



**T.C.**  
**NECMETTİN ERBAKAN**  
**ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**YEREL YÖNETİMLER İÇİN KARBON AYAK İZİNİN**  
**HESAPLANMASI; KAHRAMANKAZAN ÖRNEĞİ**

**Ayşe KARAKOÇ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Temmuz-2022**

**KONYA**

**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Ayşe KARAKOÇ tarafından hazırlanan “Yerel Yönetimler İçin Karbon Ayak İzinin Hesaplanması; Kahramankazan Örneği” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof. Dr. Senar AYDIN

#### Danışman

Doç. Dr. Fatma BEDÜK

#### Üye

Doç. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN

### İmza

.....

.....

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI  
FBE Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ayşe KARAKOÇ

Tarih: 19.07.2022

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# YEREL YÖNETİMLER İÇİN KARBON AYAK İZİNİN HESAPLANMASI; KAHRAMANKAZAN ÖRNEĞİ

Ayşe KARAKOÇ

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatma BEDÜK

2022, 80 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Fatma BEDÜK

Prof. Dr. Senar AYDIN

Doç. Dr. Muhammed Kâmil ÖDEN

Antropojenik faaliyetler sonucu atmosfere salınan sera gazı emisyonları ısıyı tutabilme kapasiteleri sebebiyle küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Atmosferdeki sera etkisine yol açan gazların oranındaki hızlı artış, doğal kaynakların yok olması, çölleşme ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi küresel ölçekte önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Yerküredeki yaşamı tehdit eden tehlikenin farkına varan ülkeler küresel ısınma konusunda birtakım önlemler almaya başlamıştır. Bugün olumsuz etkileri ile karşı karşıya olduğumuz küresel ısınmanın azaltılması yönünde uluslararası, ulusal, bölgesel ve yerel düzeyde önlemler alınması yoluna gidilmektedir. Küresel ısınmanın büyük ölçüde kentleşmeden ve kentlerden kaynaklanması, yerel yönetimlere önemli sorumluluklar yüklemektedir. Kurumların karbon ayak izlerini bilmeleri faaliyetlerinden kaynaklı sera gazlarını kontrol altına almaya yönelik önlemler için önemlidir.

Bu tez çalışmasının amacı yerel yönetimlerin faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı salınım kaynaklarını belirlemek; bir örnek çalışma ile karbon ayak izi hesaplamasını yapmak ve küresel iklim değişikliğine karşı yerel yönetimlerin sorumluluklarını ortaya koymaktır. Bu kapsamda Ankara'nın ilçelerinden hızlı bir şekilde gelişmekte olan Kahramankazan ilçesi seçilmiştir. İlçe sınırları içerisinde yer alan Kahramankazan Belediyesinin faaliyetlerini gerçekleştirdikleri sırada atmosfere saldıkları sera gazlarından kaynaklı küresel iklim değişikliğine yaptıkları katkının belirlenmesi ve bundan kaynaklı "karbon ayak izinin" hesaplanması amaçlanmıştır.

Kahramankazan Belediye hizmetlerine ait sera gazı emisyon kaynakları elektrik ,doğalgaz, ulaşım kaynaklı yakıt (mazot, benzin, LPG) ve su tüketimidir. Kahramankazan Belediyesi toplam sera gazı envanteri, referans yılı olarak 2020 ve 2021 yılları seçilmiştir. Emisyon hesaplamaları sırasında IPCC tarafından önerilen ve Tier yaklaşımlarıyla belirlenmiş olan metodoloji kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre CO<sub>2</sub> emisyonlarında en büyük payı %51 oranla ulaşımdan kaynaklanan yakıt tüketimi (motorin, benzin, oto gaz) almaktadır, sonrasında %30 oranla elektrik tüketimi ve %19 oranla doğalgaz tüketimi yer almaktadır. Kahramankazan Belediyesi 2020 yılı faaliyetleri sonucunda oluşan karbon ayak izi 2 775,5 tCO<sub>2</sub>eş, 2021 yılı faaliyetleri sonucunda oluşan karbon ayak izi 2 908,9 tCO<sub>2</sub>eş olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Karbon ayak izi, kurumsal hesaplama, iklim değişikliği, yerel yönetimler.

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

#### **CALCULATION OF CARBON FOOTPRINT FOR LOCAL ADMINISTRATION, SCOPE OF KAHRAMANKAZAN MUNICIPALITY**

**Ayşe KARAKOÇ**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURA AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY**

**THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE OF  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

**Advisor: Doç. Dr. Fatma BEDÜK**

**2022, 80 Pages**

**Jury**

**Doç. Dr. Fatma BEDÜK**

**Prof. Dr. Senar AYDIN**

**Doç. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN**

Greenhouse gas emissions released into the atmosphere as a result of anthropogenic activities cause global warming due to their capacity to retain heat. The rapid increase in the rate of gases causing greenhouse effect in the atmosphere poses a significant threat on a global scale, such as the destruction of natural resources, desertification and reduction of biodiversity. Recognizing the danger that threatens life in the world, countries have begun to take some measures on global warming. International, national, regional and local measures are being taken to reduce global warming, which we are facing with negative effects today. The fact that global warming is largely caused by urbanization and cities imposes important responsibilities on local governments. It is important for institutions to know their carbon footprints for measures to control greenhouse gases arising from their activities.

The aim of this thesis study is to determine the sources of greenhouse gas emissions arising from the activities of local governments; to calculate the carbon footprint with a case study and to reveal the responsibilities of local governments against global climate change. In this context, Kahramankazan district, which is developing rapidly among the districts of Ankara, was chosen. It is aimed to determine the contribution of Kahramankazan Municipality, which is located within the boundaries of the district, to the global climate change caused by the greenhouse gases released into the atmosphere during their activities and to calculate the "carbon footprint" resulting from this.

The greenhouse gas emission sources of Kahramankazan Municipality services are electricity, natural gas transportation-based fuel (diesel, gasoline, LPG) and water consumption. The total greenhouse gas inventory of Kahramankazan Municipality has been chosen as the reference years 2020 and 2021. During the emission calculations, the methodology recommended by the IPCC and determined by the Tier approaches was used. According to the calculations, fuel consumption (diesel, gasoline, auto gas) from transportation has the biggest share in CO<sub>2</sub> emissions with 51%, followed by electricity consumption with 30% and natural gas consumption with 19%. The carbon footprint formed as a result of the activities of Kahramankazan Municipality in 2020 has been calculated as 2 775.5 tCO<sub>2</sub>eq, and the carbon footprint formed as a result of the activities in 2021 has been calculated as 2 908.9 tCO<sub>2</sub>eq.

**Keywords:** Carbon footprint, climate change, enterprise computing local authorities.

## ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca zorlu salgın döneminde dahi yardım ve desteğini esirgemeyen, ilminden aydınlandığım, yanında çalışmaktan onur duyduğum ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli danışman hocam Doç. Dr. Fatma BEDÜK'e, hayatım boyunca beni maddi ve manevi her konuda destekleyen, yardımlarını biran olsun esirgemeyen aileme ve her zaman yanımda olan eşim Ahmet Huzeyfe KARAKOÇ ve ailesine de candan ve yürekten teşekkür ederim.

Ayşe KARAKOÇ

KONYA-2022



# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR.....</b>	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>4</b>
2.1. Sera Gazlarının Çeşitleri ve Özellikleri .....	4
2.2. Küresel Isınma Potansiyeli (GWP).....	10
2.3. Sera Gazı Emisyonlarının Takibi ile İlgili Uluslararası Çalışmalar ve Ülkemizdeki Yasal Durum .....	11
2.4. Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi, Raporlanması ve Doğrulanması.....	12
2.5. Türkiye’de İklim Değişikliği İle Mücadele ve Uyum Politikaları.....	14
2.6. İklim Değişikliğine Yerel Ölçekli Uyum Projeleri.....	15
2.6.1. Uyum eylemleri, projeler .....	19
2.6.2. Yerel ölçekli sera gazlarının azaltılmasında Konya İli örneği.....	21
2.7. Yerel Ölçekli Emisyon Kaynakları.....	23
2.8. Karbon Ayak İzi.....	24
2.9. Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Dair Örnekler .....	25
2.10. Yenilenebilir Enerji ve Karbon Tutumu .....	31
2.11. Karbon Kredilendirme Kuruluşları .....	32
2.12. Karbon Ticareti .....	34
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>35</b>
3.1. Ankara İli Kahramankazan İlçesi Genel Özellikleri.....	35
3.1.1. Tarihçe .....	35
3.1.2. Coğrafya.....	36
3.1.3. Ekonomi ve ticaret .....	36
3.1.4. İklim.....	37
3.1.5. Sanayi.....	37
3.1.6. Tarım ve hayvancılık .....	37
3.1.7. Nüfus.....	38
3.2. Kahramankazan İlçesi Sera Gazı Emisyon Kaynakları .....	38
3.3. Karbon Ayak İzi Hesaplama Yöntemleri.....	38
3.3.1. Tier 1 yaklaşımı .....	39
3.3.2. Tier 2 ve Tier 3 yaklaşımı.....	39
3.4. Yerel Ölçekli Emisyonların Hesaplanması.....	41

<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>44</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>59</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>66</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>69</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Toplam sera gazı emisyonları 1990-2020.....	6
Şekil 2.2. Sektörlere göre 2020 yılı sera gazı emisyonları.....	6
Şekil 2.1. Karbon ayak izi.....	26
Şekil 3.1. 1970'li yıllarda Kazan şehri.....	37
Şekil 3.2. Hitit dönemine ait kalıntılar.....	38
Şekil 3.3. Doğrudan ve dolaylı emisyonlar .....	43
Şekil 3.4. Türkiye'de geliştirilen gönüllü karbon piyasası projeleri yıllık salım azaltım değerlerine göre sektörel dağılım oranları .....	33
Şekil 4.1. Kahramankazan Belediyesi 2020 yılı yakıt, elektrik ve doğalgaz tüketimi sonucunda oluşan CO <sub>2</sub> emisyonları .....	53
Şekil 4.2. Kahramankazan Belediyesi 2021 yılı yakıt, elektrik ve doğalgaz tüketimi sonucunda oluşan CO <sub>2</sub> emisyonları .....	54
Şekil 4.3. Kahramankazan Belediyesi 2020-2021 yıllarındaki su tüketim miktarları ( m <sup>3</sup> ) .....	54

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1. IPCC 6. Değerlendirme raporu küresel ısınma potansiyeli .....	10
Çizelge 2.2. Belediyelerin uyum konusundaki projeleri.....	19
Çizelge 2.3. Şehirlerde uyum eylemini destekleyen projeler .....	20
Çizelge 2.4. Türkiye'de gönüllü piyasalarda geliştirilen projelerin sektörlere göre dağılımı (18.04.2014 tarihi itibarıyla).....	32
Çizelge 3.1. Emisyon Faktörleri .....	43
Çizelge 4.1. Kahramankazan Belediyesi 2020 yıl sonu faaliyet verileri .....	44
Çizelge 4.2. Kahramankazan Belediyesi 2020 yılı yakıt tüketiminin karbon ayak izi ...	45
Çizelge 4.3. Kahramankazan Belediyesi 2020 yılı elektrik tüketimi karbon ayak izi....	46
Çizelge 4.5. Kahramankazan Belediyesi 2021 yıl sonu faaliyet verileri .....	48
Çizelge 4.6. Kahramankazan Belediyesi 2021 yılı yakıt tüketimi karbon ayak izi.....	49
Çizelge 4.7. Kahramankazan Belediyesi 2021 yılı elektrik tüketimi karbon ayak izi....	50
Çizelge 4.8. Kahramankazan Belediyesi 2021 yılı doğalgaz tüketimi karbon ayak izi..	51

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

<b>O<sub>3</sub></b>	: Ozon
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>CH<sub>4</sub></b>	: Metan
<b>SO<sub>2</sub></b>	: Kükürtdioksit
<b>N<sub>2</sub>O</b>	: Diazotmonoksit
<b>CFC</b>	: Kloroflorokarbon
<b>HFC</b>	: Hidrofloroklorokarbon
<b>PFC</b>	: Perfloroklorokarbon
<b>ppm</b>	: Parts per million
<b>ppb</b>	: Parts per billion
<b>O<sub>2</sub></b>	: Oksijen
<b>NO<sub>x</sub></b>	: Azot Oksitleri
<b>°C</b>	: Derece santigrad
<b>EF</b>	: Emisyon faktörü
<b>ET</b>	: Enerji tüketim değeri
<b>SF<sub>6</sub></b>	: Kükürt Hekzaflorit
<b>g</b>	: Gram
<b>Mt</b>	: Milyonton
<b>kt</b>	: Kiloton
<b>TJ</b>	: Terajoule
<b>kWh</b>	: Kilowatt saat
<b>Gg</b>	: Gigagram
<b>Kg</b>	: Kilogram
<b>tC/TJ</b>	: Birim TJ enerji başına düşen ton karbon miktarı

## Kısaltmalar

<b>BMİDÇS</b>	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
<b>CBS</b>	: Coğrafi Bilgi Sistemi
<b>CDM</b>	: Temiz Kalkınma Mekanizması
<b>EPDK</b>	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
<b>EU ETS</b>	: Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi
<b>ETS</b>	: Emisyon Ticaret Sistemi
<b>FAO</b>	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
<b>GHG</b>	: Greenhouse Gas; Sera Gazları
<b>GRI</b>	: Global Reporting Initiative
<b>GS</b>	: Gold Standard
<b>GSYH</b>	: Gayri Safı Yurt İçi Hasıla
<b>ICLEI</b>	: Sürdürülebilir Kentler Birliği
<b>İEA</b>	: Uluslararası Enerji Ajansı
<b>IEAP</b>	: Uluslararası Yerel Yönetimler Sera Gazı Salımlarının Analizi Protokolü
<b>IETA</b>	: Uluslararası Salım Ticareti Derneği
<b>IPCC</b>	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
<b>ISO</b>	: Uluslararası Standard Organizasyonu
<b>İDEP</b>	: İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı
<b>KOMEK</b>	: Konya Büyükşehir Belediyesi Meslek Edindirme Kursları
<b>OECD</b>	: İktisadi İşbirliği ve Geliştirme Teşkilatı
<b>SPSS</b>	: Sosyal Bilimler için İstatistik Programı
<b>STK</b>	: Sivil Toplum Kuruluşları
<b>UNEP</b>	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
<b>UNDP</b>	: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
<b>UNIDO</b>	: Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü
<b>UNFCCC</b>	: United Nations Framework Convention on Climate Change
<b>VCS</b>	: Voluntary Carbon Standard
<b>VER+</b>	: Verified Emission Reduction
<b>YİDEP</b>	: Yerel İklim Değişikliği Eylem Planı
<b>WWF</b>	: World Wide Fund for Nature
<b>WBCSD</b>	: Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi

## 1. GİRİŞ

Nüfus artışının beraberinde getirdiği tüketim ihtiyacına bağlı olarak, sanayileşme, üretim ve yine bununla meydana gelen şehirleşme, çevresel problemlerin hızla artmasına sebep olmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği son zamanlarda bu problemlerden en çok tartışılan konulardandır. Atmosferde sera etkisine neden olan gazların hızlı bir şekilde artmasıyla meydana gelen bu problemler, biyolojik çeşitliliğin azalması, doğal kaynakların yok olması ve çölleşme gibi küresel bazda bir çok sorun oluşturmaktadır. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazı fosil yakıtların (kömür, petrol, doğalgaz vb.) kullanılmasıyla veya insan faaliyetleri sonucu meydana gelerek sera etkisine sebep olan gazların başında yer almaktadır. Bundan dolayı son zamanlarda CO<sub>2</sub> gazlarının analiz çalışmaları artış göstermiş ve “Karbon Ayak İzi” terimi yaygınlaşmıştır (Gökçek ve ark., 2019).

Son yıllarda çevre bilim ve teknolojileri alanlarında yapılan çalışmalar doğrultusunda “Footprint- Ayak İzi” doğal kaynakların tüketilmesinin modellenmesi için önemli bir kavram olmuştur. Çevre bilimciler antropojenik kaynaklı ayak izlerini 3 farklı boyutta ölçmektedirler. Bunları şu alt başlıklar altında toparlayabiliriz; (Toröz, 2015).

- Karbon Ayak İzi (Carbon Footprint)
- Ekolojik Ayak İzi (Ecological Footprint)
- Su Ayak İzi (Water Footprint)

Sera gazları antropojenik ve doğal yollarla oluşmaktadır. İnsan kökenli sera gazlarının kaynakları: fosil yakıtlı araçların kullanılması, orman yangınları, yeşil alanların azaltılması, endüstriyel faaliyetler, suni gübre kullanımı, süt ve besi hayvancılığıdır (Yalvaç, 2017).

Güneşten yayılan kısa dalga boyuna sahip radyasyonla dünyamız ısınır. Dünyaya gelen bu ışımaların bir kısmı tekrar atmosfere doğru yansır. Atmosfere doğru yönelen bu ışımaların bir kısmı atmosferde bulunan bazı gazlar nedeniyle atmosferde kalarak, yeryüzünün ısınmasına sebep olur. Bitki yetiştirme seralarının ısıyı tuttuğu gibi güneşten gelen ışımaların tutulması olayına benzediği için bu gazlara sera gazı denilmektedir (Yalvaç, 2017).

19.yy da başlayan sanayii devrimiyle beraber, endüstrileşme, konfor alanlarının artması, ihtiyaç fazlası ürünlerin üretilmesi, kimya sanayinin iyileşmesi, hızlı nüfus artışları, kentleşmenin artması sonucu tarım arazilerinde azalma, ormanlık bölgelerin yerini betonarme yapıların alması, ekosistemin doğal düzenini bozmuştur. Bozulan

ekosistemin sonucunda geriye dönüşümü oldukça güç ve neredeyse mümkün olmayan küresel iklim değişikliği gerçekleşmiş ve sonu bilinmeyen bir yola girilmiştir (Demir, 2009). Küresel ısınmanın ana sebebi, antropojenik aktivitelerin sonucunda atmosfere salınan CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, CFC miktarlarında fazla düzeydeki artıştır. Yeryüzünden atmosfere doğru salınan uzun dalga boyuna sahip ışımların bir kısmı atmosferin üst bölgelerinde bulunan doğal sera gazları aracılığıyla atmosferde tutulur. Atmosferde doğal olarak bulunan sera gazlarının yeryüzünden yansıyan ışımları tutması nedeniyle oluşan sıcaklık dengesi dünyanın yaşanabilir olmasını sağlamaktadır. Fakat atmosferde bulunması gereken miktardan daha fazla sera gazı bulunması yeryüzünün sıcaklık dengesinde bozulmalara yol açar. Sera gazlarındaki artışın ana sebeplerini sıralayacak olursak, %49 enerji tüketimi, %19 ormanlık alanların azaltılması, %24 sanayi faaliyetleri, %13 tarım ve gıda faaliyetleridir (Türkeş ve ark., 2000).

İnsan kaynaklı faaliyetlerin sonucunda atmosfere karışan sera gazlarının sebep olduğu sıcaklık artışıyla beraber rüzgarlar, yağışlar, nem, hava olayları, aşırı yağışlarda büyük değişikliklerin yaşanmasına sebep olur. Bu durum ekosistem içerisinde yaşayan bütün canlıların yaşamsal faaliyetleri için tehlike oluşturan iklim değişikliğine sebep olur (Demir, 2009). 1900'lü yılların başından itibaren, Avrupa kıtasında 0,95 oC'lik artış göstererek, ortalama 0,7 oC'lik hızlı sıcaklık artışı yaşanmıştır. Avrupa'daki bu sıcaklık artışı, son 1000 yıl boyunca yaşanan küresel iklim değişikliğinin çok çok ilerisindedir. Ayrıca 1990'lı yıllar, son 1000 yıllık dönem içerisinde sıcaklığın artış gösterdiği en sıcak 10 yıl olarak kayıtlara geçmiştir (Anonim, 2004). 2100 yılı için yapılan iklim değişikliği modellerinin verdiği sonuçlara göre, ortalama yerküre sıcaklığının artışı 1990'lı yılların 1,4 ve 5,8 oC üzerinde olacağı beklenmektedir (Türkeş, 2008). Akdeniz'e sınırı olan ve Avrupa'da yer alan ülkelerin çoğunda yaşanan sıcaklık artışı, Türkiye'de bulunan illerin çoğunluğunda özellikle ilkbahar mevsimi ile yaz mevsiminde gözlemlenmiştir (Türkeş ve ark., 2002).

1900'lü yılların başlarından itibaren Dünyanın kutuplarındaki kar kalınlıklarında azalmalar gözlemlenmiştir. Denizlerin ve gel-git seviyelerinin ölçümlerinin yapıldığı gözlem noktalarındaki kayıtlara göre küresel çaplı deniz seviyesinin 0,17 metre (0,12-0,23 metre) arasında yükseldiği ve sıcaklıklarının arttığı görülmüştür (IPCC, 2001b, IPCC, 2007). Yeryüzüne inen yağışlardaki değişikliğe örnek verecek olursak; kuzey yarımkürede bulunan yüksek ve orta bölgelerde yaklaşık olarak 10 yıllık periyotlarda %1-%5 artışlar gözlemlenirken, Akdeniz bölgesinde etkisi süren subtropikal karaların büyük bölgelerinde %3 kadar azalmalar gözlemlenmiştir. Bu durumu Türkiye için

değerlendirecek olursak, Akdeniz iklimin yağışlarının hâkim olduğu bölgelerde, yağış rejimlerinde ciddi azalmalarla beraber, kuraklaşmalar gözlemlenmektedir (Türkeş, 2012). Meteorolojik ve klimatolojik çalışmaların ışığındaki yeni sonuçlar, 1950’li yıllardan bu yana uç hava sıcaklıklarında (en düşük, en yüksek), don olan günlerin sayısında, sıcak hava dalgalanmalarının frekansında artış olduğunu göstermektedir. Doğu Akdeniz ve Türkiye’de 1990 yılından itibaren kar yağışı ve don olan gün sayısında azalma meydana gelmiştir (Kartum ve ark., 2011; Erlat ve Türkeş, 2012). En düşük ve en yüksek gece gündüz sıcaklık farklarındaki artış, bir farklı söylemle sıcak hava dalgalanmalarının frekans ve şiddet artmıştır (Türkeş ve ark., 2002; Türkeş ve Sümer, 2004; Kuglitsch ve ark., 2010).

Yerel yönetimler, yasal zorunluluklar, ihtiyaçlar veya liderlerin öncülüğü sonucu iklim uyum stratejisi ve eylem planları geliştirmektedir. Yerel yönetimin içindeki yetki ve koordinasyon sorunlarını gidermek için üç yönetim yaklaşımı kullanılmaktadır; mevcut yapının içinde kurgulama, özel birim/ekip kurulması, bir sorumlu uzman belirlenmesi. Yerel yönetimlerin sınırlı sayıda teknik yetkinlikte insan kaynakları olması, uyum stratejileri geliştirme süreçlerinde dışarıdan danışmanlık alma ihtiyacını doğurmaktadır (İklim Uyum Projesi, 2021).

Bu çalışmanın amacı yerel yönetimlerin faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı salınım kaynaklarını belirlemek; örnek çalışma ile karbon ayak izi hesaplamasını yapmak ve küresel iklim değişikliğine karşı yerel yönetimlerin sorumluluklarını ortaya koymaktır. Bu kapsamda Ankara’nın ilçelerinden hızlı bir şekilde gelişmekte olan Kahramankazan ilçesi seçilmiştir. İlçe sınırları içerisinde yer alan Kahramankazan Belediyesinin faaliyetlerini gerçekleştirdikleri sırada atmosfere saldıkları sera gazlarından kaynaklı küresel iklim değişikliğine yaptıkları katkının belirlenmesi ve bundan kaynaklı “karbon ayak izinin” hesaplanması amaçlanmıştır. Yerel ölçekli hesaplamaların sonrasında ortaya çıkan sonuçların diğer belediyelerce örnek alınarak, iklim eylem planlarına dönüştürülmesi hedeflenmektedir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Sera Gazlarının Çeşitleri ve Özellikleri

Yeryüzünün uzun dönem içinde güneşten aldığı enerjiyi uzaya vermesi gerekir. Yeryüzüne güneş enerjisi kısa dalga boyu radyasyon şeklinde ulaşır. Ulaşan radyasyonun bir kısmı, atmosfer ve yeryüzünün yüzeyi tarafından geri yansıtılır. Ancak büyük bir bölümü havaküreden geçerek yeryüzünü ısıtır. Yeryüzü oluşan enerjiden, kızılötesi radyasyon ve uzun dalga boyu ile kurtulur.

Dünyanın yüzeyi tarafından yukarıya doğru salınan kızılötesi radyasyonun büyük bir kısmı CO<sub>2</sub>, su buharı ve doğal yollarla meydana gelen diğer “sera gazları” tarafından emilir. Enerjinin yeryüzünden geldiği şekilde doğrudan uzaya geçmesinin bu gazlar engeller. Birbirleriyle bağlantılı birçok süreç (bulut oluşumu, hava akımları, radyasyon, buharlaşma ve yağmur dahil) atmosferin daha üst tabakalarına enerjiyi taşır ve enerji oradan uzaya geçer. Bu dolaylı ve yavaş süreç bizler için artıdır; eğer yeryüzünün yüzeyi enerjiyi hiçbir engel olmadan uzaya gönderseydi, yeryüzü yaşanmaz ve soğuk bir yer olurdu (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

Yerden yansıyan ve güneşten gelen radyasyonu sera gazları tutunmasını sağlayarak hava kürenin ısı dengelerini korumaktadır. 1900’lu yıllarda ortaya çıkan, atmosferin ısınmasına sebep olan, antropojenik etkiler sonucunda sera gazı salınımlarının artmasıyla daha çok güneş radyasyonu tutarak Dünya’nın ısınması sebebiyet verir (Bekiroğlu, 2011).

Bazı sera gazları doğal yollarla oluşurlar ancak doğrudan ya da dolaylı olarak insan faaliyetlerinden etkilenirler. Diğer bazı sera gazları ise tümüyle insan faaliyetleri (antropojenik) sonucu oluşur.

Doğal şekilde veya antropojenik kaynaklı olarak meydana gelen sera gazlarından bazıları şunlardır;

- Nitrit oksit (N<sub>2</sub>O),
- Metan (CH<sub>4</sub>),
- Su buharı (H<sub>2</sub>O),
- Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>),
- Ozon (O<sub>3</sub>),
- Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>)

Tamamen insan faaliyetleri sonucu oluşan sera gazları ise şunlardır;

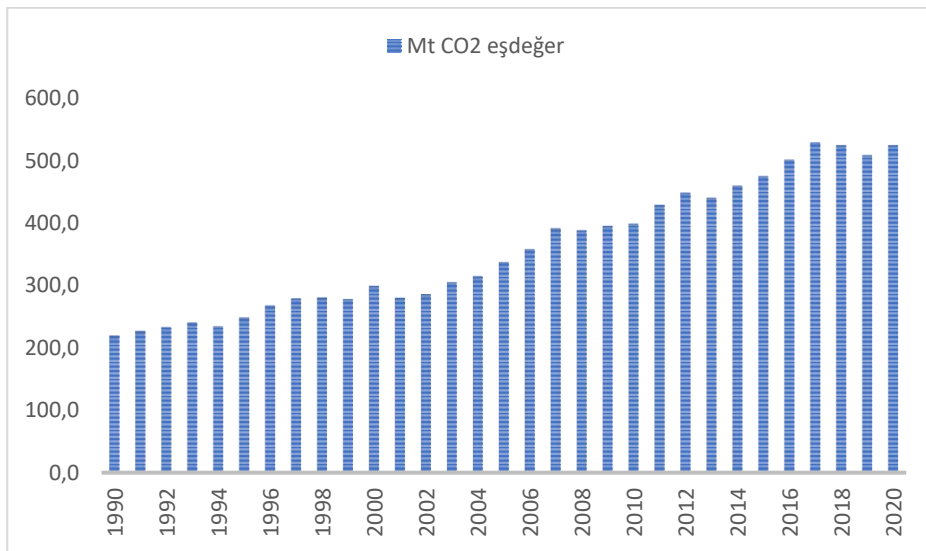
- Hidrokloroflorokarbonlar (HCFCs),
- Hidrofloroklorokarbonlar (HFCs),

- Kloroflorokarbonlar (CFCs) (tümüne genel olarak halokarbonlar denir)
- Kükürt hegzafloRID (SF<sub>6</sub>) (Houghton ve ark., 2001; Gillenwater ve ark., 2002).

Temel sera gazı organlarından biri olan bulutlar güneş ışığını yansıtmada görev alırlar. Bulut parçaları ve su buharı atmosferdeki absorbe edicilerdir. CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O gazları pek çok biyolojik işlemde kullanılır ve üretilir. Okyanuslarda meydana gelen buharlaşma H<sub>2</sub>O buharının temel kaynağıdır. Güneş ışığı yoluyla gerçekleşen reaksiyonlar sonucunda atmosferde O<sub>3</sub> oluşur. Atmosfere insanlar tarafından sentetik gazlar olan CFC gazları salınır. SF<sub>6</sub> ve CF<sub>4</sub> gibi perflorokarbon gazları atmosferdeki ömürleri 1000 yıldan fazladır ve hemen hemen asal sera gazı denebilecek kadar güçlüdürler (Albritton ve ark., 2001).

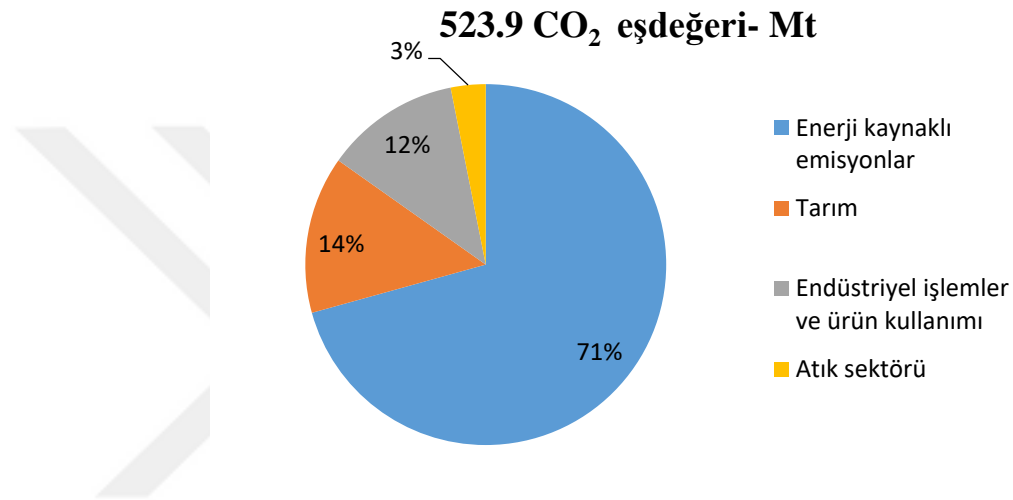
Doğrudan ışımaya sebep olduğu tam olarak kabul edilmemiş başka gazlar da bulunmaktadır. Hava kirletici gazlar olarak da anılan troposfer gazları, troposferik (yer seviyesi) O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, karbon monoksit (CO), NO<sub>2</sub>'dir. Atmosferin soğuma özelliğini aerosoller da etkileyebilirler Aerosoller, genellikle karbon yanma ürünlerinden, kükürt bileşiklerinden ve diğer insan kaynaklı kirleticilerden oluşmaktadır. (Houghton ve ark., 2002).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2020 yılına ilişkin sera gazı envanter sonuçlarına göre, toplam sera gazı emisyonları (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O ve Florlu gazlar) bir önceki seneye göre %3,1 artarak 523,9 milyon ton (Mt) CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.2. Toplam sera gazı emisyonları 1990-2020

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2020 yılı toplam sera gazı emisyonlarında sektörlere göre ise CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak en büyük payı %70,2 ile enerji kaynaklı emisyonlar almış; devamında ise %14 oranıyla tarım, %12 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %3,1 ile atık sektörü almıştır. Kişi başı toplam sera gazı emisyonu 1990’da 4 ton karbondioksit eşdeğeri olurken, 2019’da 6,2 ton ve 2020’de 6,3 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.3. Sektörlere göre 2020 yılı sera gazı emisyonları

Toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının 2020 yılında %31,6'sı elektrik ve ısı üretiminden olmak üzere %85,4'ü enerji sektöründen, %14,2'si endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen, %0,4'ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanmıştır. CH<sub>4</sub> emisyonlarının %61'i tarım, %22,1'i atık, %16,9'u enerji ve %0,02'si endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen, N<sub>2</sub>O emisyonlarının ise %80,3'ü tarım, %9,1'i enerji, %5,6'sı atık ve %5'i de endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen kaynaklanmaktadır (TÜİK, 2020)

### Sera Gazlarının Özellikleri

**1. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>):** Sera etkisi oluşturan gazların arasında en önemli etkiye sahip olan gaz, saydam özellikteki CO<sub>2</sub> gazıdır. Dünyayı bir tabaka halinde saran CO<sub>2</sub> gazı sayesinde yeryüzünde ortalama sıcaklık yaklaşık +16 °C iken eğer bu tabaka olmasaydı ortalama sıcaklık -18 °C olacaktı. Yeryüzünden gelen ısı geri dönerken kızılötesi ışınlar salınmakta ve bu ışınlar CO<sub>2</sub> gazı tarafından tutunup uzaya kaçması önlenmektedir (Muslu, 2000).

Sanayi Devrimiyle birlikte dünyadaki ekonomik büyüme sonucunda karbon temelli fosil yakıtların (petrol, kömür, doğalgaz vb.) fazla kullanımı atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğunu hızla artırmıştır. Buharlı makinelerin 1763 yılında icat edilmesi ile başlayan Sanayi Devrimi, 1800'lerde hızla dünyaya yayıldığında fosil yakıtların ortaya çıkardığı CO<sub>2</sub> salınımı çok düşük seviyede idi. Fakat fosil yakıtların sebep olduğu CO<sub>2</sub> miktarı 1950'de yıllık yaklaşık 16 milyon ton iken 2000 yılında 6,3 milyar tonu bulmuştur. Fosil yakıtların kullanımının artması ile yılda 6 milyar ton karbon atmosfere salınmaktadır. Çeşitli sebeplerle atmosfere yayılan sera gazları ve bu gazlar arasında özellikle CO<sub>2</sub> gazı seviyesi arttıkça yeryüzündeki sıcaklıkta artış göstermiştir (Albritton ve ark., 2001).

Bilimsel çalışmalar, 21. yüzyıl sona ermeden CO<sub>2</sub> gazı yoğunluğunun Sanayi Devrimi öncesindeki miktarının iki katına çıkacağını ve atmosferdeki bir milyon molekül arasında 560 ppm miktarına ulaşması ile sıcaklıkların 1,4 °C ve 5,8 °C arasında artış göstereceğini ileri sürmektedir. Sanayi Devriminden önceki yıllarda atmosferdeki CO<sub>2</sub> gazı yoğunluğu ağırlıkça 280 ppmv düzeyinden 1999 senesinde 367 ppmv düzeyine çıkarak %31'lik bir artış sergilemiştir (Muslu, 2000; Gillenwater ve ark., 2002).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (2022), Çalışma Grubu II'nin Altıncı Değerlendirme Dönemi (AR6), "İklim Değişikliği 2022: Etkiler, Uyum ve Kırılabilirlik" raporuna göre küresel ısınma artışı 1,5 °C'ye yaklaştıran kısa vadeli eylemlerin, insan yaşamında ve ekosistemlerde iklim değişikliği kaynaklı öngörülen kayıp ve zararları, daha yüksek ısınma seviyelerine kıyasla önemli ölçüde azaltacağını, ancak hepsini ortadan kaldıramayacağını vurgulamıştır.

**2. Metan (CH<sub>4</sub>):** Metan, sera gazı etkisinin %20'sini karşılamakla beraber CO<sub>2</sub> gazından sonra gelen insan kaynaklı önemli bir gazdır (IPCC, 2001). Organik maddelerin anaerobik ortamda ayrışması sonucunda CH<sub>4</sub> gazı oluşmaktadır. Atmosferdeki ısınma nedeniyle anaerobik çürüme hızlanmış ve CO<sub>2</sub> kadar CH<sub>4</sub> üretimi de artış göstermiştir (Muslu,2000; Albritton ve ark., 2001). CO<sub>2</sub> gazına nispeten 20 kat daha fazla ısı tutan bir etkiye sahiptir. Doğal gazın en önemli unsuru CH<sub>4</sub>'dir. Geviş getiren büyükbaş hayvanlar, tarım alanlarından biri olan pirinç tarlaları, çiftliklerde oluşan gübreler, doğalgaz borularının ek yerleri, çöp yığınları ve bataklıklar CH<sub>4</sub> oluşturan kaynaklardır. Büyükbaş hayvanların geviş getirme süreçlerinde bağırsaklarında oluşan fermantasyonla her sene 100 milyon ton miktarınca CH<sub>4</sub> gazının atmosfere salındığı ileri sürülmektedir. CH<sub>4</sub> gazı sera gazlarından en önemli etkiye

sahip olan CO<sub>2</sub>'le kıyasladığımızda atmosferde miktar olarak daha az bulunmaktadır. Kanada ve Sibiry'a'daki tundraların (kutup bozkırı) önümüzdeki 50 sene içerisinde küresel ısınmanın etkisiyle yaklaşık bir metre derinlikte çözüneceği, buralarda oluşan CH<sub>4</sub>'ın dışarı çıkacağı ve atmosferde meydana gelen sera etkisinde artış olacağı öngörülmektedir. Sanayi Devrimi öncesinden günümüze kadar olan zamanda atmosferde bulunan CH<sub>4</sub> konsantrasyonu %150 seviyesinde artmıştır. IPCC, metan gazı miktarının birçoğunun antropojenik kaynaklı olduğunu belirtmektedir. CH<sub>4</sub>, atmosferdeki OH<sup>-</sup> (hidroksil radikali) ile reaksiyon oluşturarak CO<sub>2</sub> gazına dönüşmektedir (Gillenwater ve ark., 2002).

Global anlamda CH<sub>4</sub> gazı ve N<sub>2</sub>O gazının küresel ısınmaya toplamda etkisi %17-27 dir. Toplamda oluşan CH<sub>4</sub> gazı salımı içinde hayvanlardan kaynaklanan CH<sub>4</sub> gazı salınımı %21 olarak ifade edilmektedir (Bauer,1994).

**3. Kloroflorokarbonlar (CFCs), Halokarbonlar (HCs), Perflorokarbonlar (PFCs) ve Kükürt Hegzaflorid (SF<sub>6</sub>):** CFCs, püskürtücü olarak spreylerde, bilgisayar ve elektronik aletleri temizlemede, soğutucularda, köpük ürünlerinde ve yalıtım malzemelerinde gibi pek çok yerde kullanılmaktadır. CFCs ve HCs küresel ısınmaya etkilerinin olmasının yanında, stratosferde bulunan O<sub>3</sub> miktarını düşürdükleri için ışımaya etki eden zorlayıcı güçleri azaltmaktadırlar. O<sub>3</sub> önemli olan sera gazı olmasının yanı sıra, stratosferik O<sub>3</sub> dünyayı güneşten gelen zararlı ışınları yansıtarak yeryüzünün korunmasını sağlamaktadır. HCs, insanlar tarafından üretilen ışıma olayına hem doğrudan hem de dolaylı olarak etki eden kimyasallardır. Brom içeren (halonlar, metil bromid, hidrobromoflorokarbonlar; HBFCs) ve klor içeren (kloroflorokarbonlar; CFCs, hidrokloroflorokarbonlar; HCFCs, metil kloroform, karbon tetraklorid) HCs, stratosfer tabakasında bulunan dünyaya fayda sağlayan O<sub>3</sub> miktarını azaltmaktadırlar. Bu sebeple, 1989 senesinde O<sub>3</sub> tabakasını korumak amacıyla Montreal Protokolü imzalanmış ve O<sub>3</sub> tabakasına zarar veren maddeler arasında yer almıştır. CFCs ise kullanımda kaldırılmış ve kaldırıldığı zamandan itibaren atmosferdeki konsantrasyonları azaldığı görülmüştür (Gillenwater ve ark., 2002).

PFCs, SF<sub>6</sub> ve HCFCs güçlü sera gazları olmalarına karşın atmosferdeki O<sub>3</sub> miktarını azaltmadıkları için protokol içeriğinde yer almamışlardır. SF<sub>6</sub> ve PFCs, elektrik güç aktarımı ve dağıtımı, yarı iletken imalatı, magnezyum dökümü ve alüminyum ergitme gibi sanayi faaliyetlerinde yer almaktadırlar. SF<sub>6</sub> ve PFC ışımaya olan etki miktarlar çok az olmakla beraber kızılötesi ışınlarını tutabilme kabiliyetleri

olduğundan dolayı gelecek zamanlarda iklime etkileri büyüktür (Gillenwater ve ark., 2002).

**4. Su Buharı (H<sub>2</sub>O):** Atmosferde çoğunlukla bulunan sera gazlarından biri de H<sub>2</sub>O buharıdır. Doğal meydana gelen sera etkisinin yaklaşık 2/3'ünden H<sub>2</sub>O buharı sorumludur. Yeryüzünden yansıyan termal enerji H<sub>2</sub>O molekülleri tarafından yutulup bütün yönlerde eşit şekilde (izotropik) dağılarak yeryüzünün tekrar ısınmasına sebep olur. Hidrolojik döngünün parçası olan H<sub>2</sub>O buharları atmosfere okyanuslardan, göllerden, karadan buharlaşma, yoğuşma ve yağış gibi olaylarla yerküre yeniden ulaşır (IPCC,2022).

Araştırmalara göre, doğrudan antropojenik faaliyetler sonucu oluşan H<sub>2</sub>O buharı atmosferde bulunan H<sub>2</sub>O buharına oranla çok düşüktür (Varınca ve ark., 2008; IPCC,2022). Ekvatorial iklimin bulunduğu bölgelerde H<sub>2</sub>O buharı sera gazına büyük oranda etki eder. H<sub>2</sub>O buharının yoğuşarak atmosfere karışmasının infrared (kızılötesi) ışıma etkisi göz ardı edilebilir kadar azdır (IPCC, 2022).

**5. Diazot monoksit (N<sub>2</sub>O):** CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> gazından sonra iklim değişikliğine en fazla sebep olan gaz N<sub>2</sub>O'dur. Atmosferde doğal şekilde bulunur ve de dünyadaki azot döngüsünü sağlayan bir gazdır. Toprakta bulunan bakteriler, yağmur ormanları ve okyanuslarla atmosfere geçmektedir. Fakat azotlu gübre kullanımı, insan faaliyetleriyle üretilen büyükbaş hayvan yemleri yapımı, fosil yakıtların yanması, endüstriyel kimyasalların üretimi ve atıksu yönetimi gibi olaylar atmosferde bulunan N<sub>2</sub>O miktarını yüksek seviyelere çıkarmaktadır (Firat ve ark., 2017).

Azot içeren gübrelerin aşırı kullanımları sera gaz emisyonlarını da yüksek seviyelere çıkarmaktadır. Bundan dolayı gübrelerin oluşturduğu azot kirliliğinin azaltılması için kontrollü ve yavaş salınımına sahip azotlu gübrelerin kullanılması, üreaz ve nitrifikasyon inhibitörlerinin kullanılması önerilmektedir (Tolay ve ark., 2010).

**6. Ozon (O<sub>3</sub>):** O<sub>3</sub>, sanayi devriminden bu zamana kadar artış göstermiş, CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> gazlarından sonra gelen önemli bir gazdır. Troposferde bulunan O<sub>3</sub>, uçucu organik bileşiklerin (VOCs) güneş ışınlarının tesiri altında, NO<sub>2</sub> ile karşılaşması sonucu oluşmaktadır (Gillenwater ve ark., 2002). O<sub>3</sub> troposfer tabakasının soğuk kısımlarında çok az miktarda bulunurken esas olarak stratosferde bulunmaktadır. O<sub>3</sub> gazı ultraviyole ışınını soğurma yeteneğine sahiptir. Zararlı ışınlar stratosfer tabakasından geçiş esnasında tutunur, böylelikle troposferde oksijen parçalanmaz. Ancak, O<sub>3</sub>'un az bir miktarı doğal şekilde alt tabakalarına geçebilmektedir (Muslu, 2000; Albritton ve ark., 2001).

**7. Karbon Monoksit (CO) :** CH<sub>4</sub> ve troposferde bulunan O<sub>3</sub> gazının, atmosferde bulunan diğer gazlarla (hidroksil radikali vb.) kimyasal olarak reaksiyon vermesini sağladığı için troposferik O<sub>3</sub> ve CH<sub>4</sub>'ın derişimlerinin dolaylı yoldan artmasını sağlar. C içeren yakıtlardan eksik yanma gözlemlendiğinde CO meydana gelir. CO<sub>2</sub> şeklini atmosferde oluşan doğal süreçler sonucunda alır. CO gazının atmosferde kalma süreleri kısadır (Gillenwater ve ark., 2002).

## 2.2. Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)

GWP; sera etkisi oluşturan bütün sera gazlarının global ölçekli küresel ısınmaya olan kümülatif etkisini ifade eder. Küresel ısınma potansiyeli değerleri, sera gazı emisyonlarının küresel ölçekli etkilerinin değerlendirilmesi ve diğer gazların azaltılması konularında bilim insanlarına kolaylık sağlar. IPCC'nin yayınlamış olduğu rapora göre GWP değerlerinde yaklaşık olarak  $\pm\%35$  gibi bir belirsizlik vardır. Atmosferde bulunan yarılanma ömürleri belirli olmayan gazlar için belirsizlik değeri ömürleri belirli olan gazlara göre daha büyüktür. CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, PFCs, HFCs, SF<sub>6</sub> gibi sera gazlarının atmosferde bulunma süreleri diğer gazlara nazaran daha uzundur. Atmosferde eşit şekilde dağılan bu sera gazlarının yaklaşık konsantrasyonları daha kolay hesaplanabilmektedir (Gillenwater ve ark., 2002).

Sera gazlarının küresel ısınma potansiyelleri (IPCC, 2021) Çizelge 2.1'de verilmiştir.

**Çizelge 2.1.** IPCC 6. Değerlendirme raporu küresel ısınma potansiyeli

Sera Gazları	Kimyasal Formül	100 Yıllık Periyot		
		AR4* 2007	AR5* 2014	AR6* 2021
<b>Karbondioksit</b>	CO <sub>2</sub>	1	1	1
<b>Metan fosil yakıtlar</b>	CH <sub>4</sub>			29.8
<b>Metan fosil olmayan yakıtlar</b>	CH <sub>4</sub>	25	28	27.2
<b>Azot dioksit</b>	N <sub>2</sub> O	298	265	273
<b>CFC-11</b>	CCl <sub>3</sub> F	4750	4660	5560
<b>CFC-12</b>	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	10,900	10200	11200
<b>CFC-13</b>	CClF <sub>3</sub>	14400	139000	16200
<b>CFC-113</b>	CCl <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub>	6130	5820	6520
<b>CFC-114</b>	CCF <sub>2</sub> CClF <sub>2</sub>	10000	8590	9430
<b>CFC-115</b>	CClF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	7370	7670	9600
<b>Halon-1301</b>	CBrF <sub>3</sub>	7140	6290	7200
<b>Halon-1211</b>	CBrClF <sub>2</sub>	1890	1750	1930

<b>Halon-2402</b>	CBrF <sub>2</sub> CBrF <sub>2</sub>	1640	1470	2170
<b>Karbon Tetraklörür</b>	CCl <sub>4</sub>	1400	1730	2200
<b>Metil bromür</b>	CH <sub>3</sub> Br	5	2	2.43
<b>Metil kloroform</b>	CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	146	160	161
<b>HCFC -228</b>	CHClF <sub>2</sub>	1810	1760	1960
<b>HCFC -123</b>	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	77	79	90.4
<b>HCFC -141</b>	CH <sub>3</sub> CCl <sub>2</sub> F	725	782	860
<b>HCFC -225</b>	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	122	127	137

\*AR: Assesment Report (Değerlendirme Raporu)

### 2.3. Sera Gazı Emisyonlarının Takibi ile İlgili Uluslararası Çalışmalar ve Ülkemizdeki Yasal Durum

21 Mart 1994 yılında yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi (BMİDÇS) sera gazlarının sebep olduğu iklim değişikliğine karşı global tepkinin esasını belirlemek amacıyla 1992’de kabul edilmiştir. 194 ülkenin taraf olduğu bu sözleşme neredeyse evrensel anlamda bir katılım sağlamıştır. BMİDÇS içerisinde genel kurallar, esaslar ve yükümlülükler tanımlanmaktadır. Sözleşmenin asıl amacı “İlgili hükümlere göre, atmosferde oluşan sera gazlarını, iklimsel anlamda oluşacak olumsuzluklar karşısında insanlara oluşturacağı etkiyi önlemek” şeklinde tanımlama yapılmıştır. Bu amaç, “Ekosistemin iklimde oluşacak değişikliği doğam bir şekilde uyum sağlamasına, gıda üretiminde olumsuz bir etki oluşturmayacak ve ekonomik olarak kalkınmanın sürdürülebilir bir sistem içinde devamını sağlayacak bir zaman dahilinde ulaşılmalıdır” hükmü ile nitelendirilmiştir (Anonim, 2009a).

BMİDÇS’ne 194 ülkeden biri olan Türkiye, 24 Mayıs 2004 tarihinde 189. taraf ülke olarak katılmış ve Kyoto Protokolü’ne 26 Ağustos 2009’de taraf olmuştur (Anonim, 2021).

Aralık 1997 yılında Kyoto şehrinde yapılan BMİDÇS, 3. Taraflar Konferansı’nda Kyoto Protokolü kabul edilmiştir. Sözleşme ve Kyoto Protokolü arasında yükümlülükleri bakımından hukuki anlamda farklılıkları bulunmaktadır. Protokol, BMİDÇS Sözleşmesi’nin yükümlülüklerini tanzim ederek, gelişmiş ülkelere uyulması zorunlu sera gazı salınımını azaltmalarına dair sorumluluklar getirmiş, böylelikle diğer taraf olan ülkelere göre sorumluluklarını arttırmıştır. Sözleşmede ise sanayi açısından zengin ülkelerin atmosfere salınan sera gazlarını stabil hale getirmeleri için uyulması zorunlu olmayan yükümlülükler getirmiştir (Anonim, 2009b).

Türkiye bir OECD (İktisadi İş Birliği ve Geliştirme Teşkilatı) üyesi olduğundan, 1992’de Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği kabul edildiği zaman sözleşmenin EK-I ve EK-II listelerine katılmıştır. Kyoto Protokolü kabul edildiğinde BMİDÇS’ne henüz taraf sağlamayan Türkiye, EK-I taraflarının belirli oranlarda sera gazı salınımlarını sınırlama veya azaltmaya dair sorumluluklarının tanımlandığı Protokol EK-B listesine alınmamıştır. Bu yüzden, Kyoto Protokolü birinci yükümlülük sürecinde (2008-2012) ve ikinci yükümlülük sürecinde (2012-2020) Türkiye’nin sera gazlarının salınımında sınırlama veya azaltmasına dair hiçbir sorumluluğu bulunmamaktaydı (Anonim, 2009a).

Paris Anlaşması Ekim 2016 yılında, atmosferdeki sera gazlarının %55’ini kapsayan 55 taraf ülkenin anlaşmayı kabul etmeleri sonucunda, 4 Kasım 2016 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu anlaşmanın amacı BMİDÇS’nin de ilke edindiği yoksulluğun giderilmesi ve sürdürülebilir kalkınmayı geliştirmektir. Paris Anlaşması’nın uzun dönemde amacı, Sanayi Devrimi öncesine göre küresel ortalama yüzey sıcaklığının artışı 2 °C ile sınırlandırmak, mümkünse 1,5 °C altında tutmaktır. İklim krizinin önüne geçmeyi amaçlayan anlaşmanın diğer hedefleri arasında; düşük emisyonlu kalkınma temin edilirken gıda üretiminin olumsuz yönde etkilenmemesi ve bu iklim kalkınma sürecinde finansal anlamda da istikrar gösterilmesi gerektiği yer almaktadır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022).

Paris Anlaşması, ülkelerin kendi şartları gereğince hazırladıkları beyanlarını Ulusal Katkı Beyanı (BAU) ile hangi ölçüde sera gazı azaltım taahhüdünde bulunacaklarını belirleyerek her beş yılda bir bu beyanlarını sunmalarını istemektedir. Türkiye’nin beyanına göre, 2030’da emisyonlarının referans gösterilen senaryoya göre %21 oranında azaltım olacağı öngörülmüştür. TBMM tarafından “Paris Anlaşmasının Uygun Bulduğuna Dair Kanun” 31621 sayılı ve 7 Ekim 2021 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022).

#### **2.4. Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi, Raporlanması ve Doğrulanması**

Küresel iklim değişikliğinin dünya üzerinde birçok konuda oldukça önemli sonuçları gözlenmekte olup, bunlar arasında ekonomik etkilerinin yanı sıra doğal sistem ve canlılar açısından da etkileri vardır. Bu bağlamda, havaya salınan sera gazı emisyonlarının belirli ölçülerde sınırlandırılması amacıyla bölgesel, uluslararası ve ulusal tedbirler oluşturulup, uygulanmaktadır. Atmosferde küresel ısınmaya sebep olan

sera gazlarına yönelik bu önlemler, sera gazı emisyonların miktarının hesaplanması, izlenmesi, raporlanması ve doğrulanması etkinliklerini esas almaktadır (Bildik, 2014).

Yapılan bu etkinlikler bağlamında BMİDÇS’de sera gazlarının hesaplanması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Dünyada uygulanabilir yöntemler arasında VCS (Verified Carbon Standard), Gold Standart gibi programlar gönüllü olarak sürdürülmektedir. Bunun yanı sıra Avrupa Birliği (AB) tarafından yayımlanmış olan 2003/87/AT (EU ETS) direktifi ile, atmosfere salınan sera gazlarının takibi konusunda zorunluluk getirmiştir (AB 2003/87/EEC Direktifi).

Uluslararası Standart Organizasyonu (ISO), “Sera gazı emisyonlarının izlenmesi, raporlanması ve doğrulanması” konularında uygulayan kişiler için standartlar oluşturulmuştur. Oluşturulan standartlar temelde, işletmelerin yönetim sistemlerini kurması ve çalışmalarını yapabilmesini sağlamaktadır. Sera gazları doğrudan ölçüm ya da hesaplama yöntemleriyle belirlenebilmektedir (Anonim, 2014a).

ISO tarafından bu alanda geliştirilen standartlar;

**ISO 14064-1 Sera Gazları - Bölüm 1:** Sera Gazı Emisyonlarının ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanmasına ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler,

**ISO 14064-2 Sera Gazları - Bölüm 2:** Sera Gazı Emisyon Azaltmalarının veya Uzaklaştırma İyileştirmelerinin Proje Seviyesinde Hesaplanmasına, İzlenmesine ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler,

**ISO 14064-3 Sera Gazları - Bölüm 3:** Sera Gazı Beyanlarının Doğrulanmasına ve Onaylanmasına Dair Kılavuz ve Özellikler,

Gönüllü alanda “Sera Gazı Emisyonlarının izlenmesi, doğrulanması ve raporlanmasına” ilişkin çalışmalar ISO 14064-1 standardı temelinde yapılmaktadır. Bu tür bir çalışmayı yürütecek olan işletme ISO 14064-1 standardı temelinde bir yönetim sistemi oluşturarak seçmiş olduğu metodoloji ile (Gold Standart, VCS veya UNFCCC CDM) hesaplamaları gerçekleştirebilmektedir.

Zorunluluk oluşturacak alanda ise, ülkemizde “Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik” 17 Mayıs 2014 tarihli ve 29003 sayılı olarak Resmi Gazete’de yayınlanmıştır. Sera gazlarının doğrulanması için işlem yapacak olan kuruluşların yönetmeliğin 11. Maddesi kapsamında ISO 14065 (Greenhouse gases - Requirements for greenhouse gas validation and verification bodies for use in accreditation or other forms of recognition) standardı baz alınarak akredite olmaları gereklidir (Anonim, 2014b).

Sera Gazı İzlenmesi Planına göre Sera Gaz Yönetimi Sistemlerinin Doğrulama işlemlerinin tüm basamaklarını yönetmek üzere TÜRKAK aracılığıyla akredite edilmiş ve Sera Gazı Doğrulayıcı Kuruluş Yeterlik Belgesi alan kuruluş ve kurumlara Sera Gazı Doğrulayıcı Kuruluş denir. Çevre Şehircilik Bakanlığı tarafından Sera Gazı Emisyon İzleme Planlarını kendi adına doğrulatacak ve tesislerin sera gaz izleme planına göre emisyonlarını takiplerini ve sera gazı emisyon raporlamalarındaki sonuçların, verilerin doğruluk oranı, verilerin uygun bir sistemden oluşturulduğunun onaylanması amacıyla Sera Gazı Emisyon Raporlarının Doğrulması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Akreditasyonu Tebliğine göre doğrulama kuruluşlarına Doğrulayıcı Kuruluş Yeterlik Belgesi verilerek, sera gazı doğrulayıcı kurum ya da kuruluşların TÜRKAK akreditasyon kurumundan TS EN ISO 14065 standardıyla akredite edilme zorunluluğu getirilmiştir. Sera Gazı Doğrulayıcı Kuruluşlar Doğrulama firmaları Sera Gazı Emisyon Raporlarının Doğrulması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Yetkilendirilmesi Tebliğine göre işletmelerin Sera Gazı İzleme Planlarını Sera Gazı Emisyon İzleme Yönetim Sistemlerini ve sera gazları emisyonlarını denetim yaparak doğrulamak zorundadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).

## **2.5. Türkiye’de İklim Değişikliği İle Mücadele ve Uyum Politikaları**

Dünyada etkilerini gösteren iklim değişikliği Türkiye’de de öngörülen ve beklenen etkileri, küresel iklim değişikliği konusunda alınacak önlemlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Buna bağlı olarak Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bağlantılı kurum ya da kuruluşlar iş birliği yaparak iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında birçok çalışma sürdürülmektedir. İklim değişikliği mücadele kapsamında yürütülen çalışmalar ülkemizin 2009 senesinde taraf olduğu Kyoto Protokolü ile hızlanmış, konuyla ilgili mücadele için ulusal politikayı belirlemek amacıyla eylem planları ve strateji hazırlanmıştır (Tuğan, 2020).

Sürdürülebilir ve düzenli kalkınma ekseninde oluşturulan İklim Değişikliği Eylem Planının (İDEP) amacı atmosfere salınan sera gazı konsantrasyonunu azaltmak, iklim değişikliğinin oluşturduğu olumsuz etkileri kontrol altında tutarak dayanıklılığı sağlamaktır. İDEP, 541 eylemden oluşmakta olup, hazırlanırken oluşturulan hedefler, tarım, sanayi, enerji, ulaştırma, ormancılık, atık ve binalar, arazi kullanımı başlıklarından oluşmaktadır. Gıda güvencesi, biyolojik çeşitlilik, insan sağlığı, su kaynakları gibi konular uyum eylem başlığı altında toplanmıştır. İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planında ise insan sağlığı, gıda güvenliği, kuraklık için eylem

planının oluşturulması, suyun arıtılarak yeniden kullanıma kazandırılması ile ilgili sistem geliştirilmesi, biyolojik çeşitliliğin muhafaza edinmesi, tarımsal alanda sulama sistemlerinin eksikliklerinin giderilmesi ve doğal afetler için risk yönetimi gibi konular daha detaylı bir şekilde yer almaktadır. 2012 senesinde online sistem üzerinde İDEP'i izleme ve değerlendirme amacı ile bir sistem oluşturulmuştur ve bu sistem üzerinden İDEP eylemleri yıllık olarak izlenip değerlendirilmektedir. 2013 senesi itibariyle aktif olarak kullanılan İDEP İzleme Sistemi yerel ve ulusal seviyede oluşturulan bu eylemlerden sorumlu kurum ve kuruluştaki yetkililer aracılığıyla sisteme girilen bilgilerle eylemlerin hayata geçme durumu, uygulama esnasında olumlu veya olumsuz tüm gelişmeler izlenerek değerlendirilmektedir (Tuğan, 2020).

## **2.6. İklim Değişikliğine Yerel Ölçekli Uyum Projeleri**

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı Türkiye Ülke Ofisi (UNDP CO Türkiye) ile ortaklaşa olarak Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesini 9 Ekim 2019'da başlatmıştır. Bu projede öncelikle kent ölçeğinde iklim değişikliğine uyumun güçlendirilmesiyle birlikte toplumsal direncin artırılması amaçlanmaktadır. Küresel bir olgu olarak bilinen iklim değişikliğinin aslında etkileri en çok yerel ölçekte gözlenmektedir. İklim değişikliğinin sebep olduğu doğal afet olaylarının şiddetinde ve sıklığındaki artış yereldeki kritik altyapı, topluluk ve hizmetlerin etkilenebilirliğinin artmasına sebep olmaktadır. Bunun yanı sıra topluluk ve sistemlerden sorumlu olan yerel yönetimlerde kapasite ve kaynak güçlükleri oluşmaktadır. Bu sebeple iklim değişikliğine uyumla ilgili yapılan çalışmalar yerelde oldukça önemlidir. İklim değişikliğine uyum hususunda yerel yönetimlerin rolü küresel gündemin başka alanlarında gittikçe daha fazla öne çıkmıştır (UNDP Türkiye, 2022).

2005-2015 Hyogo Çerçeve Eylem Planı (Hyogo Framework for Action) 2005 senesinde düzenlenen Birleşmiş Milletler (BM) Dünya Afet Risk Azaltım Konferansında kabul edilmiş olup yerel yönetimlerin görevine dikkat çeken önemli bir belgedir. Yerel yönetimlerin ve ulus-altı ölçeklerin gerekliliğini 2010 Cancun Uyum Çerçevesi ve 2007 Bali Eylem Planı uyum konusundaki faaliyetlerde vurgulamaktadır. Hatta BM 2015-2030 Sendai Afet Riskini Azaltma Çerçevesi yerel ve ulusal ölçekte eylemler ve öncelik tanımlamaktadır. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları 2015 senesinde belirlenen Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar (Amaç 11) ve İklim Eylemi (Amaç 13) şehirlerin iklimsel açıdan daha dirençli olması için hedefler belirlemiştir

(<https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr>). Bununla birlikte 2015 yılında imzalanan Paris Anlaşmasında da yerel ölçeğin iklim eylemindeki yeri vurgulanmıştır. Şehirlerin sürdürülebilir gelişmesi için iklim değişikliğine uyum ve doğal afetlere karşı dirençliliğin artırılması için 2016 senesinde Habitat III konferansının sonucu olan Yerel Gündemde taahhütler yer almaktadır. Yerelde uyum eyleminin teşvikini AB de uluslararası gelişmelerle birlikte AB Uyum Stratejisi esas eylemlerinden biri olarak belirlemiştir. Avrupa Yeşil Başkent Ödülü, Climate-ADAPT Platformu, fon kaynakları, Kentsel Uyum Destek Aracı AB'deki yerel yönetimlerin uyum planlamasını desteklemek üzere teşvik unsurları oluşturulmuştur. Yerel yönetimlere iklim değişikliği konusunda uluslararası yerel yönetim ağları da üye yerel yönetimlere uyum konusunda finansal ve teknik destek ve de uluslararası platformlarda temsil gücü sağlamaktadır (İklime Uyum Projesi, 2021).

İklim değişikliğine uyum alanında çalışan ICLEI- Sürdürülebilirlik İçin Yerel Yönetimler (ICLEI- Local Governments for Sustainability), C40 Şehirler İklim Liderliği Grubu (C40 Cities Climate Leadership Group), Belediye Başkanları Küresel İklim ve Enerji Sözleşmesi (Global Covenant of Mayors for Climate and Energy) ve Küresel Dirençli Şehirler Ağı (Global Resilient Cities Network) gibi birçok yerel yönetim ağı bulunmaktadır. Dünyada, özellikle Avrupa'da, iklim değişikliğine uyum konusunda harekete geçen pek çok yerel yönetim bulunmaktadır. Bunların deneyimleri Türkiye'deki yerel yönetimler için yol göstericidir. Avrupa'daki şehirlerde uyum strateji ve eylem planlarının azaltım planlarıyla bütünleşik olarak hazırlanması yaygınlaşmaktadır. Ek olarak ayrı azaltım ve uyum eylem planları ile geniş kapsamlı dirençlilik planları da uygulanmaktadır. Yerelde uyum stratejisi ve eylem planı hazırlamalarına yön vermek amacıyla farklı destek araçları ve kılavuzlar geliştirilmiştir. Bu kılavuzlar genelde şu adımları içermektedir: zeminin hazırlanması (ör. niyet ve sahiplenmenin beyanı, teknik ekiplerin kurulması); mevcut bilginin ve bilgi eksiklerinin tespit edilmesi; gelecek iklim senaryolarının geliştirilmesi/güncellenmesi; risk ve etkilenebilirlik analizleri (mevcut ve gelecek); uyum çözümlerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi; planın yazılması; planın uygulanması; uygulamanın izlenmesi ve değerlendirilmesi, ve planın revizyonu (İklime Uyum Projesi,2021).

AB'deki şehirlerin iklim değişikliğine uyum strateji ve eylem planlarının geliştirilme süreçleri ve içerikleri incelendiğinde bazı benzer yaklaşımlar, dinamikler ve engeller tespit edilmektedir.

Şehirler uyum stratejilerini geliştirme süreçlerinde paydaşların katılımını sınırlı ölçüde gerçekleştirebilmektedir. Katılımı en yüksek olan paydaşlar yerel ve ulusal kamu paydaşlarıdır. Bunları özel sektör, Sivil Toplum Kuruluşları (STK'lar) ve üniversiteler gibi paydaşlar takip etmektedir. Halk katılımı şehirlerarasında değişkenlik göstermektedir. Uyum strateji ve eylem planlarının geliştirilmesinde kırılğan grupların etkin katılımının önemi bilinmesine rağmen mevcut uygulamalarda buna dair raporlama yapılmamaktadır.

Şehirlerin uyum planlarını sık ve yaygın olarak deneyimlenen iklimsel tehlikeler ekseninde hazırladıkları görülmektedir. Odaklanılan iklimsel tehlikeler genellikle aşırı sıcaklar ve kuraklık, aşırı yağışlar, seller ve fırtınalardır. Bunları orman yangınları, deniz seviyesinin yükselmesi, aşırı soğuklar, salgınlar, böcek istilaları ve heyelanlar takip etmektedir. Yerelde yapılan risk ve etkilenebilirlik analizlerinde, veri erişimi ve analiz kapsamlarıyla ilgili zorluklarla karşılaşmaktadır (İklim Uyum Projesi, 2021).

Şehirler, ulusda olduğu gibi, iklim değişikliğinin etkileriyle mücadele çözümlerini iklimsel risklere farklı zaman çerçevelerinde cevap veren üç uyum yaklaşımı üzerinden tasarlamaktadır: sorunlarla kısa-vadeli “baş etme” yaklaşımları, riskleri orta-vadede çözüm sunan “artırımlı” yaklaşımlar ve uzun-vadeli ve bütüncül olan “dönüşümsel” yaklaşımlar. Uyum planlarında da etkilenebilirliğin en yüksek bulunduğu su ve sel yönetimine yönelik eylemler öne çıkmaktadır. Ancak, eylemler genellikle yerel yönetimlerin yetki ve sorumlulukları içerisinde kurgulanmaktadır.

Şehirlerdeki kurumsal kapasite yetersizlikleri, stratejilerin uygulama ve izleme değerlendirme aşamasında da etkili olmaktadır. Yerelde uyum politikalarının uygulanmasında karşılaşılan temel bir engel, yerel kamu kaynaklarının kullanılmasına dair kısıtlamalardır. Yerel yönetimlerin uyum eylemlerini finanse etmeleri için uluslararası fonlar, ulusal fonlara, kamu-özel iş birlikleri, ticari bankaların finans ürünleri gibi çeşitli kaynaklar bulunmaktadır. Bu kadar finansman kaynağı veya seçeneği bulunmasına rağmen, yerel yönetimlerin her zaman bu kaynaklara erişimi mümkün olmamaktadır. Çoğu zaman yerel yönetimler dış finansman kaynaklarına erişim için yeterli donanıma sahip değildir (İklim Uyum Projesi, 2021).

Uygulama sırasında karşılaşılan iki temel engel vardır. Finansmanın planlaması çoğu zaman uygulamadaki eylemlerle sınırlı kalmakta, yönetim, izleme ve değerlendirme süreçleri uyum stratejisinin bütçesi dışında bırakılmaktadır. İzleme ve değerlendirme, uyum strateji ve eylem planlarının sürekliliğinin sağlanması için önemli bir aşama olmasına rağmen şehirler bu konuda çok yavaş ilerleme kaydetmektedir.

Ulusal uyum politikalarının yerelde uyum politikaları geliştirmesi ve etkin uygulaması hedefleniyorsa, yerel yönetimlerin uyum süreçlerini destekleyen bir ekosistem kurgulanması gerekmektedir (İklim Uyum Projesi, 2021).

AB'nin deneyimleri yerelde uyum eylemini güçlendirilmesi için bazı çözümlere işaret etmektedir:

- Yerel yönetimlerin uyum eylemine geçebilmesi için öncelikle uyum süreç ve çözümlerinin önündeki mevzuat engelleri kaldırılmalıdır.

- Yerelde uyumun teşvik edilmesi için farkındalığın artırılması, yerele uygun bilgi ürünlerinin geliştirilmesi ve kapasite geliştirmeye ağırlık verilmesi etkili sonuç vermektedir. Uyum strateji ve eylem planı hazırlama süreçlerini desteklemek için kılavuzlar bu tür bilgi ürünlerine örnektir.

- Diğer yerel yönetimlerin, kamu kurumlarının ve paydaşların iş birlikleri, şehrin etkin katılımını sağlayarak, uyum eyleminin uygulanmasını kolaylaştıracak ve pekiştirecektir.

- Güçlü finansman mekanizmaları ve izleme sistemleri tasarlanmalıdır. Türkiye'nin ulusal politikaları çerçevesinde büyükşehir belediyelerinin iklim değişikliği eylem planı hazırlaması hedeflenmektedir. Bunun dışında, Türkiye'de belediyelerinin uluslararası yerel yönetim ağlarına üyelikleri de iklim eylem planı geliştirmelerini teşvik etmektedir. Türkiye'de belediyeler iklim değişikliği konusundaki farkındalık, niyet ve taahhütlerini görünür kılmak için "Malatya Mutabakatı İstanbul Deklarasyonu," "İklim için Kentler Deklarasyonu" ve "Sürdürülebilir Kentsel Gelişim Ağı" gibi oluşumlarla bir araya gelmektedir (İklim Uyum Projesi, 2021).

Haziran 2020 itibariyle Türkiye'de on büyükşehir belediyesi gönüllü olarak iklim değişikliği eylem planları hazırlamıştır. Antalya (2014), Bursa (2017), Denizli (2019), Gaziantep (2016 ve 2018), Hatay (2020), İstanbul (2018), İzmir (2016), Kahramanmaraş (2017), Kocaeli (2018) ve Muğla (2013) iklim değişikliği odaklı eylem planı geliştiren şehirlerdir.

Bu planlar "sürdürülebilir enerji eylem planı" ve "sürdürülebilir enerji ve iklim değişikliği eylem planı" yaklaşımları çerçevesinde hazırlanmıştır. Planlarda ağırlıklı olarak sera gazı envanterleri, azaltım hedefleri ve eylemlerine yer verilmiştir. Ancak, iklim değişikliği eylem planında uyuma kapsamlı olarak yer veren, İstanbul, Bursa ve Denizli olmak üzere yalnızca üç büyükşehir bulunmaktadır. Kadıköy Belediyesi uyum konusunda plan geliştiren tek ilçe belediyesidir. İklim değişikliği eylem planı kapsamında olmasa da bazı belediyeler veya STK'larca yerelde uyuma yönelik projeler

yürütülmektedir. Türkiye’deki belediye birlikleri de yerel yönetimlerin iklim değişikliğine yönelik farkındalık ve kapasitelerinin artırılmasında rol oynama potansiyeli bulunmaktadır. Türkiye’de belediyelerin faaliyetlerine yön veren ulusal politika ve mevzuatta iklim uyuma dair eylemleri kolaylaştıran güncellemeler yapılması mümkündür. Örneğin, belediye ve büyükşehir belediyelerine veya mekânsal planlamaya dair mevzuatlarda uyum eylemi kolaylaştırılabilir. Böylece, ulusal ölçekte yapılacak mevzuat düzenlemeleri ile yerel ölçekteki uyum eylemleri pekiştirilebilir. Yerel ölçekte ise belediyelerin strateji, çevre, afet, mekânsal planlama veya sektörel politika belgeleri ve yönetmelikleri ile uyumun bütünleştirilmesi uygulama ve izleme ve değerlendirmeyi güçlendirecektir. Türkiye’de yerel ölçekte iklim değişikliğine uyum strateji ve eylem planı geliştirilmesine rehberlik edecek bir çerçeve için Avrupa’daki ve Türkiye’deki mevcut deneyimlerden faydalanılabilir (İklim Uyum Projesi, 2021).

### 2.6.1. Uyum eylemleri, projeler

İklim değişikliği eylem planı olmasa da belediyeler veya STK’larca şehirlerde uyuma yönelik projeler yürütülmektedir. “Türkiye’de İklim Değişikliği Alanında Kapasite Geliştirme Hibe Programı (İklimIN Hibe Programı)” altında pek çok şehir uyuma yönelik farkındalık faaliyetleri, analitik çalışma ve eylemi hayata geçirmiştir. Büyükşehir ve ilçe belediyelerinin uyum eylemine dair projeleri ve eylemleri (İklim Uyum Projesi, 2021) Çizelge 2.2’de, STK ve diğer paydaşların şehirlerde uyum eylemini destekleyen projeleri (İklim Uyum Projesi, 2021) Çizelge 2.3’de sunulmaktadır.

**Çizelge 2.2.** Belediyelerin uyum konusundaki projeleri

BELEDİYE	PROJE/EYLEM	FİNANSMAN KAYNAĞI
ANTALYA	Antalya'nın Deniz ve Kıyılarının İklim Değişikliğine Adaptasyonu	İklimIN Hibe Programı
ÇANKAYA (ANKARA)	Yağmur Hasadı Yoluyla İklim Değişikliğine Uyum Projesi	AB Sivil Toplum Diyalogu Hibe Programı
ÇAYCUMA (ZONGULDAK)	Yağmur Suyu Toplama ve Kullanma Yönetmeliği	-
DENİZLİ	İklim Hareketi İçin Değişime Güç Ver Projesi	İklimIN Hibe Programı
İSTANBUL	İstanbul’da İklim Değişikliği Farkındalığının ve Çalışmaların Geliştirilmesi Projesi	İklimIN Hibe Programı

<b>İZMİR</b>	Dirençli Kentler için Bir Çerçeve: Yeşil Odaklı Uyarlama	İklimIN Hibe Programı
	UrbanGreenUP	Ufuk2020
<b>KADIKÖY (İSTANBUL)</b>	Kadıköy Belediyesi Bütünlükçü ve Katılımcı İklim Eylem Planı	İklimIN Hibe Programı
<b>MERSİN</b>	İklim Değişikliğine Karşı Çıkın Projesi	İklimIN Hibe Programı
<b>SAMSUN</b>	Samsun'da İklim Değişikliğine Uyum Süreci Kapsamında Kızılırmak Delta Projesinin Su Yönetimi Modellemesi Projesi	İklimIN Hibe Programı
<b>TEKİRDAĞ</b>	Trakya Bölgesinde İklim Değişikliği ile Mücadele ve Adaptasyonu için Kapasite Artırımı Projesi	İklimIN Hibe Programı

**Çizelge 2.3.** Şehirlerde uyum eylemini destekleyen projeler

<b>ŞEHİR</b>	<b>YÜRÜTÜCÜ KURUM</b>	<b>PROJE ADI</b>	<b>FİNANSMAN KAYNAĞI</b>
<b>ANKARA, BURSA, ÇANAKKALE, İZMİR</b>	Yeşil Düşünce Derneği	Yeşil İklim Yeşil Ekonomi	AB Sivil Toplum Diyalogu Hibe Programı
<b>BORNOVA (İZMİR)</b>		İklimIN	Bornova (İzmir)
<b>ÇANKAYA (ANKARA)</b>	Peyzaj Araştırmaları Derneği (PAD)	Doğal Bitkilerle İklim Dostu Çankaya Parkları Projesi	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı-Küresel Çevre Fonu Küçük Destek Programı
<b>GAZİANTEP</b>	Gaziantep İstanbul Teknik Üniversitesi Mezunları Derneği	İklim Değişikliği için Sivil Diyalog	AB Sivil Toplum Diyalogu Hibe Programı
<b>İZMİR</b>	EBRD (Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası)	Yeşil Şehirler	EBRD

Bunların yanı sıra, Türkiye’de iklim değişikliğine uyum konusunda 4 pilot şehir belirlenmiştir. Bunlar Konya, Samsun, Sakarya ve Muğla İllerimizdir. Bakanlık tarafından pilot şehirlere yönelik etki ve etkilenebilirlik analizi, iklim değişikliğine uyum stratejisi ve eylem planı toplantıları gerçekleştirilmektedir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İklim Uyum, 2020).

## 2.6.2. Yerel ölçekli sera gazlarının azaltılmasında Konya İli örneği

Yapılan çalışmada, sera gazı emisyonunun ortaya çıkmasına sebep olan CO<sub>2</sub>'in en büyük kaynağı karayolu taşımacılığına dikkat çekilmiştir. Sera gazı emisyonlarının Türkiye ve dünyadaki durumu değerlendirilerek, yolcu taşımacılığı ve karayolu yük taşımacılığının sektörler üzerindeki güncel durumu ve yıllar içindeki değişimleri incelenmiştir. Konya İli özelinde yolcu ve karayolu yük taşımacılığından kaynaklı sera gazı emisyonu 2010-2018 döneminde IPCC tarafından önerilen Tier 1 hesaplama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar için gerekli olan yakıt tüketim miktarları Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından yayınlanan senelik sektör raporundan alınmıştır. Yapılan hesaplamalara göre karayolu taşımacılığı kaynaklı sera gazı emisyonlarında 2010-2018 yılları arasında %87'lik bir artışın olduğu görülmüştür. Kişi başına düşen emisyon oranının %70 arttığı ve 2014 yılında bir önceki yıla göre azalma fakat diğer tüm yıllara göre bir artış olduğu ortaya çıkmıştır. Karayolu yük ve yolcu taşımacılığının çevresel etkilerini azaltıcı tedbirler yeşil lojistik uygulamalarının yaygınlaştırılması önem kazanmıştır. Çevreci ulaşım araçlarından biri olan bisiklet kullanımı için Konya'da altyapı çalışmaları yapılmaktadır. Toplam 550 km'lik bisiklet yolu yapılmış olup çeşitli etkinlikler yoluyla dağıtılan ücretsiz bisikletler ve bisiklet parkları ile şehir içinde oluşan trafikten kaynaklı emisyonların azaltılması amaçlanmaktadır. Ayrıca Türkiye'de ilk defa Konya Büyükşehir Belediyesi bisiklet tramvayı uygulaması başlatarak bisiklet kullanıcılarının gidecekleri uzak mesafelere bu tramvayı kullanarak gitmelerine imkân sağlayarak bisiklet kullanımını teşvik etmektedir (Dündar ve ark., 2021).

Kentlerde oluşan hızlı nüfus artışı ve yoğun sanayileşme sonucunda meydana gelen su, enerji, güvenlik, sağlık ve ulaşım gibi kentsel altyapı hizmetlerinde görülen çeşitli sorunlar gözlemlenmektedir. Akkan (2019), bu sorunların çözümü çerçevesinde bilgi iletişim teknolojilerinin yoğun olarak kullanımını içeren, kent hayatının daha yaşanılabilir ve yüksek refah düzeyi sunması için "akıllı kent" yaklaşımını incelemiştir. Bu çalışmanın hedefi, akıllı kent olgusu bağlamında mevcut teorik altyapıyı gözetmek, Dünyadan ve Türkiye'den seçilen dört kent üzerinden akıllı uygulamaları detaylı olarak ifade etmek ve Konya ili özelinde bütüncül bir akıllı kent incelemesi yapmaktır. Akıllı kent tanımı yapılırken yeşil kent tanımı da yapılmaktadır. Yeşil kent tanımı biyoçeşitliliği korumak, atıkların ve doğal kaynakların verimli kullanımı ve sera gazı emisyonlarını ve kirliliği azaltmak doğrultusunda ekonomik kalkınmayı teşvik eden kent anlamına gelmektedir. Akıllı kent oluşumunun en büyük özelliklerinden birisi de

bu yaklaşımla hava kirliliği ile sera gazı salınımı önemli ölçüde azaltılabilmektedir. AB bünyesinde akıllı kent politikalarını ve uygulamalarını desteklemek amacıyla “Akıllı Kent Girişimi” oluşturulmuştur. Bu girişimin esas amaçlarından biri 2020 yılına kadar kent bazında sera gazı salınımını %20 azaltmaktır. Konya ili akıllı kent çalışmalarını 2019-2022 Ulusal Akıllı Kentler Stratejisi ve Eylem Planı çerçevesinde planlamış ve bu konuda birçok önemli adımlar atmıştır. Bunlarda bir tanesi de Konya Bilim Merkezidir. Türkiye'nin ilk ve tek Leed (Yeşil Bina) Sertifikalı bilim merkezidir. Akıllı ekonomi, akıllı insan, akıllı çevre, akıllı enerji, akıllı yaşam ve akıllı güvenlik bileşenleri çerçevesinde hareket edilerek yapılan bina benzerlerine oranla; %39 enerji tasarrufu sağlamaktadır. %53 daha az su tüketmektedir. Binanın havalandırma sistemi %30 daha kaliteli bir hava sağlamaktadır. Binanın sera gazı salınımı %39 daha azdır. Binada hiçbir kanserojen madde kullanılmamıştır. Binada kullanılan malzemelerin %45'i geri dönüştürülebilir malzemedir. Binanın soğutma sistemi ozon tabakasına etki etmemekte, küresel ısınmaya sebep olmamaktadır.

Bir diğer çalışmada ise, Konya Büyükşehir Belediyesinin akıllı kent uygulamaları üzerine verimli kaynak kullanımını kaliteli ve sürdürülebilir kentsel yaşamı daha etkin hale getirmek üzere yapmış olduğu çalışmalar gözlemlenmektedir. Konya Büyükşehir Belediyesi pek çok faaliyet ve projede bulunarak kentin yarı kurak iklimini avantajlı hale getirmeyi hedeflemektedir. Konya'da E-desen uygulaması ile tarım alanındaki kullanılması gereken bitki ve toprak analizi süreci, KOSKİ SCADA ((Merkezi Denetleme Kontrol ve Veri Toplama) uygulaması ile de su sorununa ve suyun israfına karşı önlem almayı planlamaktadır. Kent içerisindeki e-pati uygulaması doğal çevrede var olan dostların takip ve bakımını kolaylaştırmıştır. Çevre dostu bisiklet yolları ve akıllı bisiklet istasyonları ile sera gazı salınımının azaltılması amaçlanmıştır. Akıllı kavşak uygulamaları ile beşerî afet olan trafik kazaları önlenmeye çalışılmıştır. Belediyelerin açtıkları portallar üzerinde şikâyet ve istekler doğrultusunda yönetim sağlanmış aynı zamanda KOMEK merkezlerinde çevrimiçi eğitimlerle bilgilendirmeler yapılmıştır. Atık dönüştürme merkezi ile hem enerji üretimine destek olunmuş hem de atıklar çevreye yararlı hale dönüştürülmüştür. Birçok durak ve parkta bulunan güneş panelleri neticesinde enerji tasarrufu ve güneş enerjisinin etkin kullanımı sağlanmıştır. Kentsel düzeyde oluşan atıklar için atık enerji üretim merkezleri kurulmakta atıkların çevreye atılmasını ve toplumun bilinçlendirilmesi ne sağlamak için birçok yarışma ve proje ile yönetim alanında da etkinliğini korumaya çalışmaktadır. Bu faaliyetler yürütülürken genellikle e-portallar üzerinden faaliyetler gerçekleştirilmektedir.

Kentlerin ve insan yerleşimlerinin planlanması kentin ilerleyen zamanda sürdürülebilir kalması sağlanmaktadır. Sürdürülebilir kent idaresi konusunda radikal paradigma değişimlerini bugün halen ihtiyaç duyulmaktadır. Bugün almamız gereken bir kararda geç kalmamız, gelecekte ne gibi sonuçlar doğuracağına dair bir öngörümüz yoktur. İklim değişikliği zannedilenden daha hızlı ilerlemekte ve önlemler iklim değişikliğinin önüne geçme konusunda maalesef yavaş kalmaktadır (Göküş ve ark., 2021).

## **2.7. Yerel Ölçekli Emisyon Kaynakları**

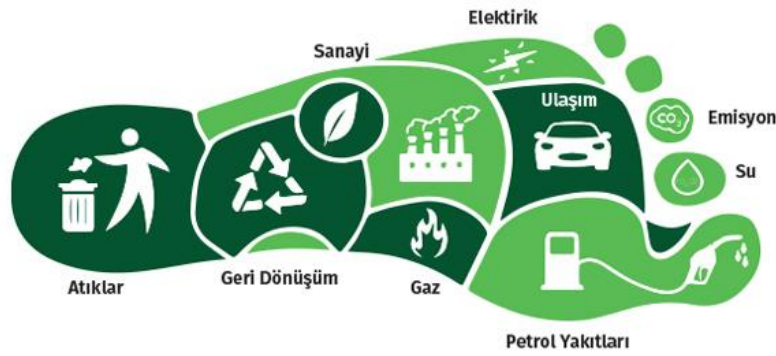
Yerel ölçekli sera gazı emisyon kaynakları; endüstriyel prosesler, atık (atıksu, katı atıklar), enerji, tarım ve ormancılık ve ürünlerin tüketimidir (Anonim, 2014c).

Şehirlerdeki sera gazı emisyonlarının oluşmasına sebep olan en büyük etken sabit enerji üretimi yapan santrallerdir. Emisyonlar, kamu ve ticari kuruluşların binaları, imalat yapan sanayi kuruluşları ile tesisler ve inşaat sektöründen kaynaklanan bilhassa elektrik üreten enerji santrallerinin beslediği şebekelerden kaynaklanmaktadır. Emisyonlara sebep olan sektörler, kaçak emisyonlara yol açan, fosil yakıtların yeryüzüne çıkartılması, farklı formlara dönüştürüldükten sonra taşınmasıdır. Uluslararası seyahatler ile şehirlerarası demiryolu, karayolu, hava, deniz ve okyanus yoluyla gerçekleşen bütün seyahatler ulaşım kaynaklarıdır. Sera gazı emisyonlarının oluşumuna iki temel kaynak olarak fosil yakıtların doğrudan yakılması veya dolaylı yollardan şebekeye verilen elektrik örnek gösterilebilir. Yerel ölçekli emisyon kaynaklarına sebep olan insan faaliyetleri doğru bilgi ve verilerin toplanarak emisyon azaltım hesaplamalarının bölgelere tahsisleri zorlu süreçlerdir. Doğru bilgi ve verilerin kullanılabilirliği ulaşım modellemeleri ve envanterlerin hedeflerindeki farklılıkları kapsamak için GPC (Küresel Ürün Sınıflandırılması), ulaşım kaynaklı emisyon azaltma hesaplamalarında fazladan esneklik sağlar. Sera gazı emisyonları, enerji kaynaklı faaliyetlerin dışında farklı sanayi faaliyetleri ile de üretilir. Temel emisyon kaynaklarına örnek verecek olursak malzemelerin kimyasal form veya fiziksel formlarının endüstriyel yollarla dönüşümleridir. Demir, çelik yüksek ısılı fırın ve fosil yakıtlarda elde edilen kimyevi ham madde olan ve çeşitli amaçlarla kullanılan amonyak ve diğer kimyevi ürünler endüstriyel faaliyetlere örnek verilebilir. Bu endüstriyel aktiviteler esnasında birbirinden farklı sera gazları oluşabilir. Bunlara ilave olarak, soğutma sistemleri ürünleri, aerosol kutuları veya köpük gibi sanayi ürünleri, son kullanıcıların (tüketicilerin) kullandığı bazı ürünler, kullanma ve bertaraf işlemleri esnasında atmosfere karışan sera gazı emisyonları (GHG) içerir. Arazi kullanımı, ormancılık ve

tarım gibi sektörlerin oluşturduğu emisyonlar, arazi kullanımı ve sonrasında arazi değişikliği (misal, yerleşim alanı oluşturmak için kesilen ormanlık araziler) ve hayvancılık (gübre yönetim faaliyetleri) gibi farklı yollarla üretilmektedir (Anonim, 2014c).

## 2.8. Karbon Ayak İzi

Karbon ayak izi, çevreye verilen zararın hesaplanabilmesi için atmosfere salınan sera gazlarının miktarının belirlenebilmesinde kullanılan CO<sub>2</sub> eşdeğeri ölçüsüdür (Atabey, 2013). Karbon ayak izi, endüstriyel faaliyetleri içeren sektörlerin, süreçlerin, organizasyonların, şirketlerin, devletlerin, toplumların, bireylerin vb. etkinlikleri sonucu oluşturdukları sera gazı emisyonlarını içermektedir (Galli ve ark., 2012). Şekil 2.3’de karbon ayak izini oluşturan bazı faaliyetler gösterilmektedir (<https://www.istac.istanbul/tr>).



Şekil 2.4. Karbon ayak izi

Küresel iklim değişikliğiyle birlikte oluşan değişimler beraberinde karbon emisyonları üzerinde artış gösteren korkular sebebiyle pek çok kuruluş, şirket ve işletme global iklim değişikliğini önleyebilmek amacıyla kendileri karbon ayak izi projelerini oluşturmaktadırlar (Matthews ve ark., 2008). Karbon ayak izinin tanımlanabilmesi için Wiedman ve Minx (2007) tarafından ilk geniş kapsamlı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu tanıma 2015 yılında Gunathilaka ve Gunawardana yaptıkları bir çalışmayla destekleyici yorumlar getirmişlerdir. Yapılan bu çalışmalar ışığında Minx ve Wiedmann diğer çalışmalardaki tanımların ötesinde günlük faaliyetler (öğrenci taşımacılığı, kıyafetlerin temizlenmesi) sonucu oluşan CO<sub>2</sub> miktarını hesaplayan bir tanımlama yapmışlardır. Diğer bir ifadeyle, yapılan bu tanımlamalarda uçağın çalışması sırasında kullanılan yakıtın doğrudan etkisi, bulaşık yıkama eylemi için elektrik tüketiminin dolaylı yoldan etkileri hesaba katılmıştır. Bununla birlikte aynı çalışmanın içerisinde

emisyon hesaplamasında hangi sera gazlarının dahil olacağı, en doğru sınırın ne olacağı, hangi emisyonu göz önünde bulundurup bulundurmayacağını kapsamı gerektiği belirtilmiştir. Ek olarak karbon yönetimi amaçlarının da önemli ölçüde ön planda tutulması gerektiği vurgulanmıştır. Wright ve ark. (2011) yapmış oldukları çalışmada veri toplanırken esas olan karbon kaynaklı gazlar olan CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub>'nin karbon ayak izi hesaplanırken kullanılması gerektiğini belirtmiştir.

## **2.9. Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Dair Örnekler**

Turan (2019) tarafından, nüfus yoğunluğu açısından Türkiye'nin 4. büyük ili olan Bursa'nın en büyük ilçesine hizmet eden Osmangazi Belediyesi'nde en fazla enerji kullanan ve bu sebeple atmosfere bıraktığı karbon salınımının da en fazla seviyede olduğu merkez hizmet binasına ait karbon salınım düzeyi tespit edilmiş, mevcut personel sayıları da göz önünde bulundurularak karbon ayak izi miktarı hesaplanmıştır. Merkez hizmet binasına ait 2014 ve 2017 seneleri arasındaki karbon salınımı toplamde "2.537,03 ton CO<sub>2</sub>" olarak hesaplanmıştır. 2014 yılı içerisinde "1,60 CO<sub>2</sub>/kişi/yıl" olarak hesaplanan karbon ayak izi seviyesinin, 2017 yılında "1,73 CO<sub>2</sub>/kişi/yıl" seviyelerine çıktığı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda 4 yılın sonunda Merkez Hizmet Binası'ndan atmosfere salınmış karbon miktarı, ton CO<sub>2</sub> türünden %8,12 oranıyla artış göstermiştir. Gerçekleştirdiği çevre dostu projeler ile Osmangazi Belediyesi, atmosfere bıraktığı karbon salınım seviyesini düşürmeyi planlamıştır. Bu projeler arasında 2009-2014 yıllarında "Orman Bölge Müdürlüğü ve Osmangazi Belediyesi Protokolü" kapsamı içerisinde "1.000.000 Fidan Dikim Kampanyası" düzenlenmiştir. Kampanya kapsamında dikilen fidanların bir yıl içerisinde karbon yok etme miktarının "7.275 ton CO<sub>2</sub>" olduğu hesaplanmıştır. Sonuç olarak Osmangazi Belediyesi Merkez Hizmet Binası'ndan 2014 ve 2017 yılları arasında geçen 4 yıllık zaman zarfında atmosfere salınan karbon miktarı seviyesinin 2,9 katı civarında karbon Fidan Dikim Kampanyası ile sadece 1 yıl içerisinde tutulabilmiştir.

Başka bir çalışma ile Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Sağlık Yüksekokulu'nun karbon ayak izi hesaplanmıştır. Defra Annex (İngiltere Çevre, Gıda ve Tarım İşleri Departmanı) ölçüm kombinasyonları hesaplama kriterleri kullanılarak yıl içi karbon ayak izi miktarı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, ısınma miktarı, elektrik enerjisi tüketimi, öğrenci ve personel ulaşım yakıt miktarları, personel araçlarının yakıt türleri gibi faktörler dikkate alınmıştır. Tüm hesaplamalar sonucunda karbon

salınımının en çok doğalgaz sebebiyle, en az da benzinli araçlar sebebiyle meydana geldiği tespit edilmiştir (Kumaş ve ark., 2019).

Argun ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, bir hizmet, bir ürün veya bir etkinlik sebebiyle karbon ayak izi miktarının en önemli göstergesi olarak atmosfere salınan CO<sub>2</sub> gazı miktarının Konya/Selçuklu ilçesi için hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan emisyon hesaplamalarında, IPCC tarafından önerilen Tier yaklaşımı ile belirlenen metodoloji kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde Konya/Selçuklu ilçesinin 2015 senesi karbon ayak izi miktarı 0,94 milyon ton CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır. Sanayi kullanımından kaynaklanan emisyonlar hesaplama dışı tutulmuştur. İlçenin karbon ayak izi emisyonları arasında en önemli oran %56'lık seviye ile barınma kaynaklı emisyonlardır. Daha sonra buna en yakın oranla %41 seviyesi ile ulaşım sebebiyle kullanılan enerji gelmektedir. En az emisyon kaynağı ise %3 lük seviyedeki katı atıklardır. Bu ilçede birim alana 457 ton CO<sub>2</sub>, fert başına ise 1,55 ton CO<sub>2</sub> emisyonu düşmektedir. Elde edilen sonuçlara göre ilçedeki karbon ayak izi seviyesinin Türkiye ve Dünya ortalamalarına göre çok daha düşük seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Bununla beraber ilçede büyük miktarda yapılan ağaçlandırma çalışmaları ile yaklaşık 612,360 ton CO<sub>2</sub>'nin tutulması gerçekleştirilmiş ve karbon ayak izi miktarının azalmasına büyük oranda katkı sağlanmıştır.

Ömer Halisdemir Üniversitesi'nin kampüsü içerisinde dokuz fakültenin öğrencilerinin tüketim alışkanlıklarını araştıran bir anket çalışması, istatistiksel olarak SPSS (Sosyal Bilimler için İstatistik Programı) uygulaması kullanılarak yapılmış ve fakültelerin meydana getirdiği karbon ayak izi değişimleri ve bunun mekân olarak dağılımları Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) aracılığı ile ArcGIS 10.2 yazılımında hesaplanmıştır. Fakültele göre azalış veya artış gösteren CO<sub>2</sub> emisyonunun tespit edildiği çalışmada, kız öğrencilerin CO<sub>2</sub> emisyonunun (354 kg/yıl) erkek öğrencilere göre (392 kg/yıl) daha düşük miktarda olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak kampüs içi gibi bölgesel bir alan içerisinde bireysel olarak CO<sub>2</sub> emisyonunun mekânlara göre dağılımlarını inceleyerek bu dağılımın fakülteler içinde dengelenmesine yönelik çözüm fikirleri ortaya konularak farkındalık oluşturmak amaçlanmıştır (Gökçek ve ark., 2019).

Binboğa ve Ünal'ın 2018 yılında yaptıkları başka bir çalışmada Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin karbon ayak izi hesaplanmış ve kaynakların sürdürülebilirliği ve küresel iklim değişikliği ile mücadele edilmesi için gereken faktörlere dikkat çekmeyi ve üniversitelere sorumluluk ve rollerinin önemini hatırlatmayı amaçlamışlardır. Bu sebeple, Celal Bayar Üniversitesi'nin birincil karbon ayak izi IPCC Metodolojisi Tier 1

yaklaşımı kullanılarak hesaplanmış, 2016 senesi için 8.953,906 ton CO<sub>2</sub> emisyonu olduğu tespit edilmiştir.

Ürünlerin karbon ayak izlerinin hesaplanması için kullanılan PAS 2050 standardı ve kurumların karbon ayak izinin hesaplanması için kullanılan ISO 14064 standardı, standartlar arasında en çok tercih edilenlerdir. Kurumların sera gazı salınımı konusunda direkt etkili faaliyetler, faaliyetlerine devam etmeleri için gerçekleştirdikleri hizmetler veya ürün alımları dolayısıyla oluşan faaliyetler ve kurumların faaliyetlerini gerçekleştirirken meydana gelen sera gazı salınımı konusunda etkili olan faaliyetlerle ilişkileri, sera gazı emisyonu hesaplamalarında, en detay içeren ve en sağlıklı sonuçların alınması için en kapsamlı hesaplama yöntemlerinin bu standartlar olduğu literatür araştırmalarında karşımıza çıkmaktadır. Kurumsal karbon ayak izi hesaplamalarında mali yıl veya takvim yılının baz alınması daha doğru ve sağlıklı sonuçlara ulaşmak açısından önem arz etmektedir. Karbon ayak izlerini bilmeleri, kurumlar açısından yaptıkları faaliyetler dolayısıyla açığa çıkan sera gazlarını kontrol altına almaları için çok önemlidir. Yaptıkları bu çalışma ile kurumların faaliyetlerini gerçekleştirirken atmosfere bıraktıkları sera gazlarından kaynaklanan küresel iklim değişikliğine sağladıkları olumsuz etkiler ve bundan kaynaklanan 'karbon ayak izlerinin' hesaplanma metodlarını tanıtarak kurumsal seviyede karbon ayak izinin azaltılma stratejilerini ortaya koymaktadırlar (Üreden ve Özden, 2018).

Albert ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada Danimarka'da 5 bölge açısından tüketim ve üretime dayalı CO<sub>2</sub> gazı emisyonlarının hesaplaması üzerinde çalışılmıştır. Danimarka'nın Başkenti Kopenhag'da tüketim ve üretime dayalı emisyonların sırası ile %41'ini (28 milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğer) ve %31'ini (27 Mt CO<sub>2</sub> eşdeğer) oluşturduğu tespit edilmiştir. Bölgesel emisyonları ürün ve endüstri olarak 2 kategoriye ayırıp her bir bölgedeki tüketici ve üreticiye karbon ayak izlerini azaltmaları konusunda en önemli farklılıkların oluşturulabileceği alanlar konusunda bilgi sağlanmıştır. Danimarka'nın tüm bölgelerinde, barınma, mobilite hizmetler ve yiyecekler temel emisyon faktörleri olmuştur. Kuzey Orta ve Güney Danimarka'nın gıda üretimi emisyonlarının yarıdan fazlasını (9,56 MtCO<sub>2e</sub>) meydana getirmektedir. Başkent bölgesinde, gıda tüketiminin en önemli emisyon kaynağı olduğu gözlemlenmiştir (3,79 MtCO<sub>2e</sub>). Süt ürünleri ve et ürünlerine yönelik olarak az seviyede diyet değişikliklerinin Danimarka hanelerinde bölgesel olarak gıdalardan kaynaklanan emisyonları potansiyel olarak azaltacağı öngörülmektedir. Öncelikle Danimarka'daki en büyük şehirler olan Kopenhag, Aalborg, Odense ve Århus'ta, tüketicilerin yaşam

biçimlerindeki basit değişiklikler ile yerel iklim azaltma politikaları için çok mühim gelişmeler katedilebileceği ortaya konmuştur.

Yapılan bir başka çalışmada ise atıksu arıtma tesisleri (AAT'ler) karbon ayak izi açısından değerlendirilmiştir. Modern AAT'lerin, atıksu kalitesi, enerji performansı ve sera gazı (GHG) emisyonları dahil olmak üzere üç birleşik sürdürülebilirlik kriteri arasında bir denge sağlaması gerektiği belirtilmiştir. Bu kriterlerin tümü, bu çalışmada geliştirilen entegre tesis çapında modelde ele alınmıştır. Önerilen modelde, aşağıdakileri unsurların dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır;

(i) Tesislerin genel enerji dengesine ve sera gazı ayak izi hesaplarına eklenmesi ve

(ii) Ayrıntılı ısı ve güç arzı ve talebinin alt modellerinin uygulanması ve doğrulanması.

Çalışmanın amacı, bu yeni uzantıların tüm tesisin enerji dengesi ve sürdürülebilirlik değerlendirmesi üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Entegre model, aktif çamur biyoreaktörde biyolojik besin giderimi yapılan ve arıtma çamurunun anaerobik olarak ayrıştırıldığı büyük bir AAT'de uygulanmıştır. Teknolojik iyileştirmeler ile, enerji nötrlüğü ve sera gazı ayak izinde en yüksek azalma (%30'un üzerinde) sağlanmış, atıksu kalitesi mevcut koşullara kıyasla değişmeden kalmıştır. Karbon ayak izin hesaplamalarında AAT'lerin ihmal edilemeyeceği ortaya konmuştur (Zaborowska ve ark., 2021).

Rizan ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada hastane atık yönetiminin karbon ayak izini tahmin etmek amaçlanmıştır. Bir Birleşik Krallık Ulusal Sağlık Hizmeti organizasyonundaki üç hastanede bulunan atık yönetimine dayalı aktivite verileri kullanılarak, İlaç Ürünleri ve Tıbbi Cihazlar için Sera Gazı Hesaplama Sektörü Kılavuzuna uygun olarak hastane atıklarının proses bazlı karbon ayak izi hesaplanmıştır. Bu çalışmada, hastane atığı kg başına düşen karbon ayak izinin, geri dönüştürüldüğünde en düşük olduğu (21-65 kg CO<sub>2</sub> e), atıklar düşük sıcaklıkta yakıldığında ise karbon ayak izinin yükseldiği (172–249 kg CO<sub>2</sub> e) sonucuna ulaşılmıştır. Eğer atıklar bir otoklav içerisinde düşük sıcaklıkta yakılırsa, karbon ayak izi 569 kg CO<sub>2</sub> e yükselmiştir. En yüksek karbon ayak izi, yüksek sıcaklıkta yakma (1074 kg CO<sub>2</sub> e) yoluyla atıkların bertarafı ile ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak, belirli atık bertaraf seçenekleri için karbon ayak izini hesaplamak mümkündür. Bu, gelecekte sağlık hizmeti atıklarının optimum şekilde işlenmesini sağlayabilecektir.

Bir diğ er çalışmada İstanbul'da bulunan ilçeler arasında hızlı bir gelişim gösteren Ümraniye pilot ilçe olarak belirlenmiştir. İlçenin sınırları içinde yer almakta olan ulaşım, resmi kurumlar (okul, hastane vb.), konutlar, ticarethaneler ve sanayiden kaynaklanan karbon ayak izi hesaplanmıştır. Bu ölçüt dahilinde ilgili kuruluşlardan elde edilen veriler 2017'de elektrik ve doğalgaz ile özel araç güzergâh ve toplu taşıma, tüketim ve yakıt cinsi hesaba katılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda karbon ayak izinin dış ortam aydınlatmada %1, sanayide %4, ulaşımında %16, resmi kurumlarda ve ticarethane %35, konutlarda %43 olacak şekilde dağılım sağladığı tespit edilmiştir. Elde edilen kaynakların içerisinde özellikle resmi kurum ve ticarethane (%29) ile yerleşkelerde (%22) elektrik tüketiminin en büyük etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Ulaşım alanında özel araç kullanıcılarının çevreye verdiği etki (%50), toplu taşımayı kullananlara (%12) göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ümraniye Belediyesinin faaliyetlerinin sebep olduğu karbon ayak izi ise genel toplamda %3 ile az bir etkisinin olduğu belirtilmiştir. Ümraniye ilçesinde kişi başı oluşan emisyon miktarı 2,55 ton CO<sub>2</sub>/kişi şeklinde tespit edilmiştir (Haksevenler ve ark., 2020).

Atabey (2013) tarafından hazırlanan tez çalışmasında, küresel ısınma sonucu ortaya çıkan iklim değişikliğinin neyi ifade ettiği ve Diyarbakır şehrindeki olası etkinin ne olabileceği değerlendirilmiştir. Sera gazı emisyonları hesaplanırken IPCC aracılığıyla önerilmiş Tier hesaplama yöntemleri kullanılmıştır. Antropojenik kaynaklı oluşan sera gazları içerisinde büyük payı CO<sub>2</sub> oluşturduğundan, özellikle CO<sub>2</sub> gazları analizinin üstünde durulmuştur. Hesaplamalarda yakıt tüketiminden kaynaklı CO<sub>2</sub> gazının arttığı tespit edilmiştir. İnsan kaynaklı olarak oluşan sera gazlarının üretiminde en büyük payın karayolu kaynaklı ulaşım sektörü olduğu gözlenmiştir. Kamyonetlerden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu en büyük payı oluşturmaktadır. 2012 senesinde, CO<sub>2</sub> emisyonu içinde, benzinli otomobil %4,5 oranda bir pay oluştururken, kamyonlar %21'lik bir pay oranına sahiptir. Otomobil kullanımında tüketilen yakıtlara baktığımız zaman (dizel, benzin ve LPG) toplamda oluşan CO<sub>2</sub> emisyonunda %30 bir pay oluşturmaktadır. Havayolu ulaşım sektörünün ilerlemesiyle toplamda karayolunda oluşan emisyon oranı azalmıştır. Fakat 2011 senesinde toplam değer 73,3 kt CO<sub>2</sub> havayolu sektörden kaynaklı artış; 2011 yılında yalnızca dizel yakıt kullanan kamyonet kaynaklı 115,2 kt olan CO<sub>2</sub> gazı salınımına göre çok daha küçüktür. Sanayi sektör kaynaklı toplamda CO<sub>2</sub> salınımı yaklaşık olarak 92 kt olarak bulunmuştur. 2009 yılında Türkiye sera gazı emisyonlarının toplamda CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak 370 Mt'dur. Diyarbakır ilinin 2010 senesinde (diğ er sera gaz emisyonları dikkate alınmadan) CO<sub>2</sub> gazı salınımı 1,7 Mt, 2011

senesinde ise yaklaşık olarak 1,9 Mt olarak bulunmuştur. Bir ağaç senede 12 kg CO<sub>2</sub> gazı emdiği bilimsel çalışmalarla bilinmektedir. Diyarbakır ili için yalnızca 2011 yılında dikilmiş ağaçların (gelişmiş ağaçlar olduğu kabul edilirse) o sene içinde 28,776 ton CO<sub>2</sub> soluduğu belirtilmiştir. Her sene 92,208 ton CO<sub>2</sub> gazı salınım bertarafının tamamının ağaçlar yoluyla olmasının hedeflenmesi durumunda yalnızca Diyarbakır ilinde 2,5 milyar ağaç olması gerektiği değerlendirilmiştir.

Bir diğer çalışmada, Karabük ilinde yaşayan halkın günlük yaşamlarını düşünerek sanayi, ulaşım ve ısınmada tüketilen fosil yakıtlardan kaynaklanan karbon salınım hesabı ve mevcut olan ormanların sera gazı emisyonlarının azaltılmasındaki etkisi araştırılmıştır. 2017-2019 senelerine ait olan Karabük il Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Çevre pozisyon raporları, EPDK ve TUİK rapor verisi kullanılarak değerlendirilmiştir. Endüstriyel işlemler, atık kullanımı ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan emisyonlar hesaba dahil olmamıştır. Datalar, barınma kullanımı, ulaşım ve sanayi olarak alt başlıklara ayrılmıştır. Emisyonların hesabı yapılırken IPCC'nin önerisi olan yaklaşımlar arasından Tier 1 metodu kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler, Karabük ili karbon emisyonu miktarı; 2017 senesi için 2.8 Mt, 2018 senesinde 2.3 M ton, 2019 senesinde ise 7 MT CO<sub>2</sub> eşdeğerdir. 2019 senesinde Karabük ili kişi başına düşen CO<sub>2</sub> miktar ortalaması Türkiye geneli kişi başına düşen CO<sub>2</sub> miktarı ortalamasından 4,4 kat fazla olduğu belirtilmiştir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğünü verilerine göre Karabük'de 232,991 ha verimli şekilde orman arazisi vardır. Bu arazi en yüksek 1.2 Mt CO<sub>2</sub> emilimini sağlamaktadır. Yapılan hesaplamalar dahilinde 2019 senesindeki sonuçlara bakıldığında Karabük ilinin sahip olduğu orman alanı varlığı, sera gazı emisyon miktarını %16'lık bir miktarda azalttığı belirlenmiştir. Sonuç değerlendirilmesi yapıldığında iklim değişikliği ile mücadelede ormancılık sektörünün önemli olduğu ve buna istinaden Karabük ilinde bulunan bozuk orman arazilerinin verimli hale getirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Kocaman, 2020).

Yapılan bir araştırmada Hong Kong ve Makao'nun karbon ayak izleri analiz edilmiştir. Hong Kong ve Makao, enerji ve kaynak arzında başka bölgelerden faydalandıkları için kentsel ölçekli karbon ayak izi hesaplamasında bu durum dikkate alınmıştır. Yapılan çalışmada doğrudan enerjiyle ilgili emisyonlar (Kapsam 1), sınır ötesi elektrik emisyonları (Kapsam 2) ve ticaretle ilişkili somutlaştırılmış emisyonlar (Kapsam 3) olarak üç kategoride değerlendirme yapılmıştır. İki bölgenin Kapsam 1 karbon ayak izleri, 2018'de Çin Ankarasından gelenlerin %0,6'sına karşılık gelecek

şekilde 50 Mt'da stabilize edilmiştir. Küresel ayak izleri, 2000 ile 2015 yılları arasında sürekli bir büyüme ile Kapsam 1 emisyonlarının yaklaşık üç katı iken yerel karbon ayak izlerinin katkısı ortalama olarak iki katına çıkmıştır. Kapsam 3 emisyonlarının esas olarak olumsuz ticaret dengesinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Hong Kong ve Makao'nun, gelişmiş şehirler tedarik zincirleri aracılığıyla üretimi dış kaynak olarak kullandığından, yalnızca Kapsam 1 emisyonlarına odaklanan azaltma politikalarını düzenlemeleri önerilmiştir (Dou ve ark., 2021).

## **2.10. Yenilenebilir Enerji ve Karbon Tutumu**

Türkiye, enerji talebinde OECD ülkeleri arasında hızlı bir şekilde büyüme göstermekle birlikte, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından yapılan tahminlere göre, önümüzdeki yıllarda enerji alanındaki kullanımını iki kat artırmaya hazırlanmaktadır. Türkiye enerji ithalatçı bir ülke olup, enerji sektöründeki ihtiyacın yaklaşık olarak %73'ünü ithalattan sağlamaktadır. Türkiye, hem enerji alanındaki ihtiyacından kaynaklanan dışa bağımlı olmasını en aza indirmek için hem de fosil kaynaklı (kömür, petrol ve doğal gaz) enerji çeşitlerinin doğaya verdiği zararları azaltabilmek amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına önemli yatırımlarda bulunmaktadır. 1968 senesinde Türkiye'de biyokütle, hidroelektrik, güneş ve rüzgar enerjisi tüketim miktarı 0,75 milyon ton petrol eş değeri (mtoe) iken, 2014 senesinde 11,8 mtoe şeklinde gerçekleşmiştir (BP, 2018).

Bölük ve Mert (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, Türkiye'de 1961-2010 senelerini içeren dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarının oluşturduğu elektrik enerjisi üretiminin, Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYH) ve CO<sub>2</sub> emisyonu ile olan ilişkisi incelenmiş ve sonuçlara göre yenilenebilir enerji üretiminin karbon emisyon miktarını azalttığı ortaya konmuştur.

Dong ve ark. (2017) tarafından Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika ülkeleri hakkında yapılan çalışmada 1985-2016 seneleri arasında doğalgaz tüketimi, yenilenebilir enerji kullanımı ve kişi başına GSYH'nın sera gazı emisyonu ile ilişkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda yenilenebilir enerji kullanımının karbon emisyon miktarını azalttığı ortaya konmuştur. Paramati ve ark. (2017) tarafından G20 ülkeleri hakkında yapılan çalışmada 1991-2012 seneleri arasında yenilenemez (fosil yakıtlar ve nükleer enerji) enerji kullanımı, yenilenebilir enerji kullanımı, nüfus ve ekonomik büyümenin CO<sub>2</sub> gazı emisyonuna olan etkisi incelenmiş, yenilenebilir enerji kullanımı ile CO<sub>2</sub> emisyon miktarının azaldığı görülmüştür. Bhattacharya ve ark. (2017)

tarafından yapılan çalışmada gelişmekte olan ve gelişmiş 85 ülkenin 1991-2012 seneleri arasında yenilenebilir ve yenilenemez enerji kullanımları, ekonomik büyüme, kurumsal kalite ve CO<sub>2</sub> gazı emisyonuyla olan ilişkisi incelenmiştir. Yenilenebilir enerji kullanımının CO<sub>2</sub> emisyon miktarını azalttığı sonucunu doğrulamışlardır. Benzer çalışmalar yenilenebilir enerji kullanımının sera gazı emisyonlarını azalttığını ortaya koymuştur (Doğan ve Ozturk, 2017; Sinha ve Shahbaz, 2018)

## 2.11. Karbon Kredilendirme Kuruluşları

Karbon piyasalarını iki başlık altında inceleyebiliriz;

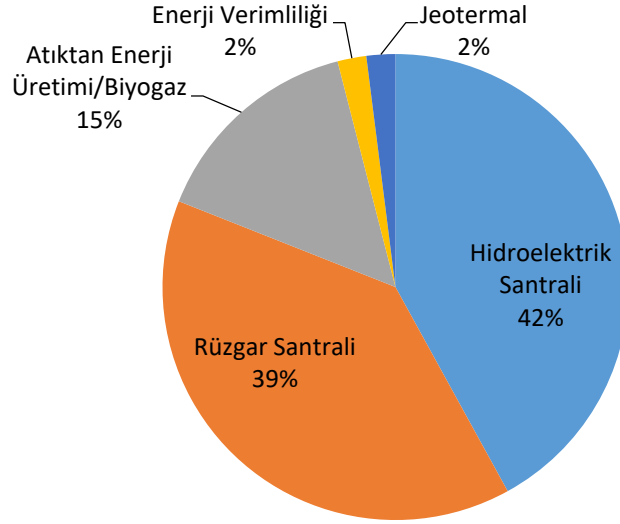
- Birincisi, Kyoto Protokolü kapsamında oluşturulan esneklik mekanizmaları ve ülkelerin az bir maliyet kullanarak sera gazı salınımı azaltımını gerçekleştirebilmek için zorunlu karbon emisyon piyasaları.
- İkincisi, sivil toplum örgütleri, kurumlar, firmalar ve bireylerin oluşturduğu etkinlikler sonucunda oluşan atmosfere salınan sera gazı salınımlarını azaltımını gönüllü olarak kolay hale getirmeye hedefleyen gönüllü karbon emisyon piyasalarıdır (Narin, 2013).

2005 ile 2014 seneleri arasında Türkiye, toplamda 308 adet proje katkılı sera gazı salınımı azaltımına yönelik etkinliğe ev sahipliği yapmıştır. Bu projeler arasında ilk sırayı yenilenebilir enerji ile ilgili projeler almıştır. Devamında enerji verimliliği ve atıktan enerji üreten projeler gelmiştir. Çizelge 2.4'te Türkiye'de gerçekleştirilen projelerde sera gazı azaltımı miktarı, ilgili alanda proje sayısı ve proje türleri verilmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016). 2012 itibariyle Bu projelerin sadece %18'i sertifikalanmıştır (REC Türkiye, 2015).

**Çizelge 2.4.** Türkiye'de gönüllü piyasalarda geliştirilen projelerin sektörlere göre dağılımı (18.04.2014 tarihi itibariyle)

Proje Türü	Sayısı	Yıllık Salm Azaltımı (ton CO <sub>2</sub> /yıl)
<b>Hidroelektrik Santrali</b>	159	8,747,634
<b>Rüzgâr Santrali</b>	156	7,951,391
<b>Atıktan Enerji Üretimi/Biyogaz</b>	27	3,069,273
<b>Enerji Verimliliği</b>	10	432,081
<b>Jeotermal</b>	6	405,309
<b>Toplam</b>	308	20,605,688

Türkiye’de uygulanan gönüllü karbon emisyon piyasaları için yapılan projelerin senelik salım azaltımı değerlerinin sektörel anlamda dağılım oranları (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016) Şekil 2.4’te verilmektedir. Hidroelektrik santraller %42 ile birinci sırada yer almaktadır.



Şekil 2.5. Türkiye’de geliştirilen gönüllü karbon piyasası projeleri yıllık salım azaltım değerlerine göre sektörel dağılım oranları

Karbon emisyon piyasasında gönüllü olarak en fazla uygulanan standart Gold Standart (GS) olup, Türkiye’de projelerde en çok GS tercih edilmektedir. Verified Emission Reduction (VER+) ve Voluntary Carbon Standard (VCS) standartları ile geliştirilen projeler de kullanılmaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

**Gold Standart:** İsviçre menşeli, kâr amacı olmayan bir kuruluştur. WWF (World Wide Fund for Nature) Doğal Hayatı Koruma Vakfı tarafından 2003’de, BM Temiz Kalkınma Mekanizması himayesinde enerji üretimi projeleri için en doğru şekilde kıyaslama yapılacak uygulamaların başarı ile sonuçlandırılması için geliştirilmiştir. Son zamanlarda dünya genelinde 80’in üzerinde STK tarafından destek almaktadır. Gönüllü karbon sertifikalandırma piyasalarında sera gazı salımını azaltarak sürdürülebilir kalkınmayı hedefleyen yatırımcılar için rehber niteliği taşımaktadır. Projelerde çevresel ve sosyal yararlar, etki alanı içerisindeki paydaşlar dikkatle incelenmektedir. Yenilenebilir enerji, enerji verimi, projelerin atık yönetim sistemi, ormanların ve arazilerin kullanım alanlarında uygulanan projeler ile ilgilenilmektedir. Bunların yanı sıra projelerde özgünlük içeren konular, sürdürülebilirlik yaklaşımları ispat edilmektedir. Projelerin tescillenebilmesi adına, bağımlı olmayan üçüncü taraf

onayları gerekmektedir. Kalite standartlarının arasında en katı kriterlere sahip olan gönüllü standarttır (Colomb, 2009).

**VCS (Voluntary Carbon Standard):** 2006 yılında İsviçre merkezli ve kar gütmeyen bir standart olarak yayınlanmıştır. IETA (Uluslararası Salım Ticareti Derneği) ile WB (Dünya Bankası) aracılığıyla uluslararası ölçekli bir çalışmadır. Sera gazlarının atmosfere salımlarının azaltılmasına yönelik konulara odaklanır. Projelerde çevresel veya sosyal faydaların sağlanmasını hedeflemez. Projelerin kalitelerinin arttırılabilmesi için yapılacak olan görevlerde alt yükleniciler kullanılabilir. Bu nedenle bağımsız olan üçüncü taraf onayına ihtiyaç duyulmaz. Projelerin doğrulanma aşamaları ve onaylanması daha düşük maliyetler ile gerçekleşir (Colomb, 2009).

## 2.12. Karbon Ticareti

Karbon piyasası temelli olan Emisyon Ticaret Sistemi (ETS), Kyoto Protokolü tarafından belirlenmiş olan emisyon azaltım yükümlülükleri olan ülkelere emisyon amaçlarını gerçekleştirebilmeleri için kolaylıklar sunmaktadır. Kyoto Protokol'üne taraf olan ülkeler kendi aralarında gerçekleştirdikleri emisyon ticaret sistemi, her ülkenin sahip olduğu emisyonları azaltım sorumluluklarına göre daha çok azaltımı başaran taraf ülke ilave azaltımını başka bir ülkeye satma hakkını sağlamaktadır (İMMİB, 2012).

Türkiye'deki karbon piyasası yalnızca dış alıcılar tarafından gerçekleşmektedir. Karbon kredisi oluşturarak satışını gerçekleştirenlerin büyük çoğunluğu enerji sektöründeki şirketlerden oluşmaktadır. Yurt dışındaki karbon kredisi satın alan şirketler Air France, British Airways, Virgin Atlantic ve Cathay Pasific gibi havayolu taşımacılığı yapan şirketler ile DHL, Nokia, Panasonic, Google, SwissPost gibi şirketlerdir (Atılal, 2016).

Karbon ticaretine bakıldığında karbon emisyon miktarını azaltma adına etkili bir yöntem olarak gözükse de küresel anlamda öyle olmadığı tahmin edilmektedir. Kyoto Protokolü'nde bir kurumun veya ülkenin kendi bünyesinde belirtilen miktardan fazla sayıda emisyon neden olduğu karbon salınımı başka ülke veya kurumun verilen miktarın altında kalan miktarının satın alınmasıyla gerçekleşen bir önlemdir. Küresel anlamda bu önlem sera gazı emisyonlarını azaltmaktan daha çok mevcut olan durumu stabil tutmaktadır (Çiçek ve Çiçek, 2012; Narin, 2013; Çıtak, 2016).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Ankara İli Kahramankazan İlçesi Genel Özellikleri

##### 3.1.1. Tarihçe

Ankara'nın Kahramankazan ilçesinin tarihinin, çok eskilere dayandığı yapılan araştırmalar ve kazılar sonucu ortaya çıkan eserlerden anlaşılmaktadır. Kahramankazan'ın eski ve halk arasındaki adı Kazan'dır. Eski adıyla Akıncı olarak bilinen Mürted ovası geçmişten günümüze kadar yerleşim yeri olarak kullanılmıştır. Ovada bulunan Bitik Köyü'nde 1942 senesinde yapılan kazılar sonucunda 9 adet yerleşim katının varlığı tespit edilmiştir. Bu yerleşim katlarının en altındakinin Bakır Çağına ve diğerlerinin ise sırasıyla Hitit, Frig ve Klasik döneme ait olduğu bildirilmiştir. Günümüzde yörede bulunan diğer köylerde de aynı yerleşim katlarının mevcut olduğunu gösteren çanak çömlekler bulunmuştur. Kahramankazan'ın Karalar köyünde de 1933 senesinde kazılar yapılmış ve bu kazılar sonucunda Klasik Dönem yerleşmeleri bulunmuştur. Yapılan bu araştırmalar ışığında yörede farklı bölgelerde sıkça höyüğün bulunması neticesiyle, bu bölgenin tarihin eski dönemlerinden bu yana yoğun bir yerleşim merkezi olarak kullanıldığı anlaşılmıştır (Anonim, 2022a). Şekil 3.5.'te Kazan şehrine ait 1970'li yıllardan bir görünüm ve Şekil 3.1.'de 1970'li yıllarda Kazan şehrine ait bir fotoğraf ve Şekil 3.2.'de Hitit dönemine ait kalıntılar verilmiştir (Anonim, 2022b).



Şekil 3.1. 1970'li yıllarda Kazan Şehri



Şekil 3.2. Hitit dönemine ait kalıntılar

### 3.1.2. Coğrafya

Akıncı ovası olarak bilinen, Ankara'nın kuzeyinde yer alan bölgede temellendirilmiştir. 1971 ve 1987 senelerinde sırası ile önce belediyeleşik verilmiş daha sonra ilçe olmuştur. Türkiye'nin hızla gelişen ilçeleri arasında bulunan Kahramankazan 52,079 kişilik nüfusu ile 47 000 hektarlık yüzölçümüne sahiptir. Tarihten günümüze kadar yerleşim yeri olarak kullanılan bu ilçede 30 mahalle ve 13 köy bulunmaktadır (Anonim, 2022a). Ankara 25 632 km<sup>2</sup>'lik bir yüzölçümüne sahiptir, bu yüzölçümünün 609 km<sup>2</sup> si Ankara'nın ilçesi olan Kahramankazan'a aittir (TUİK, 2021).

### 3.1.3. Ekonomi ve ticaret

Kahramankazan'ın gerek coğrafi konumu gerekse doğal güzellikleri göz önünde bulundurularak, ilerleyen yıllarda Ankara'nın mesire kenti olabileceği düşünülmektedir. Yanısıra bölgedeki sanayileşme ülkenin gelişmesinde önemli katkılar sağlamaktadır. İlçede yer alan TEM Otoyolu ve ilçe sınırlarında yer alan E-89 devlet karayolu İstanbul ve Ankara arasındaki bağlantıyı sağlamakta ve bu gibi ticari özellikleri sebebiyle metropol ilçe olma yolunda ilerlemektedir. Köylerde bulunan tarihi eserler ve hafta sonu etkinliklerinde değerlendirilen göletler, Ankara'nın kalabalığından sıkılan halk için alternatif olarak kullanılır ve bu özellikler ilçenin turizm potansiyelini artırmaktadır. Fasulye, şeker pancarı, buğday, kum, kavun gibi tarım ürünleri çiftçilerin geçim kaynağı olmaktadır. Üretilen bu gıdaların yanısıra, arıcılık, kümes hayvancılığı, yumurta tavukçuluğu yapılmaktadır. Veteriner hekim kontrolünde hijyenik şartlara özen gösterilerek kesim yapılmakta ve sadece ilçenin değil civardaki yerleşim yerlerinde et ihtiyacı karşılanmaktadır. Son yıllarda artan sanayileşme göz önünde bulundurularak şehrin değerinin giderek arttığı bilinmektedir. Kahramankazan'da bugün F-16 ve

helikopter gibi savaş ve saldırı uçaklarının üretildiği TAI-TUSAŞ işletmesi de bulunmaktadır (Anonim, 2022a).

### **3.1.4. İklim**

Yörenin denizden yüksekliği 890 metredir. Yağış miktarının 350-400 mm olduğu yörede İç Anadolu bölgesinin iklim özelliklerinden olan karasal iklim görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı olan iklim özellikleri görülen arazilerin büyük bir bölümü Akıncı Ovası üzerinde yer almaktadır. Kahramankazan'ın karasal iklim şartları göz önüne alındığında ideal bir doğaya sahip olduğu rahatlıkla söylenebilir (Anoim, 2022b).

### **3.1.5. Sanayi**

İlçede görülen ve giderek artan sanayileşmenin temel nedeni tarım ve hayvancılıktır. 1970 li senelerden bu yana sanayi tesislerinin sayısı giderek artmaktadır ve bununda en temel merkezi Ankara-İstanbul karayolu olarak bilinmektedir. İlçedeki Saray mahallesi ülkedeki diğer organize sanayi bölgelerine kıyasla büyük bir potansiyele sahiptir. Bugün yöremizde çeşitli dallarda mevcut 250 üretim merkezi bulunmaktadır. Ve bu alanların başında makine montaj ve makine imalatı, gıda, kimya, inşaat, petrol ürünleri gibi iç ve dış piyasaya hizmet eden yerler bulunmaktadır. Yörede Avrupa çapında değerli olan hava platformları departmanlarını bünyesinde bulunduran TAI işletmesi de yer almaktadır. Mevcut şartlar değerlendirildiğinde ülkedeki en değerli ilçeler arasında yer alan Kahramankazan ilçesinin bugün 30 büyük sanayi kuruluşu ihracat yapmaktadır. 2003 senesindeki gerçekleşen vergi miktarının 50 trilyon olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2022a).

### **3.1.6. Tarım ve hayvancılık**

İlçe geçmişi göz önünde bulundurulduğunda Kahramankazan halkının asıl geçim kaynağının sanayileşme zamanlarından önce tarım ve hayvancılık olduğu bilinmektedir. İlçe topraklarının düz ve tarıma elverişli olması dolayısıyla ilçede yaygın olarak şeker pancarı, nohut, kuru fasulye, arpa, kavun, buğday ve karpuz üretimi görülmektedir. Ekili alanlar arasında en büyük kısmı tahıllar oluşturmaktadır ve en sık görülen tahıl ise buğdaydır. Onu sırası ile arpa ve yulaf takip etmektedir. Şeker pancarı üretimi de yörede yaygın olarak görülmektedir. Yetiştirilen mahsullerin yanı sıra yumurta tavukçuluğu, büyükbaş hayvancılık, arıcılık ve küçükbaş hayvancılık yaygın olarak yapılmaktadır. İlçede sırasıyla 21,727; 3.800; 11,412 hektar tarıma, sulu tarıma ve ekilen araziye

müsait alan vardır. Yıllık tahıl, kavun ve sebze üretimi ise sırasıyla 27,000; 50,000 ve 53,000 tondur. İlçede küçükbaş hayvan sayısı 7,500 iken büyükbaş hayvan sayısı 10,000 dir. İlçedeki kümes sayısı 101 ve bu kümeslerde bulunan tavuk sayısı 4,100,000 adettir. Bu tavukların ürettiği yıllık yumurta sayısı ise 25,000,000 adettir. Yöredeki yıllık 15 ton bal üretimi, 1000 adet kovandan elde edilmektedir (Anonim, 2022a; Anonim, 2022b).

### **3.1.7. Nüfus**

Kahramankazan nüfusu 2021 yılına göre 57 913 olarak belirlenmiştir. Bu nüfus, 29 658 erkek ve 28 255 kadından oluşmaktadır. Yüzde olarak ise: %51,21 erkek, %48,79 kadındır.2020 yılı nüfusu 56 736 olarak belirlenmiştir. Ankara Kahramankazan ilçesinde 2020 ve 2021 yıllarını incelediğimizde yıllık nüfus artış hızı yüzde 34,6 olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2021).

### **3.2. Kahramankazan İlçesi Sera Gazı Emisyon Kaynakları**

Karbon ayak izi hesaplanması, insanlar tarafından gerçekleşen faaliyetlerin sonucunda çevrede oluşan zararların bir ölçüsü olan sera gazı miktarlarının CO<sub>2</sub> cinsinden hesaplanmasıdır (IPCC, 2006)

Kahramankazan Belediye hizmetlerine ait sera gazı emisyon kaynakları elektrik tüketimi, doğalgaz tüketimi, ulaşım kaynaklı yakıt tüketimi (mazot, benzin, LPG), su tüketimidir. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan tüketimler sonucunda oluşan CO<sub>2</sub> salınımı hesaplanmıştır. Kahramankazan Belediyesi toplam Sera Gazı Envanteri, referans yıl olarak 2020 ve 2021 yılları seçilmiştir.

### **3.3. Karbon Ayak İzi Hesaplama Yöntemleri**

Sera gazı emisyon hesaplama yöntemleri “Tier” olarak bilinen ve çeşitli kademelere teknoloji ve faaliyet konularıyla ayrılan bir metodolojidir. Az veriden oluşan, basit bir metod olan Tier 1, profesyonellik gerektiren ve daha zor bir metod olan ise Tier 3’tür. Genelde Tier 1 yöntemi ve diğer Tier metodları olarak ayrıştırılabilir. Aslında daha karmaşık olan Tier 2 ve Tier 3 metodları temel anlamda aynı şekilde uygulanmaktadır. Kategoriler detaylandırıldıkça kelime olarak aşama anlamına gelen bir sonraki Tier aşamasına geçilmiş gibi düşünülebilir (Atabey, 2013).

Sera gazı emisyonlarını rapor haline getiren kurum ya da kuruluşların ellerindeki verilere göre yöntemler değişiklik gösterebilir. Bir kuruluş karbon ayak izini hesabını

yaparken elektrik tüketim miktarı için Tier 2 metodunu kullanırken, doğal gaz tüketim miktarını hesaplamak için Tier 1 yöntemini kullanabilir (Anonim, 2018a).

### 3.3.1. Tier 1 yaklaşımı

Ulaşım sektörü kaynaklı sera gazı emisyonların hesaplanması yakıtların yanma olayı üzerine yapılmaktadır. Bu sistemde, yanma teknolojisi hesaba dahil edilmemektedir. Daha açıklayıcı bir şekilde söyleyecek olursak, top-down metodu ile eğer herhangi bir yakıt türü (doğal gaz, kömür, petrol) ülkede kullanılmakta ise, bu yakıtın yanmasıyla atmosfere ne kadar sera gazı emisyonu oluşturacağı hesaplanmaktadır. En önemli sera gazı olan CO<sub>2</sub> sera gazı emisyon hesabında ana birim olarak ele alınmaktadır. CO<sub>2</sub> dışındaki sera gazları da CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak hesaplanmaktadır. Aslında, bu hesabı yaparken sera gazlarının oluşmasına sebep olan yakıtların yanma teknolojisi, araç yaşı ve özellikleri, kontrol teknolojisi, yakıt tipi ve çalışma koşulları gibi çeşitli verilerin kullanılması gerekmektedir. Fakat birçok ülke bu şekilde detaylı bilgi verilerine ulaşma konusunda zorluk yaşadığı için, verilerin olmadığı düşünülerek yaklaşık olarak bir sonuca ulaşmak için emisyon hesaplama metodu kullanılmaktadır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

Bu metod için iki veriye ihtiyaç duyulur;

- Tüketilen yakıt miktarı ve
- Standart emisyon faktörü

Sera gazı emisyonunun hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır;

Emisyon GHG, FUEL (kg GHG) = Yakıt Tüketimi (TJ) x Emisyon Faktörü (Kg GHG/TJ) (Anonim, 2018a)

### 3.3.2. Tier 2 ve Tier 3 yaklaşımı

Temel prensipleri Tier 1 yaklaşımı ile aynıdır. Fakat ülkelerin kendilerine özgü sera gazı emisyonu faktörleri ve parametreleri olduğundan dolayı bu verilere başvurulur. Ünelere özel sera gazı emisyon faktör ve parametreleri, ülkelerdeki arazi kullanım yöntemlerine, iklim bölgelerine ve ormanlara göre belirlenir. Ünelere özgü parametrelerden birkaçı; kullanılmakta olan yakma teknolojisi, karbon içeriği ve yakıtın kalitesidir.

Bu metod için iki veriye ihtiyaç duyulur;

- Tüketilen yakıt miktarı
- Her yakıt için ülkelere özgü emisyon faktörleri.

Sera gazı emisyonunun hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır;

Emisyon GHG, FUEL (kg GHG) = Yakıt Tüketimi (TJ) x Emisyon Faktörü (Kg GHG/TJ) (Anonim, 2018a).

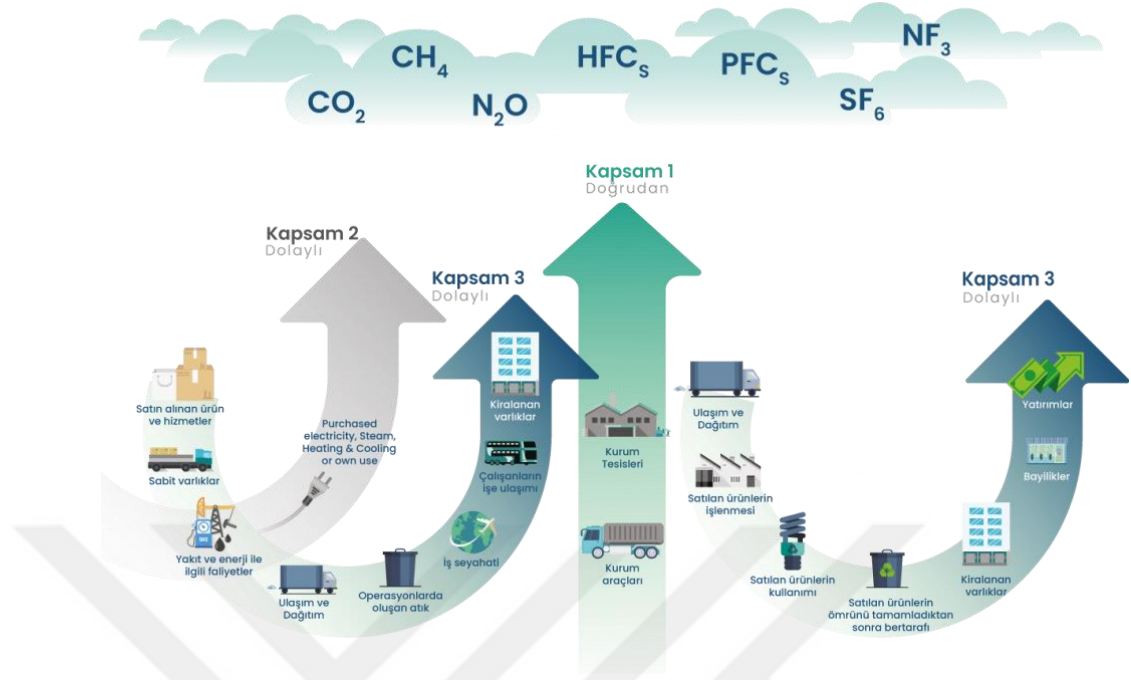
Bunların yanı sıra modelleme ve veri işleme yöntemleri gereklidir. Modeller, hesaplamalar sonucunda elde edilen verilerin daha açık ve net olması ve de verilerin bütünleşmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Genel anlamda Tier 1 yaklaşımından daha şeffaf sonuç elde edilebildiği kabul edilmektedir.

Tier 3 yaklaşımı kullanmakta olduğu emisyon faktörü ve yakıt tüketimini tesislere özel olarak hesaplamaktadır. Bu yüzden elde edilen sonuçların daha gerçekçi olduğu düşünülmektedir.

Tier 3 yaklaşımında, tesise özel hesaplamaların yapılabilmesi için spesifik verilere ulaşılması gerekmektedir. Bu veriler;

- Çalışma şartları
- Bakımın kalitesi
- Yakıtı yakan ekipmanların yaşı
- Kullanılan yakıt tipi
- Yakma teknolojisi
- Kontrol teknolojisi (Anonim, 2018b).

Tier 1 yönteminden Tier 3 yöntemine ilerlerken, emisyon tahminlerinin daha gerçekçi olduğunu gösterse de ölçümlerin daha uzun sürelerde yapılması ve yapılan analizlerin karmaşıklığını ifade eder. Buna istinaden ölçümleri gerçekleştiren kuruluşlar bu metodları alternatif bir sırayla kullanabilmektedirler. Örneğin daha düşük olan bir aşamanın kullanılması gerekli olduğunda yüksek olan aşamada bulunan birkaç parametreler ile bir araya getirebilir. Tier 3 yöntemine ulaşım sağlamak için doğru bir şekilde Tier 1'den Tier 3'e geçiş sağlayabilir. Pekçok koşulda Tier 1 yaklaşımından direkt Tier 3 yaklaşımına geçiş yapmak, arada bulunan ve daha sonra da değiştirilebilen Tier 2 yaklaşımını uygulamaktan ekonomik ve basit olabilir. Tier 2 yaklaşımının gelişimini sağlamak için Tier 3 yaklaşımını geliştirmek için elde edilen veriler kullanılabilir (Anonim, 2018). Doğrudan ve dolaylı emisyonlar Şekil 3.3.'te verilmiştir (<https://www.slnmoda.com.tr>). Şekil 3.3.'te girdi faaliyetler (ulaşım ve dağıtım, yakıt ve enerji ile ilgili faaliyetler, satın alınan ürün ve hizmetler, sabit varlıklar), raporlayan kurum (kurum tesisleri, kurum araçları) ve çıktı faaliyetler (yatırımlar, bayilikler, satılan ürünlerin ömrünü tamamladıktan sonra bertarafı) sera gazı protokolü faaliyet sınırları belirtilmiştir.



Şekil 3.3. Doğrudan ve dolaylı emisyonlar (<https://www.slnmoda.com.tr>)

### 3.4. Yerel Ölçekli Emisyonların Hesaplanması

Bu çalışmada Ankara İli Kahramankazan ilçesinde bulunan Kahramankazan Belediyesinde gerçekleşen faaliyetlerden kaynaklanan salınımı belirlemek amacıyla birincil karbon ayak izinin hesaplanması hedeflenmiştir.

Hesaplamalarda Yerel Yönetimler için sera gazı salımlarının analizinde uluslararası ölçekte yol gösterici olan Uluslararası Yerel Yönetimler Sera Gazı Salımlarının Analizi Protokolü (IEAP) esas alınmıştır. IEAP'ta IPCC kılavuzları, Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) / Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) Greenhouse Gases (GHG) Protokolü, ISO 14064 GHG Standart serisi ve Global Reporting Initiative (GRI) Kamu Sektörü Kurumları Eki temel alınmaktadır. Bu kaynaklardan ISO 14064 GHG Standart serisinden yöntemlerin belirlenmesinde; GHG Protokolünden hesaplamaların gerçekleştirilmesinde, IPCC kılavuzlarından ise verinin toplanması, hesaplanması, raporlanması ve referans değer tablolarının kullanılmasında yararlanılmıştır (Haksevenler ve ark., 2020)

Yapılan çalışmada esas olarak değerlendirilen IEAP'de karbon ayak izi hesabı yapılırken kapsam 1, kapsam 2 ve de kapsam 3 olarak üç ayrı kategoride incelenmektedir. Kapsam 1, alandaki yakıt tüketim sonucunda meydana gelen doğrudan gaz salınımını; Kapsam 2, alanda tüketilen fakat alan dışında üretimi gerçekleşen dolaylı salınım; Kapsam 3 civarda tüketilen hizmet ve ürünün üretim ve nakliyesi

nedeniyle başka bölgelerde oluşan dolaylı salınımı ifade etmektedir. Bu kategorilere örnek verecek olursak, Kapsam 1’de ısınmadan kaynaklı yakıt tüketimi (doğalgaz) ve kara taşımacılığı başta olmak üzere ilçede ulaşımdan kaynaklanan yakıt tüketimi (motorin, benzin, otogaz) ele alınmaktadır. Kapsam 2’de fen işleri müdürlüğü, belediye hizmet binası, taziye evi, temizlik işleri müdürlüğü, kültür evi ile birlikte sokak aydınlatmaları ve parklarda kullanılan elektrik tüketim miktarı dikkate alınmaktadır. Kapsam 3’te ise alan sınırları dışındaki bertaraf yapılan alandaki halk kaynaklı atık ve havayolu ulaşımı değerlendirilmektedir. Bu çalışmada Kapsam 1 ve Kapsam 2 dikkate alınmıştır. Kapsam 3’ün çalışmada hesaba katılmamasının nedeni ilçe sınırlarında havalimanı olmaması ve ilçe içerisinde nihai atık bertarafı yapılmıyor olmasıdır. Atıkların transferi ve çeşitli işler için kullanılmakta olan iş makinası, otobüs, kamyonet ve kamyonların karbon emisyonları Belediye araçları Kapsam 1’de hesaba katılmıştır. Bunun dışında Kahramankazan’da sera gazı tutma veya uzaklaştırma amaçlı, dikkate alınabilecek park ve bahçe gibi yutak alanlar mevcuttur. Fakat bu bölgelerdeki bitki ve ağaç sayısı, yaşı, cinsi gibi verilere ulaşım sağlanamamış, bu sebeple çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır (Haksevenler ve ark., 2020)

IEAP’ya göre envanterde bulunması gerekli olan sera gazları sırayla CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFCs, HFCs ve SF<sub>6</sub> olarak belirlenmiştir (ICLEI, 2009).

Sera gazlarının bir kısmı doğal yollarla oluşurken, önemli bir kısmı insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Sera gazlarının küresel ısınmaya etkisi sadece miktarları değil, ayrıca atmosferde kalma süreleri ve de enerji tutma kapasitesi olarak da değerlendirilmektedir. Buna örnek olarak sera gazları arasında N<sub>2</sub>O küresel ısınma potansiyeli CO<sub>2</sub>’in 273 katıdır (IPCC,2021). Fakat CO<sub>2</sub> üretimi diğer sera gazlarına oranla çok fazladır. Yapılan çalışmalara göre insan faaliyetlerinden kaynaklanan CO<sub>2</sub>’in sera etkisi üzerindeki payı %55 olarak belirtilmiştir. Bu nedenle de CO<sub>2</sub> salınımı sera etkisini oluşturan ana kaynaktır (Dulkadiroğlu, 2018).

Buna göre küresel ısınmaya etki eden sera gazlarının belirlenmesinde, hesaplama kolaylığı açısından tüm sera gazlarının etkileri CO<sub>2</sub> eş değerine dönüştürülerek belirtilmektedir. Bu çalışmada yapılan hesaplamalarda da sera gazları CO<sub>2</sub> eşdeğeri üzerinden değerlendirilmiştir.

Kahramankazan Belediye hizmetlerine ait sera gazı emisyon kaynakları elektrik, doğalgaz, ulaşım kaynaklı yakıt tüketimi (motorin, benzin, LPG), su tüketimi olarak belirlenmiştir. Bu veriler ana kaynakları oluştururken, daha fazla veriye ulaşıldığı takdirde emisyon kaynakları artırılabilir.

Belediyenin karbon ayak izi hesaplamasında IPCC, Tier 1 yaklaşımı ile birlikte, temin edilen veri niteliğine göre Tier 2 yaklaşımı da kullanılmıştır. Tier 3 yaklaşımı ise ayrıntılı bilgiye ihtiyaç duyulması ve buna ulaşılamaması sebebi ile kullanılamamıştır. Hesaplamalar belirtilen formül üzerinden CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Hesaplamalarda aşağıdaki formül kullanılmıştır;

Emisyon GHG, FUEL (kg GHG) = Faaliyet Verisi (TJ) x Emisyon Faktörü (Kg GHG/TJ) (Anonim, 2018a).

**Çizelge 3.1.** Emisyon Faktörleri

<b>Emisyon Faktörleri</b>	<b>Miktar</b>
<b>Motorin</b>	74 000 kg CO <sub>2</sub> /TJ *
<b>Benzin</b>	69 300 kg CO <sub>2</sub> /TJ *
<b>Oto gaz</b>	63 000 kg CO <sub>2</sub> /TJ *
<b>Elektrik</b>	
<b>Türkiye’de Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi</b>	306 703.1 GWh**
<b>Fosil Kaynakların Sera Gazı Emisyonları</b>	150 032 kt CO <sub>2</sub> eş***
<b>Doğalgaz</b>	
<b>CO<sub>2</sub> Emisyon Faktörü</b>	56 100 kg CO <sub>2</sub> /TJ
<b>CH<sub>4</sub> Emisyon Faktörü</b>	1 kg CH <sub>4</sub> /TJ
<b>N<sub>2</sub>O Emisyon Faktörü</b>	0,1 kg N <sub>2</sub> O/TJ

\*Greenhouse Gas Emissions from energy Sysytems, Comparison and overview, Roberto Dones etc.

\*\* <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>

\*\*\* <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2020>

#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Ankara İli Kahramankazan ilçesinde bulunan, Kahramankazan Belediyesinde gerçekleşen faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı salınımları belirlenerek karbon ayak izi hesaplanmıştır. Küresel iklim değişikliği ile yerel ölçekli mücadelede yapılması gerekenlere dikkat çekilmesi ve bu konuda yerel yönetimlerin sorumlulukları ve rollerinin öneminin ortaya konulması hedeflenmiştir. Karbon ayak izinin hesaplanmasından sonraki aşamada belediyelerin sera gazı azaltımı için hedeflerini belirleyerek, iklim eylem planlarını hazırlamaları beklenmektedir. İklim eylem planlarıyla; hangi kaynak faaliyetinden, ne kadar kirletici oluşmaktadır? hangi iyileştirmeler yapılması gereklidir? gibi sorulara cevap bulunmalıdır.

Kahramankazan Belediyesi 2020 yıl sonu faaliyet verileri Çizelge 4.1’de verilmiştir. 2020 yılı faaliyet verilerine bakıldığında ulaşım kaynaklı atmosfere salınan yakıt türlerinden miktar olarak en fazla tüketilen motorin olmuştur. Doğalgaz, elektrik, yakıt ve su tüketim miktarlarına bakıldığında ise en çok CO<sub>2</sub> emisyonu oluşturan elektrik tüketim miktarı olmuştur.

**Çizelge 4.1.** Kahramankazan Belediyesi 2020 yıl sonu faaliyet verileri

	Birim	Miktar
<b>Motorin</b>	Litre	517 151,39
<b>Benzin</b>	Litre	6 851,56
<b>Otogaz</b>	Litre	3 321,25
<b>Elektrik</b>	kwh	1 623 525,09
<b>Doğalgaz</b>	m <sup>3</sup>	227 782,83
<b>Su</b>	m <sup>3</sup>	56 390,99

Kahramankazan Belediyesi 2020 yılı yakıt tüketiminin karbon ayak izi Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Motorin kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu 1 400,63 t CO<sub>2</sub> , benzin kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu 16,40 t CO<sub>2</sub> ve otogaz kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu ise 0,018 t CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır. Ulaşım kaynaklı yakıtlardan kaynaklanan ve atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı toplam 1 417,05 olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.2.** Kahramankazan Belediyesi 2020 yılı yakıt tüketiminin karbon ayak izi

**Yakıt Tüketimi (Ulaşım)\***

	<b>Miktar</b>	<b>Birim</b>	
<b>Motorin</b>			
<i>Faaliyet Verisi</i>	517 151,39	lt motorin	
<i>Emisyon Faktörü</i>	74 100	kg CO <sub>2</sub> / TJ	
<i>Net Kalorifik Değer</i>	43	TJ /Gg	
<i>Faaliyet Verisi</i>	0,44	Gg	<b>Motorin Ortalama yoğunluk 0,85 kg/ litre ****</b>
<i>Emisyonlar</i>	1 400,63	t CO <sub>2</sub>	
<b>Benzin</b>			
<i>Faaliyet Verisi</i>	6 851,56	lt benzin	
<i>Emisyon Faktörü</i>	69 300	kg CO <sub>2</sub> / TJ	
<i>Net Kalorifik Değer</i>	44,3	TJ /Gg	
<i>Faaliyet Verisi</i>	0,0053	Gg	<b>Benzin Ortalama yoğunluk 0,78 kg/litre ****</b>
<i>Emisyonlar</i>	16,40	t CO <sub>2</sub>	
<b>Otogaz</b>			
<i>Faaliyet Verisi</i>	3 321,25	lt otogaz	
<i>Emisyon Faktörü</i>	63 000	kg CO <sub>2</sub> / TJ	**
<i>Net Kalorifik Değer</i>	47,3	TJ /Gg	***
<i>Faaliyet Verisi</i>	6,31	Gg	<b>Otogaz Ortalama yoğunluk 0,0019 kg/litre ****</b>
<i>Emisyonlar</i>	0,018	t CO <sub>2</sub>	
<i>Toplam</i>	1 417,05	t CO <sub>2</sub>	

\*Kapsam1 (doğrudan sera gazı emisyonları)

\*\*Greenhouse Gas Emissions from energy Sysytems, Comparison and overview, Roberto Dones etc.

\*\*\* National Inventory Reports, IEA data and available natioanal data. . Faaliyet verisini hesaplarken belediyenin yıl sonu faaliyet verisi ile motorin, benzin ve otogazın yıl bazlı ortalama yoğunluğuyla çarparak hesaplıyoruz.

\*\*\*\* TMMOB ÇMO Karbon Ayakizi Hesaplanması Eğitim Notları

Emisyon hesabı yapılırken Tier 2 metodu kullanılmıştır. Atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı hesaplanırken faaliyet verisi, emisyon faktörü ve net kalorifik değer çarpılarak birim çevirme işlemi yapılmış ve sonuç elde edilmiştir. . Karbon ayak izi için faaliyet verisi ve emisyon faktörü çarpılarak birim çevirme işlemi yapılmış ve sonuç elde edilmiştir.

Kahramankazan Belediyesi 2020 yılı elektrik tüketimi karbon ayak izi Çizelge 4.3'te verilmiştir. Elektrik tüketimi kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu 879,96 t CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.3.** Kahramankazan Belediyesi 2020 yılı elektrik tüketimi karbon ayak izi

**Elektrik Kullanımı\***

<b>Formüller</b>										
<i>Emisyonlar = Faaliyet verisi x Emisyon Faktörü</i>	<i>Emisyon Faktörü = Türkiyede Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi x Fosil Kaynakların sera gazı emisyonları</i>									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th><b>Birim</b></th> <th><b>Miktar</b></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Türkiye'de Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi</td> <td>GWh</td> <td>306 703,1 **</td> </tr> <tr> <td>Fosil Kaynakların Sera Gazı Emisyonları</td> <td>kt CO<sub>2</sub> eş</td> <td>150 032 ***</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Birim</b>	<b>Miktar</b>		Türkiye'de Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi	GWh	306 703,1 **	Fosil Kaynakların Sera Gazı Emisyonları	kt CO <sub>2</sub> eş	150 032 ***
<b>Birim</b>	<b>Miktar</b>									
Türkiye'de Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi	GWh	306 703,1 **								
Fosil Kaynakların Sera Gazı Emisyonları	kt CO <sub>2</sub> eş	150 032 ***								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th><b>Birim</b></th> <th><b>Miktar</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Faaliyet Verisi</td> <td>kWh</td> <td>1 623 525,01</td> </tr> <tr> <td>Emisyon Faktörü</td> <td>t CO<sub>2</sub> /kWh</td> <td>0,00048</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Birim</b>	<b>Miktar</b>	Faaliyet Verisi	kWh	1 623 525,01	Emisyon Faktörü	t CO <sub>2</sub> /kWh	0,00048	
<b>Birim</b>	<b>Miktar</b>									
Faaliyet Verisi	kWh	1 623 525,01								
Emisyon Faktörü	t CO <sub>2</sub> /kWh	0,00048								
<i>Emisyonlar</i>	t CO <sub>2</sub>	794,19								
<i>Kayıp Kaçak Oranı</i>	%	10,8								
<i>Kayıp Kaçak Emisyonları</i>	t CO <sub>2</sub>	85,77								
<b>Toplam Elektrik Enerjisi Emisyonları</b>	<b>t CO<sub>2</sub></b>	<b>879,96</b>								

\* Kapsam 2- Enerji dolaylı

\*\* <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>

\*\*\* <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2020>

Emisyon hesabı yapılırken Tier 2 metodu kullanılmıştır. Elektrik kullanımı sonucunda atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı hesaplanırken formülde kullanılan emisyon faktörünü bulmak için ilgili kaynaklardan yıl bazında Türkiyede toplam elektrik enerjisi

üretimi ve fosil kaynakların sera gazı emisyonları çarpılarak, birim çevirme işlemi yapılmıştır. Karbon ayak izi için faaliyet verisi ve emisyon faktörü çarpılarak birim çevirme işlemi yapılmış ve sonuç elde edilmiştir.

Kahramankazan Belediyesi 2020 yılı doğalgaz tüketimi karbon ayak izi Çizelge 4.4'te verilmiştir. Doğalgaz tüketimi kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu 478,43 t CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.4.** Kahramankazan Belediyesi 2020 yılı doğalgaz tüketimi karbon ayak izi

**Doğalgaz Kullanımı\***

	<b>Birim</b>	<b>Miktar</b>	
<i>Faaliyet Verisi</i>	m3	<b>227 782,83</b>	
<i>Emisyon Faktörü</i>			
<i>CO<sub>2</sub> EF</i>	kg CO <sub>2</sub> / TJ	56 100	
<i>CH<sub>4</sub> EF</i>	kg CH <sub>4</sub> / TJ	1	
<i>N<sub>2</sub>O EF</i>	kg N <sub>2</sub> O / TJ	0,1	
<i>Net Kalorifik Değer</i>	TJ / Gg	48	TJ / 1 Milyar gram TJ / 1000 Ton
<i>Ortalama Yoğunluk</i>	kg / Sm <sup>3</sup>	0,78	
<i>Faaliyet Verisi</i>	<b>Gg</b>	<b>0,17</b>	
<i>Emisyonlar (CO<sub>2</sub>)</i>	kg CO <sub>2</sub>	<b>478 431,41</b>	**
<i>Emisyonlar (CH<sub>4</sub>)</i>	kg CH <sub>4</sub>	<b>8,52</b>	**
<i>Emisyonlar (N<sub>2</sub>O)</i>	kg N <sub>2</sub> O	<b>0,85</b>	
<b><i>Emisyonlar</i></b>	<b>t CO<sub>2</sub></b>	<b>478,43</b>	
	<b>Birimi</b>	<b>Miktar</b>	
<i>Emisyonlar (CO<sub>2</sub>)</i>	t CO <sub>2</sub>	478,43	
<i>Emisyonlar (CH<sub>4</sub>)</i>	t CO <sub>2</sub> -eş	0,18***	
<i>Emisyonlar (N<sub>2</sub>O)</i>	t CO <sub>2</sub> -eş	0,25***	

\*Kapsam1- (doğrudan sera gazı emisyonları)

\*\*Küresel Isınma Potansiyeli ile çarpılarak eşdeğer kg CO<sub>2</sub>'ye dönüştürüldü. Faaliyet verisini hesaplarken belediyeden aldığımız faaliyet verisi ile ortalama yoğunluğuyla çarparak hesaplıyoruz.

\*\*\*CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonları çok düşük olduğu için ihmal edilmiştir.

Emisyon hesabı yapılırken Tier 2 metodu kullanılmıştır. Atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı hesaplanırken faaliyet verisi, CO<sub>2</sub> emisyon faktörü ve net kalorifik değer çarpılarak birim çevirme işlemi yapılmış ve sonuç elde edilmiştir. CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O için ise küresel ısınmapotasiyeli ile çarpılarak eşdeğer kg CO<sub>2</sub>'ye dönüştürülmüştür fakat CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonları çok düşük olduğu için ihmal edilmiştir.

Kahramankazan Belediyesi 2021 yıl sonu faaliyet verileri Çizelge 4.5'te verilmiştir. 2021 yılı faaliyet verilerine bakıldığında ulaşım kaynaklı atmosfere salınan yakıt türlerinden miktar olarak en fazla tüketilen motorin olmuştur. Doğalgaz, elektrik, yakıt ve su tüketim miktarlarına bakıldığında ise en çok CO<sub>2</sub> emisyonu oluşturan elektrik tüketim miktarı olmuştur. 2020 ve 2021 yılları yıl sonu faaliyet verilerinin miktarlarına bakıldığında 2020 yılında motorin miktarı 517 151,39 litre tüketilmişken 2021 yılında 544 620,48 litre tüketilerek %5'lik artış gözlemlenmiştir. Benzin kullanımı 2020 yılında 6 851,56 litre iken 2021 yılında 7 986, 87 litre kullanılarak %14 arttığı görülmüştür. Oto gaz kullanımı 2020 yılı verilerine göre %10 azalma gözlemlenmiştir. 2020 yılında tüketilen elektrik miktarı 1 623 525,09 kwh iken 2021 yılındaki elektrik tüketim miktarı 1 512 949,1 kwh tüketilerek yaklaşık %7 oranında bir azalma gözlemlenmiştir. Doğalgaz kullanımı 2020 yılı verilerine göre %22 artış göstermiştir. 2020 yılında tüketilen su miktarı ise 2021 yılına göre kıyaslandığında %5'lik azalma görülmüştür.

**Çizelge 4.5.** Kahramankazan Belediyesi 2021 yıl sonu faaliyet verileri

	Birim	Miktar
<b>Motorin</b>	Litre	544 620,48
<b>Benzin</b>	Litre	7 986,87
<b>Oto gaz</b>	Litre	2 971,74
<b>Elektrik</b>	kwh	1 512 949,1
<b>Doğalgaz</b>	m <sup>3</sup>	290 672,20
<b>Su</b>	m <sup>3</sup>	53 413,03

Kahramankazan Belediyesi 2021 yılı yakıt tüketimi karbon ayak izi Çizelge 4.6'da verilmiştir. Motorin kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu 1 475,02 t CO<sub>2</sub> , benzin kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu 19,12 t CO<sub>2</sub> ve otopaz kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu ise 0,016 t CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır. Ulaşım kaynaklı yakıtlardan kaynaklanan ve atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı toplam 1 494,16 olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.6.** Kahramankazan Belediyesi 2021 yılı yakıt tüketimi karbon ayak izi

**Yakıt Tüketimi (Ulaşım)\***

	<b>Birim</b>	<b>Miktar</b>	
<b>Motorin</b>			
<i>Faaliyet Verisi</i>	544 620,48	lt motorin	
<i>Emisyon Faktörü</i>	74 100	kg CO <sub>2</sub> / TJ	
<i>Net Kalorifik Değer</i>	43	TJ /Gg	
<i>Faaliyet Verisi</i>	0,46	Gg	<b>Motorin Ortalama yoğunluk 0,85 kg/ litre</b>
<i>Emisyonlar</i>	1 475,02	t CO <sub>2</sub>	<b>****</b>
<b>Benzin</b>			
<i>Faaliyet Verisi</i>	7 986,87	lt benzin	
<i>Emisyon Faktörü</i>	69 300	kg CO <sub>2</sub> / TJ	
<i>Net Kalorifik Değer</i>	44,3	TJ /Gg	
<i>Faaliyet Verisi</i>	0,0062	Gg	<b>Benzin Ortalama yoğunluk 0,78 kg/litre</b>
<i>Emisyonlar</i>	19,12	t CO <sub>2</sub>	<b>****</b>
<b>Otopaz</b>			
<i>Faaliyet Verisi</i>	2 971,74	lt benzin	
<i>Emisyon Faktörü</i>	63 000	kg CO <sub>2</sub> / TJ	<b>**</b>
<i>Net Kalorifik Değer</i>	46	TJ /Gg	<b>***</b>
<i>Faaliyet Verisi</i>	5,64	Gg	<b>Otopaz Ortalama yoğunluk 0,0019 kg/litre ****</b>
<i>Emisyonlar</i>	0,016	t CO <sub>2</sub>	
<i>Toplam</i>	1 494,16	t CO <sub>2</sub>	

\*Kapsam1 (doğrudan sera gazı emisyonları)

\*\*Greenhouse Gas Emissions from energy Ssystems, Comparison and overview, Roberto Dones etc.

\*\*\* National Inventory Reports, IEA data and available natioanal data. Faaliyet verisini hesaplariken motorin, benzin ve otopazın yıl bazlı ortalama yoğunluğuyla çarparak hesaplıyoruz.

\*\*\*\* TMMOB ÇMO Karbon Ayakizi Hesaplanması Eğitim Notları

Emisyon hesabı yapılırken Tier 2 metodu kullanılmıştır. Atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı hesaplanırken faaliyet verisi, emisyon faktörü ve net kalorifik değer çarpılarak birim çevirme işlemi yapılmış ve sonuç elde edilmiştir. . Karbon ayak izi için faaliyet verisi ve emisyon faktörü çarpılarak birim çevirme işlemi yapılmış ve sonuç elde edilmiştir.

Kahramankazan Belediyesi 2021 yılı elektrik tüketimi karbon ayak izi Çizelge 4.7’de verilmiştir. Elektrik tüketimi kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu 804,23 t CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.7.** Kahramankazan Belediyesi 2021 yılı elektrik tüketimi karbon ayak izi

**Elektrik Kullanımı \***

<b>Formüller</b>			
<i>Emisyonlar = Faaliyet verisi x Emisyon Faktörü</i>			
<i>Emisyon Faktörü = Türkiyede Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi x Fosil Kaynakların sera gazı emisyonları</i>			
	<b>Birim</b>	<b>Miktar</b>	
<i>Türkiyede Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi</i>	GWh	331 491,9	**
<i>Fosil Kaynakların sera gazı emisyonları</i>	kt CO <sub>2</sub> -eş	159 033,92	***
	<b>Birim</b>	<b>Miktar</b>	
<i>Faaliyet Verisi</i>	kWh	1 512 949,1	
<i>Emisyon Faktörü</i>	tCO <sub>2</sub> /kWh	0,00048	
<i>Emisyonlar</i>	tCO <sub>2</sub>	725,84	
<i>Kayıp Kaçak Oranı</i>	%	10,8	
<i>Kayıp Kaçak Emisyonları</i>	tCO <sub>2</sub>	78,39	
<b>Toplam Elektrik Enerjisi Emisyonları</b>	<b>tCO<sub>2</sub></b>	<b>804,23</b>	

\* Kapsam 2- (dolaylı sera gazı emisyonları)

\*\* <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>

\*\*\* <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2020-teias>

Emisyon hesabı yapılırken Tier 2 metodu kullanılmıştır. Elektrik kullanımı sonucunda atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı hesaplanırken formülde kullanılan emisyon faktörünü bulmak için ilgili kaynaklardan yıl bazında Türkiyede toplam elektrik enerjisi üretimi ve fosil kaynakların sera gazı emisyonları çarpılarak, birim çevirme işlemi

yapılmıştır. Karbon ayak izi için faaliyet verisi ve emisyon faktörü çarpılarak birim çevirme işlemi yapılmış ve sonuç elde edilmiştir.

Kahramankazan Belediyesi 2021 yılı doğalgaz tüketimi karbon ayak izi Çizelge 4.8'de verilmiştir. Doğalgaz tüketimi kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu 610,52 t CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.8.** Kahramankazan Belediyesi 2021 yılı doğalgaz tüketimi karbon ayak izi

**Doğalgaz Kullanımı\***

	<b>Birim</b>	<b>Miktar</b>	
<i>Faaliyet Verisi</i>	m <sup>3</sup>	<b>290 672,21</b>	
<i>Emisyon Faktörü</i>			
<i>CO<sub>2</sub> EF</i>	kg CO <sub>2</sub> / TJ	56 100	
<i>CH<sub>4</sub> EF</i>	kg CH <sub>4</sub> / TJ	1	
<i>N<sub>2</sub>O EF</i>	kg N <sub>2</sub> O / TJ	0,1	
<i>Net Kalorifik Değer</i>	TJ / Gg	48	TJ / 1 Milyar gram
			TJ / 1000 Ton
<i>Ortalama Yoğunluk</i>	kg / Sm <sup>3</sup>	0,78	
<i>Faaliyet Verisi</i>	<b>Gg</b>	<b>0,22</b>	
<i>Emisyonlar (CO<sub>2</sub>)</i>	kg CO <sub>2</sub>	<b>610 523,25</b>	**
<i>Emisyonlar (CH<sub>4</sub>)</i>	kg CH <sub>4</sub>	<b>10,88</b>	**
<i>Emisyonlar (N<sub>2</sub>O)</i>	kg N <sub>2</sub> O	<b>1,08</b>	
<b><i>Emisyonlar</i></b>	<b>t CO<sub>2</sub></b>	<b>610,52</b>	
	<b>Birimi</b>	<b>Miktar</b>	
<i>Emisyonlar (CO<sub>2</sub>)</i>	t CO <sub>2</sub>	<b>610,52</b>	
<i>Emisyonlar (CH<sub>4</sub>)</i>	t CO <sub>2</sub> -eş	0,29***	
<i>Emisyonlar (N<sub>2</sub>O)</i>	t CO <sub>2</sub> -eş	0,32 ***	

\*Kapsam1- (doğrudan sera gazı emisyonları)

\*\*Küresel Isınma Potansiyeli ile çarpılarak eşdeğer kg CO<sub>2</sub>'ye dönüştürüldü. Faaliyet verisini hesaplarken belediyeden aldığımız faaliyet verisi ile ortalama yoğunluğuyla çarpılarak hesaplıyoruz.

\*\*\*CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonları çok düşük olduğu için ihmal edilmiştir.

Emisyon hesabı yapılırken Tier 2 metodu kullanılmıştır. Atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı hesaplanırken faaliyet verisi, CO<sub>2</sub> emisyon faktörü ve net kalorifik değer çarpılarak birim çevirme işlemi yapılmış ve sonuç elde edilmiştir. CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O için

ise küresel ısınmapotasiyeli ile çarpılarak eşdeğer kg CO<sub>2</sub>'ye dönüştürülmüştür fakat CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonları çok düşük olduğu için ihmal edilmiştir. . Karbon ayak izi için faaliyet verisi ve emisyon faktörü çarpılarak birim çevirme işlemi yapılmış ve sonuç elde edilmiştir.

Bu çalışmada yapmış olduğumuz karbon salınım hesabına göre; Kahramankazan Belediyesi doğalgaz, elektrik ve yakıt (motorin, dizel, otogaz) tüketimi faaliyetlerinden kaynaklanan, 2020 yılına ait karbon ayak izi 2 775,5 ton CO<sub>2</sub>, 2021 yılına ait karbon ayak izi ise 2 908,9 ton CO<sub>2</sub>'tir. 2020-2021 yıllarını kapsayan 2 yıllık süre içinde toplamda 5 684,4 ton CO<sub>2</sub> salımı olmuştur.

2021 yılı itibariyle Türkiye'nin karbon ayak izi 530 milyon ton CO<sub>2</sub> ve Dünyanın karbon ayak izi 50,6 milyar ton CO<sub>2</sub>'tir (Climate Trace, 2021). Bu verilere göre, Kahramankazan Belediyesi 2021 yılı kurumsal karbon salınımı 2 908,9 ton CO<sub>2</sub> olup Türkiye'de karbon salınımlarının milyonda 5.5'ini oluşturmaktadır

Kişi sayısı üzerinden yapılan karbon ayak izi hesaplaması sonucunda ise; 2020 yılında 0.049 ton CO<sub>2</sub>/kişi-yıl, 2021 yılına gelindiğinde ise 0.05 ton CO<sub>2</sub>/kişi-yıl olduğu görülmektedir. Buna göre; 2 yıllık süreç sonunda atmosfere salınan karbon miktarı kişi başına; ton CO<sub>2</sub> cinsinden çok düşük oranda bir artış göstermiştir.

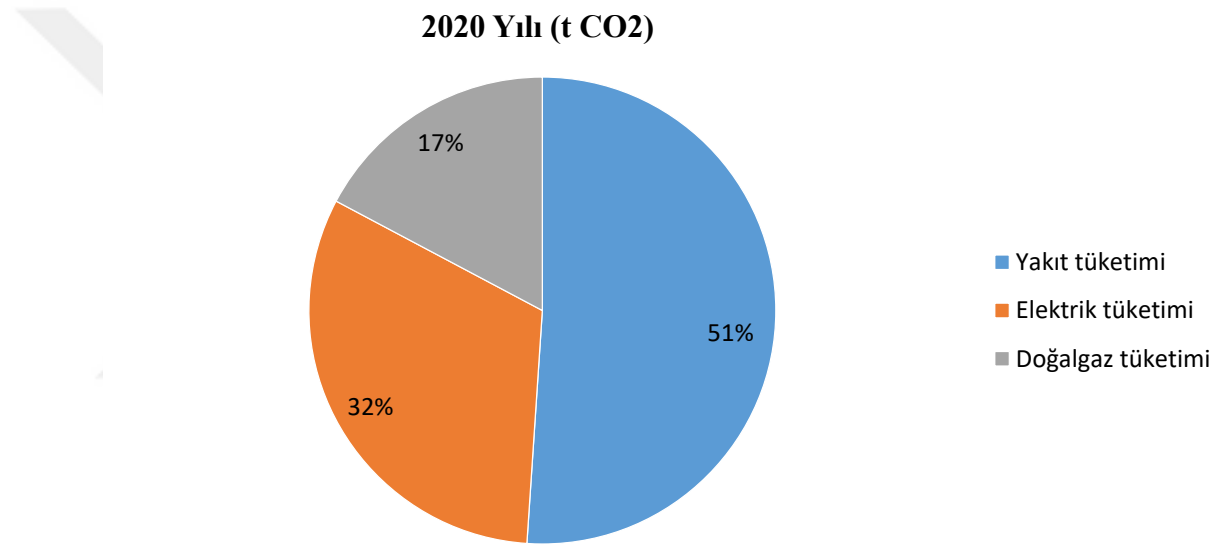
2020 yılı Kahramankazan Belediyesi faaliyet raporunu incelediğimizde fiziksel yapı içerisinde tarla-arazi alanı 30 hektar (ha) görülmektedir. Yapılan araştırmalar sonucu elde edilen bilgiler 1 hektarlık çam ağacı ormanı 1 yılda ortalama 35 ton oksijen üretimi gerçekleştirmekte ve aynı zamanda ortalama 15 ton karbonu atmosferden çekmektedir (Durkaya ve ark., 2015). Ayrıca 1 ha'lık çam ormanı, yılda yaklaşık 35 ton tozun emilmesini de sağlamaktadır. Bu bilgilere dayanarak Kahramankazan Belediyesi için karbon ayak izini azaltmak amacıyla ortalama 30 ha'lık bir alana yaklaşık olarak 30 000 adet çam ağacı dikildiği kabul edilirse;

30.000 adet çam ağacı 1 yılda;

30 ha (hektar) x 35 ton O<sub>2</sub> = 1 050 ton O<sub>2</sub> üretmekte, 1 050 ton toz emilimi gerçekleştirmekte ve 30 ha (hektar) x 15 ton karbon = 450 ton karbonu atmosferden çekmektedir. Kahramankazan Belediyesi, yapmış olduğu faaliyetler sonucunda 2 yılda atmosfere saldıgı karbon miktarını fidan dikimi yaptığı takdirde yaklaşık %8'ini 1 yılda atmosferden çekmiş olacaktır.

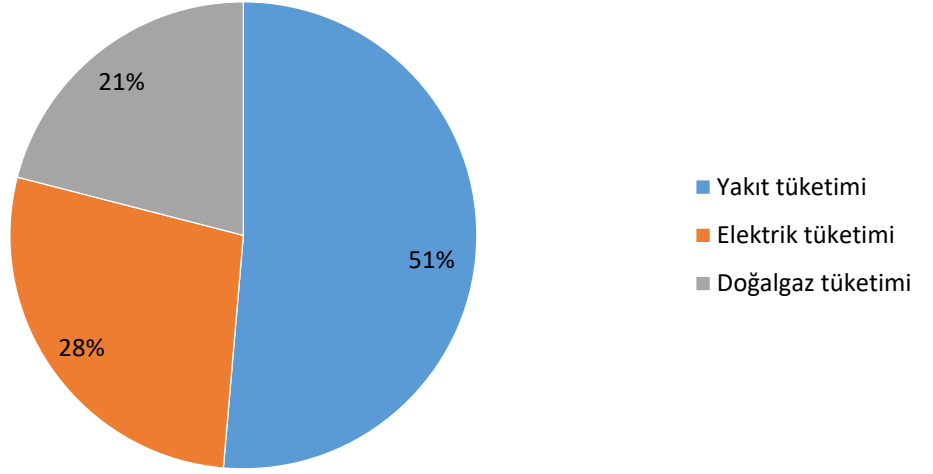
Kahramankazan Belediyesi yakıt, elektrik ve doğalgaz tüketimi sonucunda oluşan CO<sub>2</sub> emisyonları 2020 yıl sonu faaliyetleri için Şekil 4.1'de, 2021 yıl sonu faaliyetleri için Şekil 4.2'de verilmiştir. Kahramankazan Belediyesi 2020 yıl sonu

faaliyetleri sonucunda oluşan toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının %32'si elektrik tüketimi, %51'i yakıt tüketiminden (motorin,benzin,otogaz) ve %17'si ise doğalgaz kullanımından kaynaklanmaktadır. Kahramankazan Belediyesi 2021 yıl sonu faaliyetleri sonucunda oluşan toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının %28'si elektrik tüketimi, %51'i yakıt tüketiminden (motorin,benzin,otogaz) ve %21'si ise doğalgaz kullanımından kaynaklanmaktadır. Belediye için 2020 ve 2021 yıllarında atmosfere salınan sera gazları CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak değerlendirildiğinde en büyük payı ulaşımdan kaynaklanan yakıt tüketimi almaktadır, devamında ise elektrik tüketimi ve doğalgaz tüketimi gelmektedir.



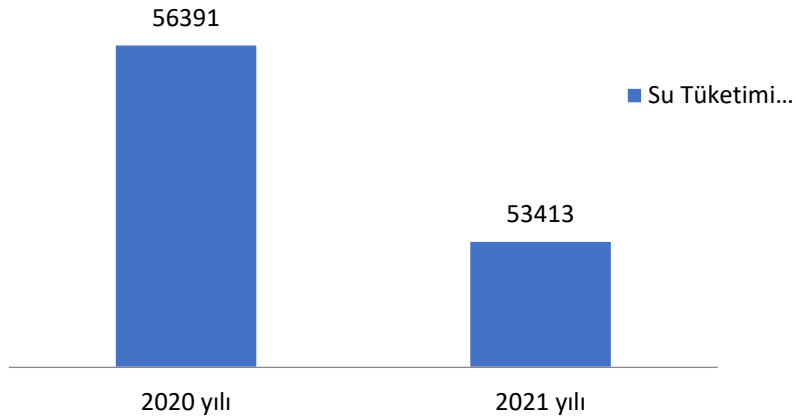
**Şekil 4.1.** Kahramankazan Belediyesi 2020 yılı yakıt, elektrik ve doğalgaz tüketimi sonucunda oluşan CO<sub>2</sub> emisyonları

### 2021 Yılı (t CO2)



**Şekil 4.2.** Kahramankazan Belediyesi 2021 yılı yakıt, elektrik ve doğalgaz tüketimi sonucunda oluşan CO<sub>2</sub> emisyonları

Kahramankazan Belediyesi 2020-2021 yıllarındaki su tüketim miktarları Şekil 4.3'te verilmiştir. Belediye'de kullanılan su tüketim miktarı 2020 yılında yaklaşık 56 391 m<sup>3</sup> iken 2021 yılında 53 413 m<sup>3</sup>'e düşmüştür. Suyun temini, arıtılması ve iletimi sırasında kullanılan enerji de karbon ayak izi oluşturmaktadır. Bu nedenle belediyedeki su kullanımının azalması karbon ayak izini de azaltacaktır. Ancak bu çalışmada suyun temini, arıtılması ve iletimi sırasında kullanılan enerjiye ilişkin veriye ulaşılamadığı için karbon ayak izi hesaplanamamıştır.



**Şekil 4.3.** Kahramankazan Belediyesi 2020-2021 yıllarındaki su tüketim miktarları ( m<sup>3</sup>)

İlçe belediyelerin karbon ayak izi karşılaştırması Çizelge 4.9'da verilmiştir. İstanbul ili Ümraniye ilçe Belediyesi 2017 yılında yapılan “Yerel Yönetimler İçin Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Ümraniye Belediyesi Örneği” başlıklı makalede yer alan bilgilere göre Konut, sanayi, ticaret ve kurumlar, aydınlatma, toplu taşıma faaliyetleri sonucunda tüketilen doğalgaz, elektrik, benzin, motorin kullanımı sonrası açığa çıkan toplam sera gazı miktarı ton CO<sub>2eş</sub> olarak 2 027,549 olarak belirtilmiştir. Ümraniye belediyesi için kişi başı CO<sub>2eş</sub> 2,55 olarak belirtilmiştir.

Bursa ili Osmangazi ilçe Belediyesi 2014-2017 yılları arasını kapsayan, “Bursa Osmangazi Belediyesi Kurumsal Karbon Ayak İzi Hesabı ve İklim Değişikliği Uyum Çalışmaları” başlıklı makalede yer alan bilgilere doğalgaz, elektrik, motorin tüketimi kaynaklı sera gazları, sadece merkez belediye binasında yapılan tüketime göre yıllara ait sırasıyla 609,58- 630,98- 638,67- 657,80 olarak hesaplanmıştır, toplam 2 537,03 CO<sub>2eş</sub> olarak belirtilmiştir. Kişi başı sırasıyla 1,6-1,66-1,68-1,73 ton CO<sub>2eş</sub> olarak belirtilmiştir.

İtalya'nın Foggia Belediyesinin 2015 yılında yapılan “Toward urban environmental sustainability: The carbon footprint of Foggia's municipality” başlıklı makalesinde yer alan bilgilere göre konut, sanayi, belediye yönetimi, ulaşım faaliyetleri esnasında kullanılan elektrik, doğalgaz tüketimi sonucunda açığa çıkan toplam sera gazı miktarı 288 000 ton CO<sub>2eş</sub>'dir. Kişi başı CO<sub>2eş</sub> i ise 1,9 ton CO<sub>2eş</sub>'dir.

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda Kahramankazan Belediyesi 2020 ve 2021 yılları faaliyet verileri yıllık bazda değerlendirildiğinde Kahramankazan Belediyesinin 2021 yılı karbon ayak izi 2 908,9 t CO<sub>2</sub>'dir. İlçe belediyelerin verilerine bakıldığında 2017 yılında Osmangazi'nin nüfusunun fazla olması karbon ayak izini arttırdığını ortaya koymaktadır. Nüfusta oluşan yoğunluk atmosfere salınan sera gazı miktarını artırmaktadır. Bunun yanı sıra Osmangazi'nin yüzölçümü olarak büyük olması da daha fazla enerji harcamasına neden olmaktadır. İtalya'da bulunan Foggia Belediyesi'nin de yüz ölçümü 50 926 hektar olduğundan ve yapılan çalışmada kullanılan verilerin daha kapsamlı oluşu karbon ayak izinin yüksek olduğunu göstermektedir. 47 000 ha alana sahip Kahramankazan Belediyesi için de en yüksek emisyon ulaşım kaynaklıdır. Yüz ölçümünün fazla olması ulaşım emisyonlarının yüksek çıkmasının nedenlerindedir. 2021 yılında artan nüfus Kahramankazan Belediyesi'nin karbon ayak izini 2020 yılına göre yaklaşık %4 oranla artmış olmasının nedenlerinden biri olarak değerlendirilmiştir.

**Çizelge 4.9.** İlçe belediyelerinin karbon ayak izi karşılaştırması

İl	İlçe Belediyeler	Çalışma yılı	Nüfus	Toplam (tonCO2)	Tüketim Verileri	Kaynakça
<b>İstanbul</b>	Ümraniye	2017	699 901	2027,549	Konut, Sanayi, Ticarethane ve Kurumlar, Aydınlatma Toplu Taşıma Ulaşım	HAKSEVENLER, B. H. G., ONAT, G. N. Ç., Akpınar, B., & Bedel, T. (2020). Yerel yönetimler için karbon ayak izinin belirlenmesi: Ümraniye belediyesi örneği. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 6(2), 319-333.
<b>Bursa</b>	Osmangazi	2014- 2017	856 770	2537,03	Doğalgaz, Elektrik, Motorin, Merkez Belediye Binası	TURAN, R. B. (2019). Bursa Osmangazi belediyesi kurumsal karbon ayak izi hesabı ve iklim değişikliği uyum çalışmaları. İklim Değişikliği ve Çevre, 4(1), 17-24.
<b>Apulia (İtalya)</b>	Foggia	2015	151 991	288 000	Konut, Sanayi, Belediye yönetim, Ulaşım, Elektrik, Doğal gaz	Lombardi, M., Laiola, E., Tricase, C., & Rana, R. (2018). Toward urban environmental sustainability: the carbon footprint of Foggia's municipality. Journal of Cleaner Production, 186, 534-543.
<b>Ankara</b>	Kahramankazan	2020- 2021	57 913	2775,5- 2908,9	Elektrik Doğalgaz Motorin Benzin Otogaz	Bu çalışma

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yerel ölçekli karbon ayak izinin azaltılabilmesi için öncelikle belediyeçilik faaliyetleri sonucunda oluşan karbon ayak izinin hesaplanması gereklidir. “Ölçülen kontrol edilir” ilkesine göre sera gazı emisyonu oluşturan tüm kaynaklar belirlenmeli ve oluşturduğu emisyonlar izlenmelidir. Bu tez çalışmasında Kahramankazan Belediyesi için karbon ayak izinin belirlenmesinde ilk hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen veriler 2020 yılına ait karbon ayak izinin 2 775,5 ton CO<sub>2</sub>, 2021 yılına ait karbon ayak izinin ise 2 908,9 ton CO<sub>2</sub> olduğunu ortaya koymuştur. Kahramankazan Belediyesi için iklim değişikliği ile mücadele kapsamında atılması gereken öncelikli adım İklim Değişikliği Eylem Planı oluşturmak olmalıdır. Kahramankazan Belediyesi, sürdürülebilir belediyeçilik anlayışıyla CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltacak kararlar almalı ve uygulamalıdır.

Belediyenin 2020 ve 2021 yıl sonu faaliyetlerinden kaynaklı atmosfere salınan CO<sub>2</sub> emisyon hesabı sonucunda elde edilen verilere göre en yüksek payı %51 oranıyla yakıt tüketimi almaktadır. Bu nedenle yakıt tercihi, daha düşük emisyonlu yakıtlardan yana kullanılması gerekmektedir. Ulaşım, park-bahçe ve çeşitli işler için kullanılan fosil yakıt tüketen araçların yerine hibrit veya elektrik sistemi ile çalışan araçlar kullanılmalıdır. Gereksiz kişisel araç kullanılmamalı, bunun yerine toplu taşıma araçlarıyla seyahat teşvik edilmeli, bisiklet kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Belediyenin fosil yakıt tüketimi kaynaklı karbon ayak izinin arkasından %30 oranıyla elektrik tüketimi kaynaklı karbon ayak izi gelmektedir. Aktif şekilde kullanılmayan elektronik ve elektrikli cihazların kapalı olarak tutulması, enerji tasarruflu aydınlatmalar tercih edilmesi, elektriğe olan ihtiyacı karşılamak amacıyla güneş enerjisi panelleri gibi yenilenebilir enerji sistemleri kurulup elektrik enerji sistemine entegre edilmiş olması elektriğe bağlı olan CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltacaktır.

Doğalgaz tüketimi kömür kullanımına nispeten daha düşük karbon ayak izi oluşturmaktadır. Belediyenin 2020, 2021 yıl sonu faaliyetlerinden kaynaklı karbon ayak izinde en düşük payı %20 oranıyla doğalgaz almaktadır. Binalara dış cephe yalıtımı yapılması ısı kaynaklı emisyonları azaltacak, gereksiz CO<sub>2</sub> emisyonlarının önlenmesini sağlayacaktır.

Karbon ayak izini en aza indirmek için su, doğal gaz, elektrik ve ulaşımda tasarruf sağlayan çalışmalar yapılmalı ve alınacak ürünlerin enerjide tasarruf sağlayan düşük CO<sub>2</sub> emisyonlu olması sağlanmalıdır.

Kahramankazan Belediyesi 2020 yılı faaliyet raporunda yer alan bilgilere göre; kâğıt, cam, plastik ve elektrik-elektronik atıkların kaynağında ayrıştırılarak yeniden

ekonomiye kazandırıldığı görülmektedir. Atıkların kaynağında ayrıştırılması konusunda halkı bilinçlendirme çalışmaları yapılmaktadır. Atıkların kaynağında azaltılması ve geri dönüşümün sağlanması CO<sub>2</sub> emisyonunu düşürecektir.

Ulaşım, aydınlatma, ısınma ve elektronik cihaz ve diğer mekanik sistemlerin zamanında bakımlarının yaptırılması sera gazı emisyonunun artmasında önleyici faktör olacaktır. En kalıcı çözüm karbon emisyon salınımını minimum seviyede olduğu teknolojilerin geliştirilmesi ve insan hayatına entegrasyonunun sağlanmasıdır.

Su kullanımı konusunda 2021 yılında 2020 yılına göre azalma gözlemlenmiş olsa da su israfından kaçınılmalı, su gereğinden fazla kullanılmamalıdır. Ankara ikliminden dolayı az yağış alan bir şehirdir. Bu sebeple park, bahçe ve refüjlerin yeşillendirilmesi için bu alanlara çok fazla su istemeyen bitki türleri tercih edilmelidir.

Çepel (2003), iyi anlamda gelişen 100 yaşında kayın ağacının 1200 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> absorbe ederek 6 ton karbon bağladığını ifade etmiştir. Karbon ayak izini en aza indirebilmek için her yıl düzenli olarak fidan dikimi/ağaçlandırma yapılmalıdır.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı koordinatörlüğünde, 2011-2023 yıllarını kapsayan Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı tüm yerel yönetimlerce benimsenmelidir. Bu doğrultuda sera gazı emisyonlarının azaltılması amacıyla yerel politikalar oluşturulmalıdır. İklim Değişikliği Eylem Planı oluşturulurken tehlike-risk analizi yapılmalıdır. Belediyeler stratejik eylem planlarını yaparlarken iklim değişikliğine sebep olan bütün faktörleri belirlemeli ve iklime duyarlı belediyecilik anlayışını benimsemelidirler.

## 6. KAYNAKLAR

- Akkan, M. M. 2019, *Akıllı kent uygulamaları ve Konya örneği* (Doctoral dissertation, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- Albert, O. O. K., Marianne, T., Jonathan, L., Nino, J. L. and Dario, C., 2020, Tracking the carbon emissions of Denmark's five regions from a producer and consumer perspective. *Ecological Economics*, 177, 106778.
- 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.
- Atılal, B.M. 2016, Karbon Piyasaları, Turkish Yatırım, [http://www.turkborsa.net/belgeler/raporlar/karbon\\_piyasalari.pdf](http://www.turkborsa.net/belgeler/raporlar/karbon_piyasalari.pdf), (28.03.2016).
- Altuğ, T., ve Özkan, F. Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi, Doğrulanması ve Raporlanması. *Verimlilik Dergisi*, (2), 67-86.
- Anonim, 2004, Avrupa'nın Değişen İkliminin Etkileri Gösterge Temelli Bir Değerlendirme, AÇA (Avrupa Çevre Ajansı) Raporu, No 2/2004, [http://reports.tr.eea.europa.eu/climate\\_report\\_2\\_2004/tr/eea\\_2\\_2005climate\\_change\\_TR.pdf](http://reports.tr.eea.europa.eu/climate_report_2_2004/tr/eea_2_2005climate_change_TR.pdf) [Ziyaret Tarihi: 4 Ocak 2021].
- Anonim, 2009a, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi <https://iklim.csb.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-4362>, [Ziyaret Tarihi: 5 Ocak 2021].
- Anonim, 2009b, Kyoto Protokolü, <https://iklim.csb.gov.tr/kyoto-protokolu-i-4363>, [Ziyaret Tarihi: 5 Ocak 2021].
- Anonim, 2014a, <http://www.iso.org/iso/home/search.htm?qt=ISO+14064-1&sort=rel&type=simple&published=on> / <http://www.iso.org/iso/home/search.htm?qt=ISO+14065&sort=rel&type=simple&published=on> , [Ziyaret Tarihi: 19 Ocak 2021].
- Anonim, 2014b, Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik, 17.05.2014 tarihli ve 29003 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim, 2014c, Greenhouse Gas Protocol, Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories.
- Anonim, 2015, Altuğ, T., Özkan, F. Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi, Doğrulanması Ve Raporlanması. *Verimlilik Dergisi*, (2), 67-86.
- Anonim, 2017, T.C. Kahramankazan Kaymakamlığı İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Kahramankazan Brifing Raporu, 2017 Yılı Faaliyetleri, 2.

- Anonim, 2018a, Karbon Ayakizi Hesaplama Yöntemleri, <https://www.semtrio.com/karbon-ayak-izi-hesaplama-yontemleri>, [Ziyaret Tarihi: 19 Ocak 2021].
- Anonim, 2018b, Küresel Isınma İklim Değişikliği Ve Çölleşme İle Mücadelede Ağaçlandırma Ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı.
- Anonim, 2022a, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kahramankazan>, [Ziyaret Tarihi: 10.06.2022].
- Anonim, 2022b, <https://www.kahramankazan.bel.tr/kazan-tarihi.asp>, [Ziyaret Tarihi: 10.06.2022].
- Argun, M. E., Ergüç, R. ve Yunus, S. A. R. I., 2019, Konya/Selçuklu İlçesi Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 287-297.
- Atabey, T., 2013, Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği. *Fırat Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Elâzığ*.
- Bauer S., 1994, Development of environmental impact assessment tools for livestock production systems. Vol. 1: Research Report, Giessen, Germany, pp.4-16.
- Bekiroğlu, O., 2011, Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi. II. Elektrik Tesisatı Ulusal Kongresi. 24 – 27/11/2011 İzmir.
- Bhattacharya, M., Churchill, S. A. ve Paramati, S. R., 2017, The dynamic impact of renewable energy and institutions on economic output and CO2 emissions across regions. *Renewable Energy*, 111, 157-167.
- Bildik, B., 2014, Kuruluş Seviyesinde Sera Gazı Emisyon ve Uzaklaştırmalarının Hesaplanması, Raporlanması ve Doğrulanması.
- Binboğa, G. ve Ünal, A., 2018, Sürdürülebilirlik Ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Yönelik Bir Araştırma. *International Journal of Economic & Administrative Studies*, (21).
- Bölük, G. ve Mert, M., 2015, The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: An ARDL approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587-595.
- British Petrol, BP, 2018, Statistical Review of World Energy. London, UK.
- Climate Trace, 2021, The Climate Transparency Report 2021, <https://www.climate-transparency.org/g20-climate-performance/g20report2021>, [Ziyaret Tarihi: 16 Temmuz 2021].
- Çepel, N., 2003, Doğal Bitki Örtüsünün Tahribi, Ekolojik Sonuçları ve Koruma Çareleri. Ekolojik sorunlar ve çözümleri. TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları. ss.53-73. 2003 Ankara.

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012, Türkiye'de Karbon Piyasası, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016, Gönüllü Karbon Piyasaları, Türkiye'de Karbon Piyasası, <http://www.csb.gov.tr/projeler/iklim/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=12461>, (26.03.2016).
- Çıtak, O. S., 2016, Karbon Ayak İzinin Ne Kadarı Finansal Piyasalarda: Karbon Piyasalarının Performansı ve Karbon Merkez Bankasının Kurulması. Maliye Finans Yazıları, 2016-(105), 31-46.
- Çiçek, H.G. ve Çiçek, S., 2012, Karbon Vergisi ile Karbon Ticareti İzinlerinin Karşılaştırılması. İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi No:47. (Ekim 2012). ss.95-119.
- Colomb, J., 2009, Kyoto Protokolü, Türkiye'de Karbon Ticareti ve Kazanımları, Önce Kalite Dergisi, 48- 51.
- Demir, A., 2009, Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 37-54.
- Dogan, E. ve Ozturk, I., 2017, The influence of renewable and non-renewable energy consumption and real income on CO2 emissions in the USA: evidence from structural break tests. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11), 10846-10854.
- Dong, K., Sun, R. ve Hochman, G., 2017, Do natural gas and renewable energy consumption lead to less CO2 emission Empirical evidence from a panel of BRICS countries. *Energy*, 141, 1466-1478.
- Dou, X., Deng, Z., Sun, T., Ke, P., Zhu, B., Shan, Y. and Liu, Z., 2021, Global and local carbon footprints of city of Hong Kong and Macao from 2000 to 2015. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105167.
- Dulkadiroğlu H., 2018, *Türkiye'de Elektrik Üretiminin Sera Gazı Emisyonları Açısından İncelenmesi*, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(1), 67-74.
- Durkaya, B., Bekci, B., Varol, T., 2015, Bartın Kent Ormanının Karbon Tutma, Oksijen Üretimi ve Rekreatyonel Açından Değerlendirilmesi, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Rize.
- Dündar, A. O., ve Kolay, A., 2021, Karayolu yük ve yolcu taşımacılığının çevresel sürdürülebilirlik bakımından değerlendirilmesi ve Konya ili sera gazı emisyonunun hesaplanması. Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(1), 317-334.

- Erlat, E. and Türkeş, M., 2012, Analysis of observed variability and trends in numbers of frost days in Turkey for the period 1950–2010. *International Journal of Climatology*, 32: 1889–1898.
- 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.
- Gökçek, B., Bozdağ, A., ve Demirbağ, H., 2019, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi örneğinde karbon ayak izinin belirlenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 721-730.
- Göküş, M., ve Bağator, B., 2021, İklim Değişikliğinin Getirdiği Değişim ve Riskler: Akıllı Kent Konya Örneği. *PROCEEDINGS BOOK*, 360.
- Haksevenler, B. H. G., Onat, G. N. Ç., Akpınar, B. and Bedel, T., 2020, Yerel Yönetimler İçin Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Ümraniye Belediyesi Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 319-333.
- 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.
- ICLEI., 2009, *International Local Government Greenhouse Gas Emissions GHG Emissions Analysis Protocol (IEAP)*, Version 1.0, [https://carbonn.org/fileadmin/user\\_upload/carbonn/Standards/IEAP\\_October2010\\_color.pdf](https://carbonn.org/fileadmin/user_upload/carbonn/Standards/IEAP_October2010_color.pdf), [Ziyaret Tarihi: 19 Ocak 2021].
- IPCC, 2022, Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> [Ziyaret Tarihi: 6 Haziran 2022].
- IPCC, 2006, Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> [Ziyaret Tarihi: 4 Ocak 2021].
- IPCC., 2001a, Working Group I: The Scientific Basis.
- IPCC., 2001b, Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., et al. (eds.)]. Cambridge University Press: Cambridge and New York.
- IPCC., 2006, *Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Vol. 2: Energy (stationary, mobile, and fugitives)*, Vol. 3: Industry, IPCC, Geneva, İsviçre, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>, [Ziyaret Tarihi: 19 Ocak 2021].

- IPCC., 2007, Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., et al. (eds.)]. Cambridge University Press: Cambridge and New York.
- 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.
- İMMİB AB Mevzuatı'na Uyum Şubesi, 2012, Türk Sanayi Sektörünün AB Çevre Mevzuatına Uyumu, [www.akib.org.tr/files/downloads/ekler/ek-cevreveshircilik.doc](http://www.akib.org.tr/files/downloads/ekler/ek-cevreveshircilik.doc), Son Erişim Tarihi: 02.06.2014.
- İklim Uyum Projesi, 2021. Yerel Ölçekte İklim Değişikliğine Uyum. [https://iklimeuyum.org/dokumanlar/Yerel\\_Olcekte\\_Iklim\\_Degisikligine\\_Uyum.pdf](https://iklimeuyum.org/dokumanlar/Yerel_Olcekte_Iklim_Degisikligine_Uyum.pdf).
- Kahramankazan Belediyesi Faaliyet Raporu, 2020.
- Kaplan, İ., 2011, Karbon Yönetim Sistemi ve ISO 14064. İzmir Rüzgâr Sempozyumu ve Sergisi. 23-24 Aralık 2011. İzmir.
- Karakuş, N., 2010, Yutak Alanlarının İklim Değişikliği Üzerine Etkilerinin Türkiye Örneğinde Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, *Yüksek Lisans Tezi*, Adana.
- Kartum, Ş., Koç, T. ve Türkeş, M., 2011, Türkiye’de kar yağışlarının başlangıç ve bitiş tarihlerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler. İçinde: V. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 195-200, 27-29 April 2011: İstanbul.
- Kocaman, A., 2020, Sanayi Şehri Karabük İlindeki Fosil Yakıt Kaynaklı Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi ve Orman Varlıklarının Emisyonu Azaltmadaki Etkisi. *İzlek Akademik Dergi*, (3), 44-55.
- Kuglitsch, F. G., Toreti, A., Xoplaki, E., Della-Marta, P.M., Zerefos, C. S., Türkeş, M. and Luterbacher, J., 2010, Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960. *Geophysical Research Letters*, 37.
- Kumaş, K., Akyüz, A. Ö., Zaman, M. ve Güngör, A., 2019, Sürdürülebilir Bir Çevre İçin Karbon Ayak izi Tespiti: MAKÜ Bucak Sağlık Yüksekokulu Örneği. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 6(1), 108-117.
- Lombardi, M., Laiola, E., Tricase, C., & Rana, R. (2018). Toward urban environmental sustainability: the carbon footprint of Foggia's municipality. *Journal of Cleaner Production*, 186, 534-543.

- Matthews, H. S., Hendrickson, C., & Weber, C. L., 2008, The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries. *Environmental Science and Technology*, 42(16), 5839–5842.
- Muslu, Y., 2000. Ekoloji ve Çevre Sorunları, pages: 223, 255-260, Aktif Yayınevi, İstanbul.
- Narin, M., 2013, Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizması: Emisyon Ticareti. International Conference on Eurasian Economies 2013.
- Paramati, S. R., Mo, D. ve Gupta, R., 2017, The effects of stock market growth and renewable energy use on CO2 emissions: evidence from G20 countries. *Energy Economics*, 66, 360-371.
- REC Türkiye, Bölgesel Çevre Merkezi, Mayıs 2015, A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi, Yayına Hazırlayanlar: Arif Cem Gündoğan, Et al. Almanya Federal Cumhuriyeti Ankara Büyükelçiliği katkılarıyla, Ajanstürk Matbaacılık A.Ş.
- Rizan, C., Bhutta, M. F., Reed, M. and Lillywhite, R., 2020, The carbon footprint of waste streams in a UK hospital. *Journal of Cleaner Production*, 125-446.
- Sinha, A. ve Shahbaz, M., 2018, Estimation of Environmental Kuznets Curve for CO2 emission: Role of renewable energy generation in India. *Renewable energy*, 119, 703-711.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012, İklim Değişikliğine Uyum Eğitici Kitabı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Dairesi Başkanlığı.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017, Sera Gazı Emisyon Raporlarının Doğrulanması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Akreditasyonu Tebliği.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İklim Uyum, 2020.
- TMMOB ÇMO Karbon Ayakizi Hesaplanması Eğitim Notları, 2020.
- Tatar, O., 2012, Karbon Ayak İzi ve Uluslararası Karbon Ticareti. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ankara.
- Tuğan, K., 2020, İklim Değişikliği ve Şehirler. *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı*, 35.
- Turan, R. B., 2019, Bursa Osmangazi belediyesi kurumsal karbon ayak izi hesabı ve iklim değişikliği uyum çalışmaları. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 4(1), 17-24.
- TÜİK, 2019, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>, [Ziyaret Tarihi: 19 Ocak 2021].
- TÜİK, 2018, *İstatistiklerle Türkiye 2017, Turkey in Statistics 2017*, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.

- TÜİK, 2020, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2020>, [Ziyaret Tarihi: 3 Temmuz 2022].
- Türkeş, M., 2012, Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme.
- Türkeş, M. and Sümer, U.M. 2004, Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey, *Theoretical and Applied Climatology*, 77: 195-227.
- Türkeş, M., 2008, İklim Değişikliği ve Küresel Isınma Olgusu: Bilimsel Değerlendirme, s:21-57. Yay. Haz; E. Karakaya, Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi, Bağlam Yayınları, 308, İstanbul.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. and Demir, İ. 2002, Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929-1999. *International Journal of Climatology*, 22: 947-977.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G., 2000, Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi, 2020, Konya İli Etki ve Etkilenebilirlik Analizi İstişare Toplantısı, Powerpoint Sunusu.
- Tolay İ. Gülmezoğlu N. ve Aytaç Z., 2010, Azot Kirliliğinin Azaltılmasında Azotlu Gübre Etkinliğinin Arttırılmasının Rolü, 5. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildiriler Kitabı, 15-17 Eylül 2010, İzmir.
- UNDP Türkiye, 2022. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları. <https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>.
- UNFCCC, 1992, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Rio de Janeiro, Brezilya.
- Üreden, A. ve Özden, S., 2018, Kurumsal Karbon Ayak İzi Nasıl Hesaplanır: Teorik Bir Çalışma. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 98-108.
- Yalvaç, A., 2017, Sera gazı nedir etkileri nelerdir, Yeşilist, <https://www.yesilist.com/sera-gazinedir-etkileri-nelerdir/> [Ziyaret Tarihi: 4 Ocak 2021].
- Zaborowska, E., Czerwionka, K. and Małania, J., 2021, Integrated plant-wide modelling for evaluation of the energy balance and greenhouse gas footprint in large wastewater treatment plants. *Applied Energy*, 282, 116-126.

## **EKLER**

1. Kurumsal Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Iso 14064-1:2018 Standardı Çerçevesinde Sera Gazları Emisyonlarının Ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanması Ve Raporlanması Temel Eğitimi (Uzaktan Eğitim) Katılım Belgesi
2. Kahramankazan Belediyesi Veri Kullanımı İzin Belgesi





**TMMOB**  
**ÇEVRE MÜHENDİSLERİ ODASI**  
**GENEL MERKEZİ**

Sertifika No : 2020.AB.00.2231

## KATILIM BELGESİ

Sayın **AYŞE CEYLAN**

**TMMOB Çevre Mühendisleri Odası GENEL MERKEZİ** tarafından  
**04.07.2020 - 05.07.2020** tarihinde gerçekleştirilen  
**KURUMSAL KARBON AYAK İZİNİN HESAPLANMASI: ISO**  
**14064-1:2006 STANDARDI ÇERÇEVESİNDE SERA GAZLARI**  
**EMİSYONLARININ VE UZAKLAŞTIRMALARININ KURULUŞ**  
**SEVİYESİNDE HESAPLANMASI VE RAPORLANMASI TEMEL EĞİTİMİ**  
**(UZAKTAN EĞİTİM)**

sonucunda bu belgeyi almaya hak kazanmıştır.

**CEM FERDA TUNÇER**  
**BAŞKAN**



T.C.  
**KAHRAMANKAZAN BELEDİYE BAŞKANLIĞI**  
Fen İşleri Müdürlüğü



Sayı : E-82510471-010.99-8913  
Konu: Karbon Ayak İzi Hesabı Hk.

06.07.2022

**Ayşe KARAKOÇ**

Bostanbaşı Mah. Şimal Sok. Beyzade Gold Sit. A Blok No:31/8 Yeşilyurt/MALATYA

İlgi : Ayşe KARAKOÇ'nın 28.06.2022 tarihli dilekçesi.

İlgili dilekçenize istinaden Karbon ayak izi hesaplanabilmesi için 2020 ve 2021 yılı sonucunda tüketilen yakıtların (mazot, benzin, otogaz, elektrik ve su) tüketim miktarları yazımız ekinde belirtilmiştir.

Bilgilerinize arz ederim.

Alper ÖZER  
Fen İşleri Müdür V.

Ek: Tüketim Bedelleri.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.  
Belge Doğrulama Kodu: 1B630A75-1993-4509-9B58-FD44F308137E Belge Doğrulama Adresi: <http://belgedogrulama.cbys.kahramankazan.bel.tr>

Atatürk Mah. Ankara Bulv. No:105/1 Kahramankazan / ANKARA  
Telefon No: 3128145300 Fax No: (0312) 814 10 12  
e-Posta: [info@kahramankazan.bel.tr](mailto:info@kahramankazan.bel.tr) İnternet Adresi: <http://www.kahramankazan.bel.tr>  
Kep Adresi: kahramankazanbld@hs01.kep.tr

1/1

Bilgi İçin: Nurgül HIÇYILMAZ  
MALAL  
(Yüksek Peyzaj Mimarı)  
Telefon:03128144508

