm önerileri geliştirme sürecinde halkın algısını anlayabilmek amacıyla hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik uygulanabilecek stratejilerin incelendiği, halka yönelik olarak hazırlanan yaklaşık 100 soruluk anketin toplam 120 kişiye uygulandığı bir çalışma Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından 2014 yılında yürütülmüştür.

Anket sonucuna göre; halkın hava kirliliğine duyarlılığı ve hava kalitesini iyileştirme alanındaki düşünceleri alınarak Eskişehir için spesifik öneriler alınmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, katılımcıların % 49'unun Eskişehir'deki hava kirliliğinden rahatsız olduğunu ve bu kirliliğin en çok kent merkezinde yaşandığını göstermektedir. Katılımcılar hava kirliliğinin en çok evlerde kömür yakılması, sanayi tesislerinde, kamyonlar ve otobüslerden kaynaklandığını belirtmiştir. Eskişehir'de yaşayan halkın büyük bir kısmının hava kirliliğini azaltma konusunda alınacak önlemlere olumlu baktığı da çalışma sonucunda ortaya konulmuştur. Araştırma sonucunda, halkın özellikle bisiklet kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik sorulara büyük ölçüde olumlu yanıtlar verdiği dikkat çekmektedir (Dedeoğlu ve ark., 2015).

Ayrıca Eskişehir Tepebaşı Belediyesi Avrupa Komisyonu'ndan aldığı hibe kredi ile 22 adet hibrit araç ve 4 elektrikli otobüsü 2016 yılında Eskişehir halkının hizmetine sunmuştur (URL-17).

## KAYNAKLAR

- Açıköz, Ş., Ş.,** (2010). Avrupa Birliği Açısından Küresel Isınma ve İklim Değişikliğine Genel Bir Bakış. *Ankara Üniversitesi Avrupa Toplulukları Araştırma ve Uygulama Merkezi*.
- Aliusta, H., Yılmaz, B., Kırhoğlu, H.,** (2016). Küresel Isınmayı Önleme Sürecinde Uygulanan Piyasa Temelli İktisadi Araçlar: Karbon Ticareti ve Karbon Vergisi, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, ICAFR 16 Özel Sayısı.
- Alper, D., ve Anbar, A.,** (2008). *İklim Değişikliğinin Finansal Hizmet Sektörüne Etkileri Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(23).
- Atabey, T.,**(2013). Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği, *Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Elazığ.
- Bıyık, Y.,** (2018). Isparta İlinde Karayolu Kaynaklı Karbon Ayak İzinin Hesaplanması, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Isparta.
- Çevre ve Orman Bakanlığı İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı,** (2008). Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları ve Diğer Uluslararası Emisyon Ticareti Sistemleri *Özel İhtisas Komisyonu Raporu*.
- ÇOB (Çevre ve Orman Bakanlığı),** (2008). Kyoto Protokolü *Esneklik Mekanizmaları ve Diğer Uluslararası Emisyon Ticareti Sistemleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu* (Rapor No: 8366). Ankara: ÇOB Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Dedeoğlu, Z., Altuğ, H., Döğeroğlu, T.,** (2015). Eskişehir’de Temiz Hava Planlarının Hazırlanma Sürecinde Uygulanan Toplum Algısı Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi, *6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, İzmir.
- DEFRA,** (2012). 2012 Guide lines to Defra / *DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting*.
- Dengiz, B., Kutay, F. ve Duman, I.,** (1997). “Türkiye’de ve Avrupa Birliği Ülkelerinde Demiryolları”, *2.Ulusal Demiryolu Kongresi*, İstanbul, 31-42.
- Dimento, J. ve Doughman, P.,**(2007), *Climate Change*, The MIT Press, Cambridge.
- Dlugolecki, A., ve Lafeld, S.,** (2005). *Climate Change & The Financial Sector: An Agenda for Action*, Allianz Group and WWF.

- Doğan, S., ve Tüzer, M.,** (2011), Küresel İklim Değişikliği ve Potansiyel etkileri, *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 12, Sayı 1, 2011.
- DPT'nin 41. Yılı Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı,** (2001). "Havayolu Ulaştırması Özel Ulaştırma Raporu", yayın no:2584-ÖLK, Ankara, 596.
- EC-DGE,** (2005). (European Commission-Directorate General Environment) "The Impacts and Costs of Climate Change", [http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/final\\_report2.pdf](http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/final_report2.pdf)
- Ekeman, E.,** (1998). Avrupa Birliği ve Türkiye'nin Çevre Politikalarının Karşılaştırmalı İncelemesi. *İktisadi Kalkınma Vakfı Yayını*, İstanbul.
- Epstein, P.,** (2010). The ecology of climate change and infectious diseases:comment *Ecology journal* 2010; 91: 925-928.
- Eskişehir Valiliği,** (2016). Eskişehir İli 2015 yılı Çevre Durum Raporu, ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, Eskişehir.
- Genç, M.,**(2009). İklim Değişikliğine Karşı Mücadele Adımları Semineri, BureauVeritas, İstanbul.
- Goreau, T.J., Hayes, R.L. ve Mcallister, D.,** (1994). "Regional patterns of sea surface temperature rise: implications for global ocean circulation change and the future of coral reefs and fisheries", *World Resource Review*, 17, 350-375.
- Hardy, J. T.,**(2004). *Climate Change Causes, Effect sand Solutions*, Wiley Pres, Washington.
- Hasançebi, A.,**(2002). "İstanbul Atatürk Havalimanı pat sahasında HC ve CO emisyonlarının ölçüm ve değerlendirilmesi", *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-4, 10, 26, 29.
- Anonim** (1986). Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 11.11.86 Tarih ve 19269 Sayılı Resmi Gazete.
- IEA (International Energy Agency),** (2008). *World Energy Outlook 2008*, OECD/IEA, Paris.
- Intergovernmental Panel on Climate Change,** United Nations Environment Programme, *Organization for Economic Co-Operationand Development, International Energy Agency*, Paris.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA,** (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National GreenhouseGasInventories Volume I: Reporting Instructions, *Chapter 1; pages: 1-4.*

- IPCC/UNEP/OECD/IEA**, (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume II: Workbook, Chapter 1; pages: 3-23, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, *International Energy Agency*, Paris.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA**, (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume III: Reference Manual, Chapter 1; Pages: 4-44, 62-98, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency, Paris.
- IPCC International Panel on Climate Change**, (2006). 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Kumbaroğlu, G. ve Arıkan, Y.**, (2009). Farkındalık ve Fark Yaratmak: Türkiye'nin CO<sub>2</sub> Salımları, *Açık Toplum Vakfı 1. Baskı*, İstanbul.
- Mataracı, G. D.**,(2016). Yeşil Liman Yaklaşımı ve Liman İşletmelerinde Sürdürülebilirlik, İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- Meadows, D. H. ve Meadows, D.**,(1972). Limit to growth, report to the club of rome, New York: Universe Books, Miletı, Dennis S. (1999) Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States, Joseph.
- Muslu, Y.**,(2000). Ekoloji ve Çevre Sorunları, pages: 223, 255-260, *Aktif Yayınevi*, İstanbul.
- National Greenhouse Inventory Report**, (TSİ, 1990-2012).
- Özdemir, I.**,(2001). "Yalnız Gezegen", *Kaynak Yayınları*, İstanbul, 14,15.
- Özen, M.**,(2006). Karayolu Ulaşımının Hava Kirliliğine Etkileri ve Çözümleri, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara.
- Özlem, B.**,(2012). Seçilen Bir Kağıt Fabrikasında Karbon Ayak İzi Belirlenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- Öztürk, K.**,(2002). "Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri", *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt. 22, Sayı 1, 47-65.
- Paris Anlaşması**, (2015). Ekoloji Kolektifi. Erişim tarihi: 15 Ocak 2016, Adres: [http://iklimadaleti.org/i/upload/Paris\\_Anlasmasi-ISBN-978-605-83799-1-6.pdf](http://iklimadaleti.org/i/upload/Paris_Anlasmasi-ISBN-978-605-83799-1-6.pdf)

- Prugh, T., Flavin J., Sawin, L.,** (2005). “Petrol Ekonomisini Değiştirmek”, Dünyanın Durumu 2005, Çev.: Ayşe Başçı, *TEMA Vakfı Yayınları* No:45, İstanbul; 125-147.
- Seval, S.,**(2011). Sürdürülebilir Çevre Yaklaşımında Karbon Yönetimi, *Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*, ISSN:1306-8431,Yıl:11, Sayı:41, Mayıs 2011,ss 22-32.
- Şen, Z.,**(2009). *İklim Değişikliği Tatlı Su Kaynakları ve Türkiye Kitabı, Su Vakfı Yayınları*, İstanbul.
- Şimşek, B.,**(2011). Şehirselle Havzalarda Oluşan Su Kirliliğinin HSPF ile Modellenmesi ve İklim Değişikliği Etkilerinin Belirlenmesi-Eskişehir Örneği, *Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,** (2012). İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Kalkınma, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yayınları*, Ankara.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,** (2012). İklim Değişikliğine Uyum Eğitici Kitabı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Dairesi Başkanlığı.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı,** (2012). Rio’dan Rio’ya Türkiye’de Sürdürülebilir Kalkınmanın Mevcut Durum Raporu.
- The IPCC Data Distribution Centre.,**(2007).  
[http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/asres/qualitative\\_SRES.html](http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/asres/qualitative_SRES.html)
- The IPCC Data Distribution Centre.,**(2007).  
[http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/asres/sres\\_home.html](http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/asres/sres_home.html)
- Toprak, R.,**(2004).“Raylı Ulaşım Sistemlerinin Çevresel Etkileri”, Ankara Trafik Vakfı, *Trafik Dergisi*, 7: 35.
- Toröz, A. S.,**(2015). Gemi Kaynaklı Atıkları Alan Bir Atık Kabul Tesisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- TSE.** (2015b). TS EN ISO 14064. Standard Ekonomik ve Teknik Dergi, TSE Kurumsal, ISSN: 1300-8366 Yıl: 54 Sayı: 627, Şubat 2015, ss. 45-47.
- UNEP (United Nations Environment Programme),** (2006). “Global Environment Outlook 2006”,  
[www.unep.org/geo/yearbook/yb2006/PDF/Complete\\_pdf\\_GYB\\_2006.pdf](http://www.unep.org/geo/yearbook/yb2006/PDF/Complete_pdf_GYB_2006.pdf)
- Uslu, A.,** (2001).“Ankara il merkezinde hava kirliliğinin gelişimi ve insan sağlığına etkileri”, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 2-4.



**World Bank**, (2010). World Development Report, *Development and Climate Change*, Washington DC.

**WWF**, (2014). Yaşayan Gezegen Raporu 2014. World Wilde Fund, s10.

**Yalçın, A. Z.**,(2010). “Sürdürülebilir Kalkınma için Düşük Karbon Ekonomisinin Önemi ve Türkiye için Bir Değerlendirme” *Balikesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* Cilt 13 Sayı 24.

**Anonim** (2011). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 08.01.2011 tarih ve 27809 Sayılı Resmi Gazete.

**Yıldırım, S.**,(1997). “İçinde Bulduğumuz Çevre”, *Hava Lojistik Komutanlığı Yayınları*, Ankara, 8, 9, 14, 15, 48.

**URL-1.**

<[http://www.rshm.saglik.gov.tr/bolumler/bolumdetaylari/cevresagligi/toprak\\_onem.htm](http://www.rshm.saglik.gov.tr/bolumler/bolumdetaylari/cevresagligi/toprak_onem.htm)>

**URL-2.**< <http://www.koeri.boun.edu.tr/meteoroloji/hkirli1.htm>>

**URL-3.**<<https://www.tech-worm.com/atmosfer-nedir-atmosferi-olusturan-gazlar-nelerdir/>>

**URL-4.**

<<http://vizyon2023.tubitak.gov.tr/teknolojiongorusu/paneller/ulastirmaveturizm/raporlar/ulastirma.pdf>>

**URL-5.** <<http://www.koeri.boun.edu.tr/meteoroloji/hkirli1.htm>>

**URL-6.**< <http://www.cevreorman.gov.tr/belgeler1/hk.doc>>

**URL-7.** <<http://www.denselimen.com/küresel-iklim-değişikliği-ve-insan-sağlığı/>>

**URL-8.**<[http://www.dsi.gov.tr/docs/iklim-degisikligi/iklim\\_degisikligi\\_cerceve\\_sozlesmesi\\_ve\\_turkiye.pdf?sfvrsn=2](http://www.dsi.gov.tr/docs/iklim-degisikligi/iklim_degisikligi_cerceve_sozlesmesi_ve_turkiye.pdf?sfvrsn=2)>

**URL-9.**<<http://www.sut-d.org/paris-anlasmasi-icerigi-ve-turkiye-uzerine-bir-degerlendirme/>>

**URL-10.**<[http://www.espo.be/media/news/2016.03.25-ESP-1842\\_Postkaart%20Environment\\_V6.pdf](http://www.espo.be/media/news/2016.03.25-ESP-1842_Postkaart%20Environment_V6.pdf)>

**URL-11.**

<[http://www.yarbis1.yildiz.edu.tr/web/userCourseMaterials/muaozkan\\_aaca8bf9b1c23cee0db68e75f48c98b0.pdf](http://www.yarbis1.yildiz.edu.tr/web/userCourseMaterials/muaozkan_aaca8bf9b1c23cee0db68e75f48c98b0.pdf)>

**URL-12.** <<http://www.wwf.org.tr/?2340>>

**URL-13.**<<http://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/bir-cagin-sonu-40763340>>

**URL-14.**<<http://www.elder.org.tr/ebulten/bulten173.html#prettyPhoto>>

**URL-15.** <<http://www.elder.org.tr/ebulten/bulten188.html#haber8>>

**URL-16.**<<https://www.haberler.com/adalar-da-elektrikli-minibusler-yolcu-tasiyacak-10960610-haberi/>>

**URL-17.**<<https://www.haberler.com/eskisehir-elektrikli-otobusler-ile-vatandaslara-8241033-haberi/>>





## ÖZGEÇMİŞ

### **Kişisel bilgiler**

Adı Soyadı: Merve TÜRKAY

Doğum Yeri ve Tarihi: Sivas, 11.05.1989

Medeni Hali: Bekâr

Yabancı Dil: İngilizce

İletişim Adresi: İstiklal Mahallesi, Başarılı Sokak, No:17/3 Odunpazarı/ESKİŞEHİR

E-posta Adresi: turkay.merve@gmail.com

### **Eğitim ve Akademik Durumu**

Lise: Ankara Çankaya Kılıçaslan Lisesi, 2006

Lisans I: Cumhuriyet Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği, 2012

Lisans II: Cumhuriyet Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, 2013

Yüksek Lisans: Cumhuriyet Üniversitesi, 2018

### **İş Tecrübesi**

Zorlu Enerji - Osmangazi Elektrik Dağıtım AŞ - Çevre Mühendisi (18.04.2016 -  
Devam ediyor)

Metaz Grup Çevre Enerji ve Uluslararası Dan.- Çevre Mühendisi (10.03.2014 -  
27.11.2014)