

KARBON AYAK İZİNİN HESAPLANMASI: DİYARBAKIR ÖRNEĞİ

Çevre Müh. Teknur ATABEY

**Yüksek Lisans Tezi
Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Gülşad USLU
Ekim-2013**

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

KARBON AYAK İZİNİN HESAPLANMASI: DİYARBAKIR ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Teknur ATABEY

(111112104)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02 Ekim 2013

Tezin Savunulduğu Tarih : 23 Ekim 2013

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Gülşad USLU

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Özge HANAY

Yrd. Doç. Dr. Erdal ÖBEK

EKİM-2013

ÖNSÖZ

Antropojenik etkenler sonucunda atmosfere eklenen sera gazı emisyonlarının hızla artması nedeniyle dünyamız küresel ısınma tehlikesiyle her geçen gün daha fazla karşı karşıya kalmaktadır. Sanayi devriminin başlarından itibaren, atmosferde oranı %30 artan, Sera gazı emisyonuna neden olan gazların başında gelen CO₂' in, Diyarbakır' ın iklim değişikliği üzerinde etkisinin hesaplanıp, gelecekte yapılacak olan araştırmalara ışık tutması amacıyla yaptığım bu çalışmada, yapıcı yönlendirmelerinden ve yardımlarından dolayı Yüksek Lisans Tez Danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Gülşad USLU' ya, teşekkür eder, saygılar sunarım.

Teknur ATABEY
ELAZIĞ - 2013

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ.....	X
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ.....	4
2.1. İnsan Kaynaklı İklim Değişikliği.....	7
2.1.1. Fosil Yakıt Kullanımı.....	7
2.1.2. Sanayi.....	7
2.1.3. Enerji.....	8
2.1.4. Ulaşım.....	8
2.1.5. Tarım.....	9
2.1.6. Ormansızlaşma.....	10
2.1.7. Katı Atıklar.....	10
2.1.8. Biyoyakıtlar.....	11
2.1.9. Sera Gazlarının Çeşitleri ve Özellikleri.....	11
2.2. Küresel Isınma Potansiyeli (GWP).....	17
2.3. Karbon Ayak İzi.....	18
3. DİYARBAKIR İLİ'NİN MEVCUT DURUMU.....	20
3.1. Diyarbakır İli' nin Hava Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi.....	21
3.1.1. Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliği.....	24
3.1.2. Endüstriyel Emisyonlar.....	24
3.1.3. Trafikten Kaynaklanan Emisyon.....	25
3.2. Diyarbakır İli' nin Nüfus Açısından Değerlendirilmesi.....	27
4. IPCC METODOLOJİSİ.....	29
4.1. IPCC Tier Yaklaşımları.....	31
4.1.1. Tier 1 Yaklaşımı (Ulaştırmadan Kaynaklı Karbon Salınımı).....	31
4.1.1.1. Karbondioksit (CO ₂) emisyonları.....	33
4.2.2. Detaylı Tier Yaklaşımları (Tier 2 ve Tier 3 Yaklaşımı).....	37
4.2.2.1. Karayolu detaylı metod.....	38
4.2.2.2. Havayolu detaylı metod.....	38
5. MATERYAL VE METOD.....	40
6. BULGULAR VE SONUÇLAR.....	41
6.1. Tier I Yaklaşımı İle Emisyon Hesaplama.....	41
6.1.1. CO ₂ Emisyonu Hesaplanması.....	41
6.2. Detaylı Tier (Tier II ve III) yaklaşımları ile ulaştırma sektörü emisyonlarının hesaplamaları.....	43
6.2.1. Karayolu Detaylı Metod.....	45
6.2.2. Havayolu Detaylı Metod.....	48
6.3. Endüstriyel Kuruluşların Tier 2 Hesapları.....	52
6.4. Nüfusa Göre Karbon Ayak İzi Hesabı.....	55
6.5. Ev İçin Nüfus Oranına Göre Üç Yıllık enerji Hesabı.....	58
6.6. Diyarbakır için İkincil Karbon Ayak İzi Hesabı.....	59

6.7.	Yenilenebilir Enerji ve Karbon Tutumu.....	59
6.8.	Diyarbakır’ da Farklı Sektörlerden Kaynaklanan Emisyonların değişimlerinin İncelenmesi	64
7.	ÖNERİLER VE TARTIŞMA.....	77
	KAYNAKLAR.....	81
	ÖZGEÇMİŞ.....	84

ÖZET

İklim değışikliğı, dünya var olduğundan bugüne kadar yaşanan doğal bir süreç olarak kendini göstermektedir. Ancak sanayi devrimiyle birlikte insan faaliyetlerinin de iklimi değıştiren önemli faktörlerin basında gelmesi, durumun doğal bir süreç olarak değil, büyük bir çevre felaketi haline dönüşmesine neden olmuştur.

Bu tez çalışmasında, küresel ısınmanın bir sonucu olan iklim değışikliğı sorunun ne olduğu ve Diyarbakır' da ki olası etkilerinin neler olabileceğı incelenmiştir. Emisyon hesaplamaları sırasında IPCC tarafından önerilmiş ve Tier yaklaşımlarıyla belirlenmiş olan metodoloji kullanılmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucunda açığa çıkan sera gazlarının içinde büyük oranda CO₂ gazı bulunmasından dolayı, özellikle CO₂ gazlarının analizi üzerinde durulmaktadır. Hesaplamalar sonucunda yakıt tüketimlerinin artması sonucunda CO₂ emisyonlarının hızla arttığı gözlemlenmiştir. Antropojenik sera gazı üretiminde önemli bir pay ulaştırma sektörüne aittir. Ulaştırma sektöründeki alt gruplar içinde en büyük emisyon kaynağının karayolu olduğu bilinmektedir. Yapılan hesaplamalara göre CO₂ emisyonlarında en büyük payın kamyonetlere ait olduğu bulunmuştur. 2012 yılında CO₂ emisyonları içinde, kamyonlar % 21 paya sahipken, benzinli otomobiller % 4,5 paya sahiptir. Otomobillerin tamamına bakıldığında ise (benzin, LPG ve dizel toplamı) toplam karayolu CO₂ emisyonları içinde % 30 oranında bir payı bulunmaktadır. Karayolu emisyonlarının toplam içinde oran olarak azalmasında havayolu ulaşımının kullanımındaki artış etken olmuştur. Ancak 2011 yılı için toplam değeri 73,3 kt CO₂ olan havayolu kaynaklı bu artış; 2011 de sadece dizel kamyonetlerden kaynaklı 115,2 kt olan CO₂ salınımının yanında oldukça küçük kalmaktadır. Sanayi den kaynaklanan toplam CO₂ salınımı ise yaklaşık 92 kt olarak hesaplanmıştır. Türkiye' nin tüm sera gazı emisyonlarının CO₂ eşdeğeri cinsinden 2009 yılı için yaklaşık olarak 370 milyon ton olduğu bilinmektedir. Diyarbakır' ın 2010 yılına ait (diğer sera gazları dikkate alınmadan) sadece CO₂ salınımı ise 1,7 milyon ton, 2011 yılı ise yaklaşık 1,9 milyon ton bulunmuştur. Bir ağacın yılda 12 kg CO₂ emdiği bilinmektedir. Diyarbakır' da sadece 2011 de dikilen ağaçların (gelişmiş olduğu kabul edilerek) o yıl içerisinde 28,776 ton CO₂ soluduğunu; toplamda ise her yıl 92,208 ton CO₂ emilimi yaptığı göz önüne alınarak; Diyarbakır İline ait 2011 yılı CO₂ salınımı bertarafının tamamını ağaçlarla yapılması durumunda sadece Diyarbakır da 2,5 milyar ağacın olması gerektiğı bulunmuştur.

Eğer hızla değışmekte olan iklimin kötü gidişine; fosil yakıt yakılmaması ya da en aza indirilmesi, yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması, denetimsiz sanayileşmenin önüne geçilmesi ve orman alanlarının yok olmasının engellenerek yeşil alanların artırılması gibi çözümler bulunmazsa, uzun vadede gelecekte yaşanabilir bir çevre bulmak mümkün olmayacaktır.

ANAHTAR KELİMELELER: İklim Değışikliğı, Sera Gazı, Karbon Salınımı

SUMMARY

The Calculation of The Carbon Footprint: The City of Diyarbakir.

Climate change has shown itself as natural process lived since the world was formed. But with the industry revolution, human activities are the head of the important factors which change climate. So this situation caused changing from natural process to a huge environment calamity.

In this thesis study, what the climate change problem is and what the possible effects are in Diyarbakir are examined. Greenhouse gas emissions are calculated by using the methodologies explained as Tier approaches which are recommended by the IPCC. Due to the fact that the great amount of greenhouse gases as a result of human activities is CO₂ emissions, this study focuses on the analysis of the CO₂ emissions. As a result of the calculations, it is observed that the amount of CO₂ emissions has increased rapidly due to the increase in total fuel consumption. Transportation sector has significant effects on anthropogenic production of greenhouse gases. It is known that the road transport is the main source of greenhouse gases. According to the calculations, the largest source of CO₂ emissions was vans. In 2012, CO₂ emissions from land transport were 21% percentage of trucks while gasoline cars 4.5%. For all the automotive land transport (petrol, LPG and diesel total), CO₂ emissions 30% were found. As a result of increased use of air transportation, the rate of emissions by road transport has decreased. However, the increase of CO₂ from the airline for 2011, was 73.3 kt; and this was quite small next to the 115.2 kt CO₂ diesel vans emissions. Total CO₂ emission arising from industry calculated as approximately 92 kt. Türkiye 's all greenhouse gas emissions of CO₂ equivalent approximately 370 million tons for 2009. Diyarbakir' s CO₂ emissions for 2010 (without other greenhouse gases) were found only 1.7 million tons and in 2011 were found approximately 1.9 million tons. 12 kg CO₂ absorbed per year by a tree. Considering only the trees which were planted in 2011 -granted that they were grown- absorbed 28,776 tons of CO₂ within the same year and 92,208 tons of CO₂ in total; in order to dispose the 2011 CO₂ oscillation in Diyarbakir only by trees, it has been found that there needs be 2,5 billions of trees only in Diyarbakir.

If mankind don't find some ways such as increasing green areas by not consuming fossil fuel or decreasing, using renewable energy resources preventing uncontrolled industrialization and preventing forest destruction, it won't be possible to find a clean environment which can be lived.

KEY WORDS: Climate change, Greenhouse Gases, Carbon Emission

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1.	Küresel İklim Sisteminin Elemanları.....	5
Şekil 2.2.	Karbon Ayak İzi Oranları.....	19
Şekil 3.1.	Diyarbakır İli'nin Türkiye'deki Konumu.....	20
Şekil 3.2.	Diyarbakır İlçe Haritası.....	21
Şekil 4.1	Tier 2 yaklaşımıyla uçak emisyonlarının hesabında uygulanan metod.....	38
Şekil 6.1.	Ortalama Bir Kişinin Karbon Ayak İzinin Toplamını Oluşturan Unsurlar.....	56
Şekil 6.2.	Karbondiyoksit depolanması.....	61
Şekil 6.3.	Ulaştırma sektöründen kaynaklanan CO ₂ emisyonları (kt).....	64
Şekil 6.4.	Diyarbakır İli Trafikte kayıtlı olan araç sayıları.....	65
Şekil 6.5.	Benzinli otomobillerden kaynaklı CO ₂ salınımı.....	66
Şekil 6.6.	Dizel otomobillerden kaynaklı CO ₂ salınımı.....	66
Şekil 6.7.	LPG li otomobillerden kaynaklı CO ₂ salınımı.....	67
Şekil 6.8.	Dizel Kamyon kaynaklı CO ₂ salınımı.....	67
Şekil 6.9.	Dizel Kamyonet kaynaklı CO ₂ salınımı.....	68
Şekil 6.10.	Dizel Minibüs kaynaklı CO ₂ salınımı.....	68
Şekil 6.11.	Dizel Otobüs kaynaklı CO ₂ salınımı.....	69
Şekil 6.12.	Benzinli Motosiklet kaynaklı CO ₂ salınımı.....	69
Şekil 6.13.	LTO sırasında oluşan toplam CO ₂ (kt).....	70
Şekil 6.14.	Yurt içi uçuşlarda tüketilen jet yakıtı (t).....	70
Şekil 6.15.	Diyarbakır İli Endüstriyel İşletmelerden kaynaklı CO ₂ salınımı....	71
Şekil 6.16.	Diyarbakır İli yakıt türüne göre CO ₂ salınımları.....	71
Şekil 6.17.	Diyarbakır ili yıllara göre ikincil karbon ayak izi.....	72
Şekil 6.18.	Diyarbakır İli CO ₂ salınımının sektörlere göre dağılımı.....	73
Şekil 6.19.	Sanayide kullanılan elektrik enerjisinin Diyarbakır İli CO ₂ salınımına etkisi.....	73
Şekil 6.20.	Kentlerde Yaşayan Kişilerin ulaşım kaynaklı kişi başı CO ₂	

	salımlarının bölgesel dağılımı.....	75
Şekil 6.21.	Kentsel konutlardan kaynaklanan kişi başı CO ₂ salımlarının bölgesel dağılımı.....	76

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Bazı gazların küresel ısınma faktörleri (GWP) ve atmosfer ömürleri (20, 100 ve 500 yıllık ömürleri).....	18
Tablo 3.1. Diyarbakır İli' nin 2006 öncesi hava kirliliği verilerinin diğer illerle karşılaştırması.....	22
Tablo 3.2. Diyarbakır İli' nin 2006 sonrası hava kirliliği verilerinin diğer illerle karşılaştırması.....	22
Tablo 3.3. 2011 yılı için Diyarbakır hava kirliliği parametreleri.....	23
Tablo 3.4. 2012 yılı için Diyarbakır hava kirliliği parametrele.....	23
Tablo 3.5. 2013 yılı için Diyarbakır hava kirliliği parametreleri.....	24
Tablo 3.6. 2012 yılı Diyarbakır İline kayıtlı araç sayısı.....	26
Tablo 3.7. 2011 İllere göre Karayolu Trafiği Araç sayıları.....	26
Tablo 3.8. Diyarbakır İli 2011 Nüfusu.....	27
Tablo 3.9. Diyarbakır merkez ilçeleri 2011 Nüfusu.....	29
Tablo 4.1. Yakıtların net kalori değerleri (dönüşüm faktörleri).....	33
Tablo 4.2. Karbon emisyon faktörleri (CEF).....	34
Tablo 4.3. Uçak tiplerine göre LTO emisyon faktörleri ve menzilleri.....	39
Tablo 6.1. Diyarbakır ili 2010-2012 Yılları arasında her sektörün yakıt kullanımı.....	41
Tablo 6.2. 2012 yılına ait ulaşım emisyon hesap tablosu.....	44
Tablo 6.3. Ulaştırma sektöründen kaynaklanan CO ₂ emisyonları (kt).....	45
Tablo 6.4. Diyarbakır İli Trafiğe kayıtlı olan araç sayıları.....	45
Tablo 6.5. Araçların 100 km'deki yakıt tüketimleri (litre/100 km).....	46
Tablo 6.6. Araçların ortalama yıllık menzilleri (km).....	46
Tablo 6.7. Karayollarından kaynaklanan CO ₂ emisyonlarının araç gruplarına göre dağılımı (kt).....	47
Tablo 6.8. Yurt içi uçuşlarda tüketilen jet yakıtı ve oluşan CO ₂ miktarı.....	49
Tablo 6.9. 2011 yılı Tier 2 havayolu yakıt tüketim hesabı.....	50
Tablo 6.10. 2010 yılı Tier 2 havayolu yakıt tüketim hesabı.....	51

Tablo 6.11.	2009 yılı Tier 2 havayolu yakıt tüketim hesabı.....	51
Tablo 6.12.	Yıllara göre Diyarbakır İli havayolu yakıt tüketim hesabı (Tier 2).....	52
Tablo 6.13.	Emisyon ve Dönüşüm Faktörleri (CO ₂ için).....	53
Tablo 6.14.	Diyarbakır İli Endüstriyel İşletmelerden kaynaklı CO ₂ salınımı.....	55
Tablo 6.15.	Diyarbakır İli' nin yıllara göre nüfus değişimi.....	56
Tablo 6.16.	Diyarbakır Havayolu Yolcu Sayısı.....	57
Tablo 6.17.	Diyarbakır İli Doğalgaz kullanan kişi sayısı.....	57
Tablo 6.18.	Diyarbakır İli' nde kullanılan Kömür yakıt miktarı.....	57
Tablo 6.19.	Diyarbakır İli yakıt türüne göre hane sayısı.....	57
Tablo 6.20.	Diyarbakır İli hanenin yakıt türüne göre CO ₂ salınımları.....	58
Tablo 6.21.	Diyarbakır İli yıllara göre ikincil karbon ayak izi.....	59
Tablo 6.22.	Yenilenebilir enerji kaynakları.....	60
Tablo 6.23.	Karayollarından kaynaklanan CO ₂ emisyonlarının araç gruplarına göre dağılımı (kt).....	65
Tablo 6.24.	Diyarbakır İli' ne ait dikilen fidan ve tohum sayısı	74
Tablo 6.25.	Ülkelerin kişi başı CO ₂ salınımları.....	75

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
BM	: Birleşmiş Milletler
CEF	: Karbon Emisyon Faktörü
CFC	: Chlorofluorokarbon
CNG	: Compressed Natural Gas
CORINAIR	: Co-ordinated Information on the Environment in the EU AIR
DHİM	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
ECE	: Economic Commission for Europe
EPA	: Environment Protection Agency
EU	: European Union
GHG	: Greenhouse Gas
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GWP	: Global Warming Potential
HBFC	: Hydrobromofluorocarbon
HCFC	: Hydrochlorofluorocarbon
HFC	: Hydrofluorocarbon
HFK	: Hava Fazlalık Katsayısı
ICAO	: International Civil Aviation Organization
IEA	: International Energy Agency
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
İDÇS	: İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
İDKK	: İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
KP	: Kyoto Protokolü
LNG	: Liquefied Natural Gas
LPG	: Likit Petrol Gazı
LTO	: Landing and Take Off Cycle
NMVOC	: Non-Methane Volatile Organic Compounds
OECD	: Organization for Economic Co-operation and Development
OSD	: Otomotiv Sanayi Derneği
PFC	: Perfluorocarbon
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TPE	: Ton Petrol Eşdeğeri
UNEP	: United Nations Environment Programme
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change
USD	: Amerikan Doları
VOC	: Volatile Organic Compounds
YTL	: Yeni Türk Lirası
SKHKKY	: Sanayiden Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
€	: Eur

SEMBOLLER LİSTESİ

°C	: Derece santigrad
a	: Yakıt tipi (dizel, benzin, LPG gibi)
b	: Sektör faaliyeti (karayolu, havayolu gibi)
c	: Emisyon kontrol özellikleri
C	: Karbon
CF₄	: Tetraflor metan
C₂H₆	: Etan
C₃H₈	: Propan
CH₄	: Metan
CO	: Karbon monoksit
CO₂	: Karbon dioksit
EF	: Emisyon faktörü
EF_{SO2}	: SO ₂ gazının emisyon faktörü (kg/TJ)
ET	: Enerji tüketim değeri
Ex	: İhraç edilen yakıt miktarı
g	: Gram
Gg	: Gigagram
H₂O	: Su buharı
HC	: Hidro karbon
IB	: Uluslararası kullanıma satılan yakıt miktarı
Im	: İthal edilen yakıt miktarı
K	: Kelvin
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
kt	: Kiloton
kWh	: Kilowatt-saat
l, L	: Litre
MJ	: Megajoule
N₂O	: Diazot monoksit
NO₂	: Azot dioksit
NO_x	: Azot oksitleri
O₂	: Oksijen
O₃	: Ozon
OH	: Hidroksil radikali
Pb	: Kurşun bileşikleri
Pr	: Üretilen yakıt miktarı
ppm	: Parts Per Million
ppmv	: Hacimsel ppm
Q	: Net kalori değeri (TJ/kt)
R.CHO	: Aldehitler
SF₆	: Kükürt hekzaflorid
SO₂	: Kükürt dioksit
t	: Ton
kt	: Kiloton
t C/TJ	: Birim TJ enerji başına düşen ton karbon miktarı
Tg CO₂ Eq.	: Teragram karbondioksit eşdeğeri
TJ	: Terajoule

w : Araç tipi (özel otomobil, hafif dizel, ağır dizel gibi)
\$: Dolar
PM : Patikül Madde

1. GİRİŞ

Dünyanın İklim Sistemi, eksen eğikliği gibi dünyanın kendi iç dinamikleri ve dış faktörlerin etkisi sonucu oluşmaktadır. Volkanik faaliyetler, okyanus akıntıları, güneş ışınları gibi doğal dış faktörlerin yanı sıra insan faaliyetlerinin atmosferin bileşimi üzerindeki etkileri de dış faktörleri oluşturur. İklim sistemi, yerkürenin yaklaşık 4.5 milyar yıllık jeolojik tarihi boyunca, milyonlarca yıldan on yıllara kadar tüm zaman ölçeklerinde değişme eğilimi göstermiştir. Son yapılan çalışmalara göre, atmosferdeki CO₂ birikimi yaklaşık 280±10 ppm dolaylarında değişen bir dalgalanma göstermiştir [Kılıç vd., 2004].

19. yüzyılın ortalarından (sanayi devriminden) itibaren, iklimdeki doğal değişikliklere ek olarak, ilk kez insan etkinliklerinin de iklimi etkilediği yeni bir döneme girilmiştir. Özellikle fosil yakıtların yakılması, arazi kullanımı değişiklikleri, ormansızlaşma ve sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleri sonucunda, atmosferdeki sera gazı birikimleri hızla artış göstermiştir. Sonuç olarak küresel ortalama hava sıcaklıklarının geçen yüzyılda 0.4 ile 0.8 °C arasında arttığı bilinmektedir. Bu ısınma, geçen 1000 yılın herhangi bir dönemindeki artıştan daha büyük ve dikkat çekicidir. Can ve Baygüven (2004). Küresel iklimde gözlenen ısınmanın yanı sıra, en gelişmiş iklim modelleri, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında 1990-2100 döneminde 1.4 ile 5.8 °C arasında bir artış olacağını öngörmektedir. Küresel sıcaklıklardaki artışlara bağlı olarak hidrolojik döngünün değişmesi, kara ve deniz buzullarının erimesi, kar ve buz örtüsünün alansal daralması, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi ve yüksek sıcaklıklara bağlı salgın hastalıkların artması gibi dünya ölçeğinde sosyoekonomik sektörleri, ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan etkileyecek önemli değişikliklerin oluşacağı beklenmektedir.

Buradan çıkışla, en büyük küresel sorunlardan biri olarak karşımıza çıkan küresel ısınma ve iklim değişikliği, çözüm arayışları ile birlikte acil önlemler almayı gerektirmektedir. Ülkemiz, küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının azaltılması konusunda, sorumlulukların ülkelere adil ve hakkaniyet ilkeleri çerçevesinde dağıtılması ve bu küresel problemle mücadelede ülkelerin kendi imkânları ölçüsünde üzerine düşen görevleri yerine getirmesi gerektiğine inanmaktadır. İklim değişikliğinin; kuraklık, kıtlık, göç gibi etkileri de dikkate alındığında bu son derece önemli çevre

sorununun; ekonomik ve uluslar arası işbirliğini gerektiren önemli bir sorun olduğu görülmektedir. İklim değişikliği 21. yy'ın baskın sosyoekonomik politika konularından biri haline gelmiştir.

Bu nedenle atmosferdeki sera gazı birikimini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek düzeyde durdurmayı amaçlayan ve bu amaca yönelik olarak bazı hedefler belirleyerek bu hedeflere ulaşmak için izlenecek stratejileri gösteren çeşitli yaklaşımlar, küresel işbirliği çerçevesinde geliştirilmiştir. 1992 Rio Zirvesi'yle başlayan ve 1992 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve 1997 Kyoto Protokolü ile devam eden süreçte, sorunun çözümüne yönelik önemli adımlar atılmıştır. Özellikle Birleşmiş Milletler, Avrupa Birliği gibi oluşumların “Doğal kaynakların gelecek kuşakların yaşam hakkını tehlikeye sokmadan, bugünden rasyonel yönetimini sağlayarak kalkınma” anlayışını benimseyerek “sürdürülebilir üretim ve tüketim” çerçevesinde politikalarını şekillendirmeleri atılan adımların temelini oluşturmuştur.

İklim değişikliğinin zararlı etkilerinin önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması, yapılacak çalışmaların daha verimli olabilmesi, kamu ve özel sektör kurum ve kuruluşları arasında koordinasyon ve görev dağılımının sağlanması ve bu konuda ülkemizin şartları da dikkate alınarak uygun iç ve dış politikaların belirlenmesi amacıyla 2001/2 sayılı Genelge ile oluşturulmuş ve 2004/13 sayılı Genelge ve 2010/18 sayılı Genelge ile yeniden düzenlenmiş olan İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu, 2012/2 sayılı Genelge ile Çevre ve Şehircilik Bakanı'nın Başkanlığında, Bilim, Sanayi ve Teknoloji, Dışişleri, Ekonomi, Enerji ve Tabii Kaynaklar, Gıda, Tarım ve Hayvancılık, Kalkınma, Maliye, Orman ve Su İşleri, Sağlık ve Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlıklarının Müsteşarları, Hazine Müsteşarı, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) Başkanı ile Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği (TÜSİAD) Genel Sekreterinin katılımıyla yeniden yapılandırılmıştır.

Ülkemiz, 24 Mayıs 2004 tarihi itibarıyla Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine 189. taraf olarak katılmıştır. Bu çerçevede ihtiyaç duyulan çalışmaların yapılabilmesi amacıyla alt çalışma grupları oluşturulmuştur. Bu çalışma gruplarından biri de Sera Gazları Emisyon Envanteri Çalışma Grubu'dur. Bu çalışma grubunun koordinatör kurumu Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı (TÜİK) olup üyeleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik Üretim A.Ş., üniversiteler ve ilgili özel kurum/kuruluşlardır. 18 Mayıs 2004 tarihinde

Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE /TÜİK) Başkanlığınca gerçekleştirilen toplantı ile, emisyon hesaplamalarında IPCC 1996 rehberinde önerilen metodolojinin kullanılacağı kararlaştırılmıştır.

Türkiye, 2009 yılında da Kyoto Protokolü'ne de taraf olmuştur. Sözleşmenin Ek-1 ülkesi olarak Türkiye, Montreal Protokolü ile kontrol edilemeyen seragazı emisyonları ile yutaklarını Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) metodolojisi ile hazırlayıp, ulusal seragazı emisyon envanterini BMİDÇS Sekreteryası'na göndermekle yükümlüdür. Türkiye'nin, 1990-2004 yılları için hazırlanan ilk Ulusal Seragazı Emisyon Envanteri Raporu ve Genel Raporlama Formatı (CRF) tabloları 2006 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) Sekreteryası'na gönderilmiştir. Ulusal seragazı emisyon envanteri raporu ve CRF tabloları, ulusal seragazı emisyon envanteri odak noktası olan TÜİK tarafından hazırlanarak BMİDÇS Sekreteryası'na iletilmektedir. Daha sonra Türkiye'nin 1990-2009 yılları arası ulusal seragazı emisyon envanteri raporu hazırlanmıştır.

Bu çalışmadaki amaç, İnsan hayatı, canlı çeşitliliği ve ekolojik sistem için vazgeçilmez niteliği olması sebebiyle temiz havanın kullanılmasında ve korunmasında birinci önceliğe ve öneme haiz olan; hava kirliliğini artıran etmenleri ortaya koyan genel bir çatı sunmak, Küresel ısınmaya önemli oranda etkisi olan fosil yakıtların tüketimi sonucu, ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının içinde yapılan araştırmada, en büyük paya sahip olan CO₂ üzerinde özellikle durularak, karbon salınımının Diyarbakır İline ait kaynaklarının tespiti; miktar ve değerlerinin belirlenmesi ile karbon ayak izlerinin hesaplanmasıdır. Bu hesaplamalarda IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından önerilen metotlar kullanılmıştır. Bu kapsamda IPCC Tier 1 metoduyla ve daha detaylı hesaplamaya imkân tanıyan Tier 2 metodu ile hesaplamalar yapılmıştır. Ayrıca çevre yönetimi konularında ISO14001 ve Karbon Ayak İzi hesaplamalarında ise ISO 9001:2008 sertifikalı Kalite Yönetim Sistemi olan Carbon Footprint Ltd. şirketine ait online hesap makinesi bazı birincil ve ikincil Karbon ayak izi hesaplarında kullanılmıştır.

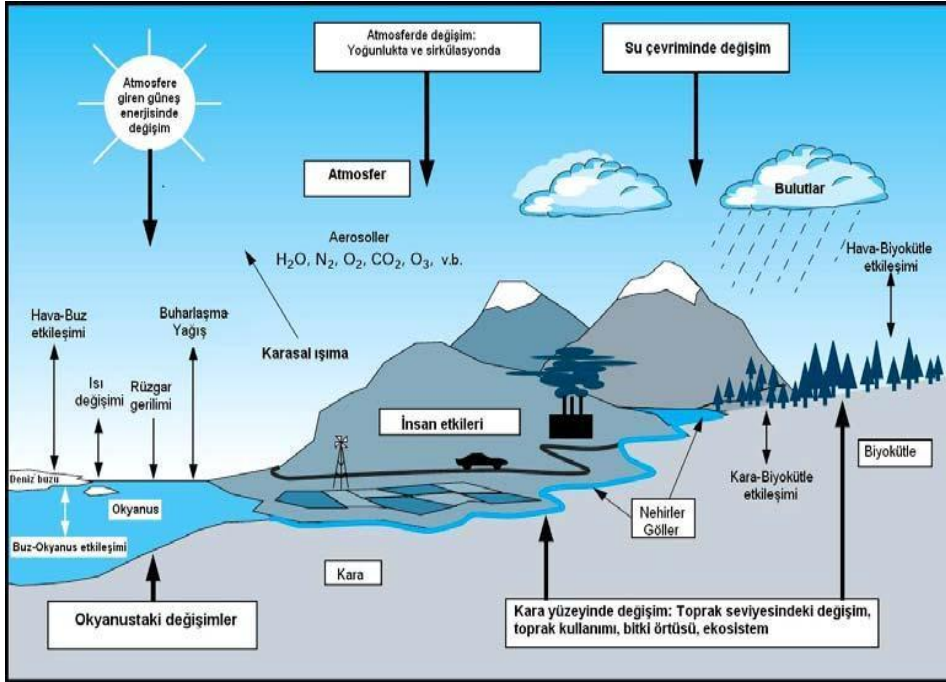
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi' nde belirtilen tanıma göre; iklim değişikliği, karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan değişikliklerdir.

İklim sistemi atmosfer, okyanuslar, kara ve deniz biyosferi, krayosfer (deniz buzu, sezonluk kar örtüsü, dağ buzulları, kıtasal boyuttaki buz levhaları) ve kara yüzeyi gibi temel elemanlardan oluşmaktadır. Bu elemanlar sürekli birbirleriyle etkileşim içindedirler ve bu etkileşimler yerkürenin yüzey iklimini belirlemektedir. Ayrıca bu etkileşimler enerji değişimi ile gerçekleşmektedir. İklim sistemi güneş enerjisi girişi ile güçlenir ve uzaya bu enerjinin belli bir kısmını geri göndererek kendini dengeler. Güneş enerjisi; atmosfer ve okyanusun hareketi, ısının ve suyun akışı ve biyolojik faaliyetin devamı için temel itici bir güçtür. Şekil 2.1 iklim sisteminin çeşitli elemanlarının ve değişebilecek olan eleman özellikleri verilmiştir (Houghton vd., 1997). Koyu oklarla gösterilen elemanlar iklim değişikliğiyle ilişkilendirilebilecekleri ve iklim değişiminden etkilenebilecekleri ifade ederken; ince oklar ise bunların proseslerini ve etkileşimlerini göstermektedir.

Bilim adamlarının yaptıkları çalışmalar sonucunda, dünyanın yüzey sıcaklığının geçtiğimiz yüzyılda 0,4°C civarında bir artış gösterdiği saptanmıştır. (EPA, 2006). Son 20 yıllık süreçte ise bu ısınmanın hızında artış görülmüştür. 20. yüzyıldaki en sıcak 10 yıl, yüzyılın son 15 yıllık döneminde yaşanmıştır. Son 150 yılda küresel ortalama yüzey sıcaklıkları yaklaşık 0, 76 °C artmıştır (EPA, 2006).

Küresel ısınma, iklim değişikliğinin herkes tarafından hissedilebilen bir niteliğidir. 1850' li yıllardan itibaren tutulan meteoroloji kayıtlarına göre, dünyamızın yaşadığı en sıcak yıllar 1998 ve 2005 yıllarıdır. 2002, 2003 ve 2004 ise, kayıtlardaki sırasıyla en sıcak üçüncü, dördüncü ve beşinci yıllardır. Aslında giderek artan sıcaklıklar, 1998 yılından beri kaydedilen son on iki yıldaki onbir sıcaklığın, kayıtlardaki en sıcak on iki yıl arasında yer aldığını göstermektedir. Bu veriler tüm dünyanın önde gelen iklim bilimcileri ve hükümet danışmanlarından oluşan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından da onaylanmıştır. IPCC' nin 2007 yılında yayınlanan raporu, son 30- 40 yılda gerçekleşen ısınmayı “su götürmez bir gerçek” olarak nitelendirmiştir.



Şekil 2.1. Küresel İklim Sisteminin Elemanları (Houghton, vd., 1997).

Son 50 yılda meydana gelen ısınmanın büyük kısmının insan faaliyetleri sonucunda oluştuğuna dair yeni ve güçlü kanıtlar bulunmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucunda, atmosferdeki kimyasal yapı, sera gazları üretecek şekilde değişime uğramaktadır ve özellikle karbondioksit, metan ve azotoksit üretimine yol açmaktadır. Dünya ikliminin bu gazlara nasıl tepki verdiği konusunda belirsizlikler bulunmasına rağmen, bu gazların ısı tutma özellikleri bilinmektedir.

Güneşten gelen enerji, atmosferden geçerek dünyanın yüzeyini ısıtır; buna karşılık, yerküre bu enerjinin bir kısmını uzaya geri yayar. Atmosferde bulunan sera gazları (su buharı, karbondioksit, ve diğer gazlar) bu geri gönderilen enerjinin bir kısmını hapseder. Bu doğal sera etkisi olmasaydı, sıcaklıklar şu anda olduğundan daha düşük olurdu ve şu anki yaşam mümkün olmazdı. Sera gazları sayesinde dünyanın ortalama sıcaklığı yaşanabilir seviye olan 16°C civarındadır. Ancak, sera gazlarının atmosferdeki oranının artması problemler doğuracaktır.

Sanayi devriminin başlarından itibaren, atmosferdeki CO₂ oranı %30, CH₄ oranı iki katından fazla, N₂O oranı ise %15 kadar artmıştır. Hava kirliliğine önemli bir sebep olan sülfat aerosolleri güneş ışığını uzaya geri yansıtarak atmosferin soğumasını sağlamaktadır; Ancak sülfat, atmosferde kısa süre kalır ve bölgesel olarak da değişir.

Gelecekteki emisyon miktarını tahmin etmek oldukça zordur; çünkü emisyon miktarı demografik, ekonomik, teknolojik, siyasi ve kurumsal gelişmelere bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörlerin ön plana çıkmasıyla çok çeşitli projeksiyonlar geliştirilebilmektedir. Örneğin, 2100 yılında, emisyon kontrol kanunlarının olmaması durumunda, CO₂ emisyonları bugünkü değerin %30-150 katı daha fazla olacağı öngörülmektedir. Bu orandaki değişim diğer faktörlerin değişimine göre en iyi %30 en kötü %150 seviyelerinde olabilir (EPA, 2006).

Bilim adamları küresel yüzey sıcaklıklarının bölgesel olarak büyük dalgalanmalar göstereceğini belirtmektedirler. İklimin ısınması sonucunda buharlaşma artmıştır ve artacaktır, bunun sonucunda da ortalama küresel yağış miktarı artmaya devam edecektir. Kuzey yarımküredeki kar örtüsü ve kutup denizindeki yüzen buz miktarı azalmıştır. Küresel olarak deniz seviyesi geçtiğimiz yüzyılda 10-20 cm arasında artmıştır. Tüm dünyada karaya düşen yağış miktarı %1 artmıştır. Toprak nemi çoğu bölgede azalma eğilimi gösterirken, güçlü sağanak yağışlar da daha sık yaşanacak ve deniz seviyesinde de yükselme meydana gelecektir (EPA, 2006). Sera gazı yoğunluğundaki artışın nedeni bilim adamları tarafından şu şekilde de ifade edilmektedir. Karbondioksit oranının artışında temel faktör, fosil yakıtların yakılması ve diğer insan faaliyetleridir. Hatta bitkilerin solunumu sonucu ve organik maddelerin yapısal değişiklikleri sonucu, insan faaliyetleri sonucunda üretilen CO₂ miktarından 10 kat daha fazla CO₂ üretilmektedir. Ama, bu CO₂ üretimi, bitkilerin fotosentezi ve okyanusların CO₂ depolama yetenekleri sayesinde yüzyıllardır dengede kalmayı başarmıştır. Fakat sanayi devriminden itibaren bu denge değişmektedir. Son birkaç yüzyılda değişen ise insan faaliyetleri sonucunda oluşan CO₂ miktarının artmasıdır. Örneğin ABD’de fosil yakıtların yakılması sonucu oluşan gazlar, toplam ABD CO₂ emisyonunun % 98’ini, metan emisyonunun % 24’nü, NO_x emisyonunun ise % 18’ini oluşturmaktadır.

İnsan faaliyetleri birkaç yoldan iklimi değiştirebilir;

1. Fosil yakıtları, yani petrol ve kömürü yakıp atmosferin karbondioksit konsantrasyonunu artırarak,
2. Fabrikalardan, otomobillerden, soba ve ocaklardan toz, sülfat ve sıvı parçacıkları halinde taneli maddeleri enjekte etmek suretiyle atmosferin ışık geçirgenliğini, yani şeffaflığını azaltarak,
3. Çarptığı yüzeylerden dışarıya yansıyan radyasyonun gelen güneş

radyasyonuna nisbeti olan albedo değerini, sulama, şehirleşme, orman tahribi ve zirai faaliyet yoluyla bütün yeryüzünde değiştirerek,

4. Fosil yakıtlar ve nükleer enerji kullanmak suretiyle atmosferi doğrudan ısıtarak,

5. Tankerlerden ve denizaltı petrol kıyılarından sızan petrolün deniz üstünde bir tabaka teşkil etmesi dolayısıyla denizler ile atmosfer arasında ısı alış veriş hızını değiştirerek (Muslu, 2000).

İnsan faaliyetlerinin mahalli iklimler üzerinde etkili olduğuna ve ileride bölgesel iklimleri, hatta dünyanın genel iklimini tesir altına alabileceğine dair bazı işaretler bulunmaktadır. Yukarıda belirtilen bu faktörler, insan faaliyetlerinin iklim değişikliğine etkilerinin örnekleridir.

2.1. İnsan Kaynaklı İklım Değişikliği

İnsan kaynaklı iklim değişikliğini 9 ana başlık altında incelemek mümkündür (Muslu, 2000).

2.1.1 Fosil Yakıt Kullanımı

Kömür, petrol ve doğalgazın kökeni, rmş bitkisel ve hayvansal maddelerdir. Karbon açısından zengin bu fosil yakıtlar yakıldıklarında büyük miktarda karbondioksit, azot oksitler ve kükürt dioksit salarlar. Karbon açısından zengin fosil yakıtlar, yaygın olarak elektrik üretiminin yanı sıra sanayi sektöründe ve evlerde yakıt olarak kullanılır. Atmosferdeki sera gazı salımlarının % 77' si petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil yakıtların yanmasıyla oluşur.

2.1.2. Sanayi

Sanayi faaliyetleri, toplam küresel salımların dörtte birini oluşturan yaklaşık 12 milyar ton sera gazından sorumludur. Bunların büyük bölümü enerji üretme için fosil yakıtların kullanımdan veya işlemin parçası olarak doğrudan karbondioksit üretiminden (rneğin, kireç taşından imento yapımında) kaynaklanır. Neredeyse tüm enerji kullanımı demir, elik, kimyasal ve gübre, imento, 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 bazılarısıdır. Bugün küresel sera gazı salımlarının yaklaşık % 3' nden sorumlu olan imento sanayi gibi doğrudan karbondioksit üreten sanayiler için

en umut verici yaklaşımlardan biri de karbonu atmosfere ulaşmadan önce yakalayıp depolamak olacaktır.

2.1.3 Enerji

Televizyon izlemek, vantilatörü açmak gibi basit gözükse, ancak elektriğe bağlı her türlü insan faaliyeti sera gazlarının salımına 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.

İklim değişikliğinin üstesinden gelmek için yapmamız gereken en önemli şey, enerjiyi daha akılcı kullanmaktır. Bunun da yolu; 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 verimliliklerdir. 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).

2.1.4 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 salımına yol açan havacılık sektörü, tüm sera gazı salımlarının yaklaşık % 5'ini oluşturmaktadır. Ulaşım alanındaki enerjinin neredeyse tamamı petrolden gelir. Bugünkü yaşam biçimimizde bir değişiklik yapmazsak, ulaşımdan kaynaklanan sera gazı salımları 2013 yılında bugünkünden %80 fazla olacaktır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

a) Havacılık: Havacılık sektörü her yıl yaklaşık 700 milyon ton karbondioksitten doğrudan doğruya sorumludur. Ancak moleköl 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.

b) Kara Ulaşımı: Ulaşım alanındaki tüm sera gazı salımlarının 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 mototru ve bataryasıyla birleştirir. Böylece, yakıt verimliliğini % 50' ye yakın artırır ve sera gazı salımlarını 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.

c) Deniz Taşımacılığı: Deniz yoluyla gerçekleştirilen bütün uluslararası nakliyeler ve gemi yolculukları her yıl yaklaşık 800 milyon ton karbondioksit salınmasından sorumludur.

d) Trenler: Trenler, standart fosil yakıtları kullanıldığında dahi yolculuk yapmanın nispeten karbon dostu bir yoludur. Trenlerin yol açtığı sera gazı salınımları, aynı yolculukta otomobilin neden olduğu salınımların % 10' u kadardır.

2.1.5 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, nitratlı 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 ila %37 oranında artacağını öngörmektedir.

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, nitratlı 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).

2.1.6. 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.

Ormanlar, insanlardan kaynaklanan toplam sera gazı salımlarının %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).

2.1.7. Katı Atıklar

Katı Atıklar; yılda yaklaşık 1,2 milyar ton karbondioksit ile nispeten küçük bir etkide 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).

2.1.8. 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.

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 palmiye yağının büyük bölümünü üreten Malezya ve Endonezya gibi ülkelerin bakir durumdaki geniş yağmur ormanlarını hurma/palmiye yağı plantasyonlarına dönüştürülmelerine neden olabilir.

Bu; biyoyakıtların kötü olduğu anlamına gelmez. Ancak burada vurgulanması gereken önemli nokta iklim değişikliğine karşı alınacak tüm önlemlerin sadece biyoyakıt üretimine dayalı olmaması gerektiğidir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

2.1.9. Sera Gazlarının Çeşitleri ve Özellikleri

Uzun dönemde, yeryüzünün, güneşten aldığı kadar bir enerjiyi uzaya vermesi gerekir. Güneş enerjisi yeryüzüne kısa dalga boyu radyasyon olarak ulaşır. Gelen radyasyonun bir bölümü, yeryüzünün yüzeyi ve atmosfer tarafından geri yansıtılır. Ama bunun büyük bölümü, atmosferden geçerek yeryüzünü ısıtır. Yeryüzü bu enerjiden, uzun dalga boyu ve kızılötesi radyasyonla kurtulur (başka bir deyişle onu uzaya geri gönderir).

Gezegimizin yüzeyi tarafından yukarıya salınan kızılötesi radyasyonun büyük bölümü atmosferdeki su buharı, karbondioksit ve doğal olarak oluşan diğer “sera

gazları” tarafından emilir. Bu gazlar enerjinin, yeryüzünden geldiği gibi doğrudan uzaya geçmesini engeller. Birbiriyle etkileşimli birçok süreç (radyasyon, hava akımları, buharlaşma, bulut oluşumu ve yağmur dahil) enerjiyi atmosferin daha üst tabakalarına taşır ve enerji oradan uzaya aktarılır. Bu daha yavaş ve dolaylı süreç bizim için şanstır; çünkü yeryüzünün yüzeyi enerjiyi uzaya hiç engelsiz gönderebilseydi, o zaman yeryüzü soğuk ve yaşanmaz bir yer olurdu (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

Bazı sera gazları doğal olarak oluşurlar fakat insan faaliyetlerinden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenirler. Diğer bazı sera gazları ise tamamen insan faaliyetleri sonucu (antropojenik) meydana gelir. Doğal olarak oluşan sera gazlarından bazıları şunlardır; su buharı (H_2O), karbon dioksit (CO_2), ozon (O_3), metan (CH_4), nitrit oksitlerdir (N_2O). Tamamen insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazları ise, kloroflorokarbon(CFCs), hidrokloroflorokarbon (HCFCs), hidroflorokarbon (HFCs) (hepsine genel olarak halokarbonlar denir) ve tamamen florid bileşiği olan kükürt hekzaflorid (SF_6) gibi gazlardır (Houghton, vd., 2001; Gillenwater, vd., 2002).

Bulutlar, güneş ışığını yansıtmasının yanında, ayrıca temel sera gazı organlarından biridir. Su buharı ve bulut parçaları atmosferdeki baskın absorbe edicilerdir. CO_2 , CH_4 , N_2O , H_2O gazları birçok biyolojik işlemde üretilir veya kullanılır. H_2O gazının temel kaynağı ise okyanuslarda meydana gelen buharlaşmadır. Ozon atmosferde, güneş ışığı aracılığıyla gerçekleşen reaksiyonlar sonucunda üretilir. CFC gazları sentetik gazlardır ve atmosfere insanlar tarafından salınır. Buna ek olarak SF_6 ve CF_4 gibi perflorokarbon gazları neredeyse asal sera gazı denebilecek kadar güçlüdürler ve atmosferdeki ömürleri 1000 yıldan daha uzundur (Albritton, vd., 2001).

Bu gazlar dışında, doğrudan ısımaya neden olduğu tam olarak kabul edilmemiş olan başka gazlar da bulunmaktadır. Bu troposfer gazları, hava kirletici gazlar olarak da bilinen karbon monoksit (CO), azot dioksit (NO_2), kükürt dioksit (SO_2), ve troposferik (yer seviyesi) ozon gazıdır (O_3). Troposfer ozonu, iki kirletici olan, uçucu organik bileşikler (VOCs) ve azot oksitler (NO_x) tarafından ultraviyole ışınların (güneş ışığı) bulunduğu ortamda oluşturulur. Aerosoller genellikle kükürt bileşiklerinden, karbon yanma ürünlerinden ve diğer insan kaynaklı kirleticilerden meydana gelmektedirler. Aerosoller, atmosferin soğurma karakteristiğini etkileyebilirler. Ancak aerosoller bilimsel açıdan henüz ileri seviyede anlaşılamamıştır. (Houghton, vd., 2002).

1. Karbondioksit (CO_2): Sera etkisine sahip olan gazların başında saydam bir gaz olan CO_2 gelir. Aynı bir seranın veya otomobilin camı gibi, ısı veren güneş ışınlarını içeri

alır; fakat, ısı radyasyonunu, yani içerisindeki ısını geri vermez. CO₂ bir örtü gibi dünyayı sarmaktadır, şayet bu durum olmasaydı dünyanın ortalama sıcaklığı -18°C olacaktı. Bu örtü sayesinde sıcaklık +16°C civarındadır. Yer ısını geri verirken kızılötesi ışınlar salar ve CO₂ bunları tutup ısının uzaya kaçmasını önler (Muslu, 2000).

Atmosferdeki karbondioksit yoğunluğu, dünyanın ekonomik büyüme için karbon temelli fosil yakıtlara bağımlı hale geldiği Sanayi Devrimi'nden sonra hızla yükselmektedir. 1763'te buharla çalışan makinelerin bulunması ile başlayan ve 1800'lü yıllarda hız kazanarak tüm dünyaya etkisi altına alan Sanayi Devrimi başladığında, fosil yakıtların yarattığı karbon salınımları çok azdır. Ancak, 1950' ye gelindiğinde, atmosferdeki karbondioksit seviyesi çok yüksek miktarlara – (yıllık 16 milyon ton)- ulaşmıştır. 2000' de ise 6,3 milyar tonu bulmuştur. Dünyayı ısıtan sera gezi etkisi 1950' den itibaren görülen 4 misli artışa dayanmaktadır (Albritton, vd., 2001).

Her yıl fosil yakıtların yakılması sonucu atmosfere 6 milyar ton karbon salınır. Petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların içinde milyonlarca yıldan beri saklı olan karbonun yakılması sonucunda, havadaki karbondioksit miktarı ciddi ölçülerde değişmektedir. Buna karşın, odun yakıldığında ya da nefes aldığımızda salınan karbondioksit miktarı uzun vadede sera gazı oranlarını değiştirmeyecek kadar azdır. Ormansızlaşmadan kaynaklanan net karbon salımı ise kesin olarak bilinmemekle birlikte, bunun yıllık bir buçuk milyar ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. Fosil yakıtların yakılması ve ormansızlaşmadan kaynaklanan karbondioksit salınımları, doğanın kaldırma kapasitesini zorlamaktadır. Atmosferdeki karbondioksit seviyeleri 1950' de ilk olarak ölçülmeye başlanmıştır ve her yıl giderek artmaktadır. Atmosferdeki sera gazları ve özellikle karbondioksit düzeyi yükseldikçe, dünyada ki sıcaklık artmıştır. “Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli” (IPCC)'nin 2007' de yayımladığı, değerlendirme raporuna göre; sıcaklık artışları Kuzey Amerika'dan Orta Doğu'ya Avustralya' dan Avrupa'ya dünyanın her yerinde gözlenebilen ve etkileri hissedilen bir gerçektir. 1961-1990 yılları arasındaki bilimsel verilere dayanan 2007 raporuna göre, küresel ısınmaya bağlı olarak deniz suyu sıcaklıkları da artmakta ve özellikle kuzey yarım kürede yeryüzündeki kar miktarı da azalmaktadır. CO₂ artışında temel nedenin fosil yakıtların yakılması olduğu, hem kararlı hem de radyoaktif yapıdaki karbon izotoplarındaki azalma ve atmosferdeki oksijende azalma ile kanıtlanabilmektedir. Yıllık CO₂ artışı değişken olduğundan, ortalama yıllık artışın son 20 yılda 1.5 ppmv/yıl olduğu belirtilmektedir (Albritton, vd., 2001).

Bilimsel modellemeler, karbondioksit yoğunluklarının, bu yüzyıl bitmeden Sanayi Devrimi öncesinde değerinin iki katına çıkması, yani atmosferde her bir milyon molekül içinde 560 parçaya (560 ppm) ulaşması durumunda sıcaklıkların 1,4 °C ile 5,8 °C arasında artacağını öngörmektedir. Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu, sanayi devrimi öncesi dönemdeki 280 ppmv (hacimsel olarak ppm) değerinden 1999 yılında 367 ppmv değerine, %31'lik bir artış göstermiştir (Muslu, 2000; Gillenwater, vd., 2002). Fakat son 650 bin yıl boyunca, karbondioksitin günümüzdeki kadar yüksek olduğu tek bir dönem yaşanmamıştır. Karbondioksit seviyesine bakıldığında ise, 1900 yılına kadar seviyeler sağlıklı bir biçimde milyon da 260-290 parça (260-290ppm) seviyesinde kalmıştır. Bu seviye 2007 yılında milyonda 383 parçaya (383ppm) fırlamıştır. Başka bir deyişle, gezegenin atmosferi artık Sanayi Devrimi öncesi doğal değerlerinden neredeyse %40 oranında daha yüksek bir karbondioksit seviyesi içermektedir. (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

2. Metan (CH₄): Atmosferdeki küresel ısınmaya neden olan ikinci en önemli gaz metandır ve bu gaz yaklaşık %20 oranında sera gazları oranından sorumludur. Metan gazı, organik maddelerin oksijensiz ortamda (anaerobik koşullarda) ayrışması sonucunda meydana gelir. Karbondioksit nazaran 20 misli daha ısı tutucu bir rol oynamaktadır. Metan, doğal gazın temel elemanıdır. Pirinç tarlaları gibi tarım alanları, çiftlik gübreleri, bataklıklar, çöp yığınları, doğalgaz borularının ek yerleri ve inek gibi evcil büyükbaş hayvanların geviş getirmesi gibi faaliyetler metanın temel kaynaklarıdır. Geviş getirme sürecinde hayvanların bağırsaklarındaki fermentasyonla her yıl 100 milyon ton kadar metan atmosfere salındığı tahmin edilmektedir. Atmosferde bulunan miktarı karbondioksit oranla çok daha azdır. Ancak küresel ısınma ile gelecek 50 yıl içinde Sibiry ve Kanada'daki tundraların (Kuzey Kutbu'na yakın bölgelerde donmuş bozkır toprakları) bir metre derinliğe kadar çözüneceği ve buralardaki metan gazının açığa çıkacağı, böylece atmosferdeki sera etkisinin artacağı bildirilmektedir. Metanın atmosferdeki konsantrasyonu küresel olarak sadece son 20 yılda ölçülmüştür. Atmosferdeki metan kompozisyonu sanayi devrimi öncesinden bu zamana %150 artış göstermiştir. IPCC, atmosfere katılan CH₄ miktarının yarısından fazla kısmının insan faaliyetleri sonucu gerçekleştiğini belirtmektedir. Metan, atmosferde hidroksil radikali (OH[•]) ile reaksiyona girerek CO₂'e dönüşmektedir (Gillenwater, vd., 2002).

Dünya çapındaki ısınma anaerobik çürümeyi de hızlandırmış ve CO₂ kadar, metan gazı üretimini de artırmıştır (Muslu, 2000; Albritton, Cicerone, Brron, Dickinson, Fung, Hansen ve Karl, 2001).

3. Klororoflorokarbonlar (CFC-H) Halokarbonlar, Perflorokarbonlar ve Kükürt Heksaflorid (SF₆): Klororoflorokarbonlar; soğutucularda, araba klimalarında, köpük ürünlerinde, yalıtım malzemelerinde, püskürtücü olarak sprelerde, bilgisayar ve elektronik aletleri temizlemede kullanılan çözücülerde olmak üzere bir çok değişik alanda kullanılır. CFC ve HCFC gazları küresel ısınmaya neden olan gazlar içermekle beraber, bir taraftan da stratosferdeki ozonu azalttıkları için, ısımaya olan net zorlayıcı etkileri azalmaktadır. Çünkü ozon dünyayı güneşten gelen ultraviyole ışıklardan korumasının yanında aynı zamanda önemli bir sera gazıdır. Halokarbonlar, ısımaya doğrudan ve dolaylı olarak etki eden insan yapımı bir kimyasaldır. Klor içeren (kloroflorokarbonlar CFC, hidrokloroflorokarbonlar HCFC, metil kloroform, karbon tetraklorid) ve brom içeren (halonlar, metil bromid, hidrobromoflorokarbonlar HBFC) halokarbonlar, stratosferde bulunan ve faydalı olan ozonun azalmasına neden olduğu için 1989 yılında yürürlüğe giren ve ozon tabakasını korumak için imzalanan Montreal Protokolünde Ozon Tabakasına Zararlı Maddeler arasına alınmıştır. Klororoflorokarbonlar ise kullanımdan kaldırılmıştır ve atmosferdeki yoğunlukları o tarihten itibaren azalmıştır (Gillenwater, vd., 2002).

Hidroflorokarbonlar (HFC), perflorokarbonlar (PFC) ve kükürthekzaflorid (SF₆) ozonu azaltıcı meddeler olmadıkları için Montreal Protokolü kapsamına alınmamıştır. Ancak bu gazlar da güçlü sera gazlarıdır. Hidroflorokarbonlar ozonu incelten maddeler yerine kullanılmaktadır ve şu anda ısımaya olan zorlayıcı etkileri küçüktür, ancak, toplamda sera gazı özelliği gösteren maddelere katkısı bulunmaktadır. PFC ve SF₆, alüminyum ergitme, yarı iletken imalatı, elektrik güç aktarımı ve dağıtımı, magnezyum dökümü gibi sanayi işlemlerinde açığa çıkmaktadır. PFC ve SF₆ gazları ısmayı zorlayıcı etkileri düşük olmakla birlikte, hızlı bir büyüme oranına ve çok uzun atmosfer ömürlerine sahip olmaları ve kızılötesi ışınları tutabilme özellikleri nedeniyle gelecekte iklime etki edebilmeleri açısından büyük bir potansiyele sahiptir (Gillenwater, vd., 2002).

4. Su Buharı (H₂O): Su buharı atmosferdeki en önemli ve en yoğun bulunan sera gazıdır. Buna karşın; insan faaliyetlerinin atmosferdeki yoğunluk oranına doğrudan etkisi yok denecek kadar azdır. Ancak sıcaklıkların artması, geri besleme aracılığıyla

atmosferde su buharı yoğunluğunun artmasına yol açar. Havanın daha sıcak olması, buharlaşma oranını artırarak atmosfere daha fazla su buharı salınmasına neden olur. Isınan hava daha fazla su buharını emer ve böylece çok daha fazla ısınmaya sebep olur. İnsan kaynaklı faaliyetler nedeni ile, daha önce var olan sera gazlarına yaklaşık % 60 daha eklenmiş durumdadır ve her geçen gün eklenmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

5. Diazot Monoksit (N₂O): Azot oksitleri içinde en önemlisi diazot monoksittir. Sera etkisinin %15'inin bu gazdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Diazotmonoksitin insan faaliyetleri sonucunda üretilmesinde en büyük payı, tarım arazilerinde sentetik ve doğal gübre kullanımı, özellikle ulaştırmada kullanılan fosil yakıtların yakılması, nitrik asit üretimi, atık su arıtımı ve atık yakılması, ve biokütlelerin yakılması oluşturmaktadır. Atmosferdeki N₂O konsantrasyonu 1750'den beri %16 artmıştır. Stratosferde güneş ışığının fotolitik (güneş enerjisi ile elementin atomlarına ayrılması) davranışı sonucu N₂O atmosferden eksilmektedir (Muslu, 2000; Gillenwater, vd., 2002).

6. Ozon (O₃): Ozon, oksijenin değişik bir şeklidir. Troposferin soğuk kısımlarında ozon, doğal yollardan nadiren teşekkül eder. Esas ozon teşekkülü stratosferde olur. Yüksek enerjili ultraviyole ışınlarının bombardımanına maruz kalan oksijen molekülleri parçalanır ve açığa çıkan serbest oksijen atomlarının bir kısmının O₂ ile birleşmesinden O₃ oluşur. Böylece meydana gelen ozonun, oksijenin sahip olmadığı bazı özellikleri mevcuttur. Ozon ultraviyole ışınlarını emme özelliğine sahiptir. Stratosferden geçerken bu zararlı ışınlar tutulacağından alt tabakalarda yani troposferde oksijen parçalanmaktan kurtulmuş olur. Fakat, ozonun bir kısmı atmosfere alt tabakalarına yani troposfere doğal yollardan geçebilir. Bu bölgede ozonu oluşturabilecek veya yok edebilecek kimyasal prosesler gerçekleşebilir. Bu troposferdeki ozon miktarı 20. yüzyılda, karbon ve azot içeren kirletici moleküllerin (fosil yakıt kullanan araçların egzozlarında, güç tesislerinin egzozlarında ve biokütlelerin yakılması sırasında oluşan gazlarda salınan azot oksitleri, karbon monoksit ve etilen gibi bileşiklerin) güneş ışığı etkisi ile etkimesi sonucu oluşan ek ozonun da katılmasıyla artmıştır (Muslu, 2000; Albritton, vd., 2001).

Aynı zamanda bir sera gazı olan troposfer ozonu, doğrudan ısımaya tesiri bakımından sanayi devriminden bu yana artarak CO₂ ve CH₄ gazlarının ardından üçüncü sırayı almıştır. Troposfer ozonu, uçucu organik bileşiklerin güneş ışığı etkisi altında azot oksitlerle karışması sonucu oluşturulmaktadır (Gillenwater, vd., 2002).

7. Karbon Monoksit (CO): Karbonmonoksit, CH₄ ve troposfer ozonunun, diğer

atmosfer elemanlarıyla (hidroksil radikali gibi) kimyasal reaksiyona girmesine katkıda bulunduğunda, CH₄ ve troposfer ozonunun konsantrasyonlarının artmasından dolayı olarak sorumludur. Karbon içeren yakıtların eksik yanması sonucunda CO oluşur. Atmosferdeki doğal prosesler sonucunda CO₂ şeklini alır. CO konsantrasyonları atmosferde kısa ömürlüdür ve konuma göre değişkenlik göstermektedir (Gillenwater, Van Pelt ve Peterson, 2002).

8. Azot Oksitleri (NO_x): Bugün atmosferdeki azot oksit oranı, 200 yıl önce olduğundan %15 oranında daha fazla ve hacim olarak milyarda 319 kısım oranındadır. Bunun başlıca nedenleri arasında; tarımda azotlu gübrelerin gelişi güzel kullanılması, bitki örtüsünün yakılması ve sanayi sektörünün artan salınımları yer alır. Azot oksitlerin (NO ve NO₂ gibi) temel iklim değişimi etkileri, doğrudan değil, dolaylı olarak yani troposferde ozon oluşmasındaki (troposfer ozonu sera gazı özelliği taşımaktadır) rollerinin sonucunda gerçekleşmektedir. Ek olarak, uçaklardan kaynaklanan NO_x emisyonları metan konsantrasyonunu azaltmaktadır. NO_x emisyonları, yıldırım düşmesinden, topraktaki mikrobik aktivitelerden, biokütlelerin doğal veya insan nedeniyle yanmasından, yakıt yakılmasından ve strotosferde N₂O'nun indirgenmesinden oluşturulabilmektedir. NO_x konsantrasyonları atmosferde kısa ömürlüdür ve konumsal olarak farklılık gösterir (Gillenwater, vd., 2002).

9. Metan Haricindeki Uçucu Organik Bileşikler (NMVOC): NMVOC gazları, propan, bütan ve etan gibi bileşikler içermektedir. Bu bileşikler, NO_x ile beraber, troposfer ozonunun ve diğer fotokimyasal oksitleyicilerin oluşmasında rol alırlar. NMVOC emisyonları temel olarak ulaştırmadan, sanayi işlemlerinden, biyokütlelerin yakılmasından ve organik solventlerin endüstri dışı tüketiminden kaynaklanmaktadır. NMVOC konsantrasyonları atmosferde kısa ömürlüdür ve konumsal olarak çeşitlilik gösterir (Gillenwater, vd., 2002).

2.2. Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)

Küresel Isınma Potansiyeli değerleri, çeşitli sera gazlarının sera etkisini gösterme gücünün global ortalamalar şeklinde ifadesidir. GWP değerleri, emisyonların etkilerinin kıyaslanması ve farklı gazların azaltılması gibi konularda fikir sahibi olunmasında yardımcı olmaktadır. IPCC'ye göre, küresel ısınma potansiyelleri kabaca ±%35 gibi bir belirsizliğe sahiptir. Özellikle atmosfer ömürleri belirlenmemiş olan gazlarda bu

belirsizlik değerleri diğerlerine göre daha büyüktür. Atmosfer ömürleri izafi olarak uzun olan sera gazları (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ gibi) atmosferde daha eşit şekilde dağılmışlardır ve sonuç olarak da küresel olarak ortalama konsantrasyonları belirlenebilmektedir. Su buharı, CO, troposfer ozonu, diğer çevre kirleticiler (NO_x ve NMVOC), troposferdeki aerosoller (SO₂ ürünleri ve is) gibi kısa ömürlü gazlar, konumsal olarak değişiklik göstermektedir ve bu nedenle küresel sera gazı etkilerini belirlemek güçtür. GWP değerleri genel olarak bu tip kısa ömürlü ve konumsal olarak homojen olmayan dağılım gösteren gazlar için uygulanmamaktadır (Gillenwater, vd., 2002).

Tablo 2.1'deki değerler IPCC 2006 değerleridir. Her sera gazı atmosferde ısı tutma kapasitesine göre farklılık göstermektedir. HFC ve PFC'ler en çok ısı hapsedme özelliğine sahip gazlardır. Örneğin metan, karbondioksit'e göre molekül başına 21 kat daha fazla ısı hapsedmektedir.

Tablo 2.1. Bazı gazların küresel ısınma faktörleri (GWP) ve atmosfer ömürleri (20, 100 ve 500 yıllık ömürleri) (IPCC/UNEP/OECD/IEA; 1997,2006).

Gaz	Atmosfer	20 Yıllık	100 Yıllık	500 Yıllık
	Ömrü	GWP	GWP	GWP
CO ₂	50-200	1	1	1
CH ₄	12±3	72	25	7.6
N ₂ O	114	289	298	153
HFC-23	270	12000	14800	12200
CF ₄	50000	5210	7390	11200
SF ₆	3200	16300	22800	32600

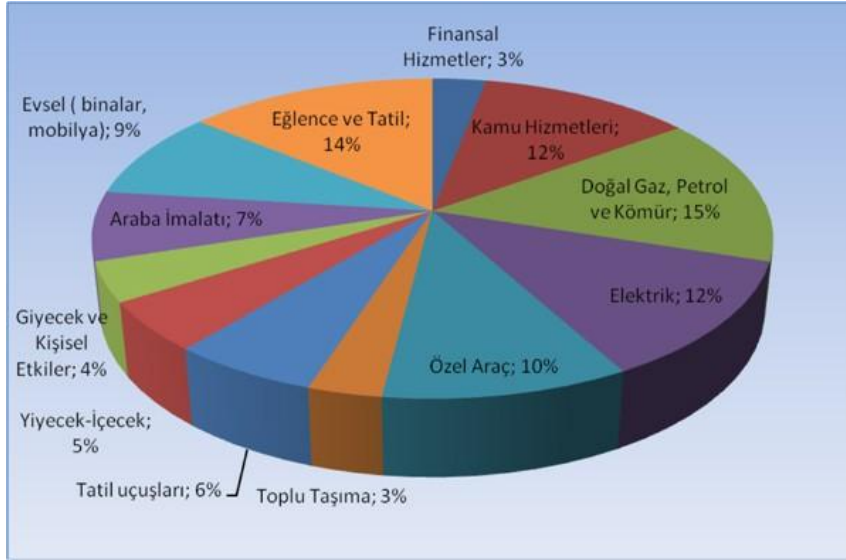
2.3. Karbon Ayak İzi

Karbon ayak izi; birim karbondioksit cinsinden ölçülen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın ölçüsüdür. Karbon ayak izi iki ana bölümden oluşmaktadır.

1. Birincil Karbon Ayak İzi: Evsel enerji tüketimi ve ulaşım (sözgelimi araba ve uçak) dahil olmak üzere fosil yakıtlarının yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO₂ emisyonlarının,

2. İkincil Karbon Ayak İzi: Kullandığımız ürünlerin tüm yaşam döngüsünden bu ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmalarıyla ilgili olan dolaylı CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür.

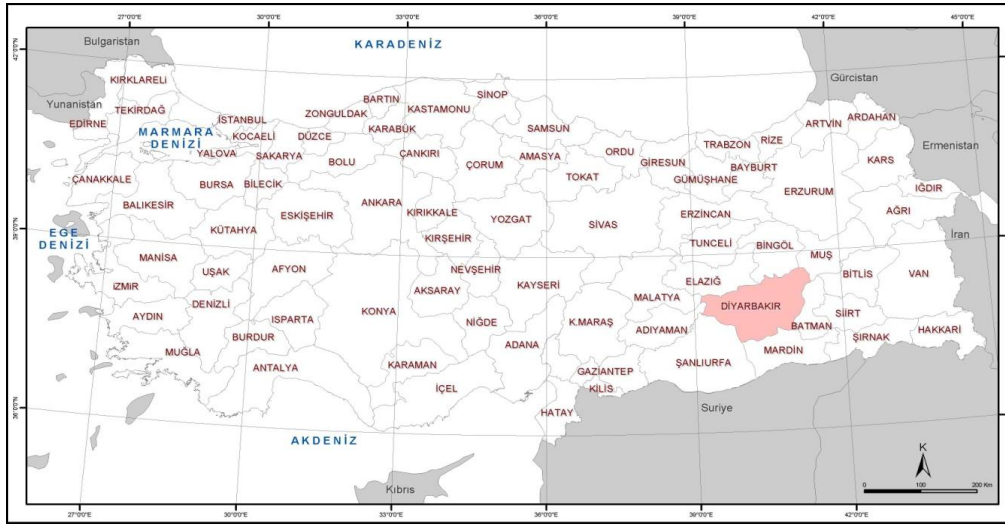
İkincil karbon ayak izinin içinde birincil ayak izini de barındırdığını söylemek gerekir. Yurtdışından ithal edilen gıda ya da tekstil tüketiminde, bu ürünün tüketiciye ulaşımı; havayolu, denizyolu ve karayolu ulaşımının ayrı ayrı veya hepsinin birlikte kullanımı ile sağlanmaktadır. Bu ürünlerden oluşan bozunmadan veya tüketimden kaynaklı atıkların da yine karayolu ulaşımı ile atık depolama alanına götürüldüğü ve bertarafı için enerji kullanıldığı gerçeği ikincil karbon ayak izini oldukça önemli kılmaktadır. Bir kişinin ikincil karbon ayak izinin, toplam karbon ayak izi içinde oransal payının % 54 olduğu bilinmektedir. Ancak günümüzde ikincil karbon ayak izinin hesaplanması tam olarak yapılamamaktadır. Bu çalışmada çevre yönetimi konularında ISO 14001 ve Karbon Ayak İzi hesaplamalarında ise ISO 9001:2008 sertifikalı Kalite Yönetim Sistemi olan Carbon Footprint Ltd şirketine ait Birincil ve ikincil Karbon ayak izi hesaplamasında kullanılan hesap makinesi sistemi ile yaklaşık olarak ikincil karbon ayak izi verilerine ulaşılmıştır. Ortalama bir kişinin karbon ayak izinin toplamını oluşturan unsurlar Şekil 2.2’ de görülmektedir.



Şekil 2.2. Karbon Ayak İzi Oranları (İstanbul İl Özel İdaresi, 2011).

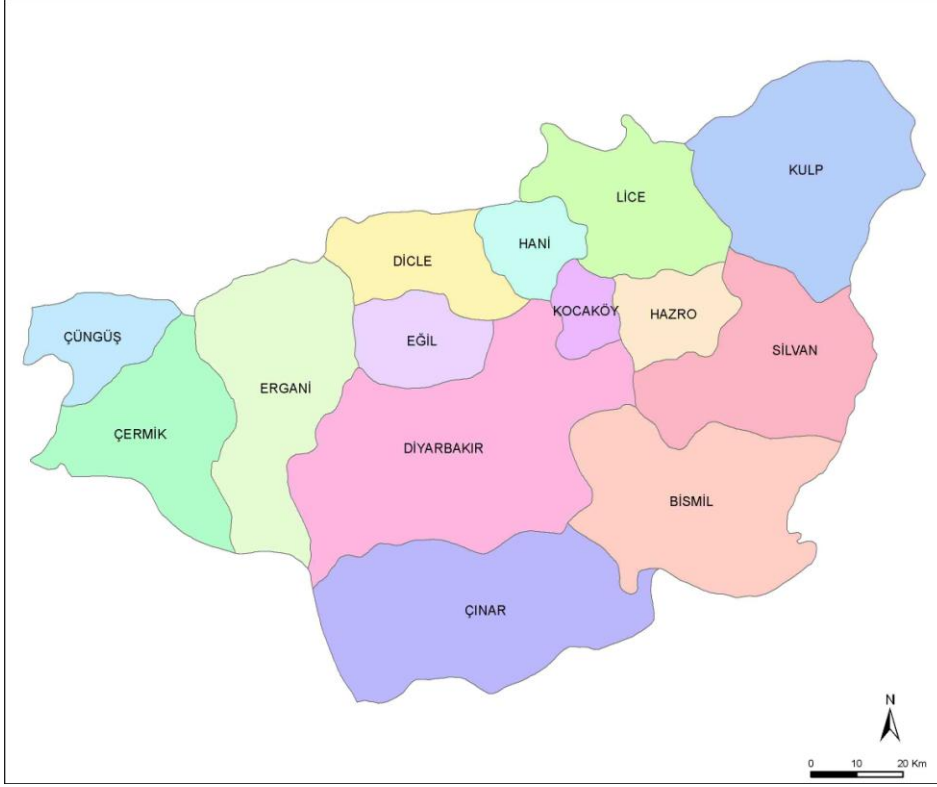
3. DİYARBAKIR İLİ' NİN MEVCUT DURUMU

Diyarbakır İli; Malatya, Elazığ, Bingöl, Muş, Mardin, Şanlıurfa, Batman ve Adıyaman illeriyle çevrilidir (Şekil). İlin yüzölçümü 15.355 km²'dir. Diyarbakır'da sert bir kara iklimi egemendir. Yazları sıcak ve kurak geçer. Kış soğuklukları, Doğu Anadolu'da olduğu kadar şiddetli değildir. Bunun başlıca nedeni, Güneydoğu Toroslar yayının kuzeyden gelen soğuk rüzgarları kesmesidir. Son yıllarda barajların oluşturduğu yapay göller (Karakaya, Atatürk, Batman, Silvan Barajları) geniş buharlaşma yüzeyleri oluşturmaktadır. Bu nedenle Diyarbakır Havzası'nın kuru havasında nemlenmede artış gözlenmektedir. Diyarbakır'da 14 ilçe vardır ve bunlar Bismil, Çermik, Çınar, Çüngüş, Dicle, Eğil, Ergani, Hani, Hazro, Kocaköy, Kulp, Lice, Merkez ve Silvan'dır (Şekil 3.2) (Diyarbakır Valiliği, 2013).



Şekil 3.1. Diyarbakır İli'nin Türkiye'deki Konumu (Diyarbakır Valiliği, 2013).

Diyarbakır İli son yıllarda Güneydoğu Anadolu Bölgesinden ve diğer bölgelerden hızla göç almaktadır. Nüfusun hızla artmasına rağmen sanayisi nüfusa oranla yeterli artışı gösterememektedir. Bu da ilde işsizlik vb. sosyal sorunları beraberinde getirmektedir. Artan nüfusa konut sağlanması için verimli tarım alanları da imara açılmakta olup; bu durum İlin tarım açısından da gün geçtikçe gerilemesine neden olmaktadır.



Şekil 3.2. Diyarbakir İlçe Haritası (Diyarbakir Valiliği, 2013).

3.1. Diyarbakir İli' nin Hava Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi

Diyarbakir'da sert bir kara ve subtropik yayla iklimi hakimdir. İklimin sertliği ve yağışların azlığı dolayısıyla yazlar kurak geçer. Diyarbakir'da 1970-2011 yılları arası ölçüm verilerine göre; yıllık sıcaklık ortalaması 15,8 °C dir. Diyarbakir İli' nde en yüksek (maksimum) sıcaklık; 1998 yılı Ağustos ayının 28. gününde 44,8 °C, en düşük (minimum) sıcaklık; ise 2006 yılı Aralık ayının 30. gününde -23,4 °C olarak kayıt edilmiştir. Yine 40 yıllık verilere göre yıllık ortalama yağış toplamı miktarı 474.9 mm'dir. Yağışlar daha ziyade kış ve bahar aylarında görülmekte, yaz ayları kurak geçmektedir. Tablo 3.1'de Diyarbakir İli'nin 2006 yılı öncesi hava kirliliği verilerinin diğer illerle karşılaştırması; İl de 2006 dan önce yüksek seviyede hava kirliliği görülen il 2006 yılından sonra yaygınlaşmaya başlayan doğalgaz kullanımı ile hava kirliliği açısından büyük ölçüde rahatlamıştır (Diyarbakir Valiliği, 2011; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013). Tablo 3.2' de ise 2006 yılı sonrası hava kirliliği verilerinin diğer illerle karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 3.1. Diyarbakır İli’ nin 2006 yılı öncesi hava kirliliği verilerinin diğer illerle karşılaştırması (TÜİK).

İl	SO ₂ (µg/m ³)					PM (µg/m ³)				
	1998	1999	2000	2001	2002	1998	1999	2000	2001	2002
	1999	2000	2001	2002	2003	1999	2000	2001	2002	2003
Diyarbakır	11	110	122	128	125	112	111	123	134	132
Ankara	37	66	55	47	56	62	84	82	75	76
Eskişehir	63	57	50	53	55	60	63	46	49	50
İstanbul	64	57	-	-	-	68	63	-	-	-
Bursa (Merkez)	81	76	66	69	68	44	58	44	70	68
İzmit	54	-	-	-	-	61	-	-	-	-

Tablo 3.2. Diyarbakır İli’ nin 2006 yılı sonrası hava kirliliği verilerinin diğer illerle karşılaştırması (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Hava kalitesi İzleme İstasyonları, 2013).

İl	SO ₂ (µg/m ³)			PM (µg/m ³)		
	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2010/2011	2011/2012	2012/2013
Diyarbakır	6.25	7.16	17.85	60	69.3	63
Ankara	9.5	7.67	8	63	57	59
Eskişehir	5	3	4	29	26.6	27
İstanbul	7	5	6	43	39	42
Bursa (Merkez)	9	7	8	47	46	46
İzmit Dilovası	38.5	22.5	28	58.5	77.5	81.5

Diyarbakır ili 2011 yılı hava kirliliği parametreleri Tablo 3.3’ de, 2012 yılı hava kirliliği parametreleri Tablo 3.4’ de, 2013 yılı hava kirliliği parametreleri ise Tablo 3.5’ de verilmiştir. 2013 verileri Ağustos ayına kadar hesaplanmıştır. Bu parametreler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı çalışmalarıyla Diyarbakır İli Valilik binası bahçesine yerleştirilen hava ölçüm istasyonu Türkiye geneli tüm illerde bulunan diğer istasyonlar gibi verilerinin online olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığının hava kalitesi izleme

istasyonları internet sitesinde toplanmakta, saatlik olarak her gün takip edilmekte ve veriler 24 saat kaydedilmektedir. Ancak şu ana kadar bu istasyonda sadece PM10 ve SO₂ verileri toplanmaktadır. Ölçüm cihazında herhangi bir arıza oluşumu Diyarbakır Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından anında online olarak tespit edilmekte ve arıza oluşumunda İl Müdürlüğü Teknik Elemanları tarafından müdahale edilmektedir.

Tablo 3.3. Diyarbakır ili 2011 yılı hava kirliliği durumu (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013).

AYLAR	Ölçüm İstasyon Sayısı	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı	Ort.		En yüksek	
			SO ₂	PM	SO ₂	PM
Ocak	1	31	13	87	27	138
Şubat	1	28	9	84	13	354
Mart	1	31	9	15	52	102
Nisan	1	30	8	68	19	237
Mayıs	1	28	1	13	10	113
Haziran	1	28	4	33	11	90
Temmuz	1	30	4	80	11	220
Ağst.	1	31	10	32	31	118
Eylül	1	30	10	86	14	131
Ekim	1	2	0	2	0	37
Kasım	1	21	2	32	7	152
Aralık	1	30	5	91	14	164

Tablo 3.4. 2012 yılı için Diyarbakır hava kirliliği parametreleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013).

DİYARBAKIR HAVA KİRLİLİĞİ PARAMETRELERİ (2012)				
AYLAR	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı (SO ₂)	PM10 (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı (PM10)
Ocak	30	60	6	24
Şubat	29	-	4	-
Mart	30	-	4	-
Nisan	27	26	9	1
Mayıs	29	141	2	3
Haziran	30	53	2	21
Temmuz	13	40	3	13
Ağustos	24	72	9	24
Eylül	30	77	11	30
Ekim	29	79	6	29
Kasım	28	80	7	28
Aralık	30	65	23	30

Tablo 3.5. 2013 yılı için Diyarbakır hava kirliliği parametreleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013).

DİYARBAKIR HAVA KİRLİLİĞİ PARAMETRELERİ (2013)				
AYLAR	PM10 (µg/m³)	SO₂ (µg/m³)	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı (PM10)	Ölçüm Yapılan Gün Sayısı (SO₂)
Ocak	73	50	30	30
Şubat	54	32	27	27
Mart	79	19	30	30
Nisan	79	8	21	13
Mayıs	50	6	27	21
Haziran	57	3	30	29
Temmuz	49	7	20	20
Ağustos	-	-	-	-
Eylül	-	-	-	-
Ekim	-	-	-	-
Kasım	-	-	-	-

3.1.1 Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliği

Diyarbakır İli'nin hava kirliliği kaynaklarının en önemlisi 2006 yılından önce ciddi boyutlarda olan konut ve işyerlerinin ısıtılmasında yakıt olarak kullanılan kömür, odun, özel kalorifer yakıtı, motorin gibi yakıtlardı. 2006 yılından sonra hızla yaygınlaşmaya başlayan doğalgaz kullanımı ile ısınmadan kaynaklı hava kirliliği oranı dikkat çekici oranda düşmüştür. İlde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan genelge ve İl Mahalli Çevre Kurulu kararında belirtilen standartlara uyan, İl Valiliği'nden izin alınan kömürlerin satışı serbesttir. Hava kalitesinin korunması amacıyla Diyarbakır Valilik bahçesinde bir sabit ölçüm istasyonu kurulmuştur. Online olarak saatlik alınan SO₂ ve PM10 ölçümleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağında Diğer İller gibi paylaşılmakta, verilere anlık olarak ulaşılabilmektedir. (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013).

3.1.2 Endüstriyel Emisyonlar

Diyarbakır İli endüstriyel emisyon kirliliği yapan işletmeler ve bölgeleri ve bunların sera gazı salınım etkileri açısından değerlendirilirse; Elazığ Yolu 22. Km de bulunan ve Başkanlığı Bizzat Valilik tarafından yapılan Organize Sanayi Bölgesi içinde büyük küçük toplam 156 İşletme mevcuttur. Bunların hava kirliliğine etkisi olanlarının; Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

tarafından görevlendirilen Çevre Görevlileri ve Danışman Firmalar tarafından düzenli olarak takibi yapılmaktadır. İşletmelerin 03.07.2009 tarih ve 27277 Sayılı Resmi Gazete Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü (SKHKKY) hükümlerine uygunluk kriterleri (İl Müdürlüğü Uygunluk Yazısı, Geçici Faaliyet Belgesi, Valilik Tespit Raporu, Çevre İzni) çeşitli denetimlerle belgelendirilmektedir. İlde Ergani İlçesinde bulunan Limak Çimento A. Ş. ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından online olarak bizzat takip edilmektedir. Bunun dışında il merkezinde iki küçük sanayi bölgesi daha bulunmakta ancak buradaki işletmeler Endüstriyel Hava Kirliliği açısından oldukça küçük işletmeler olduğundan bu çalışmada dikkate alınmamıştır. (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013).

3.1.3. Trafikten Kaynaklanan Emisyon

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar ve bunlardan kaynaklı sera gazı hava kirliliğinde önemli bir yer tutmaktadır. Egzozlardan yayılan CO (%70–90), NO (%40–70), Hidrokarbonların (%50) ve Pb (%100) kaynaklı ulaştırma emisyonları hava kirliliğinin %17' sini oluşturmaktadır. İl' de 2010 yılı itibariyle trafiğe kayıtlı motorlu taşıtların miktarı 106044 adettir. 2011 yılında 107970 ve 2012 de ise bu sayı 112512 ye ulaşmıştır (Tablo 3.6). [TÜİK, 2013]. 2011 yılında illere göre Karayolu Trafiği Araç sayıları Tablo 3.7'de verilmiştir. Diyarbakır İli için demiryolları ve denizcilik ulaşımı hesaplanmamıştır.

Tablo 3.6. 2012 yılı Diyarbakır İline kayıtlı araç sayısı (Diyarbakır İl Emniyet Müdürlüğü, 2012).

DİYARBAKIR İLİ KAYITLI ARAÇLARIN YAKIT DURUMU							
Tescil Birimi	Benzinli	Benzin Cng	Benzin Lpg	Dizel	Elektrik	Motorsuz	Toplam
Merkez	11033	3	14932	53764	17	3379	83128
Bismil	2373	0	1100	3382	0	145	7000
Çermik	848	0	450	1766	0	19	3083
Ergani	3289	0	990	5597	0	180	10056
Lice	610	0	194	1401	0	50	2255
Silvan	1612	0	526	2310	0	24	4472
Çınar	649	0	577	1240	0	52	2518
Toplam	20414	3	18769	69460	17	3849	112512

Tablo 3.7. 2011 İllere göre Karayolu Trafîği Araç sayıları (TÜİK).

İl	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon	Motosiklet	Özel Amaçlı Taşıtlar	Traktör
Adıyaman	32389	3703	391	9618	3086	11404	148	11563
Diyarbakır	46430	6228	1236	20252	6471	8022	407	18924
Gaziantep	147024	11388	3468	55474	15519	104681	496	22837
Mardin	18120	3232	472	12855	10501	5575	204	7971
Siirt	5595	1278	105	4037	982	1237	123	1811
Şanlıurfa	83024	6582	1268	22339	14473	62859	387	29021
Batman	13725	2333	266	9813	2935	5636	206	4508
Şırnak	3376	1386	105	5709	14618	1400	199	1729
Kilis	7471	786	132	1927	773	16954	39	3838

3.2. Diyarbakır İli' nin Nüfus Açısından Değerlendirilmesi

Diyarbakır ekonomik yapısının geri kalmışlığına karşın nüfusu 1 milyonu aşan iller arasında yer almaktadır. Diyarbakır kentinde büyük nüfus toplanması dışında İlde nüfus dağılımını belirleyen en önemli etken çevre koşullarıdır. İlde nüfus (yerleşim) tarıma elverişli toprakların, sulama olanaklarının ve uygun iklim koşullarının bulunduğu alanlarda toplanmıştır. Diyarbakır İli 2011 Nüfusu Tablo 3.8' de Diyarbakır merkez ilçeleri nüfusu ise Tablo 3.9' da verilmiştir.

Tablo 3.8. Diyarbakır İli 2011 Nüfusu (TÜİK, Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi, 2011)

İl	İlçe	Toplam	İl/ilçe merkezleri (Şehir)	Belde / köyler	Toplam Yıllık Nüfus Artış Hızı (%)
DİYARBAKIR	Toplam	1.570.943	1.132.351	438.592	27,1
	Bağlar	351.410	339.351	12.059	32,2
	Bismil	110.344	58.471	51.873	12,7
	Çermik	50.450	18.286	32.164	6,3
	Çınar	66.178	11.634	54.544	15,3
	Çüngüş	13.814	2.393	11.421	-20,0
	Dicle	41.141	8.955	32.186	4,3
	Eğil	23.171	5.006	18.165	-4,1
	Ergani	116.624	67.273	49.351	23,1
	Hani	32.666	8.988	23.678	30,3
	Hazro	16.893	4.442	12.451	-5,1
	Kayapınar	246.266	236.952	9.314	70,2
	Kocaköy	16.225	5.821	10.404	11,5
	Kulp	37.615	11.004	26.611	18,1
	Lice	29.098	12.315	16.783	82,6
	Silvan	85.561	42.694	42.867	8,4
	Sur	130.784	104.285	26.499	-5,9
	Yenişehir	202.703	194.481	8.222	24,8
	TÜRKİYE	74.724.269	57.385.706	17.338.563	13,5

Tablo 3.9. Diyarbakır merkez ilçeleri 2011 Nüfusu

İl	Belediye	Toplam
Diyarbakır	Bağlar	339.351
	Kayapınar	236.952
	Sur	104.285
	Yenişehir	194.481
	Büyükşehir belediyesi	875.069

4. IPCC METODOLOJİSİ

IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli) 1988 yılında Kanada'nın Toronto kentinde düzenlenen Değişen Atmosfer Konferansı sonucunda Birleşmiş Milletler' in iki örgütünün, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO)' nün ortak girişimiyle kurulmuştur. 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 Milletler'in uzman kuruluşlarından binlerce deneyimli bilim insanı iklim değişikliğinin anlaşılması için gerekli bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik bilgileri değerlendirerek ve en yeni bilgilerin gözden geçirilmesi, değerlendirmesini yaparak İklim Değişikliği Değerlendirme Raporlarını hazırlar. 2011 yılı itibarıyla 194 ülke IPCC üyesidir. İlk Raporu 1990 yılında yayınlanan panel, yaklaşık beş yılda bir düzenli rapor yayınlamaktadır. En güncel rapor 2007 yılına ait Dördüncü değerlendirme raporudur. Kuruluş 2007 yılında Nobel Barış Ödülü' nü kazanmıştır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

1992 yılında Rio de Janeiro'da 150 civarında ülke tarafından imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ile küresel olarak çevreye ve ekonomik gelişmeye karşı temel tehlikenin iklim değişikliği olduğu kabul edilmiştir. Sözleşme temel olarak, iklim sistemine insan etkisi sonucu verilen sera gazları ile oluşacak zararı düzenlemeyi amaçlamaktadır. Sözleşme ayrıca bütün taraflara; periyodik olarak ulusal envanterlerini geliştirmesi, yenilemesi ve yayınlaması, ve sera gazı emisyon envanterlerinde kıyaslamalı metodolojiler kullanması için çağrıda bulunmaktadır. IPCC Kılavuzlarıyla, bu bahsedilen hedefleri tamamlamak isteyen sözleşmeye taraf olan ülkelere yardımcı olunması amaçlanmaktadır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

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)

Bu çalışmada hesap ve metod yöntemleri olan 1996 ve 2006 Methodology Raporları kullanılmıştır.

IPCC Kılavuzu çeşitli kitapçıklardan oluşmaktadır. Bunlar ulusal envanter oluşturmak için, adım adım nasıl veri toplanacağı, bu verilerin nasıl değerlendirileceği ve elde edilen sonuçların en son adımda nasıl bildirileceğini içeren raporlama bilgilerini içermektedir. Ayrıca raporlamada kullanılacak olan tabloları içeren ve hesaplamaların nasıl yapılacağını gösteren bir çalışma kitabı ve kullanılabilecek metotları anlatan, ülkelerin kendi başlarına elde edemediği verilerin yerine kullanılabilecek ortalama değerleri içeren referans kitaplarıdır.

Sera gazı envanteri hesaplamalarında IPCC şu şekilde ana başlıklar kullanmıştır:

1. Enerji
2. Endüstriyel İşlemler
3. Solvent ve diğer ürünlerin kullanımı
4. Tarım
5. Yeryüzü coğrafyasının ve ormanların kullanımı
6. Atıklar
7. Genel Rehberlik ve Raporlama

Bu çalışmada, “Enerji” başlığı altında, genel, endüstriyel ve ulaşım kaynaklarının neden olduğu emisyonlar bölümünün içeriğinden yararlanılmıştır.

Alt başlık olan ulaştırma sektöründen kaynaklanan emisyonlar doğrudan yakıtın yanmasıyla ilgilidir. Özellikle CO₂ gazı diğer gazlardan farklı olarak daha kesin hesaplanabilmektedir, çünkü doğrudan yakıtın yakılmasıyla ilişkili bir gazdır. Yanma sonucunda ortaya çıkan CO₂, kullanılan yakıtın ne kadar verimli yakıldığının da bir göstergesidir. Çünkü CO₂ yanmanın doğal ürünüdür. CO₂ emisyonu, yakıt satış veya tüketim değerlerini kullanılarak birkaç düzeltme yardımıyla kolayca hesaplanabilmektedir. Her ülkenin yakıt tüketim değerleri özellikle ticari araçlar sektöründe bilinmektedir. Bir önemli konu da emisyon faktörleridir. EF, IPCC Kılavuzlarında, önceden hesaplanmış olan ortalama değerlere sahiptir. Ama ulusal envanter aşamasında, o ülke eğer böyle bir imkana sahipse, kendi emisyon faktörlerini

oluşturup bunları kullanması tavsiye edilmektedir. Burada kullanılan Emisyon Faktörleri ve Emisyon hesaplamalarında kullanılan enerji denge ve petrol denge tabloları Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından, 2010 yılında Sekretarya'ya teslim edilen Türkiye Ulusal Sera Gazı Resmi Envanterinden alınmıştır.

4.1. IPCC Tier Yaklaşımları

Emisyonları hesaplama metodları “Tier” şeklinde ifade edilen çeşitli seviyede bölümlere ayrılmıştır. Burada seviyeyi belirleyen faaliyet ve teknoloji detaylarıdır. Tier 1 metodu genel olarak daha az veri içeren basit bir yöntem iken, Tier 3 metodu ise daha karmaşık olan ve uzmanlık gerektiren bir yöntemdir. Genel olarak Tier 1 ve diğer Tier yöntemleri şeklinde de bir ayırım yapmak mümkündür. Çünkü daha yüksek kademe denilebilen Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri temel olarak aynı mantıkla kullanılmaktadır. Kullanılacak kategorileri daha detaylı hale getirdikçe kelime manası da aşama olan yeni bir Tier aşamasına geçiliyor gibi de düşünülebilir

4.1.1. Tier 1 Yaklaşımı (Ulaştırmadan Kaynaklı Karbon Salınımı)

Ulaştırma sektöründen kaynaklanan bütün emisyon değerlerinin hesabı, yakıtın yanması üzerine kurulmuş durumdadır. Bu yöntemde, kullanılan yanma teknolojisi hiç hesaba katılmamaktadır. Basitçe ifade edilirse, top-down denilen yöntemle, eğer x kadar yakıt (ham petrol, kömür, doğal gaz) bir ülkede kullanılıyorsa, bununla orantılı olarak y kadar emisyon çıkacaktır mantığında hesaplama yapılmaktadır. Özellikle CO₂ emisyonu hesabı için bu yöntem iyi bir şekilde düzenlenebilmiştir. CO₂ dışındaki gazlar için basit bir metod geliştirilmiştir. Gerçekte, bu gazların emisyonları için kullanılan yakıt tipi, yanma teknolojisi, çalışma koşulları, kontrol teknolojisi, araç yaşı ve özellikleri gibi veriler kullanılmalıdır. Ancak çoğu ülkenin bu tip detaylı verilere sahip olmadığı gerçeği düşünüldüğünde bu iyileştirmeler yapılmaksızın, yaklaşık bir sonuç vermesi planlanan bir hesaplama yöntemi izlenecektir (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

4.1.1.1. Karbondioksit (CO₂) emisyonları

Karbon dioksit insan faaliyetleri sonucu oluşan en büyük oranlı sera gazıdır. Sanayi devriminden bu yana, sera gazı etkisi göstermek suretiyle radyoaktif ışımaya zorlama diğer bir ifade ile ısı hapsedme özelliğinde %60 artış göstermiştir. CO₂

emisyoununun açığa çıkmasında en büyük faktör fosil yakıtların yakılması işleminde karbonun oksitlenmesidir. Aynı zamanda fosil yakıt yakılması, insan faaliyetleri sonucu oluşan CO₂ emisyonlarından %70-90 oranında pay sahibidir (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

CO₂ emisyonlarının hesabında şu şekilde bir sıra izlenir:

1. Her sektörün yakıt tüketim değerleri belirlenir.
2. Bu yakıt tüketim değerinin enerji içeriği bulunur.
3. Her yakıt grubu için uygun karbon emisyon faktörleri seçilir ve bu değer kullanılarak yakıtın içeriğindeki toplam karbon miktarı bulunur.
4. Yanma sırasında oksitlenmeyen karbon miktarı bulunur ve böylece tamamen yanmaya katılan karbon değerine ulaşılır.
5. Son olarak net karbon değeri, CO₂'in moleküler ağırlığının karbonun moleküler ağırlığına oranı yardımıyla, CO₂ şekline dönüştürülür.

Referans yaklaşımına göre yakıt tüketim değerleri şu denklemlerle bulunmaktadır.

$$\text{Birincil Yakıt Tüketimi} = P_r + I_m - E_x - IB - SC \quad (4.1)$$

$$\text{İkincil Yakıt Tüketimi} = I_m - E_x - IB - SC \quad (4.2)$$

Burada;

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

Birincil yakıtlar, kömür, ham petrol, doğalgaz gibi doğada var oldukları şekliyle kullanılan yakıtlardır. İkincil yakıtlar ise, birincil yakıtlardan üretilen benzin, yağlayıcılar gibi yakıt ürünleridir. Hesaplarda birincil yakıtların üretim değeri kullanılırken, ikincil yakıtların üretim değeri hesaba katılmaz. Çünkü zaten ikincil yakıtlar da birincil yakıtlardan üretildiği için tekrar tüketim değerine katılmaz. Ama ithal edilen ikincil yakıtlar varsa o değerler hesaba katılmalıdır. Birincil yakıtlarda üretim değerini hesaba katarken, ikincil yakıtta da üretim hesaba katılsaydı, aynı değer

iki kere hesaba katılmış olurdu (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

Bu çalışmada daha sonra Bulgular Bölümü'nde anlatılacağı üzere, ilk adımdaki birincil ve ikincil yakıt tüketim yöntemi kullanılmamıştır. Çünkü, bu hesaplamayı yapmak için yeterli veri elde edilememiştir. Bunun yerine resmi makamlardan alınan toplam tüketim değerleri kullanılmıştır. Zaten ulaştırma sektöründe birincil yakıtlar doğrudan kullanılmadığı için, ve işlenmiş şekilde piyasaya sürülen ikincil yakıtlar araçlar tarafından kullanıldığı için hesaplarda resmi makamlardan alınan bu tüketim değerleri ilk adımda hesaplanacak olandan farklı bir sonuç vermeyecektir.

İkinci adımda, yakıt tüketim değerlerini IPCC Kılavuzunda verilen dönüşüm faktörleri ile çarparak, yakıt grubunun enerji içeriği bulunur. İlk adımda kullanılan yakıt tüketim değerleri enerji biriminde verilmişse (TJ) bu adımda işlem yapmaya gerek yoktur. Ama ilk adımda bulunan yakıt tüketim değerleri kütle cinsinden (kg, ton) verilmişse, net kalori değerlerine göre belirlenmiş olan dönüşüm faktörleri (TJ/kt veya TJ/ton gibi) ile çarpılıp, enerji birimi olan TJ değerine geçiş yapılır. Tablo 4.1'de IPCC Kılavuzunda verilmiş ve ülkemiz emisyon hesaplamalarında halen kullanılmakta olan bu net kalori değerlerinden bazıları bulunmaktadır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

Tablo 4.1. Yakıtların net kalori değerleri (dönüşüm faktörleri)

YAKIT	Net Kalori Değerleri (TJ/kt)
Benzin (Otomotiv ve havacılık)	44.80
Jet Yakıtı	44.59
Dizel Yakıt (Motorin)	43.33
Fuel Oil	40.19
LPG	47.31

Sonraki adımda karbon emisyon faktörleri yardımıyla yakıtların karbon içeriği bulunur. IPCC her ülkenin kendi karbon emisyon faktörlerini hesaplamasını önermektedir. Ama, bunu yapma imkanı veya zamanı olmayan ülkeler için bazı ortalama değerler sunmaktadır. Ancak bu çalışmada Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından, 2010 yılında Sekretarya'ya teslim edilen Türkiye Ulusal Sera Gazı Resmi Envanterinden alınan Tablo 4.2' de verilen değerler kullanılacaktır.

Karbon emisyon faktörü ile önceki adımda hesaplanan yakıt tüketim değerini çarparak, karbon emisyonunun miktarı bulunur. Ton karbon cinsinden bulunan emisyon

değerini 1000'e bölerek Gg birimine geçmek mümkün olmaktadır.

Tablo 4.2. Karbon emisyon faktörleri (CEF)

YAKIT	Karbon Emisyon Faktörü (tC/TJ)
Benzin	18,9
Jet Yakıtı	19,5
Dizel Yakıt (Motorin)	20,2
LPG	17,2
Doğal Gaz (Kuru)	15,3

$$\text{Toplam Karbon (Gg C)} = \text{ET (TJ)} \times \text{CEF (t C/TJ)} \times 10^{-3} \quad (4.3)$$

Burada; ET: Enerji tüketimi (TJ biriminde); CEF: Karbon emisyon faktörü (ton karbon/TJ biriminde) ifadeleriyle verilmiştir.

Depo edilen karbon miktarı ulaştırma sektörünün emisyon değerlerinin hesabında gözardı edilecektir. Çünkü, ulaştırma sektöründe kullanılan yakıtlar son yakıt halindedir ve bunların daha sonra başka bir işlemde geçirilip enerji dışı bir uygulamada kullanılması söz konusu değildir. Bu sektörde yakıt tamamen yakılmak ve enerji üretmek için kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışmada bu adım atlanmıştır. Ulaştırma dışındaki uygulamalarda bu adımı da hesaplamak gerekir. Beşinci adım olan oksitlenmeyen karbonun hesabında ise, yine IPCC tarafından önerilen, yakıtların oksitlenme yüzdeleri (diğer bir ifade ile yanma verimi) değerleri kullanılmaktadır. Yanma odasına giren karbonun tamamı oksitlenmez. Bu oksitlenmeden salınan miktar, sıvı yakıtlarda çok düşüktür. Bu adım özellikle katı yakıt kullanılan sektörler için önem taşımaktadır. Sıvı yakıtlarda buradaki kayıp çok azdır. Ama yine de hassas bir hesap için bu adım da uygulanmıştır. IPCC tarafından önerilen değerler, petrol ürünlerinin % 1'lik bir kayıpla yani 0,99 oranında oksitlendiği, gaz halindeki yakıtların ise 0,995 oranında oksitlendiğini belirtmektedir. Üçüncü adımda hesaplanan yakıtın karbon içeriği değerini buradaki oksitlenebilme yüzdesi ile çarparak ne kadarlık karbonun oksitlendiği bulunmaktadır. Son aşamada ise, oksitlenmiş olan karbon değerini, CO₂ değerine dönüştürmek gereklidir. Bunun için CO₂'in molekül ağırlığının karbonun molekül ağırlığına oranı olan 44/12 oranı ile önceki adımda bulunan değer çarpılır. Bu

son aşamada bulunan değer yakıtın yanması sonucu ortaya çıkan CO₂ emisyonu değeridir (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

4.2.2. Detaylı Tier Yaklaşımları (Tier 2 ve Tier 3 Yaklaşımı)

Tier 1 yöntemleriyle, Tier 2 ve 3 arasındaki temel fark, yakıtın kullanıldığı yanma teknolojisi hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirmeden, rahatlıkla elde edilebilen yakıt tüketim veya dağıtım değerlerinin kullanılmasıdır. Tier 2 ve 3 arasındaki farkı belirlemek ise daha zordur, çünkü emisyon hesap işlemlerinin iyileştirilmesi sonucu bir yaklaşımdan diğerine geçilmiştir. Genel olarak Tier 2 yaklaşımıyla, uygun emisyon faktörleri kullanılabilecek şekilde yakıt tüketim gruplarını ayırmak amaçlanmaktadır. Tier 3 aşamasında ise ulaştırma sektöründe yakıt tüketim değerlerinden farklı olarak araçların yaptıkları yol uzunluğu veya ton-km biriminde taşınan yük değeri gibi unsurlar hesaba katılarak, bunlara uygun emisyon faktörleri yardımıyla hesaplama yapılır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

Bu çalışmada karayolları, havayolu ve endüstriyel işletmelerden kaynaklanan CO₂ salınımı hesabı için Tier 2 seviyesinde bir hesaplama yapılmıştır.

Mobil kaynaklarda oluşan emisyonlar, karayolu, demiryolu, havayolu ve denizyolundaki temel ulaştırma faaliyetlerinden faydalanarak hesaplanabilmektedir. Ancak mobil kaynaklarda oluşan emisyonların büyük bir kısmı karayolu ulaşımı (%82) ve ikinci olarak da havayolu ulaşımına (%13) ait olduğu için, emisyon modellerinin geliştirildiği sektörler genellikle kara araçları ve uçaklardır. Diyarbakır İli için ise sadece karayolu ve havayolu hesaplanmıştır.

Mobil kaynaklarda oluşan emisyonların hesabı çeşitli parametrelerin bilinmesini gerektiren karmaşık bir işlemdir. Transport sınıfı, tüketilen yakıt, çalışma karakteristikleri, emisyon kontrol seviyesi ve araç yaşları gibi çeşitli unsurların bilinmesi gereklidir. Genel emisyon hesap modeli şu şekilde ifade edilebilir.

$$\text{Emisyonlar} = \sum (EF_{\text{awc}} \times \text{Aktivite}_{\text{awc}}) \quad (4.4)$$

Buradaki semboller; EF: Emisyon faktörü; Aktivite: Tüketilen enerji miktarı veya verilen mobil kaynağın katettiği yol uzunluğu; a: Yakıt tipi (dizel, benzin, LPG gibi); w: Araç tipi (özel otomobil, hafif dizel, ağır dizel gibi); c: Emisyon kontrol özellikleri şeklinde verilmiştir.

Araçlar öncelikle ulaştırma grubuna göre ayrıldıktan sonra her grup kendi içinde kategorilerine (otomobil, kamyon, otobüs gibi) ve kullandıkları yakıt sınıfına (dizel, benzin, LPG gibi) göre düzenlenir. Eğer mevcutsa emisyon kontrol teknolojilerine göre de daha alt gruplara ayırmak mümkündür. Aktivite değeri olarak araçların aldıkları yol (menzil) göz önüne alınacaksa, her grup için bu değerler belirlenmelidir.

Araçların enerji tüketim ve/veya menzil değerleri de belirlendikten sonra her araç grubunu uygun olan emisyon faktörü ile çarpmak gereklidir. Her grup için ortaya çıkan emisyon değerleri de toplanarak genel toplama ulaşılır.

Bu çalışmada araç özelliklerinin Türkiye'deki taşıt benzerliğinden ötürü Avrupa emisyon yaklaşımı ve Avrupa Birliği tarafından geliştirilmiş olan COPERT modeli ile elde edilen emisyon faktörlerinden yararlanılmıştır.

4.2.2.1 Karayolu için detaylı metod

Türkiye'de bu çapta detaylı bir metod kullanımı için yeterli veri olmamasından dolayı bu çalışmada Avrupa ülkelerinin değerlerinden Türkiye şartlarına uygun olanları seçilmesi gerekir. Ayrıca Diyarbakır İli için her aracın üretim tarihi verilerine ulaşılamadığından hesaplamalar Tier 1 ve Tier 2 seviyesinde yapılmış, Tier 3 hesaplamaları yapılamamıştır.

4.2.2.2 Havayolu için detaylı metod

Havayolu emisyon hesabında kullanılan faaliyet değerleri, sivil ticari kullanımdaki yolcu ve yük taşımacılığı trafiğini kapsamaktadır. Askeri ve özel kullanımlar bu trafiğe dahil değildir. Çalışma koşulları iki şekilde ifade edilir:

1. İniş/Kalkış Faaliyetleri: İngilizce literatür ifadesi ile Landing/Take Off cycle (LTO), 914 m (3000 feet) altında havameydanı civarında gerçekleşen bütün motor çalışır konumdaki, bekleme, yolcu indirme ve bindirme, tırmanma ve iniş aktivitelerini içermektedir. Bu çalışmada bu faaliyet ile ilgili değerlerden “LTO sayısı” şeklinde kısaltılmış olarak bahsedilecektir (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

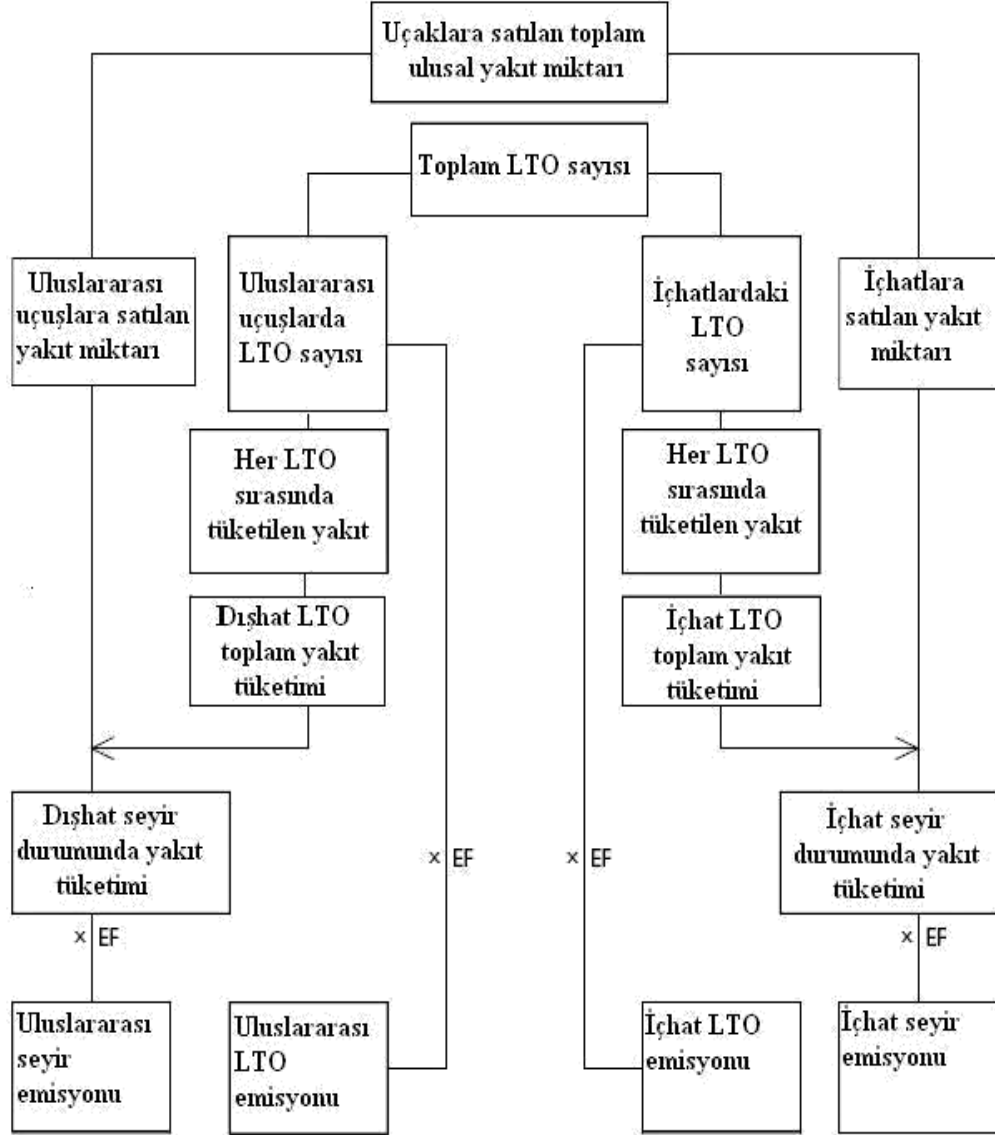
2. Seyir Faaliyetleri: 914 metre üstündeki bütün aktiviteleri içerir (Literatürde “Cruise activity” şeklinde geçmektedir). Bir üst sınırı yoktur. 914 metre üstündeki tırmanma veya iniş aktivitesi de seyir durumundaki aktivitelerdir. Ulusal emisyon envanter hesabında, uluslararası uçuşlar envantere katılmaz. Sadece yurt içi uçuş aktiviteleri hesaba katılır. Uluslararası bir uçuşta, eğer uçak ülkenin bir havaalanından kalkıp, bir diğerinde inip, tekrar havalanırsa ve yurt dışına çıkarsa, ilk yapılan aktivite yurt içi,

ikincisi yurt dışı sayılır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997). LTO emisyon faktörleri, Uluslararası Sivil Havacılık Kurumu (ICAO, International Civil Aviation Organization) veritabanından seçilmiş olan değerlerdir. Emisyon hesaplarında IPCC Kılavuzunda verilen ortalama değerler kullanılmıştır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

Havayolu trafiğinden kaynaklanan emisyonlar, kullanılan yakıt tipine, motorun tipi ve verimine ve uçuşun uzunluğuna bağlıdır. Emisyonlar, uçaklarda yakıt olarak kullanılan jet kerosen ve uçak benzininden kaynaklanmaktadır. IPCC Kılavuzlarında önerilen Tier 2 metodu sadece jet yakıtı kullanan jet uçaklarında geçerlidir. Uçak benzini küçük uçaklarda kullanılmaktadır ve havacılıkta kullanılan tüm yakıtın %1 gibi bir miktarına karşılık gelmektedir. Bu nedenle küresel tüketimde bu kadar az bir orana sahip olan ve özel havacılıktan gelen bu düşük miktar için emisyon faktörleri hesaplanmamıştır. Enerji kullanımı ve bu nedenle oluşan emisyonların miktarı, uçağın çalışma koşullarına ve her kademede (LTO veya seyir durumu) harcadığı zamana bağlıdır.

Ulusal havacılıkta oluşan NO_x miktarının %60-80 kısmı, SO_2 ve CO_2 'nin %80-90'ı 914 metre üstündeki yüksekliklerde oluşmaktadır. CO için bu değer %50, ve VOC için %20-40 civarındadır. Genel olarak bu emisyonların %80-90'lık kısmı 914 metre üstündeki yüksekliklerde oluşmaktadır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

Diyarbakır da uçaklara satılan yakıt miktarı; Diyarbakır İlinden yurtdışına uçuş olmadığından bu yakıtın tamamının yerel uçuşlar için kullanıldığı kabul edilecektir. İç hatlar uçuşlarındaki LTO sayısı, her LTO başına düşen yakıt tüketim değeriyle çarpıldığında LTO sayılarından kaynaklanan yakıt tüketimleri elde edilir. Bu değer iç hatlara satılan yakıt miktarından çıkartılırsa aradaki fark seyir halindeki yakıt tüketimini verecektir. LTO ve seyir sırasında tüketilen yakıt miktarları da bulunmuş olduğu için bu değerler uygun olan emisyon faktörleri ile çarpılırsa her uçağa ait emisyon ve toplam emisyonları bulmak mümkün olmaktadır. (Yöntemin uygulaması sonraki bölümlerde yapılmıştır). Tier 2 yaklaşımıyla uçak emisyonlarının hesabında uygulanan metot Şekil 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.1. Tier 2 yaklaşımıyla uçak emisyonlarının hesabında uygulanan metod

Emisyon faktörleri değerleri 2006 IPCC Kılavuzunda bulunan değerlerden seçilerek hesaplamalar yapılmıştır. 2006 IPCC Klavuzuna göre emisyon faktörleri Tablo 4.4’ de verildiği gibidir (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

Tablo 4.3. Uçak tiplerine göre LTO emisyon faktörleri ve menzilleri (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

LTO Uçak Tiplerine göre Emisyon Faktörleri ve Harcanan Yakıt Miktarları								
Uçak Tipleri	LTO Emisyon Faktörleri (kg/ LTO)							LTO Yakıt Mikt. (kg/LTO)
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	
A300	5450	0.12	0.2	25.86	14.8	1.12	1.72	1720
A310	4760	0.63	0.2	19.46	28.3	5.67	1.51	1510
A319	2310	0.06	0.1	8.73	6.4	0.54	0.73	730
A320	2440	0.06	0.1	9.01	6.2	0.51	0.77	770
A321	3020	0.14	0.1	16.72	7.6	1.27	0.96	960
A330	7050	0.13	0.2	35.57	16.2	1.15	2.23	2230
A340-300	6380	0.39	0.2	34.81	25.2	3.51	2.02	2020
A340-500/600	10660	0.01	0.3	64.45	15.3	0.13	3.37	3370
B707	5890	9.75	0.2	10.96	92.4	87.71	1.86	1860
B717	2140	0.01	0.1	6.68	6.8	0.05	0.68	680
B727-100	3970	0.69	0.1	9.23	24.4	6.25	1.26	1260
B737-100/200	2740	0.45	0.1	6.74	16.0	4.06	0.87	870
B737-300-400-500	2480	0.08	0.1	7.19	13.0	0.75	0.78	780
B737-600	2280	0.10	0.1	7.66	8.7	0.91	0.72	720
B737-700	2460	0.09	0.1	9.12	8.00	0.78	0.78	780
B737-800/900	2780	0.07	0.1	12.30	7.07	0.65	0.88	880
B747-100	10140	4.84	0.3	49.17	114.6	43.59	3.21	3210
B757-200	11370	1.82	0.4	49.52	79.8	16.41	3.60	3600
DC-9	2650	0.46	0.1	6.16	16.3	4.17	0.84	840
L1011	7300	7.40	0.2	31.64	103.3	66.56	2.31	2310

5. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada Bölüm 3’ de detaylı olarak anlatılan veriler kullanılmıştır. Buna göre;

*Diyarbakır İli’ nin 2011-2013 yıllarında aylara bağlı olarak hava kirliliği verileri

*Diyarbakır İli’ ne kayıtlı araçların yakıt durumu verileri

*Diyarbakır İli’ ne kayıtlı araç sayıları verilerinden faydalanılmıştır.

Ayrıca bu tez çalışması IPCC kılavuzunda belirtilen 3 ayrı hesap yöntemini öngörmektedir.

Tier 1 Yöntemi: Ulusal enerji istatistiklerinden yakılan yakıt türüne göre yakıt miktarı ve sadece varsayılan emisyon faktörleri ile yapılan hesaplamalar,

Tier 2 Yöntemi: 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 hesaplamalar,

Tier 3 Yöntemi: 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 3 yönteminin daha ayrıntılı bilgiye ihtiyaç duyması ve istenilen dokümanlara ulaşılamaması nedeniyle bu çalışma da sadece Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımı kullanılmıştır.

6. BULGULAR VE SONUÇLAR

6.1. Tier I Yaklaşımı ile Emisyon Hesaplama

Diyarbakır İli üç yıllık emisyon envanteri çalışmasında, verilerin elde edilebilmesi kaydıyla, 2010-2012 yılları arasında hesaplamalar yapılmıştır. Burada belirleyici olan faktör, temel verilerin resmi makamlardan alınabilmesidir.

6.1.1. CO₂ Emisyonu Hesaplanması

Tier 1 metodu ile emisyon hesaplamalarında 4. bölümde anlatılmış olan yöntemler izlenmiştir. İlk aşamada Diyarbakır' ın tüm ulaştırma sektörlerindeki yakıt tüketim değerleri belirlenmektedir. Burada yakıt tüketim değerleri Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan alınan dökümanlardan elde edilmiştir. (Tablo 6.1)

Tablo 6.1. Diyarbakır ili 2010-2012 Yılları arasında her sektörün yakıt kullanımı (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

YIL	KARAYOLU (L)			HAVAYOLU (L)	
	Benzin	Motorin	LPG	Jet Yakıtı	Benzin
2012	8823582	130613999	44434768	18948750	0
2011	10024709	121021831	38550377	23256938	0
2010	10401628	112358617	36133952	19276356	0

Yakıt tiplerine göre tüketim değerleri (ton biriminde) her sektör için belirlendikten sonra, uygun olan dönüşüm faktörü ile çarpılır. Bu dönüşüm faktörleri daha önce Tablo 4.1' de verilen ve net kalori değerlerine göre belirlenmiş olan TJ/kt birimindeki değerlerdir. Böylece tüketilen yakıtın enerji içeriğine veya enerji tüketimi birimine (TJ) geçilmiş olur.

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = \text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/kt]} \quad (6.1)$$

Bir sonraki adımda Tablo 4.2'de verilmiş olan karbon emisyon faktörleri yardımıyla, tüketilen yakıtın karbon içeriği bulunur. Burada uygun olan karbon emisyon faktörleri seçilip (TJ enerji birimi başına ton karbon içeriği), Denklem 6.1'de bulunan enerji tüketimi değeri ile çarpılıp, yakıtın karbon içeriği bulunur. Ardından bu değer

10^{-3} ile çarpılarak IPCC tarafından kullanılan Gg (gigagram) birimine geçilir.

$$\text{Karbon İçeriği [t C]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [t C/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]} \quad (6.2)$$

$$\text{Karbon İçeriği [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [t C]} \times 10^{-3} \quad (6.3)$$

Dördüncü adımda, oksitlenen karbon yüzdesi (oksitlenme oranı) değerleri yardımıyla, ne kadar karbonun yanma sırasında oksidasyona uğradığı hesaplanır. Petrol ürünlerinde, sıvı yakıtlar 0,99 gaz yakıtlarda ise 0,995 oranında oksitlenmektedir. (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [Gg C]} \times \text{Karbon Oksitlenme Oranı} \quad (6.4)$$

Son olarak CO₂ emisyonunu bulmak için, CO₂ ve karbonun mol ağırlıklarının oranından yararlanılır. CO₂'in mol ağırlığı 44, karbonun mol ağırlığı 12 olduğu için, Denklem 6.4 ile bulunan karbon emisyonu değeri 44/12 oranı ile çarpılarak gerçek CO₂ emisyonu değeri elde edilir.

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu [Gg CO}_2\text{]} = \text{Karbon Emisyonu [Gg C]} \times (44/12) \quad (6.5)$$

Tablo 4.1'de verilmiş olan üç yıllık ulaştırma sektörüne ait olan yakıt tüketim değerlerinden, bu yöntemler yardımıyla, ne kadar emisyon salınacağı bulunmaktadır. Örneğin 2012 yılında karayolunda benzin tüketimi sonucunda açığa çıkan CO₂ emisyonu hesabı şu şekildedir:

$$\text{Yakıt Tüketimi}_{\text{Karayolu 2012}} = 8.823.582 \text{ (L benzin)} = 8,8235 \text{ kt}$$

$$\text{Dönüşüm Faktörü} = 44.80 \text{ TJ/kt}$$

$$\text{Enerji Tüketimi} = 8,8235 \times 44.80 = 395,3 \text{ TJ}$$

$$\text{Benzinin Karbon Emisyon Faktörü} = 18.9 \text{ t C/TJ}$$

$$\text{Karbon İçeriği} = 395,3 \times 18.9 = 7471,1 \text{ t C}$$

$$\text{Karbon İçeriği} = 7471,1 \times 10^{-3} = 7,47 \text{ Gg C}$$

$$\text{Benzinin Karbon Oksitlenme Oranı} = 0.99$$

$$\text{Gerçek Karbon Emisyonu} = 7,47 \times 0.99 = 7,39 \text{ Gg C}$$

$$\text{Karbondioksit Emisyonu} = 7,39 \times 44/12 = 27,120 \text{ Gg CO}_2$$

Bu şekilde yapılan hesap ile 2012 yılında, karayollarında tüketilen 8.823.582 lt benzin, 27,12 Gg CO₂ emisyonu vermektedir. Bu da 0,27 milyon ton CO₂ emisyonuna eşittir. Tablo 6.2’de 2012 yılına ait bütün ulaştırma sektörünün hesabı görülmektedir. Diğer yılların hesabı da bu yöntemle aynı şekilde yapılmaktadır. Tablo 6.1’deki değerler her yıl için Tablo 6.2’deki gibi kullanılarak sonuç emisyonlarına ulaşılır. Bu hesaplamalarla oluşan değerler Tablo 6.3’te verilmiştir.

6.2. Detaylı Tier (Tier II ve III) Yaklaşımları İle Ulaştırma Sektörü Emisyonlarının Hesaplamaları

Tier 1 yöntemiyle, detaylı Tier yöntemleri (Tier 2 ve 3) arasındaki temel fark, yakıtın kullanıldığı yanma teknolojisi hakkında bilgi sahibi olmaya gerek duyulmamasıdır. Detaylı metodlar olan Tier 2 ve 3 arasındaki farkı belirlemek ise daha zordur, çünkü emisyon hesap işlemlerinin adım adım iyileştirilmesi sonucu bir yaklaşımdan diğerine geçilmiştir. Genel olarak Tier 2 yaklaşımıyla, yakıt tüketim grupları ayrılmakta ve bunlara uygun olan emisyon faktörleri kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır. Tier 3 aşamasında ise yakıt tüketim değerlerinden farklı olarak araçların aldıkları yol uzunluğu veya ton-km biriminde taşınan yük değeri gibi unsurlar hesaba katılarak, bunlara uygun emisyon faktörleri yardımıyla hesap yapılır. Özellikle bu aşamada araçların kullandıkları emisyon teknolojisi de hesaba katılmaktadır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

Bu çalışmada, daha önce de belirtildiği üzere, kullanılan yöntem karayolları ve Havayolları için Tier 2 seviyesinde bir hesaplama yapılmıştır.

Tablo 6.2. 2012 yılına ait ulaşım emisyon hesap tablosu

2012	Adım 1	Adım 2		Adım 3			Adım 4		Adım 5
Ulaştırma Grubu	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Yakıt	Dönüşüm	Enerji	Karbon	Karbon	Karbon	Oksitlenen	Gerçek Karbon	Gerçek CO ₂
	Tüketimi	Faktörü	Tüketimi	Emisyon	İçeriği	İçeriği	Karbon	Emisyonu	Emisyonu
	(lt)	(TJ/kt)	(TJ) C=AxBx10 ⁻³	(t C/TJ)	(t C) E=CxD	(Gg C) F=Ex10 ⁻³	% Yüzdesi	(Gg C) H=GxF	(Gg CO ₂) I=[Hx(44/12)]
Ulusal Havacılık									
Uçak Benzini	0	44.80	0	18.9	0	0	0.99	0	0
Jet Yakıtı	18948750	44.59	842,7	19.5	16433,6	16,4	0.99	16,2	59,4
		Aratoplam	842,7					Aratoplam	59,4
Karayolu									
LPG	44434768	47.31	2100,56	17.2	36129,7	36,13	0.995	35,94	131,78
Benzin	8823582	44.80	395,3	18.9	7471,1	7,47	0.99	7,39	27,12
Dizel	130613999	43.33	5659,28	20.2	113303,41	113,3	0.99	112,17	411,3
		Aratoplam	8155,14					Aratoplam	570,2
Toplam			8997,84	Toplam Ulaştırma Emisyonu					629,6

Tablo 6.3. Ulaştırma sektöründen kaynaklanan CO₂ emisyonları (kt)

Yıl	Karayolu	Havayolu	Toplam CO ₂
2012	570,2	59,4	629,6
2011	526,3	73,3	599,6
2010	492,97	60,6	553,57

6.2.1. Karayolu Detaylı Metod

Karayollarından kaynaklanan emisyonların detaylı metod ile hesaplanmasında kullanılan veriler resmi makamlardan alınmaktadır. Bunun için gerekli olan veriler, Türkiye İstatistik Kurumu tarafından yayınlanan raporlardan, elde edilmektedir (TÜİK; Diyarbakır İl Emniyet Müdürlüğü 2012).

CO₂ emisyonları yakıt tüketim miktarlarına ve yakıtın karbon içeriğine bağlı olarak belirlenmektedir. Ancak CH₄, N₂O, NO_x, CO ve NMVOC emisyonları, taşıt özelliklerine (motor tipi, boyutları, emisyon kontrol teknolojisi vb), yakıt cinsi ve özelliklerine (benzin, diesel yakıtı, LPG vb), trafik akımına ve arazi şartlarına bağlı araç seyir koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu nedenle IPCC İkinci Yaklaşım yöntemi kullanılmıştır Diyarbakır İli' nde trafiğe kayıtlı araç sayıları Tablo 6.4'de verilmiştir.

Tablo 6.4. Diyarbakır İli Trafiğe kayıtlı olan araç sayıları (TÜİK).

YIL	Otomobil			Kamyon	Kamyonet	Minibüs	Otobüs	Motosiklet
	Dizel	Benzin	LPG	Dizel	Dizel	Dizel	Dizel	Benzin
2012	13800	20698	11932	6471	20252	6228	1236	8022
2011	12439	19951	10462	5934	19087	5978	1128	7169
2010	10965	18723	9937	5483	18412	5623	1069	6953

Araç sayılarının elde edilmesinden sonra, her araç grubunun 100 km'deki yakıt tüketimleri belirlenmelidir. Bunun için IPCC Kılavuzunda verilmiş olan araç gruplarından seçim yapılır (IPCC/UNEP/OECD/IEA; 1997-2006).

Bu şekilde emisyon standartlarının belirlenmesinden sonra IPCC Kılavuzunda

verilmiş olan araç gruplarında Türkiye için uygun olduğu belirlenen yakıt tüketim değerleri Tablo 6.5’de verilmiştir.

Tablo 6.5. Araçların 100 km’deki yakıt tüketimleri (litre/100 km)

YIL	Otomobil			Kamyon	Kamyonet	Minibüs	Otobüs	Motosiklet
	Benzil	Dizel	LPG					
2013	8.50	7.30	11.2	29.90	10.90	10.90	29.90	4.00
2012	8.50	7.30	11.2	29.90	10.90	10.90	29.90	4.00
2011	8.50	7.30	11.2	29.90	10.90	10.90	29.90	4.00
2010	8.30	7.30	11.2	29.90	10.90	10.90	29.90	4.00
2000	8.30	7.30	11.2	29.90	10.90	10.90	29.90	4.00

Tablo 6.5’ deki gibi taşıtların 100 km de tükettikleri yakıtların belirlenmesinden sonra, her taşıt grubunun bir yılda gittiği mesafeyi belirlemek gereklidir. Bu değer için kesin bir kaynak bulunmamakla beraber, daha önce kullanılan Türkiye’deki toplam yakıt tüketim değerleri ile bir yakıt dengesi sağlayacak şekilde, araç sayısı ve 100 km’deki ortalama yakıt tüketimleri yardımıyla, araçların yıllık menzillerini ortalama olarak elde etmek mümkün olmaktadır. Bu yaklaşıma göre elde edilen ortalama yıllık menziller Tablo 6.6’ da verilmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2012).

Tablo 6.6. Araçların ortalama yıllık menzilleri (km)

YIL	Otomobil			Kamyon	Kamyonet	Minibüs	Otobüs	Motosiklet
	Benzin	Dizel	LPG					
2012	4800	4800	33250	19000	18400	24750	85500	1180
2011	5700	5700	32900	19800	17600	24100	84200	1250
2010	6300	6300	32467	19500	17000	23750	83450	1350
2009	6500	6500	31050	19268	16000	22500	77500	1450
2004	9400	9400	19230	18000	11800	12400	51000	1750
2000	12400	12400	28200	22500	11700	12600	53500	2250
1990	18400	18400	0	44000	22500	22500	89000	3000

Bu temel veriler elde edildikten sonra emisyonların hesabında yukarıdaki yöntem izlenerek, 2012 Benzinli otomobillerden kaynaklanan CO₂ emisyonunun hesabı 4. Bölümde anlatılan formüller kullanılarak şu şekilde yapılır.

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = \text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/kt]} \quad (6.1)$$

$$\text{Karbon İçeriği [t C]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [t C/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]} \quad (6.2)$$

$$\text{Karbon İçeriği [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [t C]} \times 10^{-3} \quad (6.3)$$

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [Gg C]} \times \text{Karbon Oksitlenme Oranı} \quad (6.4)$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu [Gg CO}_2 \text{]} = \text{Karbon Emisyonu [Gg C]} \times (44/12) \quad (6.5)$$

$$\text{Otomobil}_{\text{benzin}} \text{ Yakıt Tüketimi}_{2012} = 8444,784 \text{ t} \times 10^{-3} = 8,44$$

$$\text{Dönüşüm Faktörü} = 44.80 \text{ TJ/kt}$$

$$\text{Enerji Tüketimi} = 8,44 \times 44.80 = 376,32 \text{ TJ}$$

$$\text{Benzinin Karbon Emisyon Faktörü} = 18.9 \text{ t C/TJ}$$

$$\text{Karbon İçeriği} = 376,32 \times 18.9 = 7112,4 \text{ t C}$$

$$\text{Karbon İçeriği} = 7112,4 \times 10^{-3} = 7,1 \text{ Gg C}$$

$$\text{Benzinin Karbon Oksitlenme Oranı} = 0.99$$

$$\text{Gerçek Karbon Emisyonu} = 7,1 \times 0.99 = 7,04 \text{ Gg C}$$

$$\text{Karbondioksit Emisyonu} = 7,04 \times 44/12 = 25,8 \text{ Gg CO}_2$$

olarak diğer hesaplamaların yapıldığı CO₂ emisyonlarının araç gruplarına göre dağılımı aşağıdaki Tablo 6.7’de verilmiştir.

Tablo 6.7. Karayollarından kaynaklanan CO₂ emisyonlarının araç gruplarına göre dağılımı (kt)

YIL	Otomobil			Kamyon	Kamyonet	Minibüs	Otobüs	Motosiklet
	Benzin	Dizel	LPG	Dizel	Dizel	Dizel	Dizel	Benzin
2012	25,8	15,2	131,78	115,75	127,87	52,9	99,5	1,16
2011	29,5	16,05	114,4	110,5	115,2	49,4	89,4	1,10
2010	30,79	15,8	107,27	100,6	107,37	45,65	83,7	1,13

Karayollarında açığa çıkan CO₂ emisyonları Tablo 6.7’de görülmektedir. Yapılan hesaplamalara göre CO₂ emisyonlarında en büyük payın kamyonetlere ait olduğu bulunmuştur. Hesaplamalarda kamyon ve kamyonetlerin tamamının dizel oldukları göz önüne alınmıştır. 2012 yılında CO₂ emisyonları içinde, kamyonlar % 21 paya sahipken, benzinli otomobiller % 4,5 paya sahiptir. Otomobillerin tamamına bakıldığında ise (benzin, LPG ve dizel toplamı) toplam karayolu CO₂ emisyonları içinde % 30 oranında bir payı bulunmaktadır.

6.2.2. Havayolu Detaylı Metod

Yurtiçi havacılıkta toplan yakıt tüketimi ; LTO (landing-take off) ve Cruise olmak üzere iki aşamada değerlendirilmektedir. Her uçak tipi için Emisyon Faktörleri kullanılarak LTO ve Cruise kaynaklı emisyonlar hesaplanmaktadır.

Havayolu ulaşımından kaynaklanan emisyonların hesabında, 1996 ve 2006 IPCC Kılavuzunda önerilen metodlar kullanılmaktadır. Metodolojiyle ilgili konular üçüncü bölümde anlatılmaktadır. Bu hesaplamalar yapılırken en çok kullanılan iki ifade şu şekilde tanımlanır;

1. **İniş/Kalkış Faaliyetleri:** İngilizce literatür ifadesi ile Landing/Take Off cycle (LTO), 914 m (3000 feet) altında havameydanı civarında gerçekleşen bütün motor çalışır konumdaki, bekleme, yolcu indirme ve bindirme, tırmanma ve iniş aktivitelerini içermektedir. Bu faaliyet ile ilgili değerler “LTO sayısı” şeklinde kısaltılmış olarak ifade edilmektedir.
2. **Seyir Faaliyetleri:** 914 metre üstündeki bütün aktiviteleri içerir (Literatürde “Cruise activity” şeklinde geçmektedir). Bir üst sınırı yoktur. 914 metre üstündeki tırmanma veya iniş aktivitesi de seyir durumundaki aktivitelerdir.

Uçaklardan kaynaklanan emisyonların hesabında daha önce anlatılmış olan Şekil 4.1’de gösterilen metod kullanılmaktadır. Öncelikle Diyarbakır’ da uçaklara satılan yakıt miktarı belirlenmelidir. Bu değerler Diyarbakır Devlet Hava Meydanları Yakıt Tüketim Raporları’ ndan elde edilmiştir (Diyarbakır Devlet Hava Meydanları, 2013; Ankara Devlet Hava Meydanları, 2012).Yurt içi uçuşlarda tüketilen jet yakıtı miktarı ve oluşan CO₂ miktarı Tablo 6.8’de verilmiştir.

Bir diğer hesaplamada Diyarbakır uçuşlarında kullanılan uçak modellerine göre hava

trafiğinin dağılımı ile ilgili bilgilerin belirlenmesi gereklidir. Bu değerler de Diyarbakır Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan raporlardan elde edilmiştir (Diyarbakır Devlet Hava Meydanları, 2013; Ankara Devlet Hava Meydanları, 2012).

Tablo 6.8 Yurt içi uçuşlarda tüketilen jet yakıtı ve oluşan CO₂ miktarı

Yıl	Tüketilen jet yakıtı (ton)	Oluşan CO ₂ miktarı (kt)
2012	18.948,750	59,4
2011	23.256,94	73,3
2010	19.276,356	60,6

Her uçağın LTO sayıları DHMİ raporlarında bulunmaktadır. Uçakların LTO sayılarının belirlenmesinden sonra, Şekil 4.2 de verilen 2006 IPCC Kılavuzu'ndaki uçak yakıt tüketimleri ve emisyon faktörleri yardımıyla hesaplama yapılmaktadır.

Hesaplama ile ilgili bir örnek Diyarbakır DHM ye yüksek oranda Boeing 737-800 numaralı uçak seferinden dolayı B737-800 ile gösterilmiştir. 2011 yılı için B737 numaralı uçakların LTO sayıları 11538'dir. 2006 IPCC Kılavuzunda, B737-800 için LTO başına düşen yakıt tüketimi 880 kg/LTO olarak verilmiştir. Bu uçağın yaptığı tüm LTO'larda tükettiği yakıt

$$\text{LTO Yakıt Tüketimi} = \text{LTO Sayısı} \times \text{LTO Başına Yakıt Tüketim} \quad (6.5)$$

$$\text{LTO Yakıt Tüketimi}_{B737} = 11538 \times 880 \times 10^{-3}$$

$$\text{LTO Yakıt Tüketimi}_{B737} = 10153,44 \text{ ton}$$

Böylece B737-800 uçağının 11538 adet LTO ile 2011 yılında 10153,44 ton yakıt tükettiği anlaşılmaktadır. Bu şekilde 2011 yılında Diyarbakır' a uçuş yapmış olan bütün uçakların LTO sayıları ve LTO başına yakıt tüketimleri çarpılarak, her uçağın 2011 yılında LTO sırasında tükettiği yakıtlar bulunur. Bu değerler de alt alta toplanırsa, 2011 yılında bütün iç hat uçaklarının LTO sırasında tükettiği yakıt miktarı bulunmuş olur.

Seyir sırasında 914 m üzerinde CO₂ emisyonu olduğundan, yurt içi genel bir hesaplama yapılmış olsaydı; seyir sırasında oluşacak CO₂ de hesaba katılacaktı. Ancak hesaplanacak olan Seyir faktörü Diyarbakır için göz ardı edilecektir.

Toplam LTO: Bütün uçakların LTO sayılarının toplamı şeklinde ifade edilmektedir.

2011 senesinde Diyarbakır uçuşlarındaki toplam LTO sayısı 13735'dir.

Bundan sonraki aşamada emisyonların hesabı için yapılması gereken tek işlem yakıt tüketim değerleri ile emisyon faktörlerinin çarpılmasıdır. 2006 IPCC Kılavuzunda bazı uçakların emisyon faktörleri verilmiştir.

LTO sırasında açığa çıkan emisyonları bulmak için, her uçak tipine göre, kg/LTO biriminde verilmiş olan emisyon faktörleri ile her uçağın LTO sayıları çarpılır. Toplam LTO sırasında oluşan CO₂ bulunmuş olur.

$$\text{LTO Emisyonu} = \text{LTO sayısı} \times \text{EF}_{\text{LTO}} \quad (6.6)$$

$$\text{B737 LTO CO}_2 \text{ Emisyonu} = 10153,44 \times 2780 \text{ kg/LTO} \times 10^{-3}$$

$$\text{B737LTO CO}_2 \text{ Emisyonu} = 28226,5 \text{ ton}$$

Böylece B737 uçağının Diyarbakır uçuşlarda 2011 yılında oluşturduğu CO₂ emisyonları bulunmuş olur. Toplam emisyonların örnek hesabı Tablo 6.9'da 2010 yılı Tier 2 havayolu yakıt tüketim hesabı Tablo 6.10' da, 2009 yılı Tier 2 havayolu yakıt tüketim hesabı ise Tablo 6.11' de görülmektedir. Yıllara göre Diyarbakır İli havayolu yakıt tüketim hesabı (Tier 2) Tablo 6.12' de verilmiştir.

Tablo 6.9. 2011 yılı Tier 2 havayolu yakıt tüketim hesabı

	A	B	C	D	E	F
Uçak Tipi	Her uçağın LTO sayısı	LTO başına yakıt tüketimi	LTO yakıt tüketimi	LTO emisyon faktörü	LTO Sırasında oluşan CO ₂	LTO Sırasında oluşan CO ₂
		t/LTO	t	kg/LTO	T	Kt
			C=AxB		H=DXC/1000 F=E/1000	
A320	275	0.77	211,75	2420	513	0,5
A321	1922	0.96	1845,12	3020	5572	5,5
B737	11538	0.88	10153,44	2780	28226,5	28
Toplam	13735	Toplam	12210,31		34311,5	34

Tablo 6.10. 2010 yılı Tier 2 havayolu yakıt tüketim hesabı

	A	B	C	D	E	F
Uçak Tipi	Her uçanın LTO sayısı	LTO başına yakıt tüketimi	LTO yakıt tüketimi	LTO emisyon faktörü	LTO Sırasında oluşan CO ₂	LTO Sırasında oluşan CO ₂
	t/LTO	t	kg/LTO	T	Kt	
			C=AxB		H=DxC/1000	F=E/1000
A320	224	0.77	172,48	2420	418,6	0,4
A321	1568	0.96	1505,28	3020	4546	4,5
B737	9404	0.88	8275,5	2780	23007	23
Toplam	11196	Toplam	9953,28		27971,6	27,9

Tablo 6.11. 2009 yılı Tier 2 havayolu yakıt tüketim hesabı

	A	B	C	D	E	F
Uçak Tipi	Her uçanın LTO sayısı	LTO başına yakıt tüketimi	LTO yakıt tüketimi	LTO emisyon faktörü	LTO Sırasında oluşan CO ₂	LTO Sırasında oluşan CO ₂
	t/LTO	t	kg/LTO	T	Kt	
			C=AxB		H=DxC/1000	F=E/1000
A320	176	0.77	135,52	2420	329,1	0,32
A321	1228	0.96	1178,88	3020	3560,5	3,6
B737	7370	0.88	6485,6	2780	18031	18
Toplam	8774	Toplam	7800		21920,6	21,92

Tablo 6.12. Yıllara göre Diyarbakır İli havayolu yakıt tüketim hesabı (Tier 2)

Yıl	Toplam Uçak Sayısı	LTO sırasında oluşan toplam CO ₂ (kt)
2011	13735	34
2010	11196	27,9
2009	8774	21,92

Yakıt tüketimlerinin artmasıyla orantılı olarak CO₂ emisyonlarının arttığı Tablolardan anlaşılabilmektedir. Ancak bu artış 2011 yılı için 115,2 kt olan dizel kamyonetlerden kaynaklı CO₂ salınımının yanında oldukça küçük kalmaktadır.

6.3. Endüstriyel Kuruluşların Tier 2 Hesapları

Diyarbakır İlinde bulunan ve Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü'nden alınan Endüstriyel Tesislerinin emisyon raporlarında bulunan hesap ve bilgiler baz alınarak sera gazı (CO₂) salınımlarının 2012 yılı için hesaplaması yapılmıştır. Tesislerin yakıt tüketimleri büyük oranda motorin, kömür, fuel oil olduğundan Emisyon Raporlarında bulunan aşağıdaki hesaplama yöntemine göre hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplama Tier 2 olarak kabul edilebilir.

Tesis de kullanılan yakıta göre sera gazı bileşenlerinin miktarının hesaplanması aşağıdaki formülle tespit edilir ve kullanılan yıllık yakıt miktarına göre sonuç elde edilir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İklim Değişikliği Şubesi, 2012).

$$Q = H_u \cdot E_F \cdot C_{OF} \cdot M_Q / M_C \quad (6.9)$$

Q=Sera gazının yıllık emisyon miktarı

H_u=Kullanılan yakıtın alt ısı değeri

E_F= Kullanılan yakıta göre emisyon faktörü

C_{OF}=Karbonun oksidasyon miktarı

M_Q= Hesaplanan sera gazı bileşeninin moleküler yapısı

M_C=Karbonun moleküler kütlesi

Not: H_U Hesaplanırken 1 kcal =4180 Joule(J) , terajoule(Tj)=10¹²joule birim dönüştürücüler kullanılır.

E_F değerleri, Tablo 6.13’ de belirtilen C_{OF} değerleri, M_Q/M_C değerleri: Emisyon hesaplamalarında kullanılan enerji denge ve petrol denge tabloları Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından, 2010 yılında Sekretarya’ya teslim edilen Türkiye Ulusal Sera Gazı Resmi Envanterinden alınmıştır.

Tablo 6.13. Emisyon ve Dönüşüm Faktörleri (CO_2 için)

CO ₂ Emisyonu	CO ₂ EF		
	tC/TJ	Oksidasyon Miktarı (C_{OF})	C-CO ₂ M_Q/M_C
Taşkömürü (Antrasit.)	25,8	0,98	3,6667
Linyit	27,6	0,98	3,6667
Asfalt	25,8	0,98	3,6667
İkinci Yakıt Kömür	25,8	0,98	3,6667
Petrol Kok	25,8	0,98	3,6667
Doğalgaz	15,3	0,995	3,6667
Petrol	20	0,99	3,6667
Fuel-Oil (Kalıntı Akaryakıt)	21,1	0,99	3,6667
Gaz / Motorin	20,2	0,99	3,6667
Benzin	18,9	0,99	3,6667
LPG	17,2	0,99	3,6667
Rafineri Gaz	20	0,99	3,6667
Jet Gazyağı.	19,5	0,99	3,6667
Nafta	20	0,99	3,6667

Aşağıda birkaç farklı yakıt kullanan tesisler için örnek verilmiş diğerlerindeki hesaplamalar aynı yolla yapılmıştır. (TÜİK, 2013; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yayınları, İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Kalkınma, 2013).

Gül Hazır Beton İnş Emlak San Ve Tic Ltd Şti.: Ergani Yolu 7. km İpragaz Dolum Tesisi karşısı, Diyarbakır adresinde faaliyet göstermektedir. İşletmede üretime ait yakma kazanı yoktur. Ancak tesiste elektrik kesintisi olduğu durumlarda elektrik ihtiyacını karşılamak üzere jeneratör bulunmaktadır. Tesis yetkilisinin beyanına göre jeneratörde yıllık ortalama 1,5 ton motorin kullanılmıştır. Buna göre seragazı hesaplaması şöyledir:

Motorin $H_u=10200 \text{ kcal}=42636000 \text{ J}=0,00004263 \text{ T}_j$

Yakıt	Seragazı	H_u Terajoule/Slt	E_F (Tc/Tj)	C_{OF}	M_Q (Kmol-Gr)	M_C (Kmol-Gr)	Q ton/yıl
Motorin	CO ₂	0,00004263	20,02	0,99	44	12	0,0031

Sera Gazı = $0,0031 \times 1,5=0,0046 \text{ ton/yıl}$

İnci Toprak San. Ltd. Şti.: Bağıvar Köyü 6. km Diyarbakır adresinde faaliyet göstermektedir. İşletmede üretime ait yakma kazanında yıllık ortalama tesis yetkilisinin beyanına göre 4700 ton linyit kömür kullanılmıştır. Buna göre sera gazı hesaplaması şöyledir:

linyit kömür $H_u=3000 \text{ kcal}=12540000 \text{ J}=0,00001254 \text{ T}_j$

Yakıt	Sera gazı	H_u Terajoule/Slt	E_F (Tc/Tj)	C_{OF}	M_Q (Kmol-Gr)	M_C (Kmol-Gr)	Q ton/yıl
Linyit Kömür	CO ₂	0,00001254	27,6	0,99	44	12	0.0012

Sera Gazı = $0,0012 \times 4700=5,9 \text{ ton/yıl}$

Yeni Halis Teks. Ürn. Gıda San. Tic. A. Ş.: Organize San Bölgesi Cad:5 No:7 1. Etap Diyarbakır adresinde faaliyet göstermektedir. İşletmede üretime ait yakma kazanında yıllık ortalama tesis yetkilisinin beyanına göre 75 ton fuel-oil kullanılmıştır. Buna göre sera gazı hesaplaması şöyledir:

fuel-oil $H_u=9600 \text{ kcal}=40128000 \text{ J}=0,00004013 \text{ T}_j$

Yakıt	Sera gazı	H_u Terajoule/Slt	E_F (Tc/Tj)	C_{OF}	M_Q (Kmol-Gr)	M_C (Kmol-Gr)	Q ton/yıl
Fuel-oil	CO ₂	0,00004013	21,1	0,99	44	12	0.0030

Sera Gazı = $0,0030 \times 75 = 0,225$ ton/yıl

Öz Dicle Toprak San. Ltd. Şti.: Eski Mardin Yolu 4. km Diyarbakır adresinde faaliyet göstermektedir. İşletmede 4961 ton kömür kullanılmaktadır.

Kömür $H_u = 4582 \text{ kcal} = 19152760 \text{ J} = 0,000019153 \text{ Tj}$

Yakıt	Seragazı	H_u Terajoule/Slr	E_F (Tc/Tj)	C_{OF}	M_Q (Kmol-Gr)	M_C (Kmol-Gr)	Q ton/yıl
Kömür	CO ₂	0,000019153	25,8	0,98	44	12	0.0018

Sera Gazı = $0,0018 \times 4961 = 8,93$ ton/yıl

Bu şekilde yapılan hesaplamalarla Diyarbakır İli için Nisan 2013 tarihi itibariyle Çevre İzni almış 83 tesiste yapılan inceleme ve hesaplamalar sonucu Endüstriyel Tesisler için CO₂ salınımı toplamı Tablo 6.14' de görüldüğü gibidir.

Tablo 6.14. Diyarbakır İli Endüstriyel İşletmelerden kaynaklı CO₂ salınımı

	Motorin	Fuel Oil	Kömür	LNG	Toplam
Tesis Sayısı	33	10	19	9	71
CO ₂ salınımı (t/yıl)	1.21	2.94	602.63	462,23	1069,01

6.4. Nüfusa Göre Karbon Ayak İzi Hesabı

Karbon Ayak İzi; birim karbondioksit cinsinden ölçülen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın ölçüsüdür. Karbon ayak izi iki ana parçadan oluşur:

Birincil ayak izi evsel enerji tüketimi ve ulaşım (sözelimi araba ve uçak) dâhil olmak üzere fosil yakıtlarının yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO₂ emisyonlarının, İkincil ayak izi kullandığımız ürünlerin tüm yaşam döngüsünden bu ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmalarıyla ilgili olan dolaylı CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür ve ortalama bir kişinin karbon ayak izinin toplamını oluşturan unsurlar Şekil 6.1'de görülmektedir.

Bilişim endüstrisinde en çok CO₂ salınımı masa üstü bilgisayarlardan ve veri depolarından (data center) yapılmakta olup, az bir miktar da sunucular ve soğutucuların yaptığı salınımdır. Dünyadaki tüm karbon dioksit salınımı göz önüne alındığında bilişim endüstrisinden kaynaklanan salınım %1'ine denk gelmektedir. Bu nedenle bu çalışmada bilişim teknolojilerinden kaynaklı karbon salınımı göz ardı edilmiştir.



Şekil 6.1. Ortalama Bir Kişinin Karbon Ayak İzinin Toplamını Oluşturan Unsurlar (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İklim Değişikliğine Uyum Kitabı, 2012).

Diyarbakır İli' nin yıllara göre nüfus değişimi Tablo 6.15'de, havayolu yolcu sayısı Tablo 6.16'da, doğalgaz kullanan kişi sayısı Tablo 6.17'de, kullanılan kömür yakıt miktarı Tablo 6.18'de, yakıt türüne göre hane sayısı Tablo 6.19'da verilmiştir.

Tablo 6.15. Diyarbakır İli' nin yıllara göre nüfus değişimi

Yıllar	İl (merkez)	Toplam	Hane halkı büyüklüğü
2011	875.069	1.570.943	6,05
2010	843.460	1.528.958	6,24
2009	834.854	1.515.011	6,34
2008	799.447	1.492.828	6,25
2000	545.983	1.362.708	6,75

Tablo 6.16. Diyarbakır Havayolu Yolcu Sayısı (Diyarbakır Devlet Hava Meydanları, 2012).

Yıllar	2011	2010	2009
Yolcu Sayısı	13.735	11.196	8774

Tablo 6.17. Diyarbakır İli Doğalgaz kullanan kişi sayısı (Diyargaz A.Ş., 2013).

Yıllar	2011	2010	2009
Abone Sayısı	79.585	43.515	13.598

Tablo 6.18. Diyarbakır İli' nde kullanılan Kömür yakıt miktarı (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

Yıllar	2011	2010	2009
Kömür (t)	25.000	31.000	37.000

Tablo 6.19. Diyarbakır İli yakıt türüne göre hane sayısı (Diyargaz A.Ş., 2013).

Yıllar	Toplam Hane Sayısı	Hane Sayısı	
		Doğalgaz	Kömür
2011	114.640	79.585	65.055
2010	135.170	43.515	91655
2009	131.680	13598	118.082

Yukarıdaki veriler kullanılarak çevre yönetimi konularında ISO14001 ve Karbon Ayak İzi hesaplamalarında ise ISO 9001:2008 sertifikalı Kalite Yönetim Sistemi olan Carbon Footprint Ltd şirketine ait Birincil ve İkincil Karbon Ayakizi hesaplaması sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir. Carbon Footprint Calculator ile 7 ana başlık altında CO₂ salınımını hesaplanır.

Bunlar:

1. Ev
2. Uçuşlar
3. Araba

4. Motorsiklet
5. Otobüs-tren-metro
6. İkincil Karbon ayak İzi
7. Sonuç

6.5. Ev İçin Nüfus Oranına Göre Üç Yıllık Enerji Hesabı

Resmi Kurumlardan alınan verilere göre bir hanenin aylık doğalgaz harcaması 1000 m³, elektrik kullanımı aylık 250 kwh, olarak hesaplanmıştır. (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2012; Diyargaz A.Ş.,2013)

Carbon Footprint Calculator hesaplarına göre :

Bir haneden kaynaklı 1000 m³ doğalgaz 0.49 ton CO₂ salınımına ve 1000 ton kömür 2851,9 ton CO₂ salınımına, 250 kwh elektrik kullanımı ise 0.13 ton CO₂ salınımına sebep oluyor (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2012; Diyargaz A.Ş.,2013; URL-1, 2013).

Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü Mahalli Kurul toplantısı verilerine göre kışın 5 ay yakıt kullanılmaktadır.

2011 yılı Diyarbakır için doğalgazdan kaynaklı CO₂ salınımı:

$$0.49 \text{ ton} \times 79.585 \text{ hane} = 38996,6 \text{ ton}$$

2011 yılı Diyarbakır için kömürden kaynaklı CO₂ salınımı:

$$2851,9 \text{ ton CO}_2 \times 25 = 71.297,5 \text{ ton}$$

2011 yılı Diyarbakır için konut kaynaklı elektrik için CO₂ salınımı:

$$0.13 \text{ ton CO}_2 \times 114.640 \text{ hane} = 14.903,2 \text{ ton CO}_2 \text{ salınımı oluşmaktadır. Sanayi de kullanılan } 173.376.006 \text{ kWh elektrik enerjisi ise } 90155,5 \text{ ton CO}_2 \text{ salınımı oluşturmaktadır.}$$

Bu salınım sanayi bölümüne eklenmiştir. Resmi kurumlar hesaplamaya katılmamıştır.

Tablo 6.20. Diyarbakır İli' ndeki hanelerin yakıt türüne göre CO₂ salınımları

CO ₂ salınımları (t)			
Yıllar	Elektrik	Doğalgaz	Kömür
2011	14.903,2	38.996,6	71.297,5
2010	17.572	21.322,35	88.409
2009	17.118,4	6.663	105.520,3

Ulaşım kaynaklı hesaplama ayrıntılı olarak hesaplandığından bu bölümde sunulmamıştır.

6.6. Diyarbakır için İkincil Karbon Ayak İzi Hesabı

Resmi kurumlardan alınan bilgilere göre ortalama bir hanenin ikincil karbon ayak izi carbon footprint calculator yardımıyla yıllık hane başına başına 4.6 ton CO₂ olarak bulunmuştur (URL-1, 2013). Diyarbakır İli' nin yıllara göre ikincil karbon ayak izi hesapları Tablo 6.21' de verilmiştir.

Tablo 6.21. Diyarbakır İli yıllara göre ikincil karbon ayak izi

Yıllar	İl (merkez) nüfus	İl (merkez) ikincil karbon ayak izi (toplam) t/yıl	Toplam nüfus	Diyarbakır ikincil karbon ayak izi (toplam) t
2011	875.069	665344	1.570.943	1194436
2010	843.460	621777	1.528.958	1127115
2009	834.854	605728	1.515.011	1099216

6.7. Yenilenebilir Enerji Ve Karbon Tutumu

Yenilenebilir enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerjidir. Bu kaynaklar güneş ışığı, rüzgâr, su, dalga (hidrogüç), biyolojik süreçler ve jeotermal olarak sıralanabilir. Dünyamızda enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık olarak %4–5 oranında artmaktadır. Buna karşılık bu ihtiyacı karşılamakta olan fosil yakıt rezervi ise çok daha hızlı bir şekilde tükenmektedir. Şu anki enerji kullanım koşulları göz önüne alınarak yapılan en iyimser tahminlerde bile en geç 2030 yılında petrol rezervlerinin büyük ölçüde tükeneceği ve ihtiyacı karşılayamayacağı görünmektedir. Kömür için şu anki rezervlerle yaklaşık 80–100 yıl, doğalgaz içinse yine yaklaşık 100–120 yıllık bir kullanım süresi tahmin edilmektedir (Gürsoy,2000).

En genel olarak, yenilenebilir enerji kaynağı; enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile tanımlanır. Örneğin, güneşten elde edilen enerji ile çalışan bir teknoloji bu enerjiyi tüketir,

fakat tüketilen enerji toplam güneş enerjisinin yanında çok küçük kalır. En genel yenilenebilir enerji şekli güneşten gelendir. Bazı formlar güneş enerjisini ve rüzgâr gücünü depolar (Gürsoy,2000). Günümüz enerji ihtiyacının büyük bir bölümünün karşılandığı birincil enerji kaynakları olan petrol, doğal gaz, kömür ve odun vb. tükenebilir olup kullanılmaları sırasında çevre problemlerine de sebep olurlar. Hidrolik enerji ise tesislerinin pahalı oluşu ve kurulmalarının uzun süre alması sebebiyle her zaman uygun olmayabilir. Ayrıca hidrolik enerji potansiyeli her yerde bulunmaz. Gelecekte nükleer, güneş ve rüzgâr enerjilerinin önem ve kullanılmalarının artacağı beklenmektedir. Nükleer enerjinin, ileri teknoloji ve maliyeti yanında insan sağlığına son derece zararlı oluşu güvenirliliğini azaltmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde güneş enerjisinin yaygın bir şekilde kullanımı bu ülkelerin kalkınma çabalarına katkı sağlayacaktır (Gürsoy,2000). Yenilenebilir enerji kaynakları Tablo 6.22’ de verilmiştir.

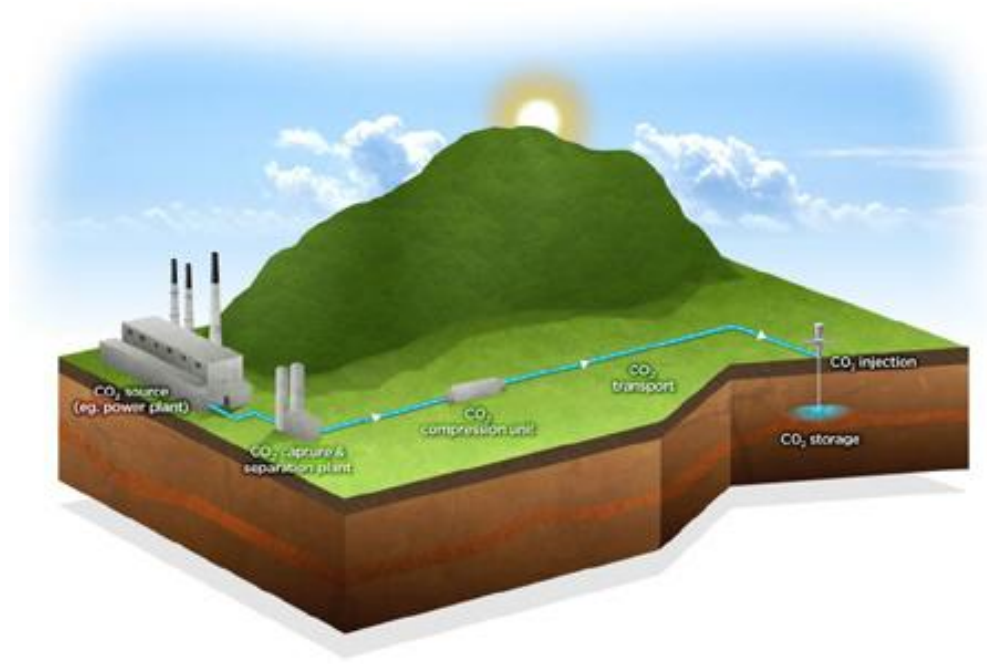
Yenilenebilir enerji kaynakları Tablo 6.22’den de görüldüğü gibi güneş, rüzgâr, jeotermal gibi enerji kaynaklarına verilen isimdir. Tablo 6.22’de belirtilmeyen okyanus akıntısı ve okyanuslardaki ısı etkisi gibi birkaç çeşit daha yenilenebilir enerji kaynağı mevcuttur.

Tablo 6.22. Yenilenebilir enerji kaynakları (URL-5, 2013).

Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Kaynak veya Yakıtı
Güneş Enerjisi	Güneş
Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr
Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler
Biokütle Enerjisi	Biyolojik Artıklar
Jeotermal Enerji	Yeraltı Suları
Hidrolik Enerji	Nehirler
Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler

Bu kaynaklardan bazılarının eldesi çok kolay bazılarının ki ise çok güçtür. Bir bölgeye enerji sağlanması istendiğinde ön hazırlığının çok iyi yapılması, bölgenin enerji kaynaklarının iyi araştırılması ve de var olan enerjilerin iyi değerlendirilmesi gereklidir. Unutulmamalıdır ki en iyi enerji tasarruflu kullanılan enerjidir. Ülkemizin her yıl elektrik iletim hatlarında kaybettiği enerji miktarı neredeyse ürettiğinin yarısı kadardır (Şen, 2004).

Küresel iklim değişikliği mücadelesi kapsamında karbon emisyonlarının yakalanması, tutulması ve depolanması teknolojileri konularında çok yönlü ciddi araştırmalar yapılmaktadır. Karbondioksit yakalama ve karbondioksit depolama teknikleri carbon capture and storage-CCS olarak anılmaktadır. Açığa çıkan karbondioksiti yakalayıp depolamak ve muhafaza etmek mümkündür. Böylece sera gazı yayılımının büyük oranda azaltılması ve iklim değişikliklerinin yavaşlatılması mümkün olabilmektedir. Karbondioksit depolanması Şekil 6.2’ de verilmiştir.



Şekil 6.2. Karbondioksit depolanması

Bütün fosil yakıtlar karbon içerir. Yakıtın yanması sırasında karbon oksijenle birleşerek CO₂ oluşturur. Karbonun yanma işleminden önce veya sonra ayırmak, elektrik santrallerinde olduğu gibi, CO₂'in atmosfere yayılımını önler. Bunun sonucunda CO₂ gazı tutulur ve uygun yeraltı depolama rezervlerine taşınır. Bu rezervler terk edilmiş petrol ve gaz sahaları, kömür yatakları veya akiferlerden oluşur. Birçok bilim adamı, atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun sabitlenmesi ve böylelikle iklim değişikliklerinin hafifletilmesi için dünyadaki CO₂ yayılımının bugünküne kıyasla en az % 50 oranında azaltılması gerektiği konusunda aynı görüşü paylaşmaktadırlar. Bu konuda ilk adım 1997 yılında Kyoto Protokolü'nde, 2012 yılı CO₂ yayılımının 1990 yılındaki seviyesinin altına düşmesi kararı alınarak atıldı. Gerekli azalmalar üç farklı ölçüm metoduyla incelenebilir:

1. Enerji verimliliği artışları ve enerji talebindeki azalış
2. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı
3. Açığa çıkan CO₂ gazının tutulması ve depolanması (Meyer ve diğ.,2005).

Enerji verimliliğindeki artışın ve yenilenebilir enerji kaynaklarının CO₂ yayılımında gereken azaltmayı tek başına sağlayamayacağı açıktır. Bunun yanı sıra küresel iklim değişikliklerinin azaltılması için üçüncü ölçüm olan CO₂'in tutulması ve depolanması (CCS) da gereklidir. CO₂ 'in yeraltında depolanması yeni bir uygulama değildir. Bu uygulama birçok ülkede milyonlarca yıldır yapılmaktadır. Bugün dünyadaki fosil yakıtlara olan talep çok büyüktür ve enerji sistemimizdeki olası bir değişim çok uzun yıllar alacaktır. CCS fosil yakıt kaynaklarından çeşitlendirilmiş enerji kaynaklarına geçişte dereceli geçiş sağlayan bir faktördür. Bu geçiş döneminde bizim mevcut enerji sistemimiz büyük oranda aynı kalacaktır fakat yeni altyapı oluşumları araştırılmalıdır. Örneğin elektrik santralleri ve büyük endüstriyel fabrikalar CO₂ tutma üniteleri ve depolama sahalarına uzanan borularla donatılmalıdır.

İnsan kaynaklı CO₂ yayılımının yaklaşık % 60'ı elektrik santralleri, rafineriler, gaz işletme tesisleri ve endüstriyel fabrikalar gibi büyük ve sabit tesislerde gerçekleşir. Bu işlemlerin çoğunda, çıkan egzoz dumanı seyreltilmiş CO₂ (%5'ten %15'e kadar) içerir. Egzoz dumanı karışımındaki CO₂'i diğer gazlardan ayırmanın yollarından biri %90'dan fazla CO₂ içeren bir akım üretmektir. Diğer bir seçenek de tıpkı doğal gazdan (metan gibi) CO₂ ve hidrojen üretme örneğinde olduğu gibi karbonu yanmadan önce sistemden uzaklaştırmaktır. CO₂ yakalanması, CO₂' i diğer gazlardan ayırıştırın farklı endüstri sektörlerinde bilinen bir teknolojidir. Şu anda, ortaya çıkan CO₂ ya dışarı salınır ya da içecek endüstrisi gibi CO₂' de yüksek saflık oranını gerekli kılan piyasalardaysa ek bir arıtma işleminden geçirilmektedir. Bazı uygun teknolojilerin var olmasına karşın, CO₂ tutulumunun enerji santrallerinde yaygın kullanımı için yeterli optimizasyon henüz sağlanamamıştır. Dünyadaki birçok ülkede yeni, geleceğe yönelik fikirlerin bulunması ve mevcut durumdaki teknolojilerin daha düşük maliyet ve enerji tüketimiyle gerçekleştirilebilmesini sağlayacak yenilikler için geniş kapsamlı araştırmalara girilmiştir (Meyer ve diğ., 2005).

CO₂ tutulmasından sonra, ya depolanır ya da tekrar kullanılır örnek olarak, gazlı içeceklerin üretiminde ve bitki gelişimine yardımcı olarak seralarda. Günümüzde, CO₂ 'i

geri kullanıma sokacak market alanı sınırlı olduğundan, ortaya çıkan CO₂ gazının büyük miktarı depolanmak zorundadır. CO₂ boşaltılmış petrol ve doğal gaz rezervleri, derin tuzlu akiferler ve kazılamaz kömür tabakaları gibi jeolojik yapılarda depolanabilir. Bunların yanı sıra, CO₂ mineral formunda katılaştırılabilir. Jeolojik formasyonlar muazzam oranda depolama kapasitesi sağlar. Yüksek orandaki depolama kapasitesine karşın, bu kapasite dünyada insan kaynaklı CO₂ yayılımının ancak onlarca, belki yüzlerce yıllık depolama ihtiyacını karşılayabilir (Meyer ve diğ.,2005).

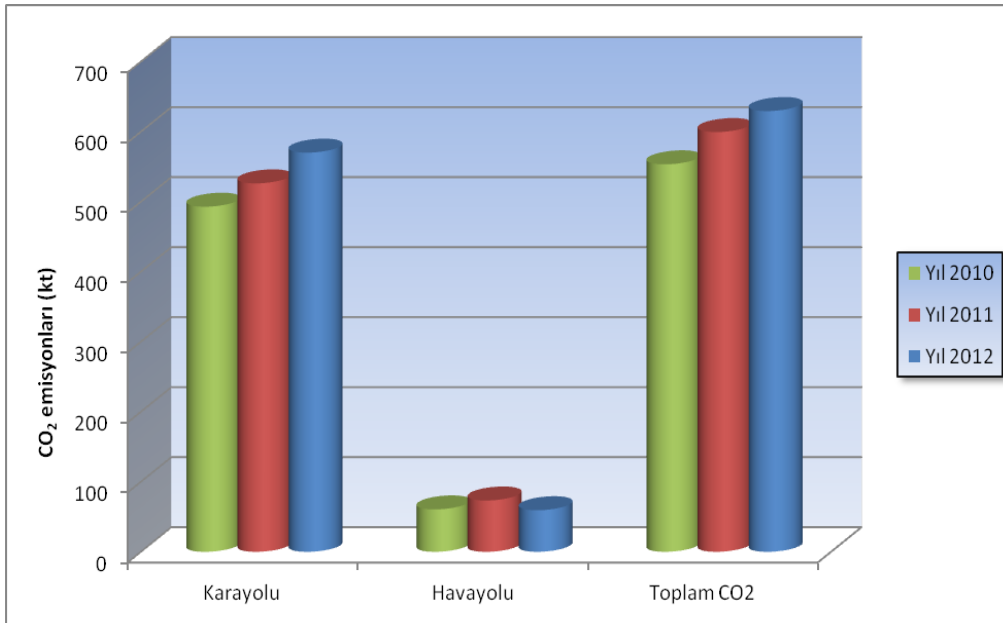
1. CO₂ aşağıda sıralanmış olan yöntemler ile depolanır
2. Petrol kuyularında üretim verimini artırma (Enhanced oil recovery-EOR) Bu yöntem Türkiye de dahil uzun yıllardır petrol üretiminde uygulanmaktadır.
3. Doğalgaz kuyularında üretim verimini artırma (Enhanced gas recovery-EGR)
4. Tükenmiş petrol ve doğalgaz kuyuları
5. Tuz oluşumlarına depolama
6. Kömür yataklarında metan çıkışının artırılması(Enhanced Coal Bed Methane Recovery – ECBM)
7. Okyanuslara depolama (Meyer ve diğ.,2005).

Enerji Santrallerinde CO₂'yi yakalamak fazladan enerji gerektirdiğinden, elektriğin üretim maliyetini artırır. Bu maliyet artışı santralin türüne (kömür veya gaz kaynaklı) ve yakıtın maliyetine göre değişir. Aralarında Uluslararası Enerji Ajansına bağlı Sera Gazı Araştırma Biriminin yapmış olduğu araştırmalar da dâhil çeşitli araştırmalar, CO₂ yakalamanın elektrik üretim maliyetini kWh başına 1,3 ila 3 € arasında arttırdığını göstermiştir. Bu ilave maliyetleri göstermenin bir diğer yolu da kaçınılan CO₂ salınımidir. CO₂ yakalamanın şuan ki maliyeti kaçınılan 1 ton CO₂ başına 25 ila 60 € arası değişmektedir. Devam eden araştırmaların bu maliyetleri yarıya indirmesi beklenmektedir. Taşıma maliyetleri nispeten düşüktür: CO₂ taşımının maliyeti kaçınılan 1 ton CO₂ başına 1 ila 4 € arasındadır. Depolama maliyetleri ağırlıkla basımın yapılacağı rezervuarın tipine bağlıdır. Akiferlerde ve tüketilmiş petrol ve gaz rezervuarlarında, maliyet 1 ton CO₂ başına 10 ila 20 € arasındır. CO₂ basımında ilave petrol ve gaz üretimi varsa, 1 ton CO₂ başına maliyet 10 € bile altına düşebilir. Başka bir deyişle, yararlar maliyetleri karşılayarak bu işi karlı bir iş haline getirmektedir.

6.8. Diyarbakır’ da Farklı Sektörlerden Kaynaklanan Emisyonların Değişimlerinin İncelenmesi

Diyarbakır İli’ nde ulaştırmadan kaynaklanan CO₂ salınımı her geçen yıl artmaktadır. Şekil 6.3 Havayolu Ulaşımında satılan jet yakıtı göre yapılmıştır. Yakıt miktarının 2012 yılında azalmasının sebebi alanın belli bir süre kapatılarak bakıma alınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

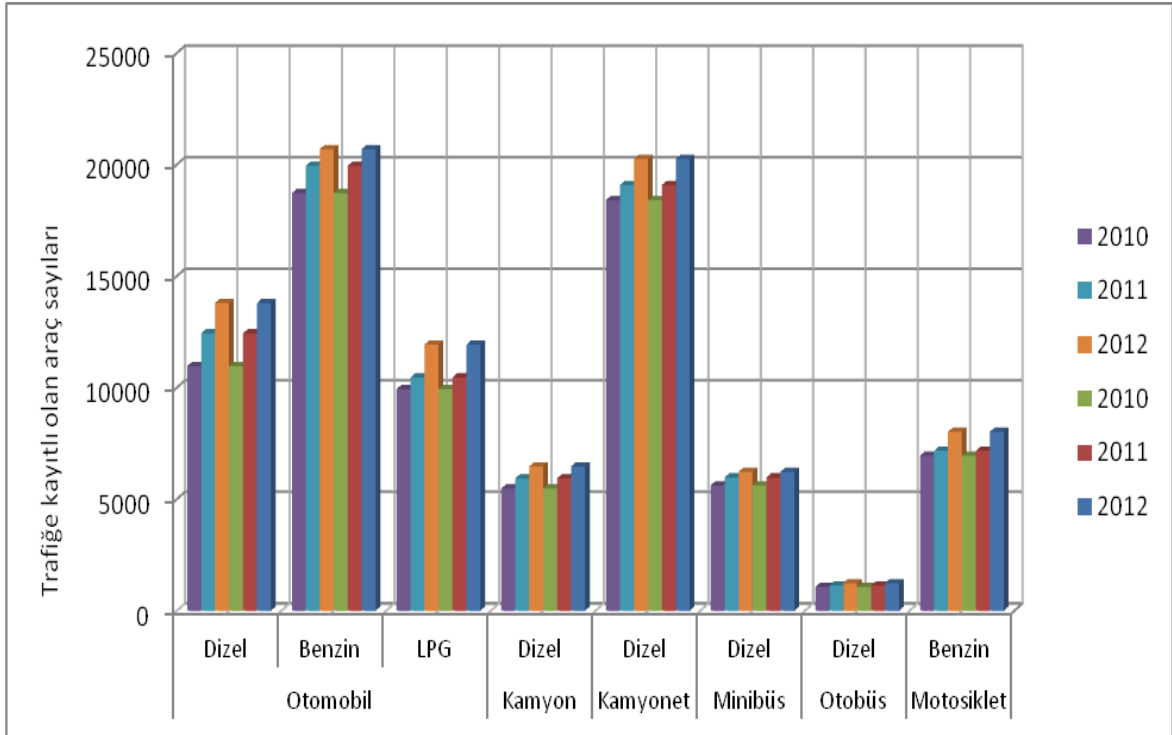
Diyarbakır İli trafiğe kayıtlı olan araç sayıları Şekil 6.4’de, Karayollarından kaynaklanan CO₂ emisyonlarının araç gruplarına göre dağılımı (kt) ise Tablo 5.23’de verilmiştir. Şekil 6.4 ve Tablo 6.23’den de görüldüğü gibi ilde otomobil türü araçlarda benzin ve dizel kullanımının azaldığı LPG kullanımının ise arttığı görülmektedir. Aşağıdaki şekillerde ise azalan dizel ve benzin yakıtıyla doğru orantılı olarak bu yakıt tipli araçlarda CO₂ salınımının da azaldığı görülmektedir.



Şekil 6.3. Ulaştırma sektöründen kaynaklanan CO₂ emisyonları (kt)

Tablo 6.23. Karayollarından kaynaklanan CO₂ emisyonlarının araç gruplarına göre dağılımı (kt)

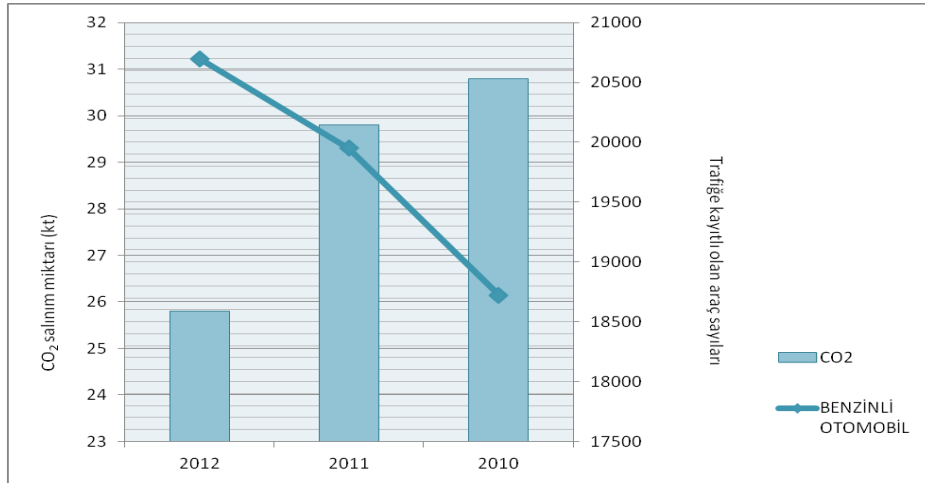
YIL	Otomobil			Kamyon	Kamyonet	Minibüs	Otobüs	Motosiklet
	Benzin	Dizel	LPG	Dizel	Dizel	Dizel	Dizel	Benzin
2012	25,8	15,2	131,78	115,75	127,87	52,9	99,5	1,16
2011	29,5	16,05	114,4	110,5	115,2	49,4	89,4	1,1
2010	30,79	15,8	107,27	100,6	107,37	45,65	83,7	1,13



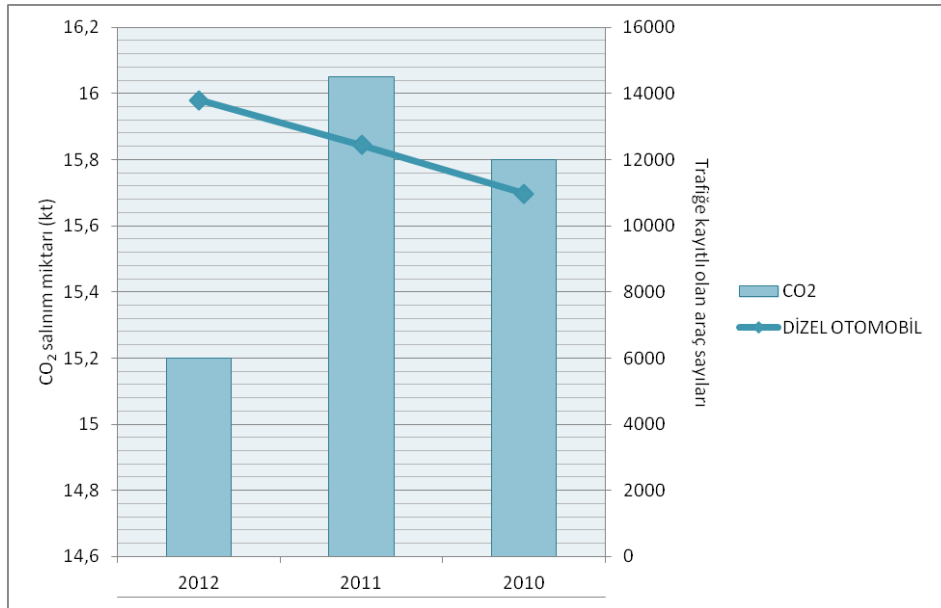
Şekil 6.4. Diyarbakır İli Trafikte kayıtlı olan araç sayıları

Kamyon, otobüs ve kamyonetlerin ise CO₂ salınımından büyük oranda sorumlu olduğu görülmektedir. Benzilli otomobillerin yakıt tüketim değerlerinin iyileşmesiyle birlikte, açığa çıkardıkları CO₂ emisyonlarında azalma görülmektedir. Ayrıca bu otomobillerin daha az yakıt tüketme eğilimleri ve kullanıcıları tarafından daha az kullanılarak gittikleri mesafelerin kısalmış olması, açığa çıkardıkları CO₂ emisyonları benzinli otomobil sayısına oranlanırsa, Bu emisyonların değerinin azaldığı görülmektedir.

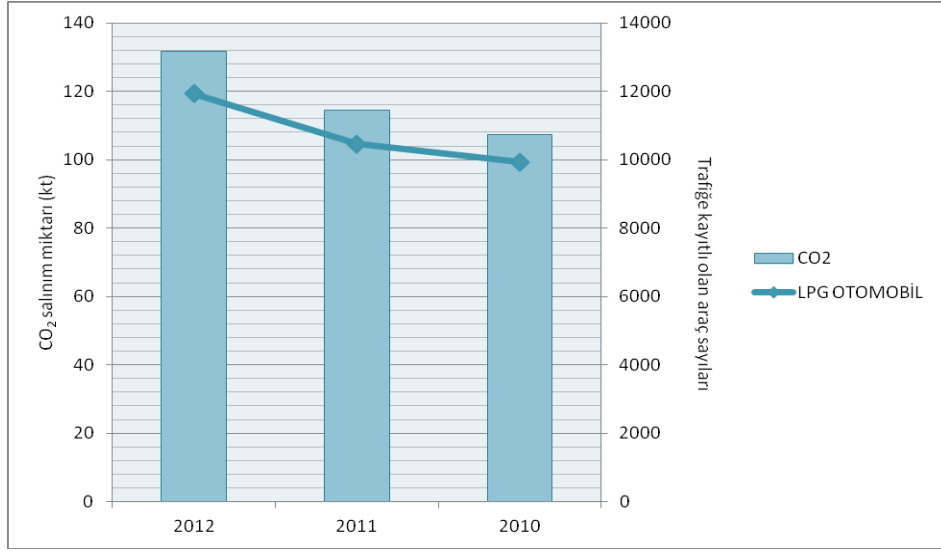
Benzinli otomobillerden kaynaklı CO₂ salınımı Şekil 6.5’de, dizel otomobillerden kaynaklı CO₂ salınımı Şekil 6.6’da, LPG’li otomobillerden kaynaklı CO₂ salınımı Şekil 6.7’de, dizel kamyon kaynaklı CO₂ salınımı Şekil 6.8’de, dizel kamyonet kaynaklı CO₂ salınımı Şekil 6.9’da, dizel minibüs kaynaklı CO₂ salınımı Şekil 6.10’da, dizel otobüs kaynaklı CO₂ salınımı Şekil 6.11’de, benzinli motosiklet kaynaklı CO₂ salınımı Şekil 6.12’de verilmiştir.



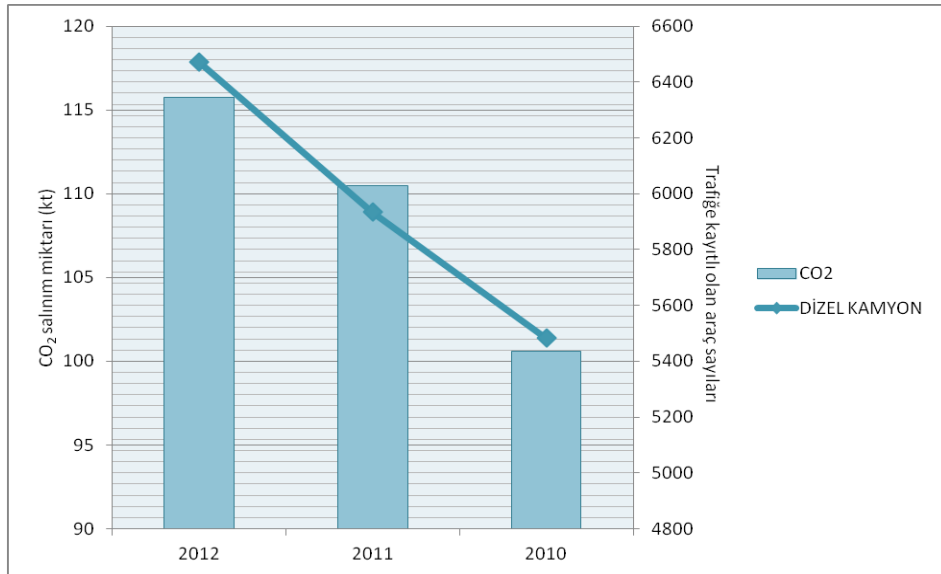
Şekil 6.5. Benzinli otomobillerden kaynaklı CO₂ salınımı



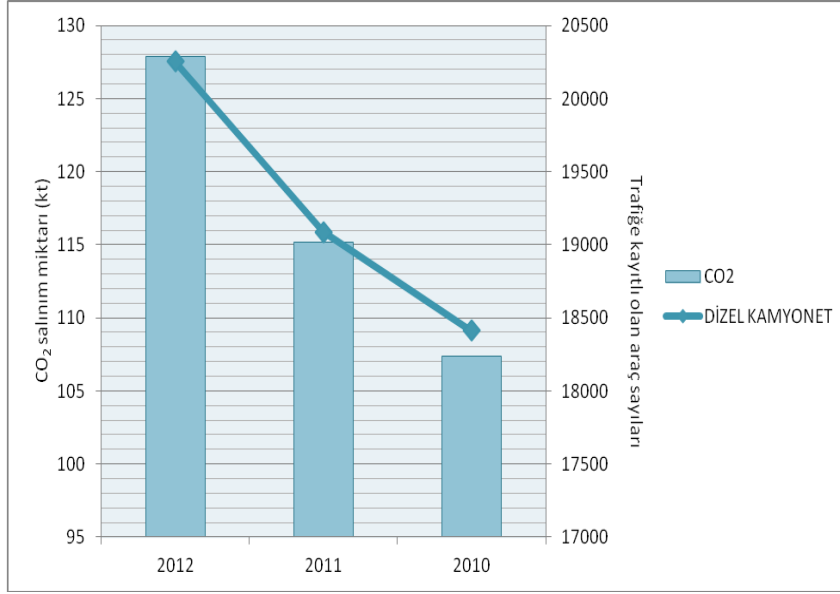
Şekil 6.6. Dizel otomobillerden kaynaklı CO₂ salınımı



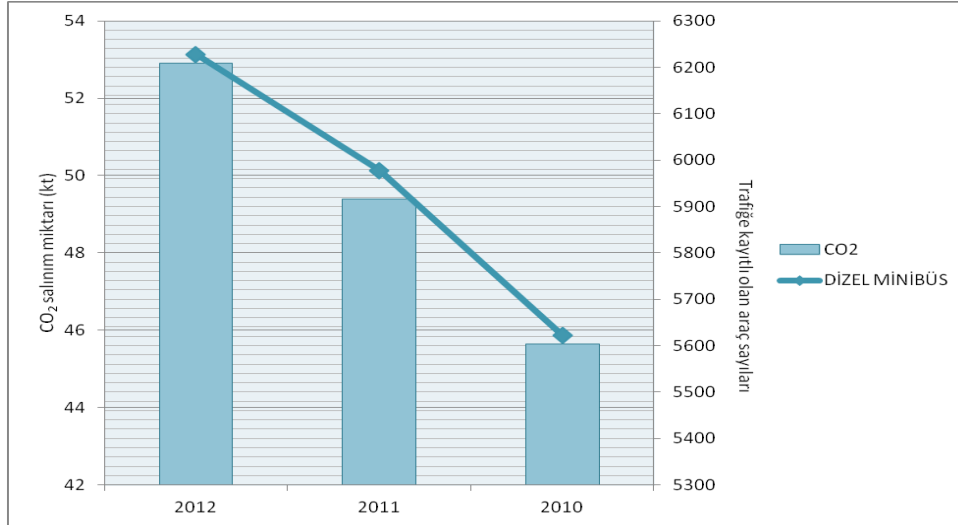
Şekil 6.7. LPG li otomobillerden kaynaklı CO₂ salınımı



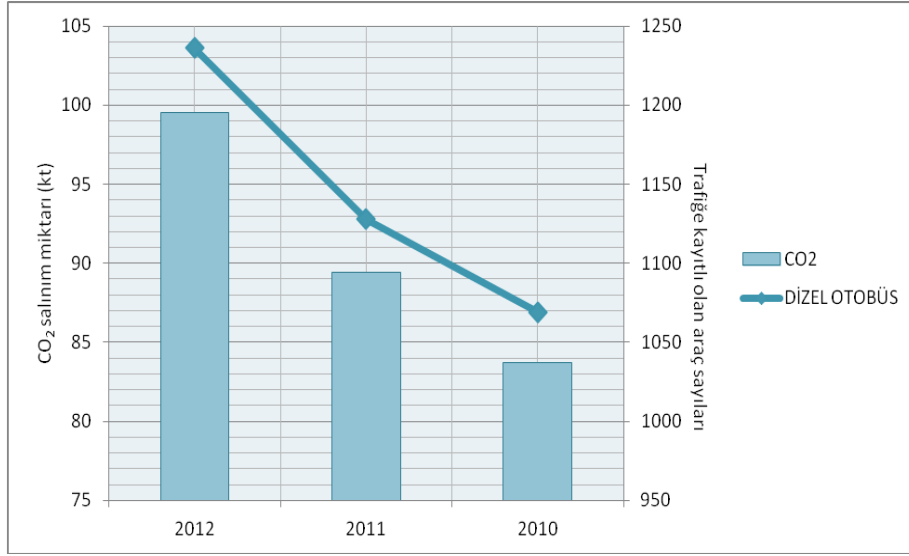
Şekil 6.8. Dizel Kamyon kaynaklı CO₂ salınımı



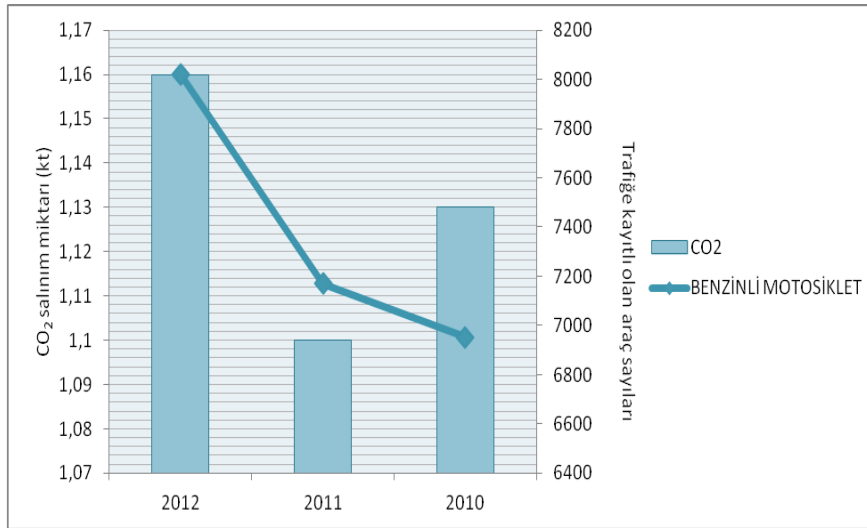
Şekil 6.9. Dizel Kamyonet kaynaklı CO₂ salınımı



Şekil 6.10. Dizel Minibüs kaynaklı CO₂ salınımı

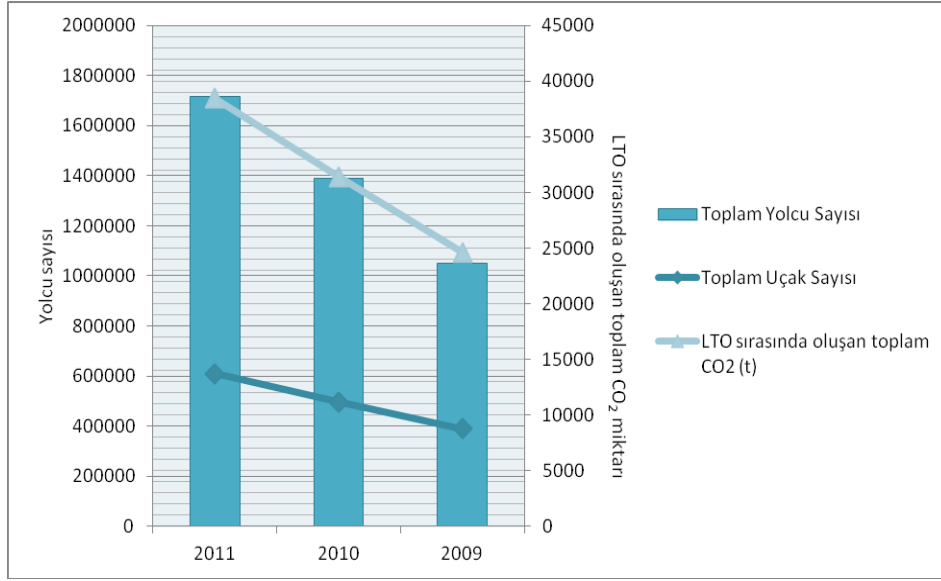


Şekil 6.11. Dizel Otobüs kaynaklı CO₂ salınımı

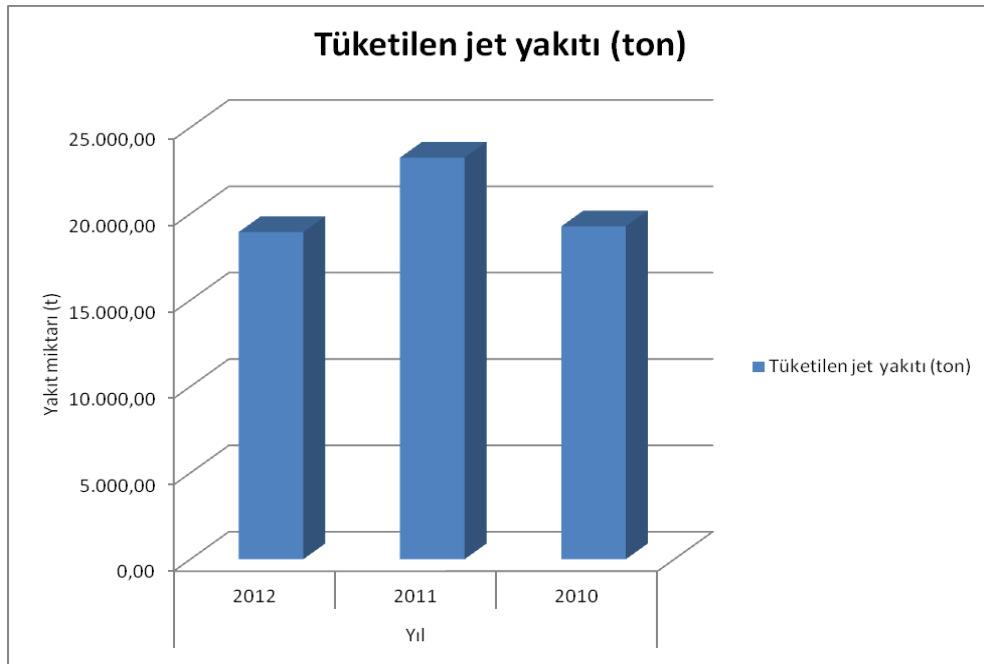


Şekil 6.12. Benzinli Motosiklet kaynaklı CO₂ salınımı

LTO sırasında oluşan toplam CO₂ (kt) miktarı Şekil 6.13’de, yurt içi uçuşlarda tüketilen jet yakıtı (t) Şekil 6.14’de verilmiştir.

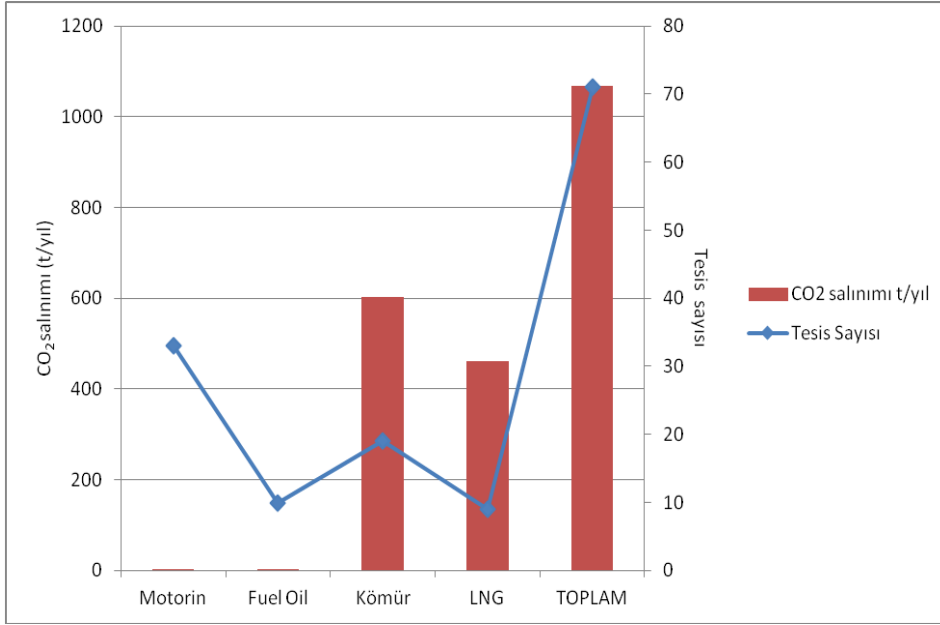


Şekil 6.13. LTO sırasında oluşan toplam CO₂ (kt) miktarı



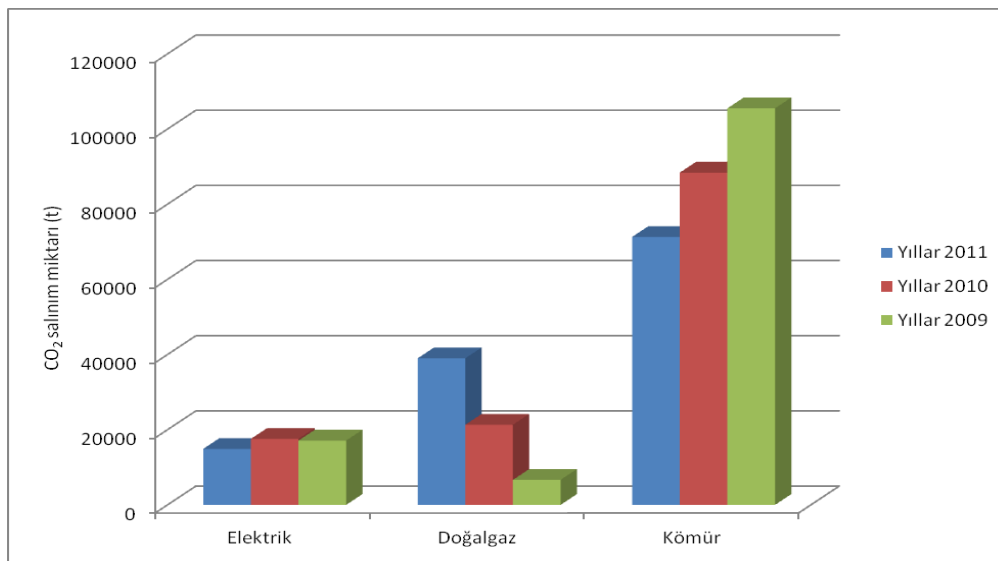
Şekil 6.14. Yurt içi uçuşlarda tüketilen jet yakıtı (t)

Diyarbakır İli Endüstriyel İşletmelerden kaynaklı CO₂ salınımı Şekil 6.15’de verimistir.



Şekil 6.15. Diyarbakır İli Endüstriyel İşletmelerden kaynaklı CO₂ salınımı

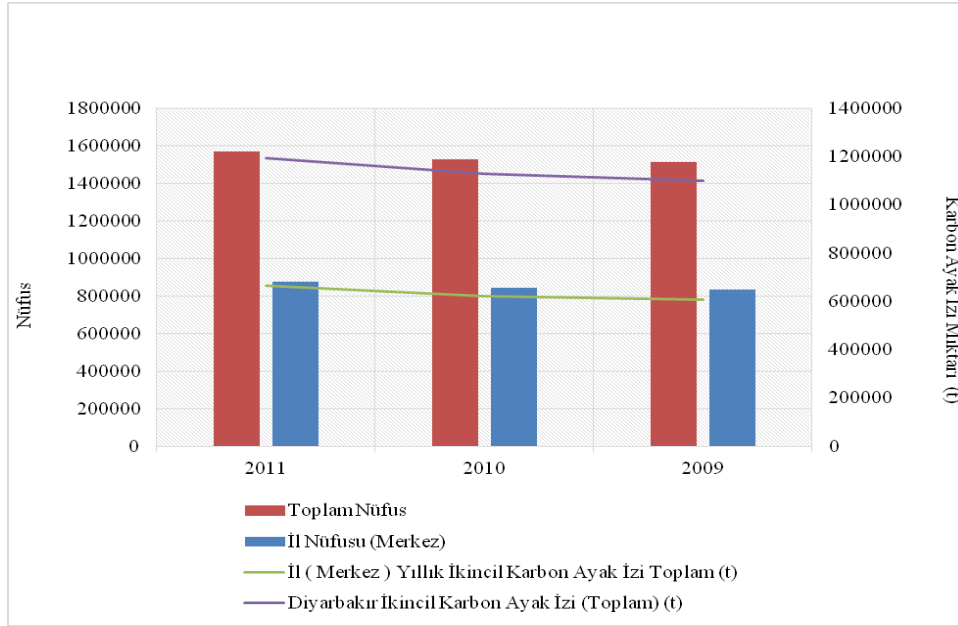
Şekil 6.15' den de görüldüğü gibi Diyarbakır İli' nde motorin yakıtı kullanan endüstriyel işletme sayısı fazla olduğu halde motorin kaynaklı CO₂ salınımı oldukça azdır. Kömür ve LNG kullanan tesis sayısı motorine göre oldukça az olmasına rağmen, CO₂ salınımı açısından yüksek oranlardadır. Bu yakıt türünü kullanan Endüstriyel İşletmelerin CO₂ salınımı açısından daha az kirlilik boyutu olan farklı yakıt türlerine yönlendirilmeleri gerekmektedir. Diyarbakır İli yakıt türüne göre CO₂ salınımları Şekil 6.16'da verilmiştir.



Şekil 6.16. Diyarbakır İli yakıt türüne göre CO₂ salınımları

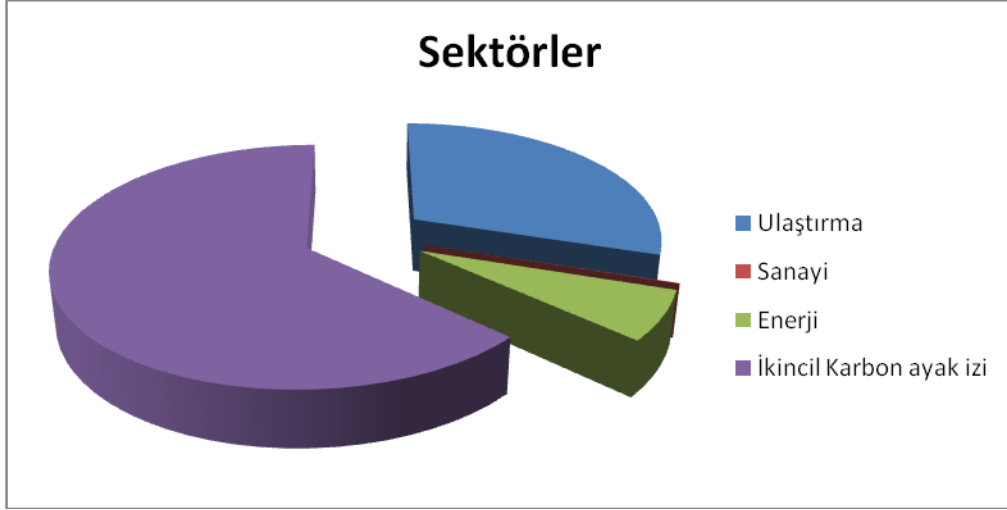
İlde CO₂ salınımı açısından en önemli rolün 2006 dan sonra hızla yaygınlaşan doğalgaz kullanımına rağmen kömüre ait olduğu görülmektedir. Ancak sevindirici olan yön, kömür kullanımının ve buna bağlı olarak CO₂ salınımının her geçen gün azaldığıdır. Elektrikten kaynaklı CO₂ salınımında nüfusa göre hesaplama yapılmış ve resmi kurumlardan kaynaklı elektrik hesaba katılmamıştır.

İlde her geçen yıl ikincil karbon ayak izinin arttığı dolayısıyla Diyarbakır da tüketimin yıl geçtikçe arttığı söylenebilir (Şekil 6.17).



Şekil 6.17. Diyarbakır ili yıllara göre ikincil karbon ayak izi

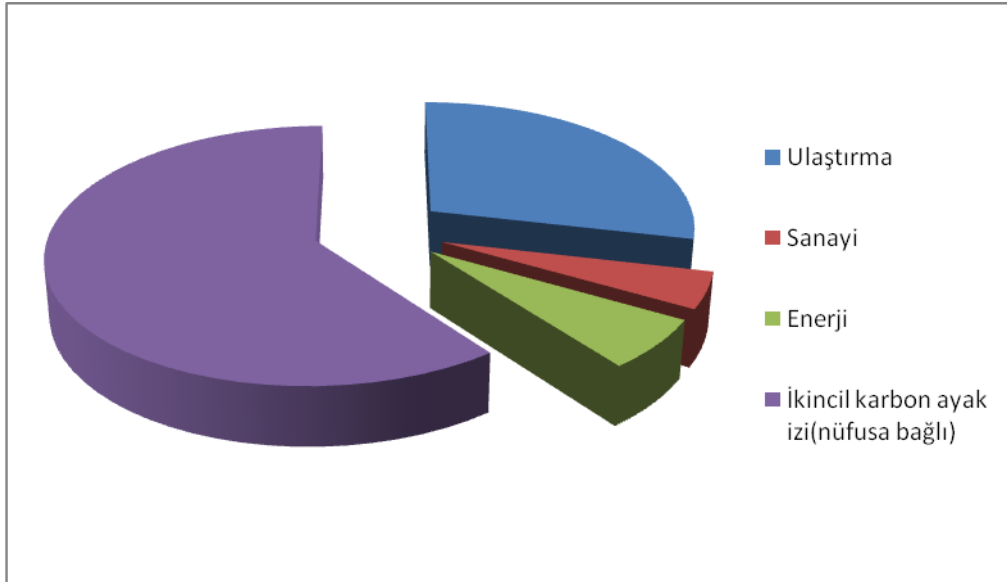
Diyarbakır İline ait karbon salınımında en önemli payın ikincil karbon ayak izi bir başka deyişle tüketimden kaynaklanan karbon salınımı olduğu görülmüştür. Tüketim fazlalığına rağmen Diyarbakır da sanayinin ve sanayiden kaynaklı karbon salınımının ikincil karbon ayak izine oranla oldukça az olduğu tespit edilmiştir. Ulaştırma sektörünün de CO₂ salınımında yüksek payı vardır (Şekil 6.18).



Şekil 6.18. Diyarbakır İli CO₂ salınımının sektörlere göre dağılımı

Sanayide kullanılan 173376006 kWh faturalanmış elektrik enerjisinden kaynaklanan 90155,5 ton CO₂ sanayi sektörüne eklenirse grafik aşağıdaki şekilde değişir.

Ancak Şekil 6.18 ve Şekil 6.19' a konut ve sanayide kullanılan faturalanamayan elektrik enerjisi bilgisine ulaşılamadığından bu enerjiden kaynaklanan CO₂ salınımı eklenememiştir. Faturalanamayan elektrik enerjisi miktarının faturalanan elektrik enerjisi miktarı ile eşit ya da daha fazla olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 6.19. Sanayide kullanılan elektrik enerjisinin Diyarbakır İli CO₂ salınımına etkisi

Diyarbakır İline ait karbon salınımında en önemli payın ikincil karbon ayak izi bir başka deyişle tüketimden kaynaklanan karbon salınımı olduğu görülmüştür. Tüketim fazlalığına rağmen Diyarbakır’ da sanayinin ve sanayiden kaynaklı karbon salınımının ikincil karbon ayak izine oranla oldukça az olduğu tespit edilmiştir. Ulaştırma sektörünün de CO₂ salınımında yüksek payı vardır.

TÜİK’ in Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) metodolojisi ile hazırlayıp, BMİDÇS Sekreteryası’na göndermekle yükümlü olduğu raporlardan sonuncusu olan 1990-2009 ulusal seragazi emisyon envanterine göre Türkiye’ nin tüm sera gazı emisyonlarının CO₂ eşdeğeri cinsinden 2009 yılı için yaklaşık olarak 370 milyon ton olduğu bilinmektedir. Diyarbakır’ ın 2010 yılına ait (diğer sera gazları dikkate alınmadan) sadece CO₂ salınımı ise 1,7 milyon ton, 2011 yılı ise yaklaşık 1,9 milyon tondur. Diyarbakır İli’ nde Orman ve Su İşleri Müdürlüğünden direk alınan aşağıdaki Tablo 5.24’ e göre 2011 yılında dikilen fidan ve tohum sayısı yaklaşık olarak 2398 ağaç ve bu ağaçların her birinin ömür boyu yaklaşık olarak 0,73 ton CO₂ emdiği bir başka deyişle yaklaşık olarak yılda 12 kg CO₂ emdiği bilindiğine göre sadece 2011’ de dikilen ağaçların gelişmiş olduğu kabul edilerek o yıl içerisinde 28,776 ton CO₂ soluduğunu toplamda ise her yıl 92,208 ton CO₂ emilimi yaptığı göz önüne alınarak Diyarbakır İline ait 2011 yılı CO₂ salınımı bertarafının tamamını ağaçlarla yapılması durumunda sadece Diyarbakır da 2,5 milyar ağacın olması gerektiği ve bu nedenle ağaçlandırma işlemlerinin arttırılmasının önemi açıkça görülmektedir.

Tablo 6. 24. Diyarbakır İli’ ne ait dikilen fidan ve tohum sayısı (Orman ve Su Bakanlığı, 2013)

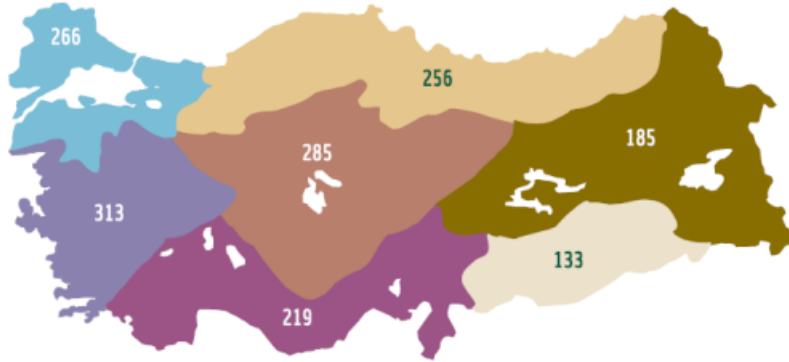
Yıllar	2009	2010	2011	Toplam (2002-2011 yılları arası)
Dikilen				
fidan ve tohum (adet)	425	1253	2398	7684

Şekil 6.20’ de 2007 yılında Boğaziçi Üniversitesi’nin yaptığı araştırma sonucu Güneydoğu Anadolu’ da ulaşımdan kaynaklı kişi başına düşen CO₂ salınımı 133 kg olarak tespit edilmiştir. Diyarbakır İli’ ne ait 2010 yılı ulaşımdan kaynaklı kişi başına düşen CO₂

salınımı ise 362 kg olarak bulunmuştur. Bu veriler gün geçtikçe CO₂ salınımının arttığını göstermektedir.

Tablo 6.25. Ülkelerin kişi başı CO₂ salımları

Ülke	Sanayi	Konut	Ulaşım
Türkiye	3,11	1,59	2,93
Almanya	3,28	1,79	3,01
İspanya	3,23	1,23	3,47
Yunanistan	4,10	1,74	4,24
Danimarka	2,48	0,84	3,64
İsveç	1,19	0,26	3,40
Hollanda	2,57	1,74	6,58



Şekil 6.20. Kentlerde yaşayan kişilerin ulaşım kaynaklı kişi başı CO₂ salımlarının bölgesel dağılımı (Boğaziçi ünv. Anketi 2007).



Şekil 6.21. Kentsel konutlardan kaynaklanan kişi başı CO₂ salımlarının bölgesel dağılımı

7.ÖNERİLER VE TARTIŞMA

İnsan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan ve atmosferdeki miktarları sanayi devriminden günümüze kadar hızla artmış olan sera gazı emisyonlarının ısı tutma kapasiteleri nedeniyle küresel ısınmaya neden oldukları bilinmektedir. Bu çalışmada, Diyarbakır dan kaynaklanan sera gazları içerisinde en önemli paya sahip olan CO₂ emisyonları kaynakları ve miktarları tespit edilmeye çalışılmıştır. Emisyon hesaplamaları sırasında IPCC tarafından önerilmiş olan metodoloji kullanılmıştır.

Yapılan hesaplamalara göre CO₂ emisyonlarında en büyük payın kamyonetlere ait olduğu bulunmuştur. 2012 yılında CO₂ emisyonları içinde, kamyonlar % 21 paya sahipken, benzinli otomobiller % 4,5 paya sahiptir. Otomobillerin tamamına bakıldığında ise (benzin, LPG ve dizel toplamı) toplam karayolu CO₂ emisyonları içinde % 30 oranında bir payı bulunmaktadır. Karayolu emisyonlarının toplam içinde oran olarak azalmasında havayolu ulaşımının kullanımındaki artış etken olmuştur. Ancak 2011 yılı için toplam değeri 73,3 kt CO₂ olan havayolu kaynaklı bu artış; 2011 de sadece dizel kamyonetlerden kaynaklı 115,2 kt olan CO₂ salınımının yanında oldukça küçük kalmaktadır. Sanayi den kaynaklanan toplam CO₂ salınımı ise yaklaşık 92 kt olarak hesaplanmıştır. Türkiye’ nin tüm sera gazı emisyonlarının CO₂ eşdeğeri cinsinden 2009 yılı için yaklaşık olarak 370 milyon ton olduğu bilinmektedir. Diyarbakır’ ın 2010 yılına ait (diğer sera gazları dikkate alınmadan) sadece CO₂ salınımı ise 1,7 milyon ton, 2011 yılı ise yaklaşık 1,9 milyon ton bulunmuştur.

Bir ağacın yılda 12 kg CO₂ emdiği bilindiğine göre Diyarbakır’ da sadece 2011 de dikilen ağaçların gelişmiş olduğu kabul edilerek o yıl içerisinde 28,776 ton CO₂ soluduğunu, toplamda ise her yıl 92,208 ton CO₂ emilimi yaptığı göz önüne alınarak Diyarbakır İline ait 2011 yılı CO₂ salınımı bertarafının tamamını ağaçlarla yapılması durumunda ise 2,5 milyar ağacın olması gerektiği görülmüştür. Ancak Diyarbakır İli’ nde i 2002-2011 yılları arasında 7684 fidanın dikildiği ve bu fidanların yaklaşık 4000’ inin 2009-2011 yılları arasında dikildiğine dikkat edilirse son yıllarda artan ağaçlandırma çalışmalarının sevindirici olmasına rağmen yetersiz olduğu ve bu nedenle ağaçlandırma işlemlerinin arttırılmasının önemi açıkça görülmektedir.

2006 yılı itibariyle İl’ de kullanılmaya başlayan doğalgaz ile şehrin hava kirliliği büyük ölçüde azalmıştır. Ancak doğalgaz fiyatının evlerde sıcak su temini açısından çok uygun olması sebebiyle ilde yoğun şekilde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklı çatı tipi güneş enerji sistemleri şehirde atıl durumdadır. Yeni yapılan binalarda ise hiç

kullanılmamaktadır. Bu konuda belediyelerin ve devlet kuruluşlarının, halkın sıcak su temini için fosil yakıt olan doğalgazı en azından yaz aylarında kullanmak yerine güneş enerji sistemlerinin kullanılması için özendirilmesi ve desteklenmesi gerekmektedir. Bu şekilde daha az fosil yakıt kullanımı ile Türkiye ekonomisine de katkıda bulunulmuş olacaktır.

Ulaştırma sektörü nedeniyle ve özellikle karayolu ulaşımı nedeniyle açığa çıkan emisyonların miktarını düşürmek için bazı çözüm önerilerinde bulunulabilir. Karayolu taşıtlarından kaynaklanan CO₂ emisyonlarının azaltılması için öncelikli olarak taşıt yakıt tüketimlerinin azaltılması zorunludur. Yakıt tüketimlerinin azaltılması aşamasında en önemli unsur yeni motor teknolojilerinin uygulanmasıdır. Sera gazlarını azaltmak için diğer bir çözüm önerisi ise seyahat gereksinimini azaltacak ve düzenleyecek önlemler de alınmalıdır. Araçların yakıt tüketimlerine ve yakıt türüne göre vergilendirilmesi gibi pazar düzenlemeleri yoluyla etkin stratejiler de geliştirilmelidir.

Günümüzde karbon ayak izimizi en aza indirmek her zaman olduğundan daha önemlidir. Gelişmiş ülkeler daha çok karbon emisyonu üretmekte ve Avrupa ve Asya'da ülkelerin yaşam tarzları da daha çok enerji tüketir hale gelmektedir. Küresel kirlenmeye etki etmeden daha sağlıklı enerji olan yenilenebilir yeşil enerji sektörlerine bir an önce geçilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu çalışma sonunda gelişmiş ülkelerde kullanılmaya başlanan karbondioksit tutulmasına ve depolanmasına değinilmiş; Türkiye' nin sera gazı salınımının geriye çekilmesi için bu tip tesislerin yapılmasının lüzumlu hale geldiği görülmektedir. Aşağıda sıralanan basit gibi görünen önlemlerle birincil ve ikincil karbon ayak izinin azaltılabileceği tespit edilmiştir.

- Yenilenebilir kaynaklardan (rüzgar ve hidroelektrik gibi) elektrik üreten yeşil enerji kullanılması teşvik edilmelidir,
- Kullanmadığınız cihazlarınızı tamamen kapatılması (ışıklar, televizyon, DVD çalıcı, Hi Fi, bilgisayar, vs.),
- Kaloriferin ısınısını biraz azaltılması,
- Sıcak suyun ısınısını biraz azaltılması (iki derecelik bir düşüş bile büyük bir fark oluşturmaktadır),
- Kaloriferin zamanlayıcı ayarının kontrol edilmesi,
- Bulaşık ve çamaşır makinenizi tam yükte çalıştırılması, (bu şekilde su, elektrik ve deterjan tasarrufu sağlanır)

- aydanlığa kullanılacağı kadar su doldurulması,
- Cep telefonunun şarj olur olmaz şarjdan alınması,
- Düzenli aralıklarla buzdolabınızın/derin dondurucunuzun buzunu çözülmesi,
- Haftalık alışverişin tek seferde yapılması,
- Çamaşırları makinede kurutmak yerine asarak kurutulması,

Aşağıdaki nlemler ise bir miktar yatırım yapmayı gerektirebilir, ancak 1-4 yıl içinde faturalara yansıyan tasarruflar sayesinde masraflarını ıkaracaklardır.

- Enerji tasarruflu ışık amplleri kullanılması,
- Radyatrlere termostatik sübap takılması,
- Sıcak su tankının, çatının ve duvarların yalıtılması, (Evin ısıısının yüzde 35'i duvarlar aracılığıyla kaybolur. Orta büyüklükte bir evde duvar yalıtımı yapmak, yakıt faturalarına yılda 100  oranında yansıyacaktır)
- 180 mm kalınlığında tavan yalıtımı yaparak çatıdan kaybolan ısıının yüzde 25'ini durdurması,
- Evsel atık suların geri dönüşüme tabi tutulması,
- Eski buzdolabının/dondurucunun (15 yaşın üzerinde ise) yeni "A" sınıfı enerji derecesine sahip bir buzdolabı/derin dondurucu ile değiştirilmesi,
- Daha az seyahat yapılması ya da seyahatlerin karbon ayak izini arttırmayacak şekilde yapılması,
- İşe giderken ya da çocukları okula götürürken arabanın paylaşımı,
- Araba kullanmak yerine otobüs ya da tren kullanılması,
- Yurtiçinde uçağa binilmemesi; bunun yerine tren ya da otobüs kullanılması,
- Yeni araba alırken dizel motorlu olanların tercih edilmesi,
- Tatildayken araba kiralamak yerine bisiklet kiralanması,
- Otelde kaldığınız zaman odadan çıkarken ışıkları ve klimanın kapatılması,

Birincil karbon ayak izinin yanı sıra bir de ikincil ayak izi de vardır ve alışveriş alışkanlıklarına bağlıdır. Süpermarkette mevsimi dışında yiyecek satın alındığında bunlar uzak ülkelerden veya şehirlerden uçakla, gemiyle ya da karayoluyla getirilmiş demektir; bu da karbon ayak izine katkı da bulunur. İkincil Karbon Ayak İzini azaltmak için:

- Et tüketimini azaltılması,
- Eğer musluk suyunu içmek güvenli ise şişelenmiş su satın alınmaması, (özellikle uzak yerlerden getirilmişse).
- Kendi bölgenizde yetişen meyve ve sebzeleri tercih edilmesi ve mümkünse kendi meyve ve sebzelerinin yetiştirilmesi,
- Yakın yerlerde yapılmış ürünlerin tercih edilmesi,
- Organik ürünleri satın alınması,
- Aşırı ambalajlanmış ürünleri satın alınmaması,
- Mümkün olduğunda geri dönüşüm yapılması.

KAYNAKLAR

- Albritton, D. L., Cicerone, R. J., Barron, E. J., Dickinson, R. E., Fung, I. Y., Hansen, J. E and Karl, T. R.,** 2001. Climate Change Science: An Analysis of Some Key Questions, pages: 9-14, Committee on Science of Climate Change, National Academy Press, Washington, D.C.
- Can, A. ve Baygüven, B.,** 2004 Sera Gazları Emisyon Envanteri Çalışma Grubu Taslak Raporu, TÜİK, Çevre İstatistikleri Şubesi, Ankara.
- DHMİ** Hava Trafığı Raporları, T.C. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, Ankara, 2012
- DHMİ** Hava Trafığı Raporları, Diyarbakır Devlet Hava Meydanları İşletmesi, 2013
- Diyarbakır İl Emniyet Müdürlüğü,** 2013
- DİYARGAZ A. Ş. ,**2013, Doğalgaz ve Abone Potansiyel Raporları
- EPA,** 2006. United States Environmental Protection Agency, (Available on the internet at:
- Gillenwater, M., Van Pelt, M. M. ve Peterson, K.,** 2002. Greenhouse Gases And Global Warming Potential Values, Exerpt From The Inventory of US Greenhouse Emissions And Sinks: 1990-2000, pages: 4-9, US Environmental Protection Agency, USA.
- Güllü G.** Sera Gazı Emisyon Envanteri Hesaplama Yöntemleri
- Gürsoy, Umur,**(Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu', 2000).
- Hiraishi, T., Nyenzi, B., Carruthers, I., Gillet, M. and Kruger, D.,** 2000. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme Technical Support Unit, Kanagawa, Japan.
- Houghton, J. T., Filho, L. G. M., Griggs, D. J. and Maskell, K.,** 1997. An Inroduction to Simple Climate Models used in the IPCC Second Assessment Report, IPCC Technical Paper, pages: 8-10.
- IEA Statistics,** 2006-2009
- IPCC/UNEP/OECD/IEA,** 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume I: Reporting Instructions, Chapter 1; pages: 1-4, 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 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/UNEP/OECD/IEA**, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume II, Energy, Mobile Combustion; pages: 8-73;
- KGM**, 2005. Karayolları Ulaşım İstatistikleri 2004, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Program ve İzleme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Kılıç, G., Tanış, A., Karaca, Ö. ve Özdemir, D.**, 2004 İklim Değişikliğinin Etkilerinin Araştırılması Çalışma Grubu Raporu, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Meyer L., Loos M., Deconinck H., Davidson O., Metz B.**, 2005. IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage.
- Muslu, Y.**, 2000. Ekoloji ve Çevre Sorunları, pages: 223, 255-260, Aktif Yayınevi, İstanbul.
- OSD**, 2006. Otomotiv Sanayii Genel ve İstatistik Bülteni: 2005, Bölüm I ve Bölüm 2, Otomotiv Sanayii Derneği, İstanbul, <http://www.osd.org.tr/>.
- Soruşbay, C.**, 2005. Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazları: Çevre ile Uyumlu Ulaştırma Alternatifleri, İklim Değişikliğinin Türkiye'ye ve Sanayi'ye Etkileri Toplantısı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Şen, Z.** 'Türkiye'nin Temiz Enerji imkânları', Mimar ve Mühendis Dergisi, 33, 2004. (İstanbul İl Özel İdaresi, 2011). http://www.yesilokullar.org/tr/karbon-ayak-izi/karbon-ayak-izi-nedir_10.html
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı**, İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Kalkınma, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yayınları, Ankara, (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı İnternet sayfasında bulunmaktadır: <http://iklim.cob.gov.tr> ; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Diyarbakır İl Müdürlüğü, 2012

- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı**, İklim Değişikliğine Uyum Eğitici Kitabı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Dairesi Başkanlığı, 2012
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı**, Çevresel Etki Değerlendirilmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, İl Çevre Durum Raporları, 2012, <http://www.csb.gov.tr>
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı**, Hava Kalitesi İzleme İstasyonları, <http://www.havaizleme.gov.tr>
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, 2012
- T.C. Orman ve Su Bakanlığı**, Diyarbakır İl Müdürlüğü verileri, 2013
- TÜİK**, 1990-2009 Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri Raporu
- TÜİK** Türkiye İstatistik Kurumu, 2013
- URL-1.** <http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>, 2013
- URL-2.** <http://www.diyarbakir.gov.tr>, 2013
- URL-3.** <http://www.diyarbakir.dhmi.gov.tr>, 2013
- URL-4.** http://www.eie.gov.tr/teknoloji/ccs_nedir.aspx, 2013
- URL-5.** <http://gunesenerjisistemleri.com,2013>, 2013
- URL-6.** <http://www.karbonayakizi.com/>; <http://www.wingscard.com.tr>; 2013
- URL-7.** <http://yosemite.epa.gov/OAR/globalwarming.nsf/content/climate.html>). 2013
- Zeydan, N., Koçer, A. Ü. ve Tanboğa, L.**, 2005. Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltım Çalışma Grubu İkinci Raporu, T.C. Ulaştırma Bakanlığı, Demiryolları Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Teknur Atabey, 1972 yılında Gaziantep’ te doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Gaziantep’ te tamamladıktan sonra, 1991 yılında başladığı Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünden 1995 yılında mezun oldu. MEB’ de ve mülga Çevre ve Orman Bakanlığı’ nda çalışmıştır. Halen Çevre ve Şehircilik Bakanlığında görev yapmaktadır.