

**ESKİŞEHİR İLİNDEKİ ENERJİ TÜKETİM KAYNAKLI SERA GAZLARININ
ENVANTERİNİN BELİRLENMESİ VE ANALİZİ**

Sakina HASANOVA

Yüksek Lisans Tezi

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Enerji kaynakları ve Yönetimi Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cengiz TÜRE

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ocak 2022

20/01/2022

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Sakina HASANOVA, ESKİşEHİR İLİNDEKİ ENERJİ TÜKETİM KAYNAKLI SERA GAZLARININ ENVANTERİNİN BELİRLENMESİ VE ANALİZİ başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı

Prof. Dr. Cengiz TÜRE

ÖZET

ESKİŞEHİR İLİNDEKİ ENERJİ TÜKETİM KAYNAKLI SERA GAZLARININ ENVANTERİNİN BELİRLENMESİ VE ANALİZİ

Sakina HASANOVA

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Enerji kaynakları ve Yönetimi Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ocak 2022

Danışman: Prof. Dr. Cengiz TÜRE

Dünyada insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazları sanayi devrimden bu yana hızla artmaktadır. Bu gazların emisyonlarındaki artış nedeniyle gezegenimizde yaşanmaya başlayan küresel ısınma ve iklim değişikliği, tüm ülkelerde farklı düzeyde sosyo-ekonomik ve sosyo-ekolojik zararların yaşanmasını hızlandırmıştır. Bu sürecin bir sonucu olan iklim değişikliği ile mücadelenin ilk ve en önemli aşamasını ise farklı kaynaklardan gerçekleşen kentsel sera gazı emisyonlarının envanterinin hazırlanması oluşturmaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, 2019 yılında Eskişehir ilinde gerçekleşen elektrik, doğalgaz, akaryakıt ve LPG tüketiminden kaynaklanan sera gazı envanteri çıkarılarak analiz edilmesi amaçlanmıştır. Sera gazı emisyonlarına ilişkin hesaplamalar yapılırken IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) tarafından belirlenen uluslararası geçerliliği olan default emisyon ve dönüşüm faktörleri kullanılarak tüm sera gazları karbondioksit eşdeğerlerine dönüştürülerek hesaplanmıştır.

Bu tez çalışmasında, elde edilen sonuçlara baktığımızda 2019 yılı için toplam 13.792.308,95 MWh'lik bir tüketime karşılık 4.001.287,12 tCO₂(eşd) salımı gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca kişi başına gerçekleşen sera gazı salımı ise 4,45 tCO₂(eşd) olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliğiyle mücadele politikalarının evrenselde yerele belirlendiği, ancak bu politikalara dayalı uygulamalarının yerelden evrensele gerçekleşmesinin öngörüldüğü düşünüldüğünde, ortaya konulan sonuçların Eskişehir için

yapılacak stratejik iklim değışikliği eylem planlamaları için önemli bir veri tabanı oluşturacağına inanıyoruz.

Anahtar Sözcükler: Eskişehir, Sera gazları envanteri, İklim değışikliyi, Küresel ısınma



ABSTRACT

DETERMINATION AND ANALYSIS OF THE INVENTORY OF ENERGY CONSUMPTION SOURCED GREENHOUSE GASES IN ESKİŞEHİR

Sakina HASANOVA

Department of Advanced Technology

Programme in Energy Sources and Management

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, January 2022

Supervisor: Prof. Dr. Cengiz TÜRE

Greenhouse gases released into the atmosphere as a result of human activities in the world have been increasing rapidly since the industrial revolution. Global warming and climate change, which started to be experienced on our planet due to the increase in the emissions of these gases, has accelerated the socio-economic and socio-ecological damages at different levels in all countries. The first and most important step in the fight against climate change, which is a result of this process, is the preparation of an inventory of urban greenhouse gas emissions from different sources.

This master thesis, it is aimed to analyze the greenhouse gas inventory arising from electricity, natural gas, fuel, and LPG consumption in Eskişehir in 2019. While calculating greenhouse gas emissions, all greenhouse gases have been calculated by converting them into carbon dioxide equivalents, using the internationally valid default emission and conversion factors determined by the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

When we look at the results obtained in this thesis study, it was determined that the total consumption of 13,792,308.95 MWh for 2019 was realized as 4,000,830,72 tCO₂ emissions. In addition, greenhouse gas emissions per capita were calculated as 4.45 tCO₂. Considering that the policies to combat climate change are determined locally in the universal, but the implementations based on these policies are foreseen to be realized from the local to the universal, we believe that the results will form an important database for the strategic climate change action plans to be made for Eskişehir.

Keywords: Eskişehir, Greenhouse gas inventory, Climate change, Global warming

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde birçok kişinin emeği geçmektedir. “Eskişehir İl Merkezindeki Enerji Tüketim Kaynaklı Sera Gazlarının Envanterinin Belirlenmesi Ve Analizi” başlığı altında olan Yüksek Lisans tezimin hazırlanması esasında bütün bilimsel tecrübelerini benimle paylaşan ve bütün samimiyetiyle bana destek olan Kıymetli Tez Danışman Hocam Prof. Dr. Cengiz TÜRE’ye ve Değerli PhD. Çağdaş SAZ’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, tüm eğitim hayatım boyunca bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli annem Fargana HASANOVA’ya ve babam Novruz HASANOV’a ve bütün aile üyelerine, beni bu zor zamanlarda destekleyen değerli arkadaş çevreme teşekkürlerimi sunarım.

Sakina HASANOVA

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Sakina HASANOVA

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
DANIŞMAN ONAYI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR	vii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	17
1.1. TEZİN AMACI VE KAPSAMI.....	3
1.1.1. Tezin Amacı	3
1.1.2. Tezin Kapsamı	3
2. KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	3
2.1. Küresel ısınma	3
2.2. Küresel ısınma ve iklim değışikliğinin nedenleri	6
2.3. Küresel iklim değışikliğinin kentler üzerinde etkileri	8
3. SERA GAZLARI VE ÖZELLİKLERİ	10
3.1. Sera gazları	10
3.1.1. Karbondioksit (CO ₂)	12
3.1.2. Metan (CH ₄).....	14
3.1.3. Nitröz Oksit (N ₂ O).....	15
3.1.4. Halokarbonlar	16
3.1.5. Türkiye’de Sera Gazı Emisyonları	16

3.1.6. Küresel Isınma Potansiyeli (KIP)	20
3.2. Sera Gazı Yönetim Çerçevesi.....	21
3.2.1. Azaltım hedefinin oluşturulması.....	22
3.2.2. Salımların Azaltılması için Stratejinin Geliştirilmesi	23
3.2.3. İzleme Süresi ve Raporlandırılması.....	24
3.2.4. Yerel Yönetimler Sera Gazı Emisyonları Analiz Protokolü	24
4. LİTERATÜR İNCELEMESİ	26
4.1. Türkiye’deki Çalışmalar	26
4.2. Uluslararası çalışmalar	29
5. METOT VE YÖNTEM.....	32
5.1. MEVCUT DURUM ANALİZİ.....	32
5.2. Eskişehir İlinin Genel Özellikleri	32
5.2.1. Eskişehir İlinin İklimi ve İklimsel Olaylardaki Aşırılıklar	33
5.2.2. Eskişehir İlinin Sosyo-Ekonomik Yapısı.....	37
5.2.3. Eskişehir İlinin Nüfus ve İstihdamı	38
5.3. Karbon Salımının Hesaplama Yöntemleri	40
5.3.1. Envanter Oluşturulması	41
5.3.2. Envanter Oluşturma Metodunun Seçimi ve Kaynakların Belirlenmesi.....	41
5.3.2.1. IPCC Metodolojisi ve Hesaplama Yaklaşımları	42
5.3.2.2. Kentsel faaliyetler emisyonlarının kapsamlarının (Scope) tanımları.....	43
5.3.2.3. Karbon emisyonu hesaplamalarında kullanılan katmanlar (Tier).....	45
5.4. Veri Toplama	46
6. UYGULAMA	47
6.1. Eskişehir İlinin Enerji Tüketimi.....	47
6.1.1. Elektrik Tüketimi	47
6.1.2. Doğalgaz Tüketimi	50
6.1.3. Petrol Tüketimi.....	53
6.1.4. LPG Tüketimi	56

7. ESKİŞEHİR İLİ'NDEKİ ENERJİ TÜKETİM FAALİYETLERİNİN SERA GAZI EMİSYON DÜZEYİ.....	59
7.1. Eskişehir'in Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları	59
7.1.1. Elektrik Enerjisi Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonu.....	60
7.1.2. Doğalgaz Enerjisi Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonu	64
7.1.3. Petrol Enerjisi Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonu.....	66
7.1.4. LPG Enerjisi Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonu.....	69
8. ESKİŞEHİR SERA GAZI SALIM ENVANTERİ ÇALIŞMALARI 2012, 2018 VE 2019.....	71
9. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	75
KAYNAKÇA.....	83
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Türkiye'nin 1990-2019 yılları arasındaki Sera Gazı Salım değerleri (Mt CO ₂ (eşd)) (TUIK, 2019).....	16
Tablo 3.2. Türkiye'nin Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları (Mton CO ₂ (eşd))	18
Tablo 3.3. Kyoto Gazları.....	21
Tablo 5.1. Eskişehir'in aylık sıcaklığı (Meteoroloji Bölge Müdürlüğü)	34
Tablo 5.2. Eskişehir'in aylık toplam yağış(mm) (2019)	34
Tablo 5.3. Eskişehir'in aylık toplam karla örtülü gün sayısı	35
Tablo 5.4. Aylık Minimum Sıcaklığın -0,1 °C ve Küçük Olduğu Günler (Donlu Günler) Sayısı	36
Tablo 5.5. Eskişehir Nüfusunun Yıllara göre Türkiye Nüfusu içindeki oranı	38
Tablo 5.6. Yerel Yönetim Faaliyetlerinden Kaynaklanan Sera Gazı salımlar Rehberi (Türe, 2014).....	44
Tablo 6.1. Eskişehir'in 2019 yılına ait Aylık Elektrik Enerjisi Tüketimi (MWh).....	47
Tablo 6.2. Eskişehir İlinin 2019 yılına ait Aylık Doğal Gaz Tüketimi (MWh).....	50
Tablo 6.3. Eskişehir İlinin 2019 yılına ait Aylık Petrol Tüketimi (MWh)	53
Tablo 6.4. Eskişehir ilinin 2019 yılına ait LPG Tüketimi (MWh).....	56
Tablo 7.1. Eskişehir'de Elektrik Enerjisi Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları (tCO ₂ (eşd))	61
Tablo 7.2. Eskişehir'de Doğalgaz Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları (tCO ₂ (eşd)).....	64
Tablo 7.3. Eskişehir'de Petrol Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları (2019,tCO ₂ (eşd)).....	67
Tablo 7.4. Eskişehir'de LPG Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları (2019,CO ₂)	70
Tablo 8.1. Eskişehir'in yıllara göre tüketim ve salım değerleri	72
Tablo 8.2. Yıllara göre paylar	72
Tablo 8.3. Yıllara göre nüfus dağılımı	74

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. NASA tarafından yapılan küresel ısınma ölçümü	4
Şekil 2.2. IPCC' ye göre 1900-2300 yılları arasındaki sera gazlarındaki artış	5
Şekil 2.3. 1880-Ocak 2020'ye ait küresel kara ve okyanus sıcaklık anomalileri	5
Şekil 2.4. Balık Kılçığı Metodu ile Küresel Isınmanın Nedenlerinin Gösterimi	7
Şekil 2.5. Kentleşmenin Kentsel İklim Üzerindeki Etki Modeli (Desa, 2018)	9
Şekil 2.6. Kentsel alanlarda yaşayanların payı, (https://ourworldindata.org , 2021)	10
Şekil 3.1. Sera etkisinin bileşenleri ve çalışılması (Türkeş, 2021)	11
Şekil 3.2. Yıllara göre CO ₂ konsantrasyon artışı (https://yesilekonomi.com , 2020).....	13
Şekil 3.3. CH ₄ 'ün Küresel Atmosferik Konsantrasyon Değişimi (1983- 2020)(https://www.nature.com , 2019).....	14
Şekil 3.4. N ₂ O' in Küresel Atmosferik Konsantrasyon Değişimi (1983- 2020)	15
Şekil 3.5. Türkiye'nin 2019 Yılı Toplam Sera Gazı Emisyon Payları (%)(http://data.tuik.gov.tr , 2019)	17
Şekil 3.6. Türkiye'nin Sera Gazı Salımındaki Artış (1990-2019, %)(http://data.tuik.gov.tr)	18
Şekil 3.7. Türkiye'nin Toplam ve Kişi başı Sera Gazı Emisyon Miktarları (tCO ₂ (eşd))	19
Şekil 3.8. Türkiye'nin CO ₂ (eşd)'nin Sektörlere Göre Dağılımı.....	20
Şekil 5.1. Eskişehir lokasyon haritası (Güler ve Canbaz, 2017)	33
Şekil 5.2. Aylık ve yıllar üzerinden Eskişehir'in grafik dağılımı.....	34
Şekil 5.3. Eskişehir'in aylık toplam yağış grafiği	35
Şekil 5.4. Eskişehir'in aylık toplam karla örtülü gün sayısı grafiği	35
Şekil 5.5. Aylık Minimum Sıcaklığın -0,1 °C ve Küçük Olduğu Günler (Donlu Günler) Sayısı Grafiği.....	36
Şekil 5.6. Eskişehir kenti yıllık ortalama rüzgâr hızı haritası(Süleyman, Kayıp ve Çağlak, 2019).....	37
Şekil 5.7. Eskişehir Ekonomisinin Sektörel Dağılımı	38
Şekil 5.8. Eskişehir Nüfus Piramidi(Eskişehir İstatistikleri, 2019).....	39
Şekil 5.9. Eskişehir nüfus grafiği (http://nufusu.com , 2020).....	40
Şekil 6.1. Eskişehir'in 2019 yılı Aylara Göre Elektrik Enerjisi Tüketimi (MWh)	48

Şekil 6.2. Eskişehir'in 2019 Yılı Elektrik Enerjisi Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (MWh)	49
Şekil 6.3. Eskişehir'in 2019 yılı Elektrik Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılım Payı (%)	50
Şekil 6.4. Eskişehir'in 2019 yılı Aylara Göre Doğalgaz Enerjisi Tüketimi (MWh)	51
Şekil 6.5. Eskişehir'in 2019 yılı Doğalgaz Enerjisi Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (MWh)	52
Şekil 6.6. Eskişehir'in 2019 yılı Doğalgaz Enerjisi Tüketiminde Sektörlere Göre Dağılım Payı (%)	52
Şekil 6.7. Eskişehir'in 2019 yılı Aylara Göre Toplam Petrol Tüketimi (MWh)	54
Şekil 6.8. Eskişehir'in 2019 yılı Petrol Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (MWh)	55
Şekil 6.9. Eskişehir'in 2019 yılı Petrol Enerjisi Tüketiminde Sektörlere Göre Dağılım Payı (%)	55
Şekil 6.10. Eskişehir'in 2019 yılı Aylara Göre Toplam LPG Tüketimi (MWh)	57
Şekil 6.11. Eskişehir'in 2019 yılı LPG Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (MWh)	58
Şekil 6.12. Eskişehir'in 2019 yılı LPG Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılım Payı (%)	58
Şekil 7.1. Eskişehir'in Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları(CO ₂ (eşd))	60
Şekil 7.2. Eskişehir'in 2019 yılı Elektrik Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları(CO ₂ (eşd))	62
Şekil 7.3. Eskişehir'in 2019 yılı Elektrik Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonlarının Yıllık Sektörel Payı (CO ₂ (eşd))	62
Şekil 7.4. Eskişehir'in 2019 yılı Doğalgaz Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları(CO ₂ (eşd))	65
Şekil 7.5. Eskişehir'in 2019 yılı Doğalgaz Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonlarının Yıllık Sektörel Payı (CO ₂ (eşd))	65
Şekil 7.6. Eskişehir'in 2019 yılı Petrol Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları (CO ₂ (eşd))	68
Şekil 7.7. Eskişehir'in 2019 yılı Petrol Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonlarının Yıllık Sektörel Payı (CO ₂ (eşd))	68

Şekil 7.8. Eskişehir'in 2019 yılı LPG Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları (CO ₂ (eşd))	70
Şekil 7.9. Eskişehir'in 2019 yılı LPG Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonlarının Yıllık Sektörel Payı (CO ₂ (eşd))	71
Şekil 8.1. Eskişehir'in Yıllara Göre Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları (CO ₂ (eşd))	73
Şekil 8.2. Eskişehir'in Yıllara Göre Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Kişi Başına düşen Sera Gazı Emisyonları (CO ₂ (eşd))	75



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
KP	: Kyoto Protokolü
PA	: Paris Anlaşması
IPPC	: Hükûmetlerarası İklim Değişikliği Paneli
DMÖ	: Dünya Meteoroloji Örgütü
BMÇP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNFPA	: Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu
ICLEI	: Sürdürülebilirlik için Yerel Yönetimler
GISS	: Goddard Uzay Çalışmaları Enstitüsü
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
KIP	: Küresel Isınma Potansiyeli
WDCGG	: Sera Gazları için Dünya Veri Merkezi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
GSYİH	: Gayri safi yurt içi hâsıla
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ICLEI	: Sürdürülebilirlik için Yerel Yönetimler
WRI	: Dünya Kaynakları Enstitüsü
WBCSD	: Sürdürülebilir Kalkınma Dünya İş Konseyi
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
BEBKA	: Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı
IBSS	: Bağımsız Temel Hizmet Takımı
GPC	: Topluluk için Küresel Protokol
BM	: Birleşmiş Milletler
GSMH	: Gayrisafi millî hâsıla
MPC	: Marjinal tüketim eğilimi
PPM	: milyonda parça
EDGAR	: Küresel Atmosfer Araştırmaları için Emisyon Veri tabanı
NMVOC'lar	: Organik Bileşikler
AB	: Avrupa Birliği
USGS	: Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (United States Geological Survey)

1. GİRİŞ

Sanayi devriminden günümüze fosil yakıtlara talebin hızla artması, enerjiye erişim, ormansızlaşma, arazi kullanımındaki değişiklikler ve endüstriyel süreçler atmosferde sera gazlarının aşırı birikimine neden olmuştur. Artan kentleşmenin de sürece olan katkısıyla birlikte küresel ısınma, giderek daha tehlikeli boyutlara ulaşmıştır (Türe, 2016; Kiraz vd., 2021). Bugün dünyada kullanılan enerjinin %80'inin fosil yakıtlardan oluşması (Suganthi ve Samuel, 2012), sera gazı konsantrasyonlarındaki bu artışın başlıca nedenleri arasında yer almaktadır (Nejat vd., 2015). Sera gazı emisyonlarındaki bu artış küresel ısınmayı, küresel ısınmadaki artış ise iklim değişikliğini hızlandırmaktadır. Buna bağlı olarak bitki ve hayvan türlerinin kitlesel yok oluşuna da önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Krupocin, D ve Krupocin, J, 2020). Bilimsel araştırmalara da sıklıkla konu olan iklim değişikliği (<http://climatechangeinturkey.com>, 2020), bugün küresel boyutta bir sorun olarak hayatı tüm alanlarda olumsuz etkilemesinin yanında bundan en çok karasal ekosistemlerin etkilendiği de kabul edilmektedir.

Bazı ülkeler, sera gazı emisyonlarından kaynaklanan olumsuz etkileri azaltmak ile küresel iklim değişikliğine uyum sağlamak için protokoller ve anlaşmalar imzalamışlardır. Bunların başında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) (1992), Kyoto Protokolü (KP) (1997), Paris Anlaşması (PA) (2005) gelmektedirler. Bu protokol ve anlaşmalar ülkelere yükümlülükler getirmekle birlikte somut adımlar atmalarına yönelik bir yol haritası da sunmaktadır. Bu somut adımlardan en önemlisi ise ülkelere ve şehirlere özgü sera gazı emisyon envanterlerinin oluşturulmasıdır (Cüce ve Uğur, 2021).

Düzenli aralıklarla her yıl yayınlanan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin değerlendirme raporlarına göre; insan faaliyetlerine bağlı olarak artan sera gazı emisyonları ile iklim değişikliği arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Dünya Meteoroloji Örgütü (DMÖ) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (BMÇP)'nin 1988 yılında birlikte oluşturdukları IPCC'nin amacı; hükümetlerin iklim politikalarını geliştirebilmeleri için yararlanabilecekleri bilimsel bilgileri sağlamaktır (IPCC, 2021). IPCC raporları, hükümetler ve bilim insanları tarafından küresel iklim değişikliğinin temel kaynakları olarak kabul edilmektedir. İklim değişikliğiyle ilgili olarak resmi ve sivil örgütlerin yürüttükleri mücadele, bugün toplumsal alanda da karşılık bularak, farkındalığı

artırmakta ve küresel bir uzlaşmaya zemin hazırlamaktadır. Dolayısıyla sorunun çözümü için sera gazı emisyonlarının kontrol altına alınarak azaltılması gerektiği yönünde de uzlaşılma hâkimdir (Karakaya, 2008).

Günümüzde sera gaz emisyonlarına en büyük katkıyı yapan kentleşme olağanüstü bir hız kazanmıştır. Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu (UNFPA, 2020) verilerine göre, dünya nüfusunun yarısı kentlerde yaşamakta ve bunun 2050 yılına kadar üçte iki oranına ulaşması beklenmektedir. Bu nedenle şehirler gelecekte daha büyük çevresel, sosyo-ekonomik ve mekânsal zorluklarla karşı karşıya kalacaklardır (Türe, C ve Türe, Y, 2021). Günümüzde sera gazı emisyonlarının %71-%76'lık oranı insan varlığının ve faaliyetlerinin en yoğun olduğu kentsel alanlarda oluşmakta ve iklim değişikliğinin hızını önemli ölçüde artırmaktadır (Türe, C ve Türe, Y, 2020; Kiraz vd, 2021). Bu durum, şehirlerin sera gazı emisyonlarının izlemesini ve azaltmasının, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerinin telafi edilmesinde, kilit bir rol oynadığını göstermektedir (Bader ve Bleischwitz, 2009; Türe, C ve Türe, Y, 2021).

Kentsel sürdürülebilirlik kavramı, dünyada ekolojik temelleri olan küresel bir anlayıştır. Ortaya koyduğu prensip ise şehirlerde sosyal, çevresel ve ekonomik düzeyi yüksek bir marka değeri yaratmaktır (Türe, C ve Türe, Y, 2021). Bu nedenle sera gazı emisyonlarında önemli payı olan tüm şehirler ile kapsamındaki kurum ve kuruluşların (sera gaz) envanterini hazırlamaları emisyon portföylerini belirlemeleri büyük önem arz etmektedir. Bunun için, (1) il sınırları içinde karbon salımını ve gelecekteki karbon tutma potansiyelinin tahmin edilmesi, (2) belirlenecek uygun hedefler ve ulaşılabilir mekanizmalar aracılığıyla etkin bir sürdürülebilir enerji ve karbon yönetim modeli oluşturulması gerekmektedir (Wikantiyoso vd., 2020). Ekolojik ve ekonomik krizlerin küresel ölçekte birer sorun olduğunun anlaşılmasından yola çıkılarak, hızlı ve kalıcı bir çözüm ortamı yaratılması amacıyla IPCC (2006) ve ICLEI (Sürdürülebilir Kentler Birliği) ile AB Başkanlar Birliği (EU Covenant of Mayor) ölçütleri temel alınarak uluslararası yerel yönetimler sera gazı salımlarının analiz edilebilmesi için bazı protokoller oluşturmuşlardır. Bu şekilde sağlanacak standart ve konvansiyonel yaklaşımlarla kentlerde oluşan sera gazlarının azaltılması amaçlanmaktadır (Tuğaç, 2019).

1.1. TEZİN AMACI VE KAPSAMI

1.1.1. Tezin Amacı

Bu tez çalışmasının amaçları şu şekilde sıralanmaktadır;

1. 2019 yılı verilerinden yararlanılarak Eskişehir ilinin ve kent halkının enerji tüketim faaliyetlerinin iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin araştırılması,
2. Farkındalık yaratarak bu etkinin azaltılmasına ve karbon ayak izinin küçültülmesine katkıda bulunulması,
3. Konuya ilişkin çalışan uzmanların eksiksiz ve doğru şekilde yararlanabilecekleri bir kentsel sera gazı envanterinin oluşturulmasıdır.

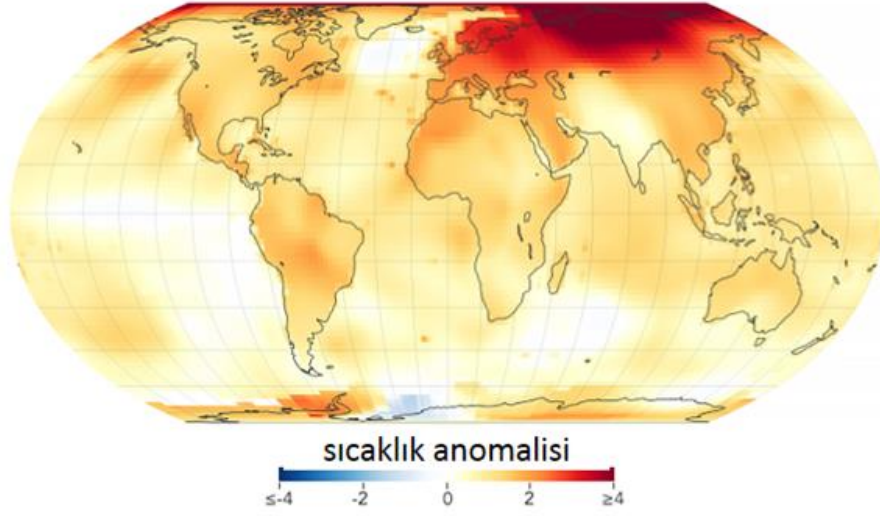
1.1.2. Tezin Kapsamı

Bu yüksek lisans tez çalışmasının kapsamı, Eskişehir ilindeki doğalgaz, elektrik, akaryakıt (motorin, benzin, LPG ve fuel-oil) tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının temel enerji tüketim kalemlerine göre envanterinin ortaya konulması ile bu bilgilere bağlı olarak yapılacak sera gazı azaltım projeksiyonlarının ve gelecekteki sera gazı salım düzeylerinin izlenmesi ve karşılaştırılması için bir veri tabanı oluşturmaktır.

2. KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

2.1. Küresel ısınma

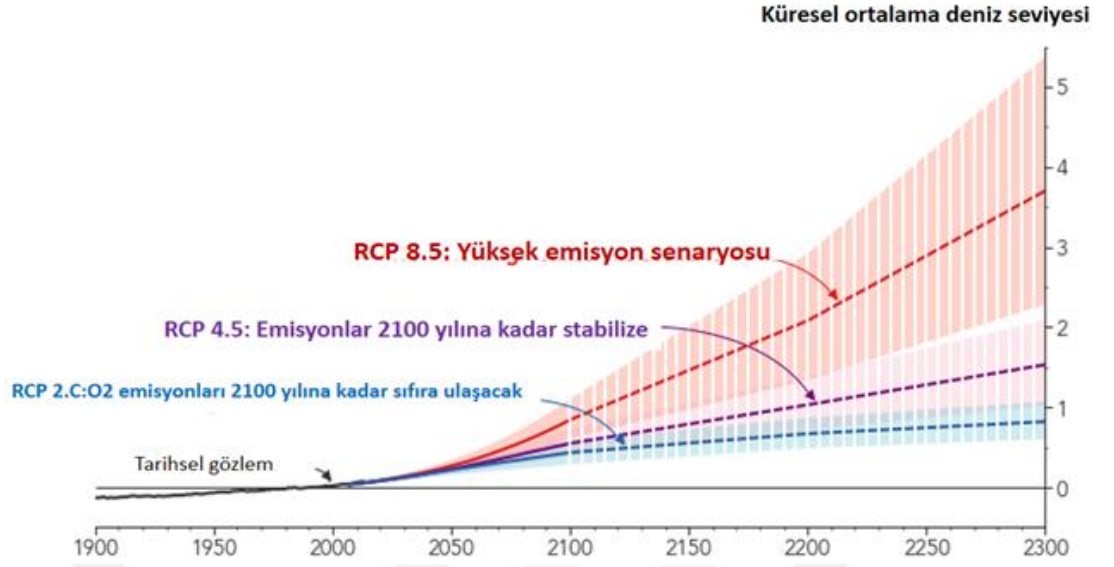
Isısını güneşten alan bir gezegen olan Dünya'nın, güneşten alabildiği enerji değiştikçe ısı da değişmiştir. Günümüzde dünyanın doğal ısınıp soğuma döngüsüne etki eden yeni bir faktör olarak antropojenik etkenler küresel ısınma olarak ifade edilen yaşamsal bir tehdidin ortaya çıkmasına yol açmıştır (Türe, C ve Türe, Y, 2021; Kiraz vd, 2021). Dünyanın daha önceki ısınma döngüsünden farklı olarak insan eylemlerinin ürettiği antropojenik kaynaklı sera gazlarının atmosferde birikmesi, dünyanın ortalama yüzey sıcaklığını olağandışı bir şekilde etkilemektedir. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'nin (NASA) ve Goddard Uzay Araştırmaları Enstitüsü'ndeki (GISS) bilim insanları, gezegenin uzun vadeli ısınma eğiliminde olduğunu, 2020 yılındaki küresel ortalama sıcaklığın 1951-1980 yıllarının temel ortalamasının 1,02 °C (1,84 °F) üstünde olduğunu belirlemişlerdir (Şekil 2.1.) (NASA, 2020).



Şekil 2.1. NASA tarafından yapılan küresel ısınma ölçümü

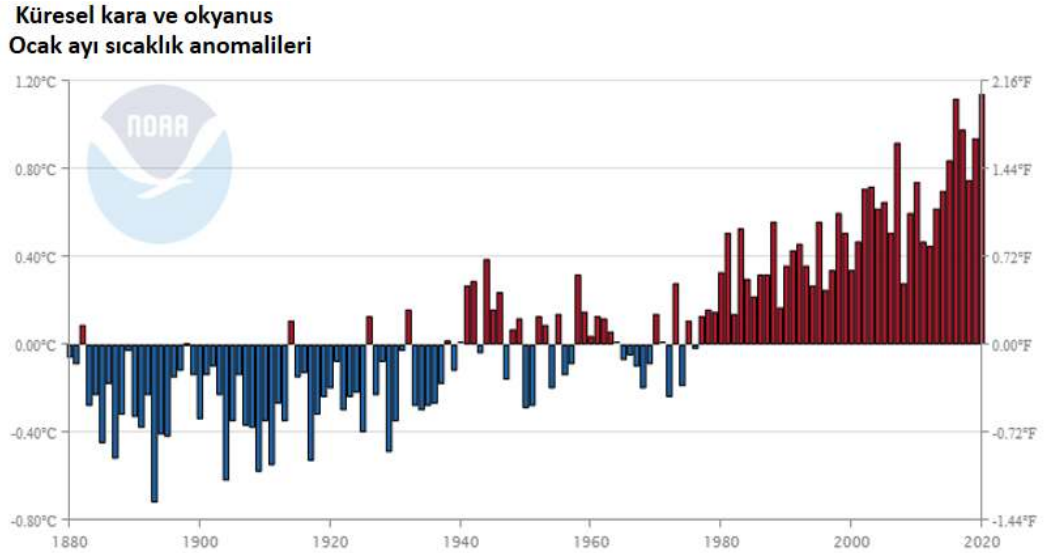
Küresel ısınma, birleşik sera gazı (GHG) emisyonları nedeniyle ortaya çıkan küresel bir problem olarak kabul edilmektedir. Su buharı, karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), nitrozoksit (N_2O) ve ozon (O_3) gibi sera gazları dünyanın jeolojik, hidrolojik ve biyolojik döngüsüne bağlı olarak doğal şekilde ortaya çıkmakta ve küresel iklim değişikliğine doğrudan etki etmektedir. Karbon monoksit (CO) gibi fotokimyasal açıdan önemli gazlar ve metan olmayan uçucu organik bileşikler (NMVOC) ise doğrudan sera gazları arasında görülmemesine karşın küresel iklim değişikliğine dolaylı etki etmektedir (Letcher, 2019).

I. Endüstri Devriminden günümüze kadar atmosferdeki CO_2 ve CH_4 seviyelerinde sırasıyla %35 ve %148 oranlarında artış görülmüştür. Son 100 yılda dünyamızın yüzeyinde meydana gelen sıcaklık artışı, günümüzde daha yoğun bir şekilde hissedilmektedir. IPCC tarafından, 2019 yılında yayımlanan rapora göre (Şekil 2.2) sera gazı emisyonlarının artarak devam etmesi halinde, 2100 yılında deniz seviyesinin günümüzden 0,6 ila 1,1 m (metre) yükseleceğini tahmin edilmektedir. Ancak, ülkelerin gerekli önlemleri almaları ve sera gazı emisyonlarını azaltmaları durumunda 2100 yılına kadar deniz seviyesindeki artışın 0,3 ila 0,6 m arasında olacağı düşünülmektedir (Hardy, 2003; Shahzad, 2015).



Şekil 2.2. IPCC'ye göre 1900-2300 yılları arasındaki sera gazlarındaki artış

2020 Ocak ayındaki kara ve okyanus yüzey sıcaklığı ölçümlerinde elde edilen değerlerin, 20. yüzyıl ortalamasını da ($1,14^{\circ}\text{C}$ ya da $2,05^{\circ}\text{F}$) aşarak son 141 yılın en yüksek seviyesine ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 2.3) (NOAA, 2021).

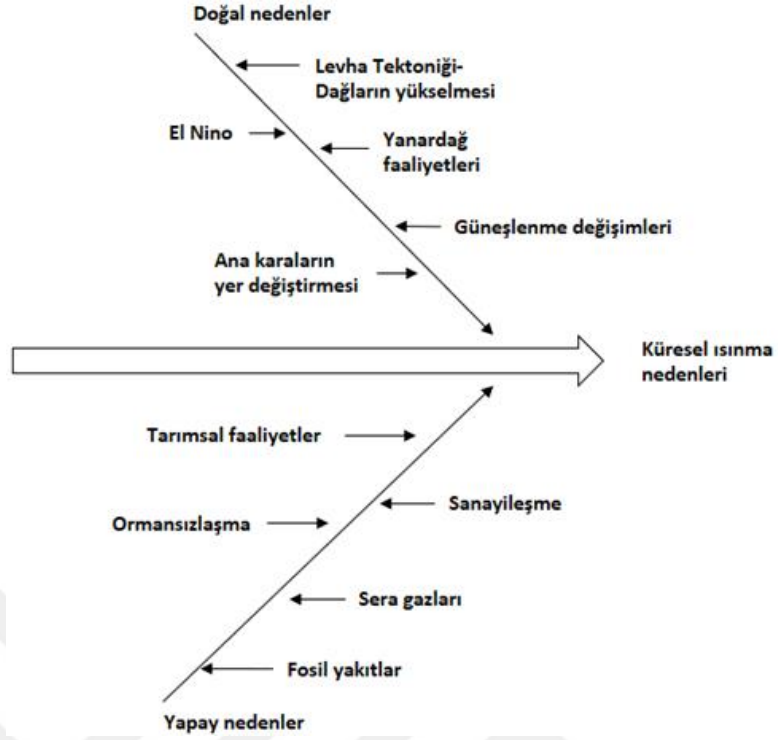


Şekil 2.3. 1880-Ocak 2020'ye ait küresel kara ve okyanus sıcaklık anomalileri

2.2. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin nedenleri

Küresel ısınma kavramı, yerküremizdeki ortalama sıcaklık artışına ek olarak buna bağlı olumsuz durumları da ifade etmektedir. Çünkü küresel ısınmadaki artışa paralel olarak orman yangınları ve ormansızlaşma, aşırı yağışlara bağlı seller, erozyonlar ve benzer doğal afetlerin görülme oranları da artmaktadır (Akın, 2006). Son elli yılda dünya ısınmasının %90' dan fazlası okyanuslarda (1,0°C (1,5°F)) meydana gelmiştir. IPCC raporları da iklim değişikliği nedenlerinin %90' lık payının insan faaliyetlerinden kaynakladığını belirtmektedir (Bayraç, 2010; Armstrong vd., 2018). Küresel ısınma ve iklim değişikliği kavramları kimi zaman birbiriyle karıştırılmaktadır. Oysaki küresel ısınma artan sıcaklıkların uzun vadeli eğilimini ifade ederken, iklim değişikliği ise karbon kirliliğinin gezegenimizi ısıtmaktan daha fazlasını yaptığını ifade eden kapsamlı bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Karbon kirliliği, yağış (yağmur, kar) rejimlerini değiştirmiş ve yoğun fırtına, kuraklık gibi ekstrem hava olaylarının gerçekleşme riskini arttırmıştır. Küresel ısınmanın veya iklim değişikliğinin doğal çevre üzerindeki direkt ve dolaylı etkileri ekosistem düzeyinde (Kiraz vd., 2021) ve insan toplumlarında kapsamlı ve uzun süreli değişikliklere de neden olmaktadır (<https://www.climaterealityproject.org>, 2021).

DMÖ raporunda, 2019 yılı küresel ortalama sıcaklığının sanayi öncesi dönemlere göre $1,1 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ arttığı ve son beş yılında (2015-2019) rekor düzeyde en sıcak yılı olarak belirtilmiştir (<https://public.wmo.int>, 2021). Bilim insanları, endüstriyel ısının üzerindeki toplam artışın 2°C ' yi ($3,6^{\circ}\text{F}$) aşması halinde küresel ısınmanın etkilerinin çok daha şiddetli hissedileceğini savunmaktadırlar (Şekil 2.4) (Anderson ve Britannica, 2011; Shi vd., 2020;).



Şekil 2.4. Balık Kılçığı Metodu ile Küresel Isınmanın Nedenlerinin Gösterimi

Küresel ısınma etkisiyle, dağların yüksek kesimlerindeki buz tabakalarının ve kutuplardaki buzulların erimesi sonucunda deniz seviyelerinde artışlar beklenmektedir. Günümüzde yaklaşık 160 milyon insan deniz seviyesine 1 m'den daha az rakıma sahip kıyı bölgelerinde yaşadığı düşünüldüğünde deniz seviyesindeki küçük bir artışın bile insan nüfusu için önemli tehditler oluşturabileceği düşünülmektedir. Küresel ısınmanın tetiklediği doğal afetlerin (sel, çığ vs.) özellikle Belçika, Hollanda, Almanya, Danimarka gibi ülkelerde deniz seviyesini yükselterek tehlike yaratacağı öngörülmektedir (Öztürk, 2002; Atalık, 2006; Carvalho ve Wang, 2019).

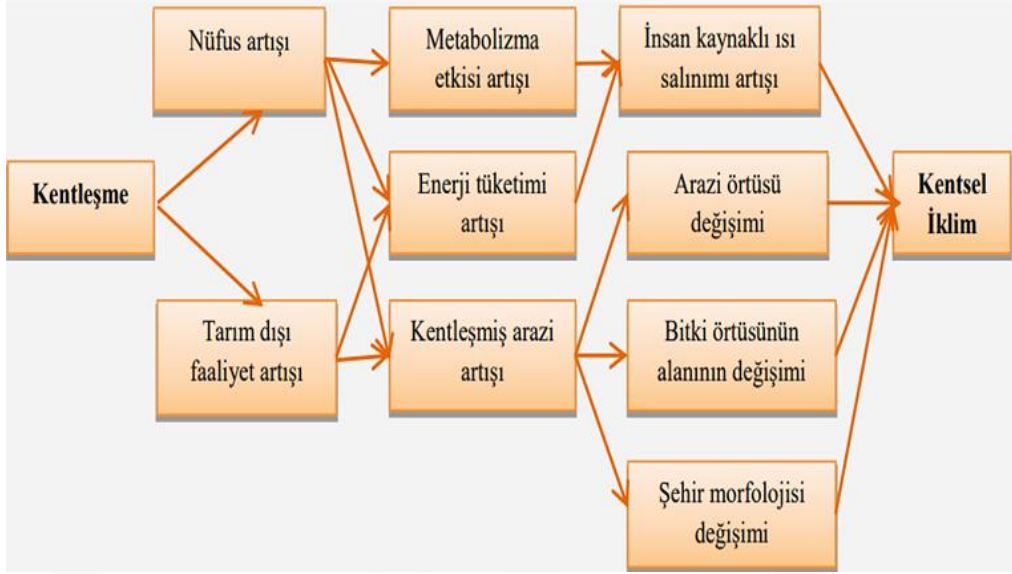
Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye İklim Değişikliği I. Ulusal Bildirim Raporu'nda, Ege ve Akdeniz bölgelerindeki yaz sıcaklıklarının 2100 yılına kadar 6°C artacağı tahmin edilmektedir (Apak ve Ubay, 2007; Papalexidou ve Montanari, 2019). Yarı kurak bir iklime sahip olması sebebiyle Türkiye, küresel ısınmadan en çok etkilenebilecek ülkelerin de başında gelmektedir. Bunun en önemli nedeni ise, Türkiye'nin güneyinde bir çöl kuşağının hâkim olması ve küresel ısınma ile çöl kuşağının kuzeye doğru hareket etmesi gösterilmektedir. Türkiye üzerinde gerçekleştirilen iklim modelleme çalışmalarında, 2070'li yıllarda aylık ortalama sıcaklıkların yaklaşık 2-3°C artacağı ve Adana-Samsun hattının batı tarafındaki

bölgelerde de her 10 yılda bir yoğun kuraklığın yaşanacağı tahmin edilmektedir (Kanat ve Keskin, 2018). Türkiye'nin 2016-2099 yıllarına yönelik modelleme sonuçlarına göre, özellikle yaz aylarında, ülkenin farklı bölgelerinde ortalama sıcaklıkta 1 ile 4°C arasında bir artış beklenmektedir (Balkaya ve Guneysu, 2019).

2018 yılında BM genel kurulunda konuşma yapan BM Genel Sekreteri António Guterres, “İklim değişikliği bizden daha hızlı ilerliyor” ve “Dünyanın en iyi bilim insanlarını dinlemeliyiz” ifadelerini kullanarak küresel bir uyarıda bulunmuştur (IPCC, 2018; Hoegh-Guldberg vd., 2018). Tüm olumsuz gidişata karşı iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilebilmesi için ülkelerin ortak politikalar ve reformlar üretmesi gerekmektedir. Eğer mutabakat sağlanamazsa dünyanın yüzey sıcaklığının, sanayi devrimi öncesi döneme göre 3,5°C ila 7,5°C üzerinde yükseleceği öngörülmektedir (Taşkınsoy, 2020).

2.3. Küresel iklim değişikliğinin kentler üzerinde etkileri

Günümüzde dünya nüfusunun önemli bir kısmı kentlerde yaşamaktadır. Kentleşme eğilimi, dünyanın tüm bölgelerinde görülen küresel bir gerçektir. Öyle ki kentlerde yaşayan oranın 2050 yılına kadar %66'ya ulaşacağı tahmin edilmektedir (Li ve Bou, 2013; Landauer vd., 2015). Yoğun nüfuslarıyla kentler, iklim değişikliğinin hem hızlanması hem de etkisinin azaltılmasında kilit rol üstlenmektedir (Türe, C ve Türe, Y, 2021; Kiraz vd., 2021). IPCC' nin Beşinci Değerlendirme Raporunda, şehirler, özellikle iklim değişikliğinin sektörel, demografik, mekânsal, ekolojik ve afet riskleri zorluklarını ele alma yetenekleri açısından, dönüştürücü eylemin itici güçleri olarak kabul edilmiştir (Hughes, Chu ve Mason, 2020). Şehirlerde yaşayan binlerce insan, sera gazı emisyonlarını azaltmak için imza kampanyaları düzenleyerek iklim değişikliği ve etkilerinin azaltılmasına yönelik farkındalık çalışmaları yürütmektedir (Şekil 2.5) (Mi vd., 2019; <https://studentenergy.org>, 2020).

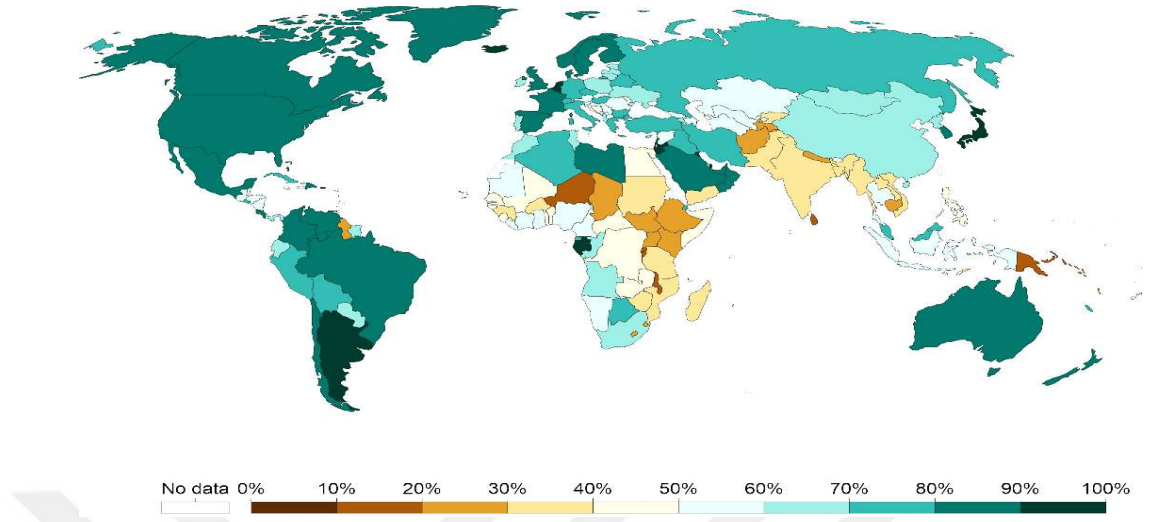


Şekil 2.5. Kentleşmenin Kentsel İklim Üzerindeki Etki Modeli (Desa, 2018)

2018 yılında kentleşmenin en fazla görüldüğü bölgeler arasında, Kuzey Amerika (%82) Latin Amerika ve Karayipler (%81), Avrupa (%74), Okyanusya (%68), Asya (yaklaşık %50) yer almaktadır. Buna rağmen Afrika nüfusunun %57'si halen kırsal alanlarda yaşamlarını sürdürmektedir (Şekil 2.6.) (<https://www.un.org>, 2019).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2023 yılında Türkiye nüfusunun 84,247,088 kişi, 2050 yılına kadar ise 93,475,575 kişi olacağını öngörmektedir. Ayrıca, demografik göstergelerdeki mevcut eğilimlerin devam etmesi halinde ülke nüfusunun yaklaşık %90' ının kentlerde, %10' unun ise kırsal alanlarda yaşayacağı tahmin edilmektedir (Tuğaç, 2017).

Kentleşme ile artan enerji tüketimi, küresel ısınmayı ve buna bağlı olumsuz gidişatı hızlandırmaktadır (Kiraz, Türe ve Alp, 2021). Sera gazı emisyonlarının bazı bölgelerde (Batı Avrupa, Amerika, Avustralya, Japonya ve Orta Doğu) iki kat daha yüksek olduğu, buna bağlı iklim değişikliğinin de bu bölgelerde daha yoğun şekilde hissedildiği görülmektedir (Arnfield, 2003). Kentlerin mekânsal olarak kapladıkları alan dünyanın yalnızca %2' si olmakla birlikte, kentlerde yaşayan yoğun nüfusun ihtiyaçları, dünyadaki toplam sera gazı emisyonlarının %80' inden sorumludur (Satterthwaite, 2008; Habitat, 2016). Kentsel sera gazı emisyonu, ilk olarak yapı ve ev aletlerinde kullanılan enerji tüketiminden sonrada ulaşım, tarım ve endüstri için fosil yakıtların kullanımından kaynaklanmaktadır (Zerta vd., 2008; Türe, 2011).

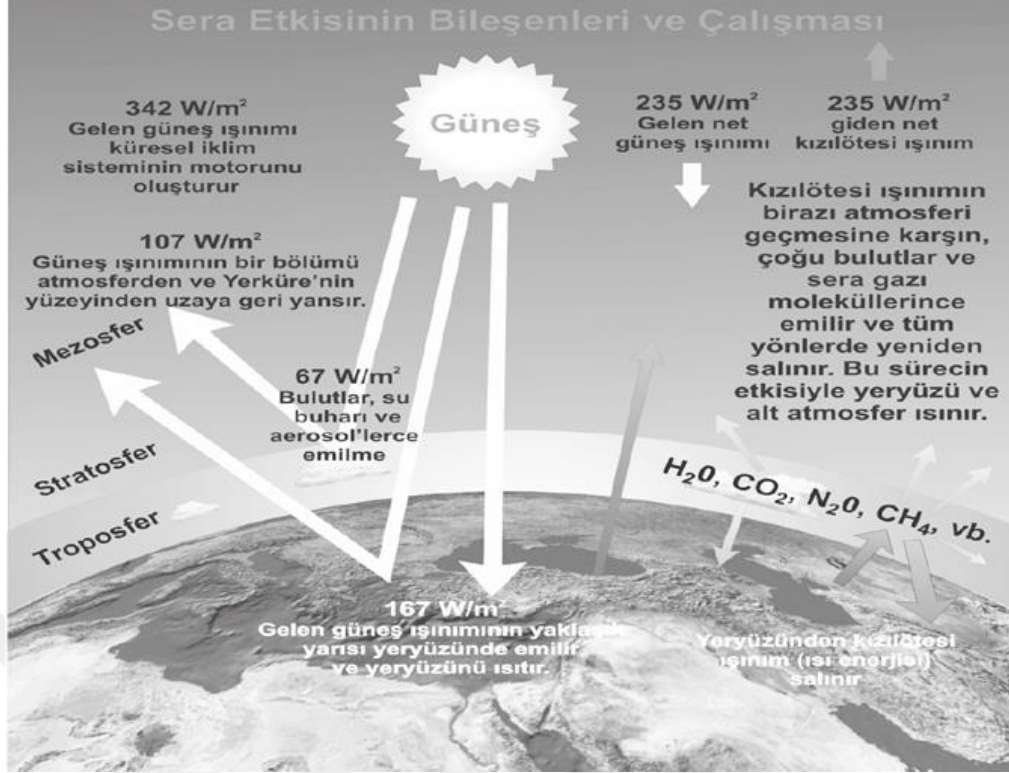


Şekil 2.6. Kentsel alanlarda yaşayanların payı, (<https://ourworldindata.org>, 2021)

3. SERA GAZLARI VE ÖZELLİKLERİ

3.1. Sera gazları

Sera etkisi kavramı, ilk olarak 1827 yılında matematikçi ve fizikçi bilim insanı Jean Baptiste Fourier tarafından ortaya konmuştur. Doğadaki doğal sera etkisi, Dünya'nın sıcaklığını yükseltmekten ve yaşamın gelişmesini mümkün hale gelmesinden sorumludur.



Şekil 3.1. Sera etkisinin bileşenleri ve çalışması (Türkeş, 2021)

Dünya ısınıp güneşten almakta ve dünyadaki ısı döngüsü güneşten alınan enerji ile başlamaktadır. Şekil 3.1 'de de görüldüğü gibi, dünyanın aldığı güneş ışığının %30' u dünya yüzeyindeki bulutlar ve buz kütleleri gibi parlak yüzeyler tarafından uzaya geri yansıtılmaktadır. Geri kalan %70' lik kısım ise kara ve okyanus kütleleri ile atmosfer tarafından emilmektedir. Isınan kütlelerin yaydığı ısı ve bu ısının önemli bir kısmı atmosfer tarafından emilirken bu süreç doğal sera etkisi olarak tanımlanmaktadır. Atmosferin olağan faaliyetleri ile ortaya çıkan bu doğal sera etkisi olmasaydı, dünya yüzey sıcaklığının günümüz ortalamasının +15°C yerine -18°C olacağı tahmin edilmektedir.

İnsan faaliyetlerinin özellikle son 250 yıl içerisinde doğal sera etkisini ortadan kaldıracak şekilde yapay sera etkisine yol açtığı görülmektedir. Bir yandan fosil yakıtların yoğun bir kullanımı ve karbon emici özelliğe sahip ormanların yok edilmesi, diğer yandan ise endüstriyel faaliyetler atmosferin doğal konsantrasyonlarında bozulmalara neden olmuştur. Sanayi Devrimi'nin başlamasından 2000' li yıllara kadar olan 250 yıllık süreçte

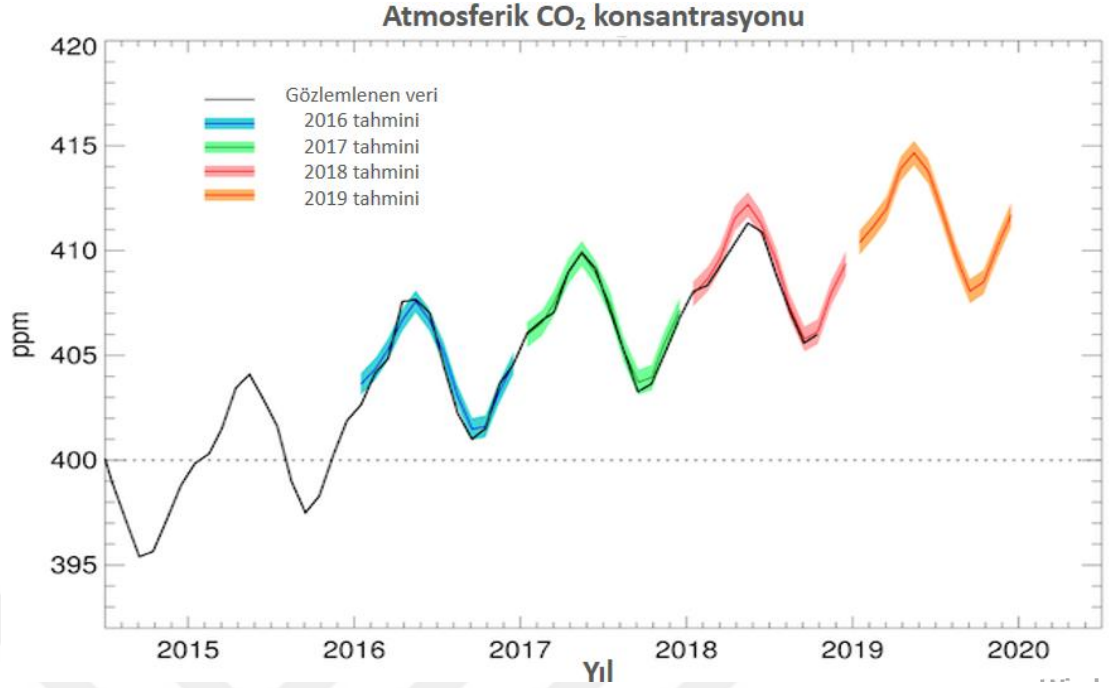
atmosferdeki CO₂ seviyesinin yaklaşık %38, CH₄ seviyesinin ise %148 arttığı belirtilmektedir (<https://earthobservatory.nasa.gov>, 2021).

Atmosferde bulunan sera gazı konsantrasyonu, geçmişten günümüze oluşan sera gazı emisyonlarının ve atmosferden uzaklaştırılanlardan geri kalanlarının bir sonucudur. IPCC' nin 1996-2019 yılları arasındaki verilere incelendiğinde, 2050 yılına kadar atmosferde bulunan üç ana sera gazının küresel ortalama konsantrasyonlarında yükselmeler saptanmıştır. Bu yükselme CO₂ için % 45 (354 ila 512 ppm), CH₄ için % 80 (1,60 ila 2,84 ppm), N₂O için ise % 22 (310 ila 377 ppm) olarak belirlenmiştir (IPPC, 1996; Shukla vd., 2019).

Doğal olarak oluşan sera gazları, su buharı, CO₂, CH₄, N₂O ve ozon (O₃) içerirler. Flor, klor veya brom içeren çeşitli halojenli madde sınıfları da sera gazlarıdır, ancak çoğunlukla yalnızca endüstriyel faaliyetlerin bir ürünüdürler (Gillenwater, Pelt ve Peterson, 2002; Khasnis ve Nettleman, 2005). İnsan kaynaklı olan sera gazları, başlıca tarımsal faaliyetlerden, yakıt tüketiminden, enerji üretiminden, endüstriyel faaliyetlerden, atıkların bertaraf ve taşınmasından oluşmaktadır (Yapıcıoğlu ve Demir, 2017).

3.1.1. Karbondioksit (CO₂)

Karbondioksit (CO₂), hafif ekşi bir tada sahip renksiz, kokusuz, alev almayan bir gazdır. Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu, 1750' den günümüze %31 oranında artmıştır. Dünyanın son 20 milyon yılı boyunca aşılmadığı tahmin edilen CO₂ konsantrasyonunun günümüzde geldiği seviyeye, yaklaşık son 20.000 yılda ulaşılmadığı düşünülmektedir. İnsan kaynaklı CO₂ salımının, yaklaşık dörtte üçü son 20 yıllık süreçte ve büyük çoğunluğu da fosil yakıt kullanımından kaynaklanmaktadır (Türe, C ve Türe, Y, 2021). Geri kalanı ise ağırlıklı olarak arazi kullanımındaki değişimlerden özellikle de ormansızlaşmadan kaynaklanmaktadır (Topham vd., 2000; Yerli vd., 2019). DMÖ' nün yayınladığı sera gazı raporuna göre (2019), CO₂ konsantrasyonunun genel ortalaması 2017 yılında 405,5 ppm, 2018 yılında 407,8 ppm, 2019 yılında yaklaşık 410 ppm, 2020 yılında ise yaklaşık olarak 415,79 ppm olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.2) (<https://public.wmo.int>, 2020).



Şekil 3.2. Yıllara göre CO₂ konsantrasyon artışı (<https://yesilekonomi.com>, 2020)

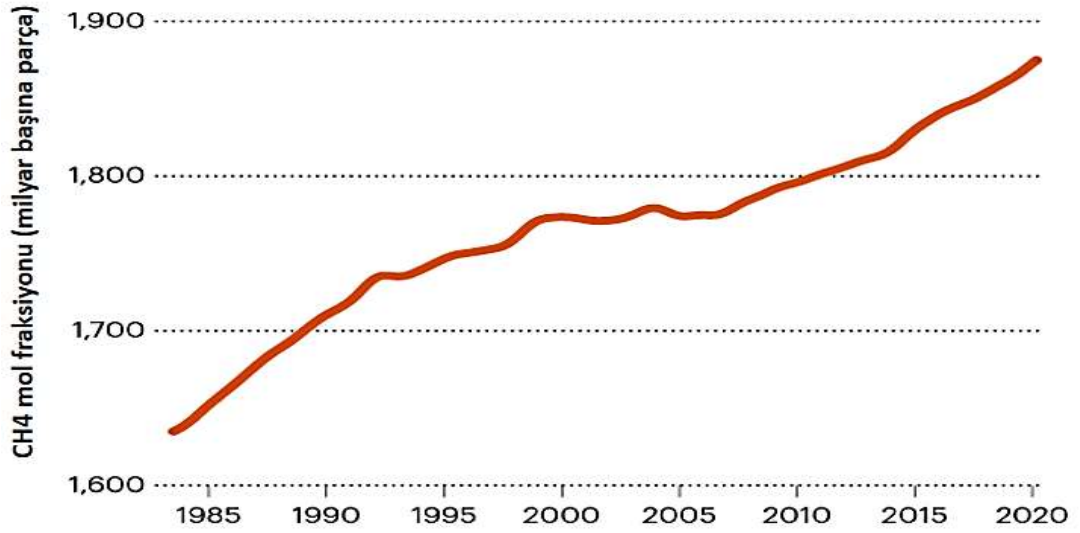
Tarihteki Vezüv (MS79) ve Tambora (1815) gibi volkanik patlamalar, büyük miktarlarda CO₂ salımına neden olmuştur. Bununla birlikte, ABD Jeoloji Araştırması (USGS), her yıl insan faaliyetlerinin (yaklaşık 30 milyar tondan fazla CO₂) volkanik patlamaların yaydığından 135 kat daha fazla CO₂ salımı yapmakta olduğunu bildirmektedir (NRC, 2010; Külâh, 2013).

Günümüz teknolojilerine göre CO₂, havadan ayrılabilen ve çeşitli malzemelerde depolanabilen bir gazdır. Örneğin, yüksek basınç altında CO₂ bir buz kütesine sıkıştırılıp deniz zeminine bırakıldığında ya da CO₂ içeren bir kimyasal karışımdan hava geçirildiğinde CO₂'i ayırtmak mümkün olmaktadır. Bu iki yöntemin atmosferdeki CO₂ emisyonunun azaltılmasında ekonomik ve etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca metanol üretiminde CO₂ kullanmak ve yer altı petrol ya da gaz alanlarında depolamak da CO₂ emisyonlarını etkili bir şekilde azaltmaktadır. Bunun yanında, fosil yakıtlar ile yenilenebilir enerji kaynaklarının CO₂ emisyonları üzerindeki ilişkisi de göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının yaygınlaşması CO₂ emisyonlarının da azalacağı anlamına gelmektedir (Açıkgöz, Sargın ve Kara, 2012; Sasana ve Putri, 2018).

3.1.2. Metan (CH₄)

Metan (CH₄), önemli sera gazlarından biridir. CO₂ ile karşılaştırıldığında, atmosfer ömrü nispeten kısa olan CH₄ gazı ile ilgili IPCC değerlendirme raporlarında, yüksek bir küresel ısınma potansiyeline (KIP) sahip olduğu (CO₂'den yaklaşık 25 kat daha fazla) belirtilmektedir. Tüm sera gazı emisyonlarında CH₄, en büyük ikinci katkı sağlayan madde olarak kabul edilmektedir. CH₄ genellikle organik maddelerin anaerobik (oksijen eksikliği) koşullar altında bozulması sonucunda ortaya çıkmaktadır (Bousquet vd., 2006; Wu vd., 2019). CH₄'ün oluşumunda etkili başlıca antropojenik durumlar; özellikle sığır (geviş getiren hayvanlar) yetiştiriciliği olmak üzere hayvancılık, doğal gaz çıkarılması, taşınması ve dağıtım süreçleri ile toprak dolguları, sulak alanlardaki pirinç yetiştiriciliği, atık su arıtımı ve kömür madenciliğidir (Kemfert ve Schill, 2009).

CH₄ konsantrasyonu, atmosferde sanayi öncesinde yaklaşık 700 ppm seviyesindeyken bu değerin 2,5 katından fazla artış göstererek günümüzde 1800-1900 ppm seviyelerine gelerek ve konsantrasyon seviyesinde zirveye ulaşmıştır. Özellikle son 20 yıl incelendiğinde, CH₄ konsantrasyon yaklaşık % 20'lik bir artış dikkat çekmektedir (Şekil 3.3). Temel olarak ele alındığında, atmosferik CH₄ artışının tarım ve doğal gaz endüstrilerinden kaynaklandığı bildirilmiştir.



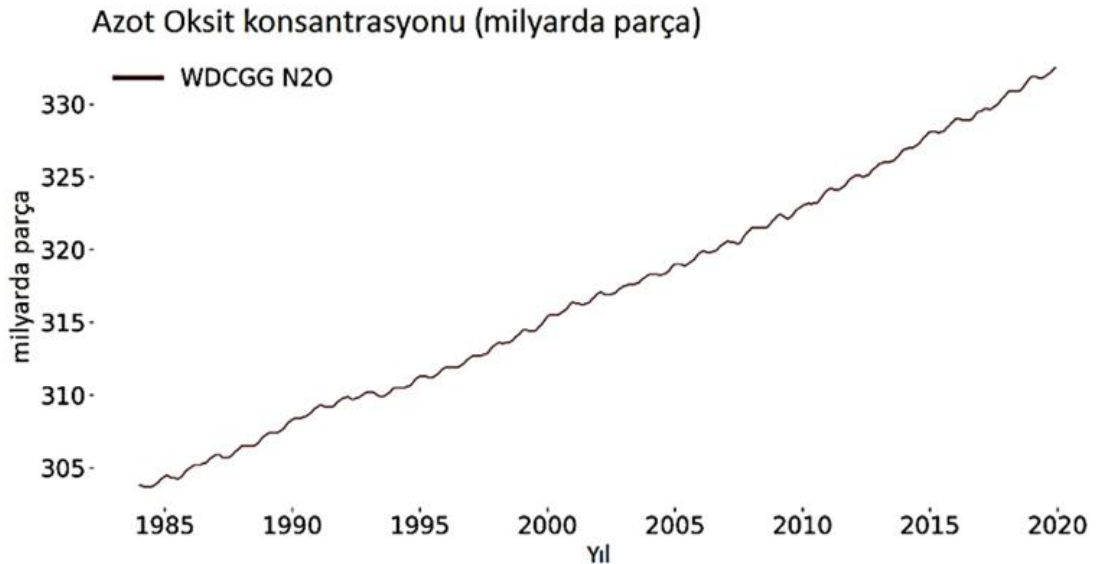
Şekil 3.3. CH₄'ün Küresel Atmosferik Konsantrasyon Değişimi (1983- 2020)(<https://www.nature.com,> 2019)

3.1.3. Nitröz Oksit (N₂O)

Nitröz oksit (N₂O), atmosfer ömrü (114 yıl) uzun olan önemli sera gazları arasında yer almaktadır. N₂O'lerin ozon oluşumunda öncü olduğu kabul görmektedir. Ancak solunum yolları, gözler, burun ve boğazda iltihaplanmayı ve astım ataklarının tetiklenmesi gibi sağlık sorunlarına sebep olmasından dolayı insan sağlığına zarar vermesinin yanı sıra ozon tabakasına verdiği hasar ve ekinler de dâhil olmak üzere bitki örtüsünü oksidatif strese sokarak çevre üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. N₂O'ler, stratosferdeki ozon bolluğunun ve dağılımının kontrolünde kritik rol oynayan birincil kaynak olarak gösterilmektedir (Watson vd., 1992; Zhu vd., 2020). Uzun atmosferik ömür ve yüksek ısıma kapasitesine sahip olan N₂O, CO₂'den 298 kat daha fazla küresel ısınma potansiyeli ile dünya atmosferinin ısınmasında da önemli bir rol oynamaktadır (Change. 2007).

N₂O, doğal olarak hem okyanuslardan ve topraktan (yaklaşık %60) hem de biokütle yakımı, gübre kullanımı ve çeşitli endüstriyel işlemler yoluyla (yaklaşık %40) atmosfere salınmaktadır.

Şekil 3.4 'te de görüldüğü gibi DMÖ' nün hazırladığı raporda, N₂O'nin 2020 yılındaki atmosferik konsantrasyonu 330 ppm' nin üzerine ulaşmıştır. Son on yılda gözlemlenen artışın sanayi öncesi dönemin çok üzerinde olduğu bildirilmiştir (<https://www.metoffice.gov.uk>, 2020).



Şekil 3.4. N₂O' in Küresel Atmosferik Konsantrasyon Değişimi (1983- 2020)

3.1.4. Halokarbonlar

Kloroflorokarbonlar (CFC) ve hidrokloroflorokarbonlar (HCFC), klima, soğutma ve köpük üfleme gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılan iki tür halokarbondur. Halokarbonlar en etkili ozon yok edicileri olarak bilinmekle birlikte birçoğunun güçlü sera gazları olduğu belirlenmiştir. Montreal Protokolü (1987) ile günümüzdeki halokarbon emisyonları daha yoğun kontrol edilmektedir. Ayrıca, protokol ile ozon tabakasını incelterek küresel ısınmaya neden olan gazların konsantrasyonları da azaltılmaya çalışılmaktadır (Lickley vd., 2020).

Halokarbonlardan üçü (CFC-11, CFC-12 ve CFC-113), sera gazı olarak diğerlerinden daha yüksek potansiyele sahiptir. Bu üç gazın tamamı bilinen hiçbir doğal kaynağa bağlı olmaksızın yalnızca insan faaliyetlerinin (yangın söndürme sistemleri gibi) doğrudan bir sonucu olarak üretilmektedir (<http://www.ghgonline.org>, 2020). Halokarbonların, 2050 yılına kadar kontrolsüz olarak küresel CO₂(eşd) emisyonlarının %20' sini oluşturacağı düşünülmektedir. Montreal Protokolü, halokarbonlar gibi atmosferdeki kirleticilerin emisyonunun küresel ölçekte nasıl etkili azaltılacağı konusunda da yol göstererek küresel ölçekte dengede tutulabileceğini bildirmektedir (Yiv d., 2021).

3.1.5. Türkiye’de Sera Gazı Emisyonları

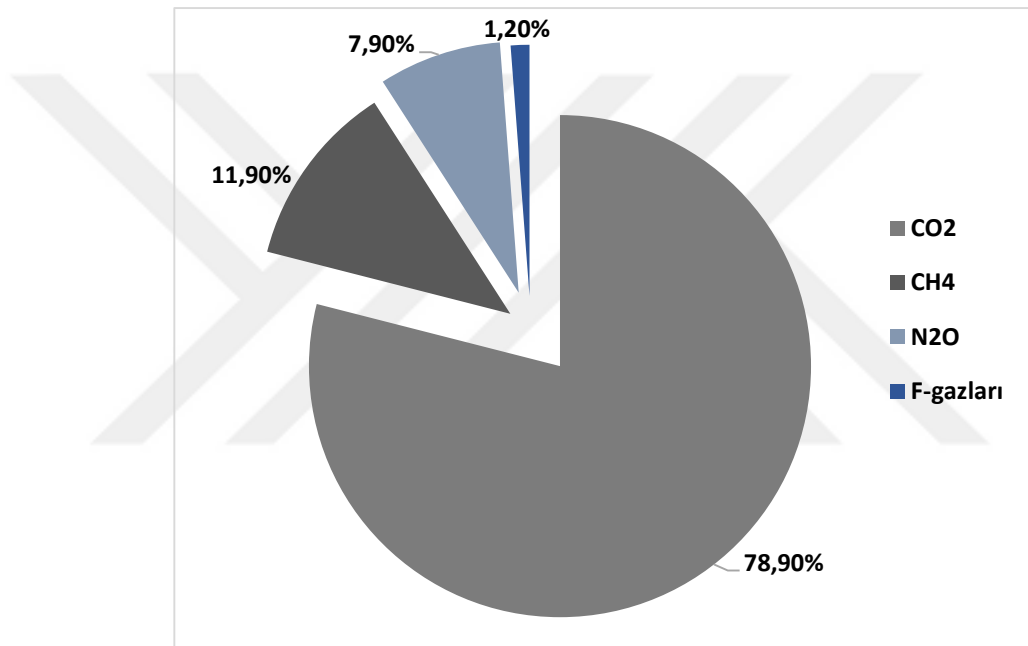
Türkiye, sera gazı emisyonları 1990’ lı yıllardan günümüze kesintisiz olarak artan ülkelerden biridir. Tablo 3.1’de, TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından yıllara göre hesaplanan CO₂(eşd) emisyon verilerine göre, Türkiye’ nin sera gazı emisyonlarının toplam hacmi 1990 yılında 219,6 Mt CO₂(eşd) (Milyon ton CO₂(eşd)) olduğu ve yıldan yıla artarak 2019 yılında 506,1 Mt CO₂(eşd) ulaştığı görülmektedir. Tablo 3.1’de 1990-2019 yılları arasındaki toplam sera emisyon artışının %130,5 olduğu görülmektedir. Sera gazı salımları içerisinde en büyük paya sahip olan CO₂ salımının ise 1990 yılından 2019 yılına kadar %163,6 oranında arttığı görülmektedir. CH₄ ve N₂O’nun aynı dönemde sırasıyla %41,8 ve %61,2 oranlarında arttığı görülmektedir. Diğer yandan toplam miktar içerisinde oldukça küçük bir payı olan F-gazları (HFC) grubundaki artışın ise %898,2 seviyesinde olduğu görülmektedir (TÜİK, 2019).

Tablo 3.1 Türkiye’nin 1990-2019 yılları arasındaki Sera Gazı Salım değerleri (Mt CO₂(eşd)) (TÜİK, 2019)

1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2019 YILLIK PAY (%)	1990-2019 DEĞİŞİM (%)	2018-2019 DEĞİŞİM (%)
------	------	------	------	------	------	------	------	------------------------------	-----------------------------	-----------------------------

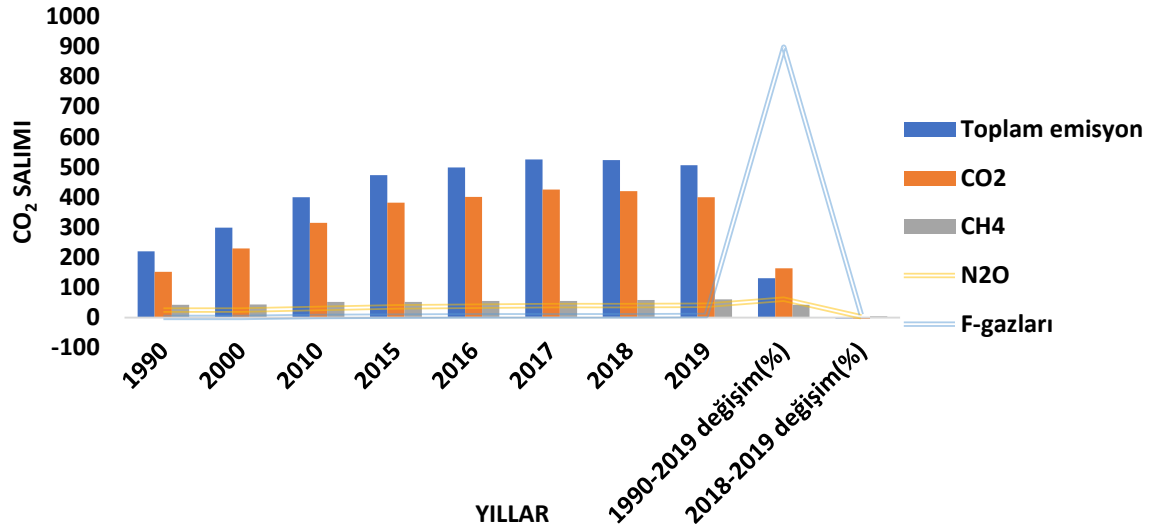
Toplam emisyon	219,6	299	399,1	473,3	499,9	525	522,5	506,1	100	130,5	-3,1
CO₂	151,5	229,8	314,4	381,3	401,2	425,3	419,4	399,3	78,9	163,6	-4,8
CH₄	42,5	43,7	51,4	51,6	54,5	54,8	58,1	60,3	11,9	41,8	3,8
N₂O	25	24,8	29,8	35,4	37,7	39,1	39,3	40,2	7,9	61,2	2,4
F-gazları	0,6	0,7	3,6	5	5,5	5,7	5,7	6,2	1,2	898,2	10,1

2019 yıllık yüzdelik dağılımına baktığımızda en büyük paya sahip CO₂ %78,90'la ön plana çıkmaktadır. En düşük pay ise %1,20 ile F-gazlarına aittir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Türkiye'nin 2019 Yılı Toplam Sera Gazı Emisyon Payları (%) (<http://data.tuik.gov.tr>, 2019)

Türkiye'nin toplam sera gazı emisyon değerlerine incelendiğinde, 2017 yılından (Şekil 3.6) (525,0 CO₂(eşd)) itibaren kısmi bir düşüş gerçekleşerek 2019 yılında 506,1 CO₂(eşd)' e ulaştığı görülmektedir. TÜİK'in yayımladığı güncel ve detaylı raporlarda bu artışın enerji kaynaklı olduğu ve artışın önemli bir kısmının CO₂ salımı şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 3.5'de görüldüğü gibi, CO₂ emisyonları genel olarak artan bir eğilim gösterirken, N₂O ve CH₄ emisyonları önemli ölçüde değişmemiştir.



Şekil 3.6. Türkiye'nin Sera Gazı Salımındaki Artış (1990-2019, %)(<http://data.tuik.gov.tr>)

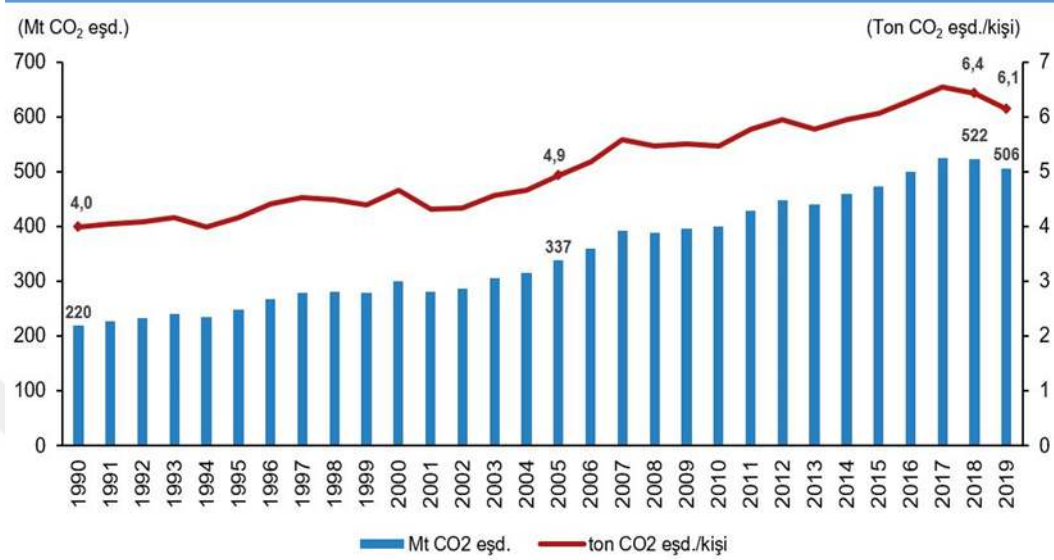
Tablo 3.2'de 1990-2019 yılları arasında Türkiye'de sektöre göre sera gazı emisyonları gösterilmiştir. Tablo 3.2'ye göre 2019 yılında enerji sektörü 373,1 Mt CO₂(eşd)' ile öne çıkmaktadır. Enerji sektörünü sırasıyla, tarım (68 56,4 Mt CO₂(eşd)), endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı (56,4 Mt CO₂(eşd)) ve atık (17,2 56,4 Mt CO₂(eşd)) sektörleri izlemektedir.

Tablo 3.2. Türkiye'nin Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları (Mton CO₂(eşd))

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	YILLIK PAY (%)	1990- 2019 DEĞİŞİM (%)	2018- 2019 DEĞİŞİM (%)
Toplam Emisyon	219,6	299	399,1	473,3	498,9	525	522,5	506,1	100	130,5	-3,1
Enerji	139,6	216,1	287	340,9	359,7	379,9	373,1	364,4	72	161	-2,3
Endüstriyel İşlemler Ve Ürün Kullanımı	22,8	26,2	48,1	57,2	61,4	64	65,9	56,4	11,2	147,1	-14,3
Tarım	46,1	42,3	44,4	56,1	58,9	63,3	65,3	68	13,4	47,7	4,1
Atık	11,1	14,3	19,5	19	19	17,8	18,1	17,2	3,4	55,7	-5

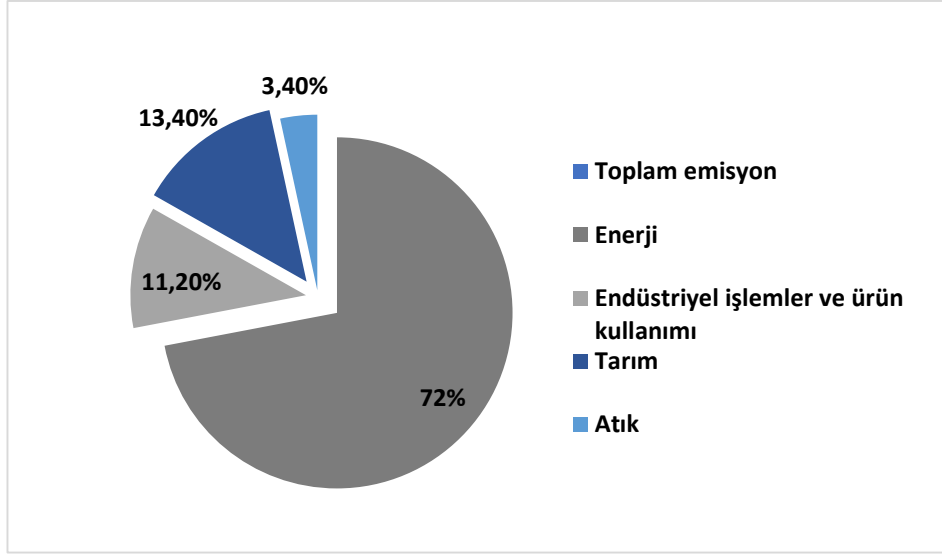
TÜİK verileri incelendiğinde (Tablo 3.2), Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonları 2018 yılına oranla 2019 yılında %3,1 azalma göstermiştir. Türkiye'de kişi başına düşen

toplam sera gazı emisyonu 1990 yılında 4 tCO₂(eşd) olarak hesaplanırken bu oran 2018 yılında 6,4 tCO₂(eşd) ve 2019 yılında ise 6,1 tCO₂(eşd) olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Türkiye'nin Toplam ve Kişi başı Sera Gazı Emisyon Miktarları (tCO₂(eşd))

TÜİK 2019 raporuna göre, toplam CO₂ emisyonlarının %72'si enerji, %13,4'ü tarımsal faaliyetler, %11,2'si endüstriyel prosesler ve ürün kullanımı ve %3,4'ünün ise atık kaynaklı olduğu belirtilmektedir (Şekil 3.7) CO₂ emisyonlarındaki değişimin temel faktörlerinin, enerji tüketiminden kaynaklanan salımların 1990 yılına kıyasla %161 artması ile endüstriyel prosesler ve ürün kullanımı kaynaklı salımların %147,1 artması gösterilmiştir (TÜİK, 2019).



Şekil 3.8. Türkiye'nin CO₂(eşd)'nin Sektörlere Göre Dağılımı

Şekil 3.8'de de görüldüğü gibi Türkiye'de sera gazı emisyon artışıdaki en önemli unsur enerji sektörüdür. Bu durum Türkiye'de nüfus artışı ve sanayileşmeden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla sera gazı emisyonlarının azaltılabilmesi için öncelikli olarak enerji sektörüne yoğunlaşmak gerektiği görülmektedir.

Genel anlamda Türkiye'deki sera gazı emisyonlarının düşürülmesi amacıyla geliştirilen plan ve politikalarda, 2030 yılına kadar %21 oranında bir düşüş hedeflenmektedir. Enerjiden ulaştırmaya, tarımdan ormancılığa ve daha birçok alana yönelik olarak alınan tedbirlerle olumsuz senaryoların önüne geçilmesi hedeflenmektedir (Güzel ve Alp, 2020; Tanışlı vd., 2018).

3.1.6. Küresel Isınma Potansiyeli (KIP)

KIP, çoğunlukla sera gazları için kullanılan ve bu gazların küresel ortalama bağlı ışıınım zorlayıcı etkilerini hesaplamaya yarayan nicel bir ölçüyü ifade etmektedir. KIP, aynı zamanda çevreyle ilgili olarak en sık başvuru olan ölçü birimi olarak da kabul edilmektedir. Bu ölçüme göre, herhangi bir gazın ya da maddenin KIP' i ne kadar düşükse küresel ısınmaya katkısı da o kadar düşüktür (Makhnatch ve Khodabandeh, 2014).

İnsan faaliyetlerine bağlı olarak oluşan KIP' lerin kontrol altına alınabilmesi amacıyla yapılmış uluslararası bir anlaşma olan Kyoto protokolü çerçevesinde kontrolü yapılan KIP' ler Tablo 3.3 'de yer almaktadır. Sera gazlarının çoğunlukla “Kyoto gazları” şeklinde adlandırılmasının nedeni de budur. Her bir sera gazının atmosfer ömrü ve

absorbe ettiği ısı farklıdır. KIP, bir gazın belirli bir süre boyunca (bu süre genellikle 100 yıl olarak kabul edilmektedir) neden olduğu ısınma miktarını ortaya koymaktadır. KIP bir endekstir ve dizin değeri 1 olan CO₂'e kıyasla diğer maddelerin ne kadar ısınmaya neden olduklarını ölçmektedir. Örneğin; 1 kg CH₄, 100 yıllık bir sürede 1 kg CO₂'ye göre 25 kat daha fazla ısınmaya neden olur ve bu nedenle CH₄'ın KIP değeri 25 olarak belirlenmiştir (Brander ve Davis, 2012; Al-Yasiri ve Géczi, 2021).

Tablo 3.3. *Kyoto Gazları*

SERA GAZLARI	KÜRESEL ISINMA POTANSİYELİ (KIP) (100 YILLIK)
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298
SF ₆	22800
CFCs	4750–14400
HFCs	124–14800
HCFCs	77–2310
PFCs	7390–12200

IPCC beşinci değerlendirme Raporu'nda, gazların KIP değerleri elliden fazla gaz için hazırlanarak son halini almıştır. KIP, emisyon etkilerinin veya farklı gazların emisyonlarının azaltılmasında önemli bir belirteçtir. Kısa ömürlü olma ve çevre kirleticileri konumlarına göre değişiklik göstermesi sebebiyle NO_x, SO₂ ve CH₄ olmayan uçucu organik bileşikler (NMVOC) gibi diğer kirleticili gazların KIP değerlerinde hesaplamaları uygulanmamaktadır (Atmaca ve Sevimoğlu, 2020).

3.2. Sera Gazı Yönetim Çerçevesi

Emisyon envanterinin belirlenmesi için yapılan planlamalarda, şehirlerin jeopolitik yapısı, sınırları ve mevcut sektörlerin emisyona katkı düzeylerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Kentsel emisyonlarla ilgili modelleme yapılırken, sınırlar arasında kalan bölgelerin emisyon kaynaklarının belirlenmesi ve verilere ulaşılması zordur. Bu nedenle bu süreçte hem ulusal hem de yerel alan bilgilerinden oluşan bir

kombinasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Topluluk ölçeğinde yapılan analizlerde ise il sınırları içinde yer alan tüm sera gazı emisyonlarının ya da en azından CO₂(eşd) olarak emisyon seviyelerinin tespit edilmesi gerekmektedir.

Şehir envanteri oluşturulurken sera gazı emisyonlarının nerede hangi coğrafi alanda üretildiğinden çok bölge kapsamındaki faaliyetlerinin ve alınan önlemlerle ulaşılan sonuçların tanımlanması öncelikli olarak görülmektedir. Herhangi bir sera gazı emisyon kaynağıyla ilgili olarak detaylı bilgi edinmek kimi zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, kentsel boyutlarda emisyonların doğru olarak tespiti için yeni ve farklı yaklaşımlardan da yararlanılması gerekmektedir (Türe, 2016).

Kamusal hizmetler kapsamında konut sakinlerinden ya da ticari müşterilerden enerji kullanımıyla ilgili bilgi edinmek mümkün olsa da bu konuda yeni politikaların geliştirilmesinde faydalanılacak daha detaylı bilginin elde edilmesi çok kolay olmamaktadır. Hatta sınırları belli dar bir yerel alanda bile enerji tüketimine ilişkin kapsamlı bir veriye ulaşmak mümkün olmayabilmektedir. Bu sebeple temsili verilerden hareketle yapılacak anlamlı tahminlere dayalı olarak hareket edilmesi gerekmektedir. Kentsel emisyonun tespitinde, yerleşim bölgesinin jeopolitik sınırları içinde kalan tüm alanlarda tüketilen enerji miktarı belirlenmekte ve emisyon oranı buna göre hesaplanmaktadır.

3.2.1. Azaltım hedefinin oluşturulması

Emisyon azaltma hedefi, kent yönetimlerinin belirlenen bir yıl için azaltmayı hedefledikleri toplam sera gazı emisyon miktarını ifade etmekte ve bununla ilgili belirlenen hedefler farklı şekillerde yapılandırılabilir. Emisyon azaltım hedefleri, emisyon sayısı limitleri, emisyon oranı limitleri (endeksler) veya teknoloji tabanlı standartlar cinsinden ifade edilebilmektedirler. Bu hedef doğrultusunda geliştirilen bir yaklaşıma göre, atmosfere salınan büyük miktarlardaki sera gazı emisyonlarının sayıca sınırlandırılması ile emisyonun azaltılması mümkündür. Buna göre izin verilen bir mutlak sınır belirlenmekte ve buna "üst sınır" adı verilmektedir. Ülkeler, uluslararası gruplar, ekonomik sektörler, özel şirketler ve kurumlar için sınırlar belirlenerek bu yaklaşımın uygulanması üzerinde durulmaktadır (Arroyo ve Peña, 2003; Türe vd., 2019; Mutlu, Cindoruk ve Cindoruk, 2020).

Azaltım hedefiyle ortaya atılan bir başka yaklaşıma göre ise indeks kullanılarak, yani söz konusu madde üzerinden birim başına salınabilecek olan sera gazı miktarına sınır

getirilerek emisyonları düşürme yoluna gidilmelidir. Mutlak miktar olarak açıklanan yaklaşımdakine benzer şekilde sektörler, şirketler ya da kurumlar için endeksler belirlenerek sonuç almak mümkün olabilecektir. Ulusal boyutta veya orana dayalı bir standart geliştirilerek kullanılan enerji birimi, kişi başına düşen emisyonlara uygulanabilir veya gayri safi yurtiçi hasılaya (GSYİH) bağlı olabilir. GSYİH’ da birim başına enerji kullanıldığında, hedef genellikle "yoğunluk" veya "dinamik" olarak belirlenmiştir. Sektörler, şirketler veya tesisler için oranlar belirlendiğinde, emisyon sınırları üretim birim başına, üretim ton başına veya satış dolar başına belirlenebilmektedir (Nordhaus ve Danish, 2003). Listelenen bu yaklaşımlardan da görülebileceği gibi, aslında tüm yaklaşımlar birbirini tamamlayıcı niteliktedir.

3.2.2. Salımların Azaltılması için Stratejinin Geliştirilmesi

Sürdürülebilir enerji güvenliği, ekonomik alanda verimlilik ve çevre koruma çalışmaları anlamında önemli çabalar sarf edilmektedir. Hazırlanan yeni mevzuat hükümetlerin enerji piyasaları üzerindeki rolünü kısmen azaltırken, sektördeki piyasa güçlerini daha etkin hale getirmeyi hedeflemektedir. Bağımsız bir düzenleyici olan Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) oluşturulmuş ve iddialı bir özelleştirme programı hazırlanmıştır. Ayrıca, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) onaylanarak enerji verimliliğini temel alan bir mevzuat hazırlanmıştır (WECTNC, 2000).

Devam eden süreçte sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik olarak bazı şehirlerin uygulayacağı birtakım yöntemler ve uygulamalar üzerinde durulmaktadır. Bunlarda bazıları; atıkların kaynağında azaltılması, geri dönüştürülmesi, enerjinin az ve verimli kullanımı, ulaşımda yeni düzenlemeler ve doğru arazi kullanımı şeklinde sıralanmaktadır. Kent yönetimlerine belirli stratejiler çerçevesinde sera gazı emisyonlarını nasıl azaltacaklarının gösterilmesi gerekmektedir. Hem mevcut stratejilerden ve önlemlerden faydalanılması hem de yeni yaklaşımlara yönelik tavsiyelerle sonuçların somutlaştırılması öngörülmektedir. Ayrıca, yerel yönetimlerin, bölge hakkındaki bilgileri, sorumlulukları ve yetkileri sayesinde iklim değişikliğini hafifletme eylemlerini yönlendirmede yüksek potansiyele sahip oldukları giderek daha fazla kabul görmektedir (Corci vd., 2017).

3.2.3. İzleme Süresi ve Raporlandırılması

Sera gazı envanteri, yer, süre ve sınır belli olmak üzere sera gazı emisyonlarının ölçümü anlamına gelmektedir. Envanterlerin düzenli aralıklarla izlenmesi, sera gazı emisyonlarını ve aynı zamanda eğilimlerini anlamak mümkün olmakla beraber belirli kaynaklardan ve faaliyetlerden salınan emisyonlar da yönetilmektedir.

Yerel Yönetimler Sera Gazı Emisyonları Analiz Protokolü kentleri, birbirine bağlı yerleşimleri, kurumları ve işletmeleri kendi raporlama standartlarını belirlemeye teşvik etmektedir. Yapılan tez ile Eskişehir'in sera gazı envanterlerinin sonuçları Topluluk İklim ve Enerji Eylem Planının geliştirilmesini desteklemek amacıyla kullanılacak olup uzun vadeli bir sera gazı emisyonu izleme ve yönetim sisteminin de temelini oluşturacaktır (Good Company, 2016).

3.2.4. Yerel Yönetimler Sera Gazı Emisyonları Analiz Protokolü

Sürdürülebilirlik için Yerel Yönetimler (SYY), yerel yönetimlerin hem kendi iç operasyonlarından hem de jeopolitik sınırları içindeki tüm topluluklardan gelen sera gazı emisyonlarının ölçmelerine yardımcı olacak kolay uygulanabilir kılavuz sağlaması amacıyla geliştirilmiştir. SYY, ortak anlaşmalar ve standart bir yaklaşım geliştirerek yerel yönetimlerin sera gazı emisyonlarında somut düşüşler elde etmelerini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır (Kim, 2013).

Bu protokolde açıklanan standartlaştırılmış yaklaşım, yerel yönetimler arasında karşılaştırmaları ile çeşitli toplulukların eylemleriyle elde edilen sonuçların toplanmasını ve raporlanmasını kolaylaştırır.

Yerel Yönetimler Sera Gazı Emisyonları Analiz Protokolü'nün amacı:

- Yerel yönetimlerin veya toplulukların, iklim değişikliği ve iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması yönündeki farkındalığının artırılması,
- Uygulayıcıların mümkün olduğunca topluluk düzeyinde, eksiksiz ve doğru emisyon analizleri geliştirmelerini, farklı şehirlerin tutarlı, ayrıntılı ve politika odaklı bir şekilde karşılaştırılmasını sağlamak,
- İklim amaçlarına yönelen ölçümü etkinleştirmek,
- Önlemlerin çoğunluk tarafından anlaşılabilir olmasını sağlamak,

- Yerel Yönetim Sera Gazı Emisyonları Analiz Protokolü bağlamında özel raporlama gereksinimlerini tanımlamak için diğer ağların ve kuruluşların etkinleştirilmesi sağlamak,
- Halihazırdaki ve potansiyel yasal gereklilikleri ve emisyon sertifikasyonu fırsatlarını senkronik olarak yürütmektir.

Yerel yönetimler, tüm sektörler için özgü göstergeleri dikkate alarak programlarına dâhil etmeli ve bunlardan faydalanmak için çaba göstermelidirler. Söz konusu göstergelerin programlara dâhil edilmesinin, program yöneticilerinin karşılaştırmalı raporların oluşturulmasına katkı sağlayacağı ve her bir faaliyetin enerji yoğunluğuna dayalı olarak emisyon seviyelerinin normalleştirilmesine ile karşılaştırılmasına olanak sağlayacağı düşünülmektedir (Chang, 2005).

Uluslararası Yerel Yönetimler Sera Gazı Salımları'nın Analizi Protokolünün sonuçlarının politik yönden geliştirilip maksimize edilmesini sağlamak için bazı genel ilkeler mevcuttur. Bu ilkeler daha önce Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI), Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) ve Sera Gazı Protokol Girişimi tarafından sera gazı emisyonlarının hesaplanması ve raporlanmasına uygulanacak şekilde uyarlanmıştır ve bu protokolde izlenmektedir (Türe, 2017).

- Uygunluk; Sera gazı envanteri, yerel yönetimlerin veya hizmet alanındaki nüfusun sera gazı emisyonlarını uygun bir şekilde iletilecektir.
- Tamlık; Seçilen envanter sınırı içindeki tüm sera gazı emisyon kaynakları ve faaliyetler hesaba katılacaktır.
- Tutarlılık; Zaman içinde emisyonların düzgün bir şekilde karşılaştırılmasına olanak tanıyan tutarlı metodolojiler kullanılacaktır.
- Şeffaflık; Bir denetim gerekliyse, açık bir denetim yapılabilmesi için tüm ilgili konular gerçeklere dayanmış ve tutarlı bir şekilde ele alınacaktır. İlgili varsayımlar açıklanacak, kullanılan muhasebe hesaplama metodolojileri ve kullanılan veri kaynakları bu protokolü ve ilgili ekleri içerebilecek uygun referansları içerecektir.
- Doğruluk; Sera gazı emisyonlarının miktarının, sistematik olarak gerçek emisyonların üzerinde veya altında olmaması gerekir. Doğruluk, kullanıcıların, rapor edilen bilgilerin bütünlüğüne ilişkin makul güvence ile karar vermelerini sağlamak için yeterli olmalıdır.

ICLEI, sera gazı emisyonlarını azaltarak topluluk için yaşam kalitesini iyileştirmeye odaklı tüm eylemleri teşvik etmektedir.

4. LİTERATÜR İNCELEMESİ

4.1. Türkiye’deki Çalışmalar

Kulah (2013), tarafından yapılmış olan çalışmada, bir atık su arıtma tesisinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını belirlemek için analiz yapılmıştır. Öncelikle çalışmada yapılmış olanlar şunlardır; bir firma referans alınmıştır, ardından firmanın atık su arıtma tesisinden çıkan sera gazı emisyonlarının kaynağı belirlenmiştir ve sonuçta araştırma tamamlanmış, tesisin doğrudan, dolaylı ve diğer dolaylı sera gazı emisyonları hesaplanmıştır. Enerji tüketimi ve ulaşım gibi şirketin tesisindeki faaliyetlerden kaynaklanan emisyonları içeren topluluk düzeyinde/endüstriyel envanteri hazırlanmıştır. Bu çalışmanın ilk adımı olarak, organizasyonun sınırları ve faaliyet kategorileri belirlenmiş ve “yukarıdan aşağıya” yaklaşımına göre faaliyet verileri toplanmıştır. Emisyon hesaplamaları sırasında IPCC tarafından önerilen ve Tier yaklaşımlarıyla belirlenmiş olan metodoloji kullanılmıştır. Bu yöneme göre, toplanan veriler bir hesaplama programına girilerek sera gazı emisyonları hesaplanmaktadır. Programlar Sera Gazı Protokolü ile “sabit yakma aracı”, “satın alınan elektrik aracı” ve “taşıma aracı” olarak tanımlanmıştır. Fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan doğrudan emisyonları hesaplamak için sabit bir yanma aracı kullanılmıştır. Sonuç olarak çalışmada, doğrudan ve dolaylı sera gazı emisyonları sırasıyla 2178,35 tCO₂(eşd) (fosil yakıtlar nedeniyle) ve 903,37 tCO₂(eşd) (elektrik tüketimi nedeniyle) olarak hesaplanmıştır.

Türe (2014), Eskişehir il merkezinde yaptığı çalışmasında, şehir bazlı karbon emisyonlarının azaltılmasında ilk adım olarak bir envanter ve analiz yapılmıştır. Eskişehir il merkezinde, 2012 yılı enerji tüketimine göre karbon ayak izini ortaya çıkarılmış ve enerji tüketiminin küresel olarak 442.7895,2 tCO₂(eşd) salınımı olduğu belirlenmiştir. Diğerlerinin yanı sıra 1.495,511 tCO₂(eşd), doğal gaz sektörü için 4 tCO₂(eşd), elektrik sektörü için 200.9031,8 tCO₂(eşd), akaryakıt için 653.468,8 tCO₂(eşd), ve kömür sektörü için 179.883,2 tCO₂(eşd) hesaplandığı görülmüştür. Küresel ısınma ile mücadelenin Eskişehir ölçeğinde başarılması, bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre belirlenecek uygun hedefler ve erişim mekanizmaları aracılığıyla sürdürülebilir enerji eylemi ve karbon yönetimi modelinin oluşturulması gerekmektedir. Sonuç olarak kent halkına, kanaat önderlerine ve karar vericilere küresel ısınma ve iklim değişikliği konularını

tanırken, bu sorunları tespit etmek ve sürdürülebilir kalkınmayı sürdürülebilir kılmak büyük önem taşımaktadır.

Türe (2016), yaptığı araştırmada, ilgili protokollerin rehberliğinde, makro düzeyde en büyük paya sahip olan CO₂ gazına dayalı karbon ayak izi envanteri ve analiz tasarımının enerji tüketim unsurlarına dayalı olarak şehir merkezi kapsamında ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Bilecik şehir merkezi kapsamındaki toplam değerlere baktığımızda 2015 yılı için tüm enerji türlerinden 2.212.995,338 MWh'lik tüketimin toplam 577.231,948 tCO₂(eşd) salınımına karşılık geldiği tespit edilmiştir. Toplam sera gazlarının yaklaşık %80' inin CO₂'den kaynaklandığı düşünüldüğünde, belirlenen emisyon miktarının yaklaşık %20' si oranında diğer sera gazlarının varlığı da gözden kaçırılmamalıdır. Bilecik il merkezinde kişi başına enerji tüketimi 29,9 MWh, CO₂ salınımı ise 7,7 tCO₂(eşd)/kişi olarak gerçekleştirilmiştir. 2013 yılında Türkiye'de kişi başına düşen ortalamanın 5,9 tCO₂(eşd)/kişi olduğu dikkate alındığında, bu rakam ülke ortalamasının üzerinde görülmüştür. 2010 verilerine göre bu değer OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) ortalaması olan 9,83 tCO₂(eşd)/kişi değerinin altında, dünya ortalaması ise 4,29 tCO₂(eşd)/kişi değerinin üzerinde olmaktadır. Toplam emisyonlar ülke geneline göre düşük olsa da bazı illerde kişi başına düşen emisyonlar yüksek olabilmektedir. Dünya genelinde toplam emisyonlar ile kişi başına emisyonlar arasında farklı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir.

Kumaş vd., (2017), yaptıkları çalışmada, Muğla havalimanlarından yapılan uçuş sayısı ve uçak tiplerine bağlı verilerden karbon ayak izi hesaplamışlardır. Uçakların seyir aşamalarında tükettiği yakıt ve iniş/kalkış sayısı sonucu oluşan sera gazları ile hava kirleticileri iklim değişikliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Emisyon hesaplamaları sırasında IPCC tarafından önerilen ve Tier yaklaşımlarıyla belirlenmiş olan metodoloji kullanılmıştır. Sonuç olarak taşımacılıktan kaynaklanan sera gazları içerisinde önemli miktarda CO₂ gazı bulunması nedeniyle CO₂ emisyon miktarı 93410.750 tCO₂(eşd)/yıl olarak belirlenmiştir. Hesaplamalar sonucunda yakıt tüketimindeki artışın CO₂ emisyonlarını da arttırdığı gözlemlenmiştir.

Şenel vd., (2020), yaptıkları çalışmada, küresel ısınmanın bir sonucu olan iklim değişikliği sorunun ne olduğu ve Diyarbakır'daki olası etkilerinin neler olabileceği incelenmiştir. Emisyon hesaplamaları sırasında IPCC tarafından önerilmiş ve Tier yaklaşımlarıyla belirlenmiş olan metodoloji kullanılmıştır. Çalışmada, insan faaliyetleri

sonucunda açığa çıkan sera gazlarının içinde büyük oranda CO₂ gazı bulunmasından dolayı, özellikle CO₂ gazlarının analizi üzerinde durulmuştur. Hesaplamalar sonucunda yakıt tüketimlerinin artması sonucunda CO₂ emisyonlarının hızla arttığı gözlemlenmiştir. Antropojenik sera gazı üretiminde önemli bir payın ulaştırma sektörüne ait olduğu belirlenmiştir. Ulaştırma sektöründeki alt gruplar içinde en büyük emisyon kaynağının karayolu olduğu görülmüştür. Karayolu emisyonlarının toplam oran içinde azalmasında havayolu ulaşımının kullanımındaki artış etken olduğu belirlenmiştir. Buna rağmen karayolu ulaşımından kaynaklanan emisyon miktarı sürekli artış göstermeye devam etmektedir. Elde edilen bulgular ışığında, alternatif enerji kaynaklarının kullanılması, toplu taşıma araçlarının kullanımının artması, karayolu dışında alternatif ulaşım gruplarının kullanılması, trafik akımının düzenlenmesi, yakıt tüketimlerine göre vergilendirmeye gidilmesi ve araç performanslarının iyileştirilmesini sağlayacak yasal düzenlemeler getirilmesi ile özellikle karayolu kaynaklı emisyonlarda belirgin bir iyileşme sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

Çağla vd., (2020), yaptıkları bu çalışmada, Kocaeli'de başlıca kentsel kaynaklardan yayılan CH₄, CO₂ ve N₂O gazlarının emisyon değerlerini IPCC modeli kullanılarak CO₂(eşd)'e dönüştürerek hesaplamışlardır. Nüfus ve sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu Kocaeli' nin elektrik üretim ve tüketimi, ısıtma, ulaşım ve atık yönetiminden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu miktarları sırasıyla, 2015'de 28.131,515 tCO₂(eşd), 2016'da 25.985,586 tCO₂(eşd) ve 2017 için 21.228,854 tCO₂(eşd) olarak hesaplanmıştır. En yüksek sera gazı emisyonunun, üç yıllık ortalama %50,8 pay ile ısınmadan kaynaklandığı belirlenmiştir. Konutlarda ısınma ihtiyacının karşılanması için doğalgaz kullanım oranı artarken, kömür kullanımının azalması ile sera gazı emisyonunda azalma sağlanmıştır. Ayrıca 2017 yılı için dizel ve benzin kaynaklı sera gazı emisyon oranları sırasıyla %93,5 ve %6,5 olmuştur. Dizelden kaynaklanan emisyonun oldukça yüksek bir seviyede olduğu belirlenmiştir. Atık yönetiminden kaynaklanan sera gazı emisyonu toplam emisyonun %0,8' i olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak, sera gazı emisyon eğiliminde 2015 yılından 2017 yılına %24,5 oranında azalma görülmüştür. Sonuç olarak, sektörler içinde sera gazı emisyonlarının en yüksekten en düşüğe doğru kaynakları; ısıtma, elektrik tüketimi, elektrik üretimi, ulaşım, atık yönetimi gibi sıralanmıştır.

4.2. Uluslararası çalışmalar

Sarker vd., (2013), yılında yaptıkları çalışmada, Bangladeş, Hindistan, Nepal, Sri Lanka ve Pakistan dâhil olmak üzere beş Güney Asya ülkesinde Demir ve Çelik Endüstrisi sektöründe (demir dışı dahil, aynı zamanda ana metal olarak da bilinir) tüketilen farklı enerji kaynaklarının elektrik ve yakıt tüketiminden kaynaklanan CO₂ emisyonlarını hesaplamışlardır. Çalışma, imalat sanayindeki toplam enerjinin yaklaşık %30'unun, toplam sanayi girdisinin yaklaşık %11'i olan bu sektörde kullanıldığını ve İmalat Katma Değerine (MVA) yaklaşık %13 katkı sağladığını tespit edilmiştir. Elektrik ise Güney Asya'daki beş ülkede toplam enerji tüketiminin yaklaşık %60'ını paylaşmış ve onu doğal gaz, kömür, gazyağı ve motorin izlemiştir. Ayrıca Bangladeş'te elektrikten kaynaklanan emisyonlar (178.341,358 Mt CO_{2(eşd)}) diğer kaynaklara (5133.087 Mt CO_{2(eşd)}) kıyasla çok daha yüksek olmuştur. Nepal'de diğer yakıtlardan kaynaklanan emisyon miktarı (22306.479 Mt CO_{2(eşd)}) daha fazla gösterilmiştir. Kömür, araştırma yapılan yılda Hindistan'da 63748.161 Mt CO_{2(eşd)} yayan karbon emisyonu için çok yüksek bir potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir. Veriler yalnızca satın alınan elektriği temsil ettiğinden, burada elektrik emisyonları daha az gösterilmiştir. Çalışma ayrıca, çalışmanın yürütüldüğü ülkelerde CO₂ emisyonlarının sektörler arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Örneğin, Bangladeş'te CO₂ emisyonlarına esas olarak elektrik üretimi neden olurken, Hindistan'da CO₂ emisyonlarının çoğu kömürden kaynaklanmıştır. Aksine, Nepal'deki CO₂ emisyonları çoğunlukla kömür, dizel ve gazyağı gibi diğer yakıtlardan kaynaklanmıştır. Bu çalışma, Güney Asya bölgesindeki Demir ve Çelik Endüstrisi sektöründeki CO₂ emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olacağı sonucuna varılmıştır.

Puliafito vd., (2017), yaptıkları çalışmada, Arjantin'deki enerji sektöründeki ana faaliyetlerin 2014 yılındaki yüksek çözünürlüklü, mekânsal olarak ayrıştırılmış emisyon envanterini (0,025° × 0,025° yatay çözünürlük) sunmuşlardır. Ele alınan alt sektörler, kamu elektrik üretimi, petrol rafinerileri, çimento üretimi, ulaşım (deniz, hava, demiryolu ve karayolu), konut ve ticaret sektörleri belirlenmiştir. Çalışmaya sera gazları (CO₂, CH₄, N₂O), ozon öncüleri (CO, NO_x, VOC) ve SO₂, PM₁₀ ve PM_{2.5} gibi hava kirleticileri dâhil edilmiştir. Bu çalışmanın, nüfus sayımına dayalı nüfus haritaları aracılığıyla kirleticiler kaynakların daha iyi coğrafi dağılımına katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Sera gazı emisyonlarının kaynakları göz önüne alındığında, toplam miktar 144 Tg CO_{2(eşd)} olup, bu miktarın 57,8 Tg CO_{2(eşd)} (%40) ulaşım sektöründen kaynaklandığı, 40,9 Tg CO_{2(eşd)} (%28)'inin elektrik üretimi; 31.24 Tg CO_{2(eşd)} (%22)'sinin konut + ticari, ve 14,3 Tg

CO₂(eşd) (%10)' sinin çimento ve rafineri üretimden kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu envanter, toplam emisyonların %49'unun kırsal alanlarda meydana geldiği, %31'inin orta nüfus yoğunluğuna sahip kırsal alanlarda, %13'ünün orta kentsel alanlarda ve %7'sinin ise yoğun nüfuslu kentsel alanlarda olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, emisyonlar bir uzantı (km² başına) ile analiz edildiğinde, en büyük etki orta ve yoğun nüfuslu kentsel alanlarda gözlemlenmiştir. EDGAR (Emissions Database for Global Atmospheric Research- Küresel Atmosfer Araştırmaları için Emisyon Veritabanı) küresel emisyon veri tabanı ile yapılan bir karşılaştırma, toplam ülke emisyonlarının birkaç alt sektör ve kirletici için benzer olmasına rağmen, bunun mekânsal dağılımının Arjantin için geçerli olmadığını göstermiştir. Sonuç olarak EDGAR tarafından temsil edilen karayolu ve konut taşımacılığı emisyonları, kırsal alanlardaki emisyonların olduğundan fazla ve kentsel alanlarda, özellikle daha yoğun nüfuslu bölgelerde olduğundan daha az tahmin edilmesine neden olmuştur.

Giwa vd., (2017), yaptıkları çalışmada, 1980 yılından 2014'e kadar Nijerya'da fosil yakıtların tüketimi (benzin ve dizel) sonucunda çevreye salınan sera gazlarının bir sera gazı salım envanter verilerini hesaplamış ve analiz etmişlerdir. Söz konusu döneme ilişkin (1980-2014) yakıt tüketim verileri, Nijerya Ulusal Petrol Şirketi (NNPC) tarafından yayınlanan bültenlerden alınmış ve varsayılan emisyon faktörlerine dayalı sera gazı salım envanterinin hesaplanmasında kullanılmıştır; (69300 kg/TJ (CO₂; benzin), 74100 kg/TJ (CO₂; dizel) d18 kg/TJ (CH₄; benzin), 3,85 kg/TJ (CH₄; dizel), 1,9 kg/TJ (N₂O; benzin) ve 2,25 kg/TJ (N₂O; dizel). Ayrıca envantere ilişkin belirsizlik ve duyarlılık analizleri yapılmıştır. Söz konusu dönem için çevreye salınan toplam sera gazı miktarı $7,30 \times 10^8$ tCO₂(eşd) (sırasıyla benzin $5,20 \times 10^8$ tCO₂(eşd) ve dizel için $2,10 \times 10^8$ tCO₂(eşd)) olarak belirlenmiştir. Benzin tüketiminin toplam sera gazı miktarının %71,23'ünü oluşturduğunu ve buna karşılık %98,72'si CO₂ (CH₄ = %1,39 ve N₂O = %0,61) gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, düşük veya nötr emisyonlu yakıt kullanımına ilişkin belirlenen ulusal politika ve uygulama, ülkedeki sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik önerilen eylemler arasında yer almıştır.

Cui vd., (2019), fosil yakıtların kullanıldığı endüstriyel üretime odaklanan çalışmalarında, Xinjiang Uygur Özerk Bölgesi'ndeki şehirlerin ilk ayrıntılı üretime dayalı sektörel CO₂ emisyonlarını hesaplayıp, analiz etmişlerdir. 2010 yılında, Xinjiang'daki 15 şehir toplam 304,06 milyon ton CO₂ salımı gerçekleştirmiş ve bu emisyonların %97,7'si

fosil yakıt tüketimi (yani enerji ile ilgili emisyonlar) ile ilgili, geri kalan %2,3'ü ise çimento üretimi ile bağlantılı endüstriyel süreçlerden kaynaklanmaktadır. Ham kömür (%50,3) ve ham petrol tüketimi (%23,0), Sincan'ın emisyonlarının ana kaynaklarıyken, 'petrol işleme ve koklaştırma' ve 'elektrik ve ısı üretimi, sırasıyla %32,6 ve %27,9 ile en büyük emisyonlara katkıda bulunan iki sektör olmuştur. Sincan'daki şehirler, toplam $CO_2(eşd)$ ve kişi başına $CO_2(eşd)$ emisyonlarda önemli farklılıklar göstermiştir. Emisyon yoğunluğu ve kişi başına emisyonlar benzer dağılımları paylaşmış ve emisyonlar önemli ölçüde mekânsal otokorelasyonlu bulunmuştur. Ekonomileri, emisyon yoğun sütun endüstrilerine ve/veya esas olarak ham kömür kaynaklı enerjiye dayanan şehirler, kişi başına yüksek emisyonlara ve yüksek emisyon yoğunluklarına sahip olma eğiliminde tespit edilmiştir. Bu şehirler Altay, Changji, Hami ve Shihezi şehirleridir. Çalışmada, en büyük şehir olan Urumçi'nin 2005'ten 2015'e kadar olan emisyonları incelenmiştir. Urumçi, on yıl boyunca CO_2 emisyonlarında genel olarak yükselen bir eğilim sergilemiş ve emisyonlar %324,2 artmıştır. Bulgulara göre, enerji yapısının ayarlanması ve birden fazla endüstrinin tanıtılması dahil olmak üzere, Sincan'daki şehirler için emisyon azaltımı ve düşük karbonlu kalkınma için politika önerileri sunulmuştur.

Yatarkalkmaz vd., (2019), çalışmalarında bir ailenin sera gazı emisyonlarının nasıl hesaplanacağını ve emisyon azaltım faaliyetlerinin IPCC belgeleri ve ISO 14064-1 (Uluslararası Standartlar serisinin bir parçası) standardına göre nasıl yapıldığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada, 2017 yılı, doğrudan ve dolaylı enerji emisyonları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda ailenin toplam emisyonu 5.331 t $CO_2(eşd)$ olduğu belirlenmiştir. Toplam emisyonun %84,1'i doğrudan emisyon olup ve buna karşılık 4.484 t $CO_2(eşd)$ gerçekleşmiştir. Kalan %15,9'u ise 0,847 t $CO_2(eşd)$ olan dolaylı enerji emisyonu gerçekleşmiştir. Ayrıca bu çalışma sonucunda, doğrudan emisyon 0.407 t $CO_2(eşd)$ ve dolaylı enerji emisyonundan 0.464 t $CO_2(eşd)$ azaltım gerçekleştirilmiştir. Basit projeksiyonlar yardımıyla doğrudan emisyonları yaklaşık %8, dolaylı enerji emisyonlarını ise yaklaşık %55 azaltılmıştır. Bu çalışmanın sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında yol gösterici olacağı ve sera gazı emisyonlarını azaltmak isteyenlere de yardımcı olacağı sonucuna varılmıştır.

Bofenk vd., (2019) yaptıkları bu çalışmada, yüksek çözünürlüklü emisyon veri tabanına (Çin Yüksek Çözünürlüklü Emisyon Veritabanı, CHRED 3.0) dayalı olarak 305 Çin şehri için CO_2 , CH_4 , N_2O ve florlu sera gazları dahil olmak üzere sera gazı

emisyollarını içeren bir veri kumesini titizlikle bir araya getirmişler. 137 araştırmacıdan oluşan 19 grup tarafından aşağıdan yukarıya bir yöntem kullanılarak ilk elden yerinde veri toplama ve doğrulama ve emisyonların belirsizliğini analiz edilmiştir. Sonuçlara baktığımızda, toplam sera gazı emisyonlarının doğu Çin'deki şehirlerde yüksek ve batıdaki şehirlerde düşük olduğunu gösterirken, kişi başına sera gazı emisyonlarının kuzey şehirlerinde yüksek ve güney şehirlerinde düşük olduğunu göstermektedir. Dört tip sera gazı (CO₂, CH₄, N₂O ve florlanmış GHG'ler) emisyonları, değişken endüstriyel yapı, enerji yapısı, endüstri noktası kaynakları ve tarımsal yüzey kaynakları vb. nedeniyle farklı mekânsal dağılımları paylaşılmıştır. Sera gaz emisyonlarının belirsizliği oldukça yüksek olmakla şehirlerin kaynak verileriyle ilgili olmaktadır. Son olarak, şehir düzeyinde emisyon veri bütünlüğünü ve düşük karbonlu kalkınma stratejilerini iyileştirmek için veri kalitesinin iyileştirilmesi ve şehir düzeyinde emisyon azaltma yarışmalarının güçlendirilmesi dahil olmak üzere yardımcı olacağı kanaatine varılmıştır.

5. METOT VE YÖNTEM

5.1. MEVCUT DURUM ANALİZİ

Bu bölümde, çalışma alanı (Eskişehir), verilerin toplanması ve işlenmesinde kullanılan yazılımlar ile metodolojiler hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Çalışmada IPCC tarafından “sera gazı verilerinin sera gazı emisyon faktörleri ile çarpılması” olarak adlandırılan metodolojisi kullanılmıştır. Hesaplamalarda EPDK’nın Eskişehir ili 2019 yılı verileri temel yıl (referans yıl) olarak seçilerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

5.2. Eskişehir İlinin Genel Özellikleri

Eskişehir, İç Anadolu Bölgesi’nin kuzeybatısında 30°24’ D- 30°43’ D boylamları ile 39°49’ K- 39°43’ K enlemleri arasında (Toy, 2019), kuzeyinde Bozdağ ve Sundiken dağları, Doğu'sunda Orta Asya vadisi, güneyinde Emirdağ, Batısında ise Türkmen Dağı ile çevrili şehirdir. Yaklaşık 13653 km²’lik (Şekil 5.1) yüzölçümü ile Türkiye'nin toplam yüzölçümünün %1,8’ini kaplamaktadır. Şehir merkezinin denizden yüksekliği 792 m'dir. Kentin yüzölçümünün yaklaşık %22'si dağlardan, %26'sı ise ovalardan oluşmaktadır (<https://www.eosb.org.tr/>).



Şekil 5.1. Eskişehir lokasyon haritası (Güler ve Canbaz, 2017)

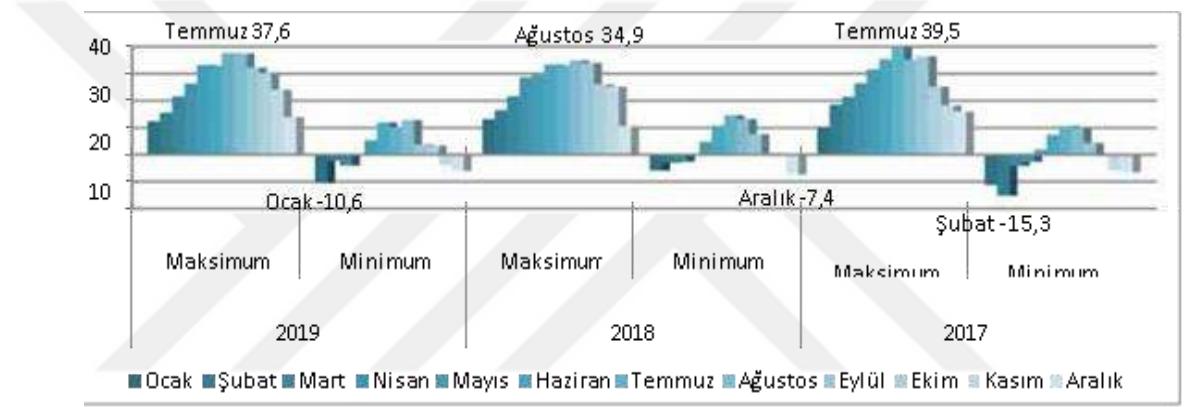
Eskişehir toplam 13 ilçeden oluşmaktadır. Bunlar Odunpazarı, Tepebaşı, Alpu, Beylikova, Çifteler, Han, İnönü, Mihalgazi, Mihalıccık, Mahmudiye, Seyitgazi, Sarıcakaya ve Sivrihisar'dır. Sakarya Nehri ve Porsuk Çayı, Eskişehir il sınırlarından geçmektedir. Eskişehir il sınırından geçen bu iki nehir üzerinde 2 adet baraj bulunmaktadır. Bu barajlar, Porsuk Çayı üzerine kurulan Porsuk Barajı ve Sakarya Nehri üzerine bulunan Gökçekaya Barajlarıdır (Eskişehir İli Çevre Durum Raporu, 2019). Ticaret yollarının ve yoğun nüfuslu şehirlerin ulaşım ağının ortasında olması, Eskişehir ilini jeopolitik açıdan önemli bir konuma taşımaktadır.

5.2.1. Eskişehir İlinin İklimi ve İklimsel Olaylardaki Aşırılıklar

Eskişehir iklimi, İç Anadolu, Batı Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinin bölgesel iklimlerinden de etkilenen bir özelliğine sahiptir. Eskişehir'de, kışları soğuk ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak geçen karasal iklim hâkimdir. Eskişehir il merkezinde 2019 yılının ortalama en sıcak 22,6 °C (Ağustos) (Şekil 5.2) ve ortalama en soğuk 1,7 °C (Ocak) geçen aylarının, kaydedilen en yüksek 37,6°C (Ağustos) ve en düşük sıcaklık 10,6°C (Aralık) değerleri kaydedilmiştir. Tablo 5.1'de görüldüğü gibi, Eskişehir'de günlük maksimum güneşlenme miktarı Temmuz 2019'da gerçekleşmiştir (Eskişehir İli Çevre Durum Raporu, 2019).

Tablo 5.1. Eskişehir'in aylık sıcaklığı (Meteoroloji Bölge Müdürlüğü)

		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2019	Maksimum	12,5	15,6	21,6	26,3	33,2	32,9	37,6	37,5	32,3	30,2	24,1	14
	Minimum	-10,6	-2,2	-4,1	-0,5	5,4	12	10,4	12,9	3,9	3,4	-3,7	-6
2018	Maksimum	13,2	16,5	21,7	28,7	29,4	33,4	33,1	34,9	34,0	26,1	25,2	10,6
	Minimum	-5,9	-3,0	-2,6	0,3	4,8	10,8	14,6	13,2	7,7	0,6	-0,5	-7,4
2017	Maksimum	10,2	18,7	21,4	26,5	31,6	35,4	39,8	35,1	36,4	25,2	18,3	16,0
	Minimum	-11,3	-15,3	-4,2	-2,7	1,9	7,4	10,6	10,0	4,4	-0,7	-5,8	-6,6



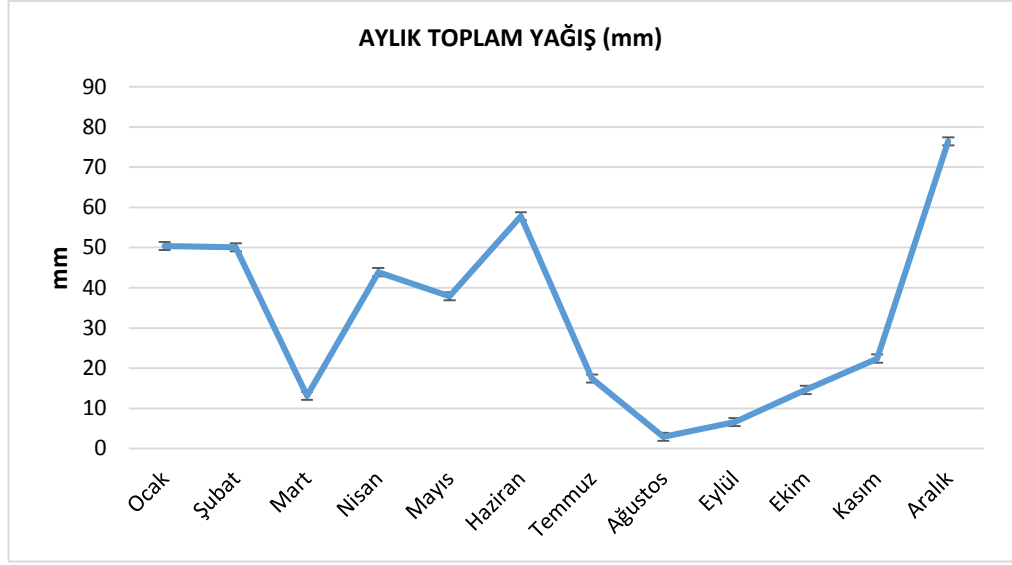
Şekil 5.2. Aylık ve yıllar üzerinden Eskişehir'in grafik dağılımı

Tablo 5.2'de görüldüğü gibi 2019 yılında en fazla yağış Aralık (76,4 mm) ayında gerçekleşmiştir. Eskişehir'e kış aylarında yaz aylarından daha fazla yağış görülmektedir. İlkbahar yağmuru batı ve güneybatıdan gelip sağanak yağış olarak düşmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 378,9 kg / m³'tür (Şekil 5.3).

Yağış miktarı: Yere düşen yağış miktarı mm olarak yüksekliği göstermektedir.

Tablo 5.2. Eskişehir'in aylık toplam yağış(mm) (2019)

Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
50,4	50,1	13,1	43,9	37,9	57,8	17,4	2,9	6,6	14,6	22,4	76,4



Şekil 5.3. Eskişehir'in aylık toplam yağış grafiği

Tablo 5.3' de görüldüğü gibi kar, Eskişehir'de önemli bir su kaynağı olmasına rağmen, 2019 yılı Ocak ve Aralık aylarında 9 ve 1 gün olarak belirlenmiştir.

Ortalama karla örtülü gün sayısı: Saat 7.00'de yerde en az 0,5 cm kar örtüsünün saptanmış olduğu günlerin ortalama sayısıdır (Şekil 5.4).

Tablo 5.3. Eskişehir'in aylık toplam karla örtülü gün sayısı

Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

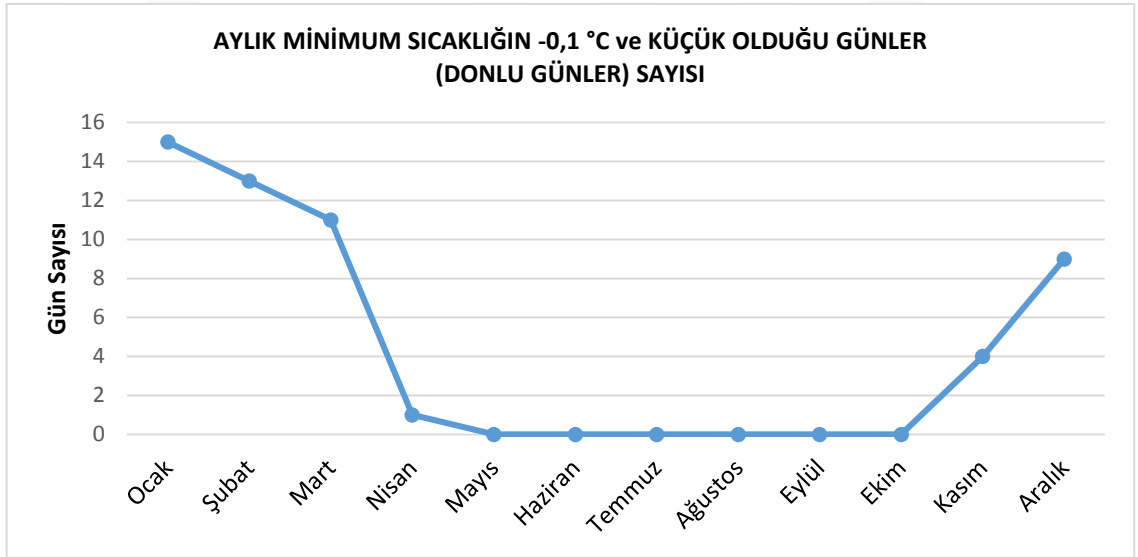


Şekil 5.4. Eskişehir'in aylık toplam karla örtülü gün sayısı grafiği

Aralık ayının ikinci yarısından Şubat ayının ilk yarısına kadar oldukça soğuk olup don olayı yaşanabilmekte (Tablo 5.4).

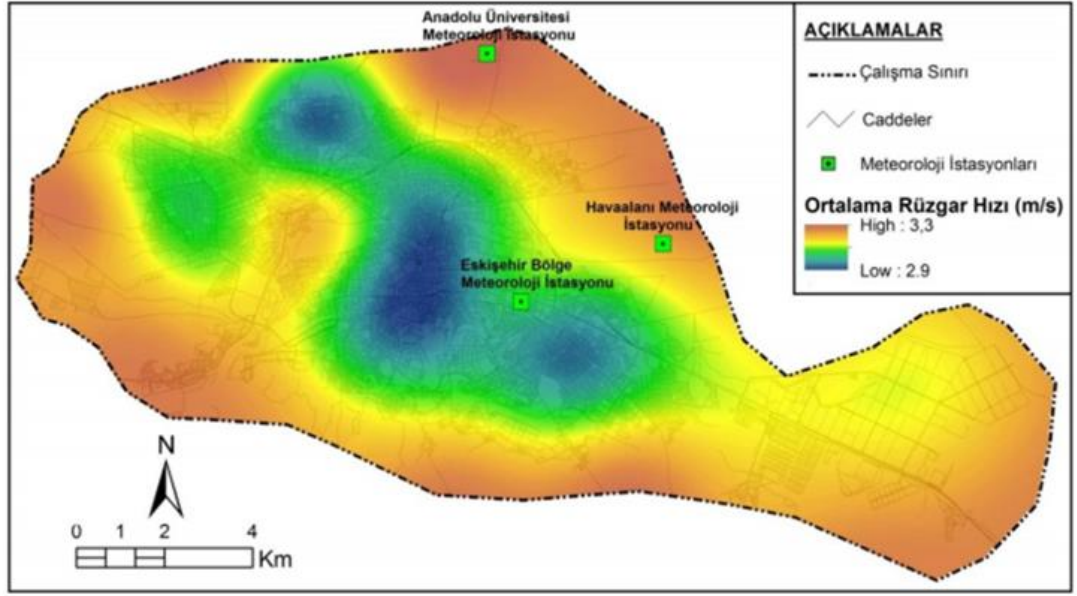
Tablo 5.4. Aylık Minimum Sıcaklığın $-0,1^{\circ}\text{C}$ ve Küçük Olduğu Günler (Donlu Günler) Sayısı

Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
15	13	11	1	0	0	0	0	0	0	4	9



Şekil 5.5. Aylık Minimum Sıcaklığın $-0,1^{\circ}\text{C}$ ve Küçük Olduğu Günler (Donlu Günler) Sayısı Grafiği

Eskişehir’de yazın iklim, Akdeniz ikliminin yaz aylarına özgü kuraklık özelliğini göstermektedir (Şekil 5.5). Kış aylarında rüzgârlar doğudan batıya doğru, ilkbaharın sonuna doğru ise güneybatı, batı ve kuzeybatıdan esmektedir. Sonbaharda, Eylül ayının sonundan itibaren Doğu, Kuzeydoğu ve Güneydoğu’dan esen rüzgârlar görülmektedir (Şekil 5.6).

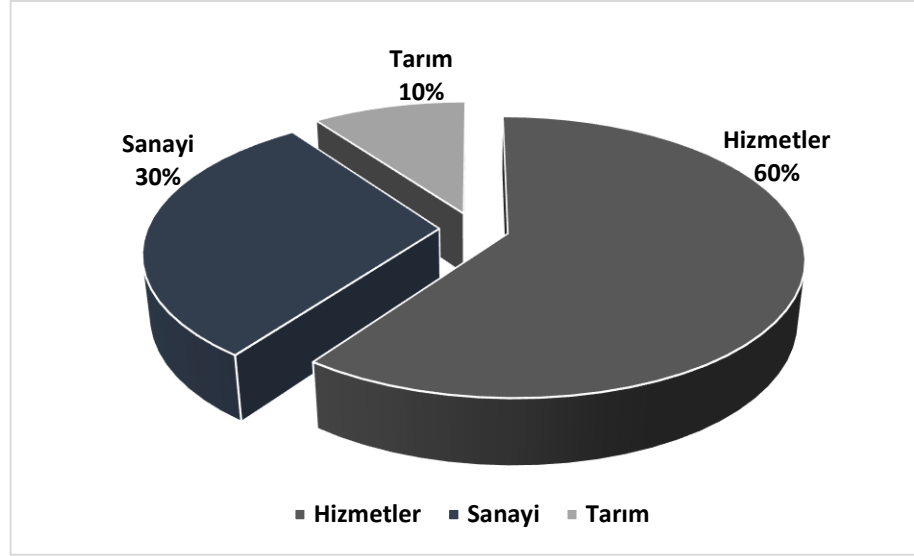


Şekil 5.6. Eskişehir kenti yıllık ortalama rüzgâr hızı haritası(Süleyman, Kayıp ve Çağlak, 2019)

5.2.2. Eskişehir İlinin Sosyo-Ekonomik Yapısı

Eskişehir'in sosyo-ekonomik anlamdaki gelişmişlik düzeyi ve bugün ulaştığı rekabet gücü, çeşitli araştırmaların bulgularıyla da desteklenmektedir. Eskişehir zengin kültürel alanları ile olumlu kültürel katkıya sahip şehir olduğu kanıtlanmıştır. Aynı zamanda bölgenin kültürel değerleri turizm aktörlerinin etkileşiminin artmasına ve bölgeye ekonomik, sosyo-kültürel ve çevresel açıdan katkı sağlamıştır. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından sosyo-ekonomik göstergeler dikkate alınarak hesaplanan endeks değerleri üzerinden hazırlanan "İller ve Bölgeler Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması" başlıklı çalışmada Eskişehir 81 il arasında 7. sırada yer almaktadır (Dağdemir, 2013; Şalvarcı ve Aylan, 2020).

Eskişehir, 14 Temmuz 2009'da 2009/15236 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile kurulan Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı'nın (BEBKA) faaliyet bölgesindeki üç ilden biridir. 2014-2023 dönemini kapsayan Bursa Eskişehir Bilecik Bölge Planı, eğitim ihtiyaçlarına proje finansman desteği sağlayan ve yatırım ve tanıtım olanaklarının geliştirilmesine rehberlik eden bir model olarak geliştirilmiştir. BEBKA, bölge planında belirlenen strateji ve öncelikler çerçevesinde bölgedeki sektörel ve izleksel sorunlara çözüm sağlayacak proje ve faaliyetlerin yürütülmesini sağlamaktadır (BEBKA, 2017).



Şekil 5.7. Eskişehir Ekonomisinin Sektörel Dağılımı

Eskişehir, sosyo-ekonomik anlamda gösterdiği gelişme ile Türkiye ekonomisinde en önemli şehirlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Şekil 5.7’de Eskişehir ekonomisinde yer alan ana sektörlerin dağılımı gösterilmektedir. Eskişehir ekonomisinin %60’ ını hizmet sektörü, %30’ unu sanayi sektörü ve %10’unu da tarım sektörü oluşturmaktadır (BEBKA, 2017). Buna göre, şehir ekonomisinde sanayi ve hizmet sektörlerinin ön planda olduğu görülmektedir.

Avrupa Birliği ülkelerinin kullandığı İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması (İBSS) içinde Türkiye 26 alt bölgeden oluşmaktadır. 26 alt bölge içinde sanayi sektörüne en fazla katkı veren alt bölgeler İstanbul (TR 10) ve Bursa (TR 41)’dır. Bu kapsamda, TR 41 alt bölgesinin “Sanayi bölgesi” olduğu tespit edilmiştir (Eskişehir Yatırım Destek ve Tanıtım Stratejisi (2018-2023)).

5.2.3. Eskişehir İlinin Nüfus ve İstihdamı

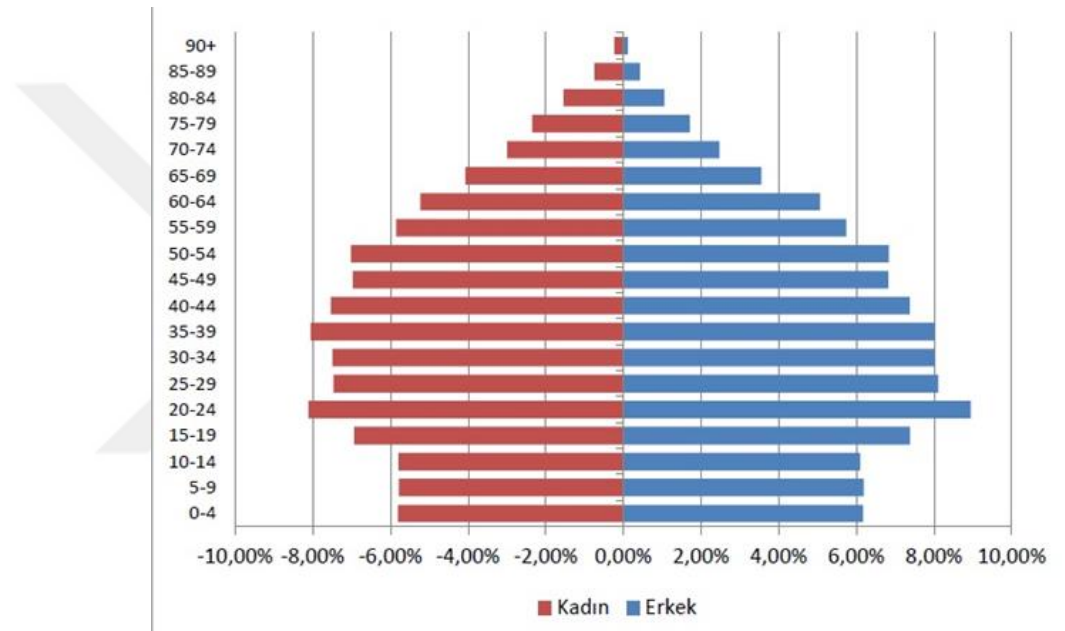
TÜİK verilerine göre, Eskişehir’in 2019 yılındaki nüfusu 888.828 kişidir (Tablo 5.5). Türkiye nüfusunun % 1,07’sini Eskişehir kapsamaktadır.

Tablo 5.5. Eskişehir Nüfusunun Yıllara göre Türkiye Nüfusu içindeki oranı

ESKİŞEHİR NÜFUSUNUN TÜRKİYE NÜFUSU İÇİNDEKİ PAYI			
YIL	TÜRKİYE	ESKİŞEHİR	ORAN (%)
2019	83.154.997	888.828	1,07%

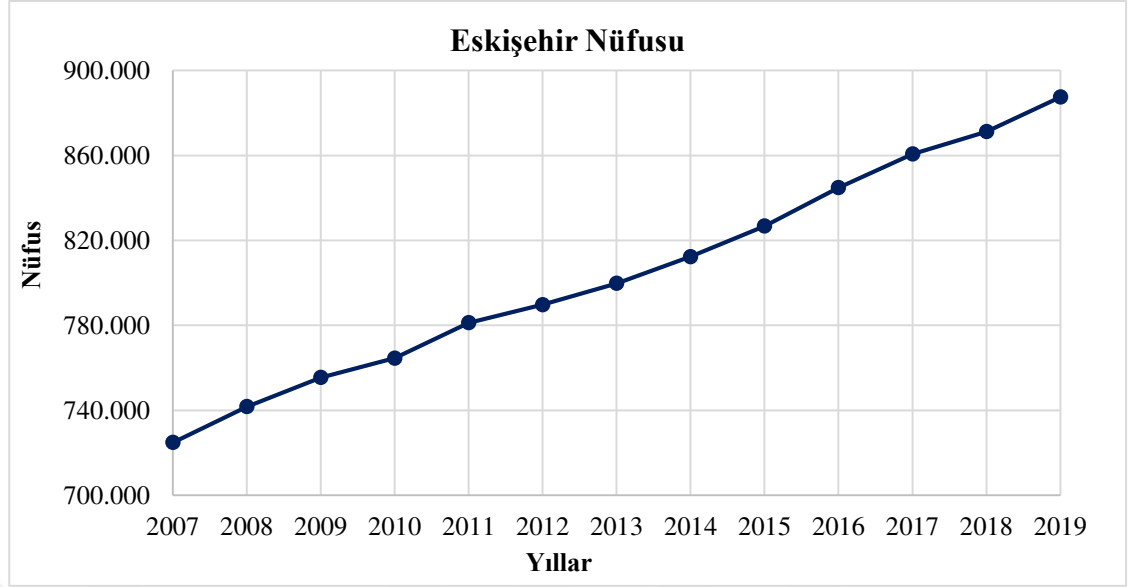
2018	82.003.882	887.475	1,06%
2017	80.810.525	860.620	1,06%
2016	79.814.871	844.842	1,06%
2015	78.741.053	826.716	1,05%

Toplam nüfusun 443.635'si erkek, 443.840'ı ise kadındır (<https://www.nufusu.com>, 2020). Yüzde olarak ise nüfus %49,38 erkek ve %49,40 kadından oluşmaktadır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Eskişehir Nüfus Piramidi (Eskişehir İstatistikleri, 2019)

Eskişehir ilinin yüzölçümü 13.925 km²'dir. Eskişehir'in nüfus yoğunluğu 64 kişi/km²'dir. TÜİK verilerine göre, Eskişehir'in göç alımı 35.575 iken, verdiği göç 28.111'dir. Eskişehir'e ait 2019 verilerine baktığımızda, net göç sayısı 7.453 kişi iken, her bin kişi başına düşen göç sayısının hızının %7,6 olduğu görülmektedir (Şekil 5.8). Eskişehir, nüfus yoğunluğu bakımından Türkiye'nin 25. ili durumundadır (Şekil 5.9) (<https://www.haberturk.com>, 2020).



Şekil 5.9. Eskişehir nüfus grafiği (<http://nufusu.com>, 2020)

Eskişehir’de nüfus, ulaşımın kolay olması, sanayi için yeterli altyapıya sahip olması, hammadde ve enerji uyumluluğunun bulunması, coğrafi olarak pazarlara yakın olması, iş gücü potansiyeli ve bölge sanayisinin gösterdiği gelişme nedeniyle hızla artmaktadır (Çed ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, 2018). Eskişehir’in büyük şehirlere ve çevre illerin merkezlerine olan karayolu mesafeleri şu şekildedir; Bursa: 152 km, İstanbul: 315 km, Kütahya: 80 km, Ankara: 234 km, Bilecik: 79 km, İzmir: 461 km, Afyon: 171 km (Faaliyet Raporu, 2018).

Eskişehir ili, yıllık nüfus artış hızı, kentleşme oranı, kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hâsıla ve sanayi sektöründeki toplam işçi alım oranı bakımından Türkiye ortalamalarının üzerindedir. Diğer yandan tarım sektöründe çalışanların toplam işe alım oranı bakımından da Türkiye ortalamasının altında yer almaktadır. Eskişehir sanayisinin ulaştığı noktaya genel olarak baktığımızda, 2019 yılının sonunda ESO’ya (Eskişehir Sanayi Odası) üye kuruluşların sayısının 758 olup, bu kuruluşların toplam ihracatının 2,8 milyar dolar civarında olduğu ve toplam çalışan sayısının ise 65.000 kişi olduğu görülmektedir

5.3. Karbon Salımının Hesaplama Yöntemleri

Emisyon hesaplama yöntemleri, belirli faaliyetlerden kaynaklanan toplam emisyonları belirlemek için kullanılan hesaplama formüllerini, gerekli faaliyet verilerini

ve emisyon faktörlerini tanımlamaktadır. Uzmanlar, şehir envanterlerinin amacına, verilerin mevcudiyetine ve ülkelerinin ulusal envanteri veya katıldıkları diğer ölçüm ve raporlama programlarıyla tutarlılığına göre en uygun metodolojileri seçmelidirler.

Sera gazı envanter çalışmalarında belirli bir süreç yönetimi takip edilmesi gerekmektedir (Kaytan vd., 2019). Bu süreç yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

- Envanter İlkelerinin Tesis Edilmesi
- Envanter Sınırlarının Tanımlanması
- Emisyon Kaynaklarının Belirlenmesi
- Emisyonların Hesaplanması ve Raporlama
- Envanter Sonuçları ve Değerlendirme

5.3.1. Envanter Oluşturulması

Bir sera gazı envanteri hazırlanırken, ilerlemenin karşılaştırmasını sağlamak için belli bir yıl temel alınması gerekmektedir. Bu yıl seçilirken, o yıla ait verilerin mevcudiyeti olup olmadığı ve seçilen yılın temsili olup olmadığı noktaları mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Sera gazı envanteri için verilerin mevcut olduğu yıl genellikle temel yıl olarak belirlenir. Envanter verileri cari yıllarla ilgiliyse, cari yıl temel yıl olarak seçilebilir. Temel yılı belirledikten sonra ise belirlenen yöntemlerle kaynaklar ve göstergeler seçilerek nihayetinde bu göstergelere uygun hesaplama yöntemleri kullanılarak sayısal verilere dökülüp sonuç olarak envanter oluşturulur. Ayrıca temel yıl emisyonları, baz yıldaki zaman aralıklarında veya baz yıl boyunca birkaç kez hesaplanabilmektedir.

5.3.2. Envanter Oluşturma Metodunun Seçimi ve Kaynakların Belirlenmesi

Şehirlerin bugüne kadar kullandığı envanter yöntemleri önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu tutarsızlıklar, şehirler arasındaki karşılaştırmaları zorlaştırmakta, veri kalitesi ile ilgili soruları gündeme getirmekte ve yerel, bölgesel ile ulusal hükümet sera gazı emisyon verilerini bir araya getirme yeteneğini sınırlandırmaktadır. Daha güvenilir ve anlamlı bir raporlamaya izin vermek için, sera gazı muhasebesinde tutarlılık gerekmektedir (Tam vd., 2018). Topluluk Ölçeğinde Sera Gazı Emisyon Envanterleri (GPC- Global Protocol for Community) için Küresel Protokol, bu zorluğa yanıt verir ve şehir genelinde sera gazı emisyonlarının hesaplanması ve raporlanması için mevcut metodolojilere dayanan sağlam ve net bir çerçeve sunmaktadır.

GPC, şehirlerin kapsamlı bir sera gazı emisyon envanterini ölçmesini ve ifşa etmesini ve bu emisyonları iki farklı ancak birbirini tamamlayıcı yaklaşım kullanarak toplamalarını gerektirir. Bunlardan biri, şehir sınırları dışında salınan bazı emisyonlar da dâhil olmak üzere, şehir sınırları içinde gerçekleşen hem üretim hem de tüketim faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonları kapsamaktadır. Diğerleri, fiziksel olarak nerede oluştuklarına bağlı olarak tüm emisyonları “kapsamlar” altında sınıflandırır. Çift sayımı önlemek ve birden fazla şehir envanterinin toplanması için şehir sınırları içinde fiziksel olarak salınan emisyonların ayrı muhasebesi kullanılmalıdır.

GPC üç ana bölüme ayrılmıştır:

Bölüm I, GPC raporlama ve muhasebe ilkelerini tanıtır, envanter sınırının nasıl tanımlanacağını belirtir, raporlama gereksinimlerini belirtir ve örnek bir raporlama şablonu sunmaktadır. Bölüm II, hesaplama yöntemleri ve denklemler de dâhil olmak üzere verilerin kaynaklanması ve emisyonların hesaplanması için kapsayıcı ve sektöre özgü muhasebe ve raporlama kılavuzu sağlamaktadır. Bölüm III, envanterlerin azaltma hedeflerini belirlemek ve zaman içindeki performansı izlemek için nasıl kullanılabileceğini ve şehirlerin envanter kalitesini nasıl yönetebileceğini göstermektedir (Fong, C40 ve Deng-Beck, 2014).

5.3.2.1. IPCC Metodolojisi ve Hesaplama Yaklaşımları

IPCC'nin 2006 Yönergeleri, güvenilir, doğru, tutarlı ve karşılaştırılabilir emisyon envanterleri ve sera gazlarının uzaklaştırılması konusunda ileriye doğru atılmış önemli bir adımı temsil etmektedir. 2006 Kılavuzları, ulusal antropojenik emisyonlar ve sera gazlarının ortadan kaldırılmasına ilişkin tahminler yapmak için metodolojiler sağlamaktadır. Bu metodolojiler, BM tarafından taraflarına yardımcı olmak için kullanılmaktadır. Emisyon envanterlerine yalnızca emisyonları ve azaltımları bildirmek için değil; politikaların geliştirilmesinde ve bu politikaların etkilerinin izlenmesinde de temel araçlar olarak katkı sağlamaktadırlar (IPCC, 2006).

IPCC'de yayımlanan raporlar 4 ana gruptan oluşmaktadır. Bunlar:

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

Sera gazı emisyonu ve uzaklaştırma tahminleri, ilgili süreçlerin, kaynakların ve yutakların gruplandırılması olan ana sektörlere ayrılmıştır.

- Enerji
- Endüstriyel Süreçler ve Ürün Kullanımı (IPPU)
- Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanımı (AFOLU)
- Atık
- Genel rehberlik ve raporlama

Her sektör, ayrı kategoriler (örneğin; ulaşım) ve alt kategoriler (örneğin; arabalar) içermektedir. Ülkeler, alt kategori düzeyinden ulusal bir toplam envanter oluşturmaktadır, çünkü doğru tahminler yalnızca bu düzeyde yapılmakta ve bu ayrıntılar envanterleri politika yapıcılar için daha yararlı hale getirmektedir. Bir ulusal toplam, her bir gaz için emisyonların ve azaltılmaların toplanmasıyla hesaplanmaktadır (Hockstad ve Hanel, 2018).

IPCC, sera gazlarını doğrudan, dolaylı ve diğer dolaylı sera gazı emisyonları olmak üzere 3 ana kapsamda ele almakta ve her bir kapsam için 3 farklı katman (yaklaşım aşaması/tier) tanımlamaktadır. Katman 1, varsayılan verileri ve basit denklemleri kullanırken, Katman 2 ve 3' ün her biri karmaşıklık ve veri gereksinimleri açısından daha zorludur. Katman 2 metodolojileri tipik olarak ülkeye özgü emisyon faktörlerini kullanmaktadır. Bu katmanlar, düzgün bir şekilde uygulanırsa, belirsizliği azaltmasına ve doğruluğu artırmasına yardımcı olacaklardır (Kabacıoğlu, 2012).

5.3.2.2. Kentsel faaliyetler emisyonlarının kapsamlarının (Scope) tanımları

Şehir emisyonlarının kapsamlarının belirlenmesi için, sektör ile alt sektör bazında iki farklı aynı zamanda da tamamlayıcı yaklaşım kullanarak emisyonların toplamı ve raporlanması gerekmektedir. Bunlar, yerel yönetim operasyonları emisyonları ve kent ölçeğindeki emisyonlarıdır (Kates vd., 1998).

Yukarıdaki bölümlerde de belirttiğimiz gibi GPC'ye göre salım kategorisi şu şekilde sınıflandırılmıştır;

- Doğrudan Sera Gazı Kaynakları (Kapsam 1), finans, fabrikalar veya araçlar gibi kuruluşun doğrudan kontrolü altındaki kaynaklardan gelen emisyonlardır. Kentsel bağlamda, Kapsam 1 emisyonları tipik olarak şehrin coğrafi sınırları içinde üretilmektedir.

- Dolaylı Sera Gazı Kaynakları (Kapsam 2), emisyonların başka yerlerde üretildiği, kuruluş tarafından tüketilen enerjiden kaynaklanmaktadır. Kentsel bağlamda, Kapsam 2 emisyonları, elektrik ve bölge ısı da dahil olmak üzere şehir içindeki enerji tüketimiyle ilgili olarak şehrin coğrafi sınırları dışındaki salımlar içermektedir.
- Diğer Dolaylı Sera Gazı Kaynakları (Kapsam 3), kentsel faaliyetlerde kullanılan ürün veya hizmetlerin çıkarılması, üretimi ve taşınması ile ilişkilidir. Bu emisyonlar, atık, havacılık ve deniz taşımacılığından kaynaklananları içermektedir ve yakıt, gıda, inşaat malzemesi ve su bu grupta yer almaktadır.

Tablo 5.6. Yerel Yönetim Faaliyetlerinden Kaynaklanan Sera Gazı salımlar Rehberi (Türe, 2014)

UNFCCC Sektörü		Kapsam 1 Salımları	Kapsam 2 Salımları	Kapsam 3 Salımları
Enerji	Sabit Enerji	Üretim tesisinden sağlanan yakıt tüketimi (ör. Doğal gaz) Merkezi olmayan yakıt tüketimi (ör. propan, kerosen, fuel oil, durağan dizel, biyoyakıtlar, kömür) Yönetime ait elektrik/ ısı üretim tesisinde tüketilen yakıt	Elektrik / Isı / Buhar / soğutma amacı tüketimler	Önemli devlet hizmetleri sağlayan sözleşmeli işletmelerce yönetilen tesislerin Salımları Üretim/tüketim Salımları (ör. Madencilik/kömür taşımacılığı)
	Taşımacılık	Yönetime ait taşıtların Egzoz Salımları	Uygulanamaz	Yönetim çalışanlarının işe gidiş gelişlerinde kullandıkları taşıtların egzoz Salımları Önemli devlet hizmetleri sağlayan sözleşmeli işletmelerin kullandıkları taşıtların egzoz Salımları Üretim/tüketim Salımları Üretim/tüketim Salımları
	Kayak Salımlar	Enerji üretimindeki kayak salımlar	Uygulanamaz	Üretim/tüketim Salımları
Sanayi Süreçleri		Sanayi süreçlerindeki kaçak salımlar	Uygulanamaz	Üretim/tüketim salımlar
Tarım		Yönetime ait olan canlı hayvanlardan kaynaklanan metan gazı	Uygulanamaz	Uygulanamaz
Arazi kullanımı, Arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık		Yönetime ait olan/ yönetimce işletilen net biyogenik karbon akımı	Uygulanamaz	Uygulanamaz
Atık		Yönetime ait olan/ yönetimce işletilen top sahası, atık yakımı, kompost ve atık su tesisleri Analiz yılı metan gazı Salımları	Uygulanamaz	Geçmişten günümüze yönetim alanı atıkları analiz yılı Salımları Analiz yılı atık üretimi ile ilişkili somutlaşmış gelecekteki Salımları

Kapsam 2 ve 3 kavramları, emisyon tahminlerinin tüketime dayalı olması gerektiğini öne sürmektedir. Yani araştırmacılar, "güvenilir karbon ayak izlerinin" yalnızca sera gazı emisyonlarının nerede üretildiğini değil, aynı zamanda emisyonları oluşturan mal ve hizmetlerin nerede tüketildiğini de belirlediğini savunmaktadırlar (Tablo 5.6) (Bader ve Bleischwitz, 2009; Dhakal, 2010). Bu endişelere yanıt olarak araştırmacılar, kentsel sera gazı envanterlerinin en azından Kapsam 2 analizine dönüşecek olan kentsel alanların dışında bulunan termik santrallerden kaynaklanan emisyonları içermesi gerektiğini savunmaktadırlar. Kapsam 3 analizi ayrıca araştırmacıların, yalnızca şehir içinde ithal edilen ve tüketilen mal ve hizmetlerde bulunan yukarı akım emisyonlarını dâhil etmelerini değil, aynı zamanda ticaretin net etkisini dengelemek ve kaçınmak için başka yerlerde tüketilen ihraç edilen mal ve hizmetlerin emisyonlarını da dâhil etmesini gerektirmektedir. Bu tür analizler için metodolojiler arasında malzeme akışı analizi, yaşam döngüsü analizi ve genişletilmiş girdi-çıktı analizi yer almaktadır.

5.3.2.3. Karbon emisyonu hesaplamalarında kullanılan katmanlar (Tier)

Yukarıdaki bölümde de belirttiğimiz gibi katmanlar, karbon hesaplama yöntemlerinde metodolojik bir karmaşıklık seviyesini temsil etmektedirler. Faaliyet verilerini ve emisyon faktörlerini sınıflandırmak için üç katman belirlenmiştir:

1. **Aşama:** Hesaplama standartları, varsayılan emisyon faktörleri ve sağlanan ek parametrelerle birlikte mevcut ulusal ve uluslararası istatistiklerle kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Böylece tüm ülkelerde kullanmak mümkündür. IPCC tarafından önerilen ve varsayılan değerleri sıklıkla kullanan temel yöntemdir. Bu katman, ülkeler ve şehirler gibi daha net verilere ulaşmanın mümkün olmadığı durumlarda kullanılır.

$$\text{Emisyon Sera gazı} = \text{Yakıt Tüketimi} \times \text{Emisyon Faktörü} \times \text{Çevrim Faktörü} \quad (1)$$

Emisyon Sera gazı: Yakıt türüne bağlı Sera Gazı Miktarı (Ton)

Emisyon Faktörü: Yakıt türüne göre belirlenen temsili değer (kg gaz/Tj)

Çevrim Faktörü: Birim çevirme faktörü

2. **Aşama:** Hesaplama standartları orta düzeyde bir karmaşıklığa sahiptir ve yerel emisyon verilerinin elde edilmesini gerektirir (Atmaca ve Sevimoğlu, 2020).

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (ton/yıl)} = \text{Yakıt} \times \text{Isıl Değer} \times \text{Karbon İçeriği} \times \text{Oksidasyon Faktörü} \times (\text{MWCO}_2 / \text{MWC}) \times C \quad (2)$$

Yakıt Isıl Değer: Yıl boyunca kullanılan yakıtın ısı değerlerinin ortalaması

3. **Aşama:** Hesaplama standartları en karmaşık olanıdır ve bir bölge için gereken en doğru katmandır. Ancak, veri gereksinimleri karmaşık olmanın ötesindedir. Bu nedenle, kentsel düzeydeki hesaplamalar için bu katmanı kullanmak mantıklı olmayacaktır. Bu nedenle, sera gazı emisyonlarını araştıran şehirler, çalışmalarının en uygun aşamasını kullanmalıdır. Kentsel çalışmalarda ilgili protokoller çerçevesinde elde edilebilecek verilerin özelliğinden dolayı Tier 1 ve Tier 2 hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır (Türe, 2016).

5.4. Veri Toplama

Temel yıl ve kentin sınırlarını belirleyip, sonraki adımda envanter için veri toplanması gerekmektedir.

Emisyon verilerini toplamak için başvuru olan iki yol bulunmaktadır; "yukarıdan aşağıya" ve "aşağıdan yukarıya";

- Yukarıdan aşağıya envanterler, bilgi sağlamaya çalışan bazı ulusal, uluslararası ajanslar veya ofisler (örneğin yakıt tüketimi) tarafından toplanan verilere dayanmaktadır. Bu tür bir yaklaşım, daha az kaynak gerektirdiği için yerel veri toplama maliyetinin yüksek olduğu zamanlarda tercih edilmektedir.
- Aşağıdan yukarıya yaklaşımı kullanan envanterler, genellikle faturalardan veya yerel olarak sağlanan diğer bilgi kaynaklarından veri toplayarak bir araya getirmektedirler. Yerel yönetim envanterleri, diğer envanter türlerinden daha küçük bir coğrafi ve operasyonel kapsama sahip olduğundan, genellikle aşağıdan yukarıya bir yaklaşım benimsemektedirler. Bu tür bir yaklaşım, yukarıdan aşağıya yaklaşımdan daha maliyetli ve zaman alıcı olsa da elde edilen sonuçlar daha net ve güvenilir olmaktadır.

Emisyon envanteri hesaplamalarında genellikle her iki yöntem iç içe kullanılmaktadır (Hewitt ve Jackson, 2003; <https://mam.tubitak.gov.tr>, 2020).

6. UYGULAMA

6.1. Eskişehir İlinin Enerji Tüketimi

Tez çalışmasında, Eskişehir ilinin 2019 yılındaki toplam enerji tüketimi, elektrik tüketimi, doğalgaz tüketimi, petrol ve LPG tüketimi olmak üzere 4 grupta ele alınmış ve EPDK tarafından aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

6.1.1. Elektrik Tüketimi

Eskişehir'in 2019 yılı elektrik enerjisi tüketimi toplam 3.009.194,45 MWh' dir. Eskişehir ilinin 2019 yılındaki elektrik tüketimine ait detaylı bilgiler Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1. Eskişehir'in 2019 yılına ait Aylık Elektrik Enerjisi Tüketimi (MWh)

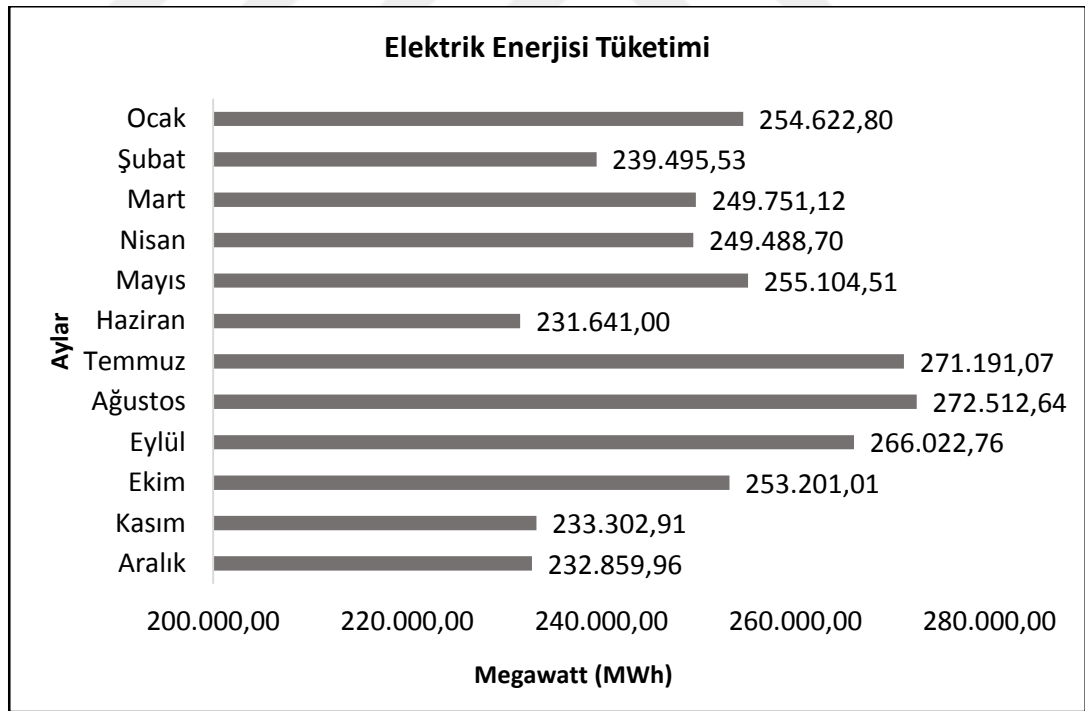
Aylar	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Tarımsal Sulama	Ticarethane	Genel Toplam
Ocak	6.010,24	57.670,81	127.517,79	795,68	62.628,28	254.622,80
Şubat	4.611,39	55.410,62	120.454,31	659,01	58.360,20	239.495,53
Mart	4.615,36	50.271,23	134.016,64	1.632,33	59.215,56	249.751,12
Nisan	4.108,00	50.923,91	130.670,50	11.533,56	52.252,73	249.488,70
Mayıs	3.478,24	46.101,34	131.572,04	22.768,53	51.184,36	255.104,51
Haziran	3.308,31	44.325,54	115.319,10	21.858,61	46.829,44	231.641,00
Temmuz	2.781,06	41.149,63	138.810,49	39.263,29	49.186,60	271.191,07
Ağustos	4.324,52	44.909,15	123.418,00	49.205,05	50.655,92	272.512,64
Eylül	3.841,04	44.740,78	135.055,45	33.122,32	49.263,17	266.022,76
Ekim	4.177,32	42.429,22	137.578,11	22.792,18	46.224,18	253.201,01
Kasım	4.498,69	48.514,40	129.543,71	3.528,38	47.217,73	233.302,91
Aralık	5.109,92	50.003,13	124.189,09	3.304,54	50.253,28	232.859,96
Yıllık Tüketim Toplamı	50.864,09	576.449,76	1.548.145,23	210.463,48	623.271,45	3.009.194,01
Yıllık pay(%)	1,69	19,16	51,45	6,99	20,71	

Eskişehir ilinin elektrik enerjisi tüketimi aylara göre değişimler göstermektedir. Tüketim verilerine bakıldığında, Haziran (231.641,00 MWh), Aralık (232.859,96 MWh) ve Kasım (233.302,91 MWh) ayları tüketimin en az olduğu aylar olarak dikkat çekmektedir. Ağustos (272.512,64 MWh), Temmuz (271.191,07 MWh) ve Eylül (266.022,76 MWh) ayları ise en yüksek tüketimin olduğu aylar olarak öne çıkmaktadır.

Tüketim istatistiklerine baktığımızda sanayi sektöründeki tüketimin Temmuz (138.810,49 MWh) ve Ekim (137.578,11 MWh) ayında arttığı görülmektedir. Şubat (120.454,31 MWh) ve Haziran (115.319,10 MWh) aylarında ise en az enerji tüketiminin olduğunu söylemek mümkündür (Tablo 6.1).

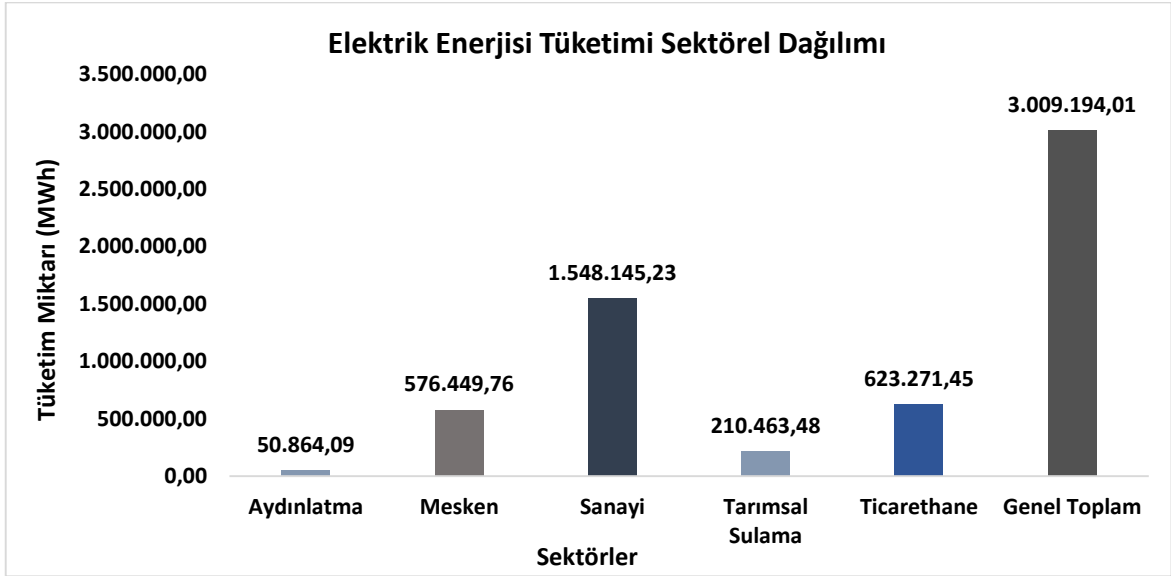
Aydınlatmadan kaynaklanan verilere baktığımızda en çok tüketim Ocak (6.010,24 MWh) ayında, en az tüketimin ise Temmuz (2.781,06 MWh) ayında olduğu görülmektedir. Bu kapsamda, elektrik enerjisi tüketiminin aylara göre değişiminde tüketim alanlarının mevsimsel ihtiyaçlarının etkili olduğunu söylemek mümkündür.

Sektörlerin tüketim verileri incelendiğinde Ocak ayında ticarethane (62.628,28 MWh) ve konutlardaki (57.670,81 MWh) tüketiminde artış gözlemlenmektedir. Tarımsal sulamada kullanılan enerji tüketiminin ise özellikle Ağustos (49.205,05 MWh) ve Temmuz (39.263,29 MWh) aylarında önemli bir artış gösterdiği görülmektedir. (Şekil 6.1)



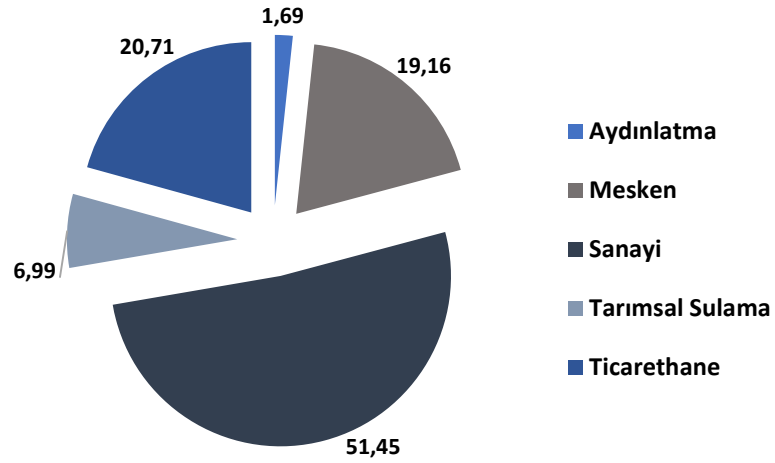
Şekil 6.1. Eskişehir'in 2019 yılı Aylara Göre Elektrik Enerjisi Tüketimi (MWh)

Eskişehir’deki elektrik enerjisi tüketiminin sektörlere göre dağılıma bakıldığı zaman yıllık bazda en yüksek tüketimin 1.548.145,23 MWh ile sanayide olduğu görürken onu sırasıyla 623.271,45 MWh ile ticarethane, 576.449,76 MWh ile mesken, 210.463,48 MWh ile tarımsal sulama ve 50.864,09 MWh ile aydınlatma sektörleri izlemektedir (Şekil 6.2).



Şekil 6.2. Eskişehir’in 2019 Yılı Elektrik Enerjisi Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (MWh)

Eskişehir’deki elektrik enerjisi tüketiminin %51,45’ini sanayi sektörü tek başına gerçekleştirmektedir. Ticarethanelerin tüketimi %20,71 ile ikinci sırayı alırken meskenlerdeki elektrik enerjisi tüketimi ise %19,16 ile üçüncü sırayı almaktadır. Tarımsal sulamada kullanılan elektrik enerjisinin payı %6,99 iken aydınlatma faaliyetlerinin payı ise %1,69 düzeyinde görülmektedir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Eskişehir'in 2019 yılı Elektrik Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılım Payı (%)

6.1.2. Doğalgaz Tüketimi

Eskişehir ilinin yıllık doğalgaz tüketimi toplam 5.717.034,09 MWh'dır (Tablo 6.2). Hesaplama yöntemlerinin gerekliliklerine göre, uygulama adımına başlamadan önce toplanan değerlerin m³'ten MWh birimine dönüştürülmesi gerekmektedir. Hesaplama aşağıdaki dönüşümler esas alınmıştır:

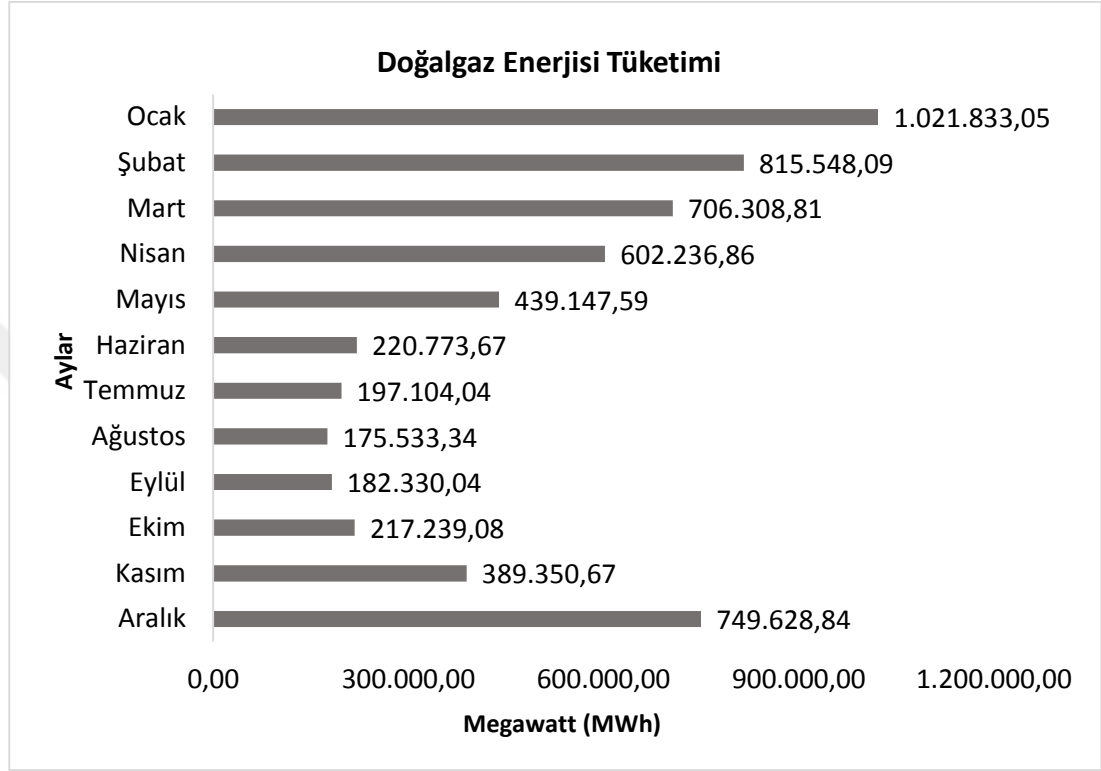
$$1 \text{ Sm}^3 = 10,8 \text{ kWh}, \quad (3)$$

$$1 \text{ Sm}^3 = 10,8 \text{ kWh} = 0.0108 \text{ MWh} \quad (4)$$

Tablo 6.2. Eskişehir İlinin 2019 yılına ait Aylık Doğal Gaz Tüketimi (MWh)

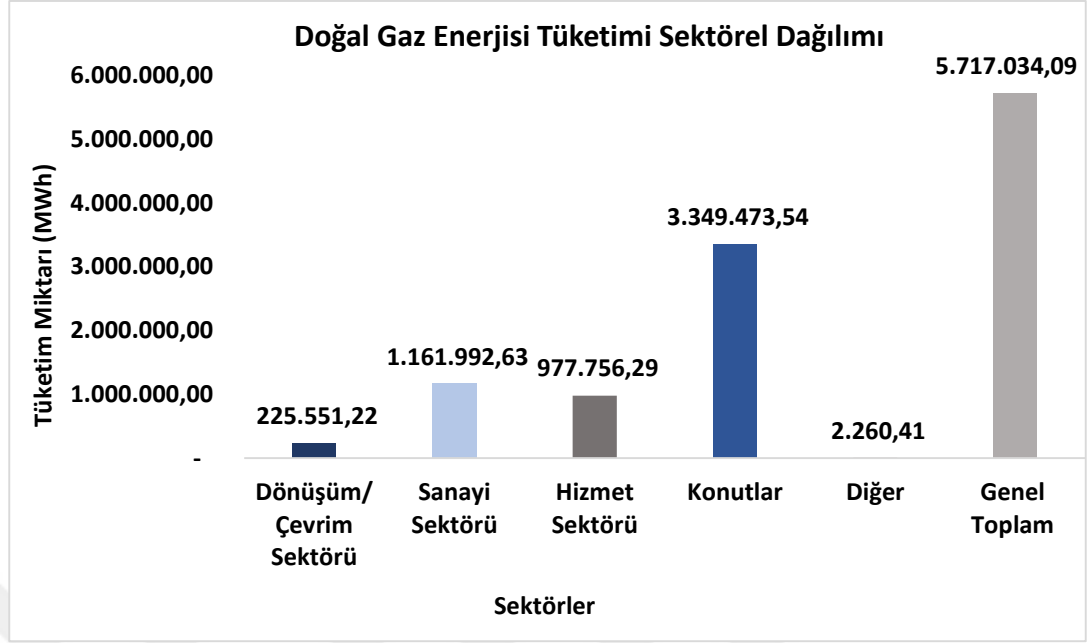
Aylar	Dönüşüm/ Çevrim Sektörü	Sanayi Sektörü	Hizmet Sektörü	Konutlar	Diğer	Genel Toplam(M WH)	Genel Toplam(sm ³)
Ocak	13.851,49	121.993,28	203.185	682.802,90		1.021.833,05	94.614.171,07
Şubat	12.245,79	91.468,56	139.878,04	571.955,70		815.548,09	75.513.712,18
Mart	16.437,01	92.421,70	112.298,04	485.152,06		706.308,81	65.398.964,11
Nisan	21.689,66	92.043,23	98.606,50	389.897,47		602.236,86	55.762.672,53
Mayıs	22.563,58	98.866,03	51.934,79	265.783,19		439.147,59	40.661.814,07
Haziran	21.992,93	91.594,65	25.153,53	82.032,56		220.773,67	20.442.006,66
Temmuz	22.843,11	107.558,15	25.445,28	41.246,64	10,85	197.104,04	18.250.374,14
Ağustos	22.222,53	83.689,16	24.533,51	44.808,65	279,49	175.533,34	16.253.087,18
Eylül	18.254,03	91.757,52	26.906,44	44.700,72	711,34	182.330,04	16.882.411,49
Ekim	17.858,25	90.118,55	48.465,01	59.933,31	863,97	217.239,08	20.114.729,63
Kasım	16.207,82	96.752,75	82.138,07	193.857,26	394,76	389.350,67	36.050.987,61
Aralık	19.385,03	103.729,03	139.211,69	487.303,09		749.628,84	69.410.077,89

Yıllık Toplam	225.551,22	1.161.992,63	977.756,29	3.349.473,54	2.260,41	5.717.034,09	529.355.008,56
Yıllık Tüketimde ki Pay (%)	3,95	20,33	17,10	58,59	0,04		

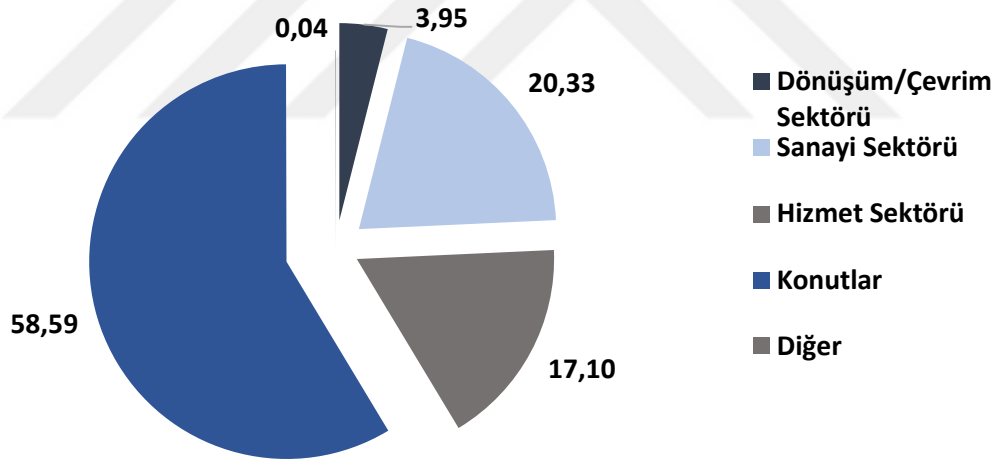


Şekil 6.4. Eskişehir'in 2019 yılı Aylara Göre Doğalgaz Enerjisi Tüketimi (MWh)

Eskişehir'in 2019 yılı doğalgaz tüketim verileri incelendiğinde, kış aylarında (Aralık-749.628,84 MWh, Ocak-1.021.833,05 MWh ve Şubat-815.548,09 MWh) tüketimin arttığı görülmektedir (Tablo 6.2). Buna karşılık, Ağustos (175.253,85MWh), Eylül (182.330,04 MWh) ve Temmuz (197.104,0407 MWh) aylarında ise tüketimde önemli ölçüde azalma belirlenmiştir. Doğal gaz tüketiminde kış aylarındaki artış gözlenmesinin mevsimsel ihtiyaçlar kaynaklı olduğu düşündürmektedir (Şekil 6.4).



Şekil 6.5. Eskişehir'in 2019 yılı Doğalgaz Enerjisi Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (MWh)



Şekil 6.6. Eskişehir'in 2019 yılı Doğalgaz Enerjisi Tüketiminde Sektörlere Göre Dağılım Payı (%)

Eskişehir'deki doğalgaz enerjisi tüketiminin sektörlere göre dağılımına bakıldığında zaman, Eskişehir ilinde tüketilen toplam doğalgaz enerjisinin (5.717.034,09 MWh) büyük bir bölümünün konut sektöründe (3.349.473,54 MWh (%58,59)) kullandığı görülmektedir (Şekil 6.5). Bunun başlıca nedeni doğalgazın yoğun olarak konutların ısıtılmasında kullanılması olarak görülmektedir. Konut sektörünü 1.161.992 MWh'lık tüketim (%20,33) ile sanayi sektörü ve 977.756 MWh'lık tüketim (%17,1) ile hizmet

sektörü, 225.551,22 MWh (%3,95) ile dönüşüm/çevrim sektörü ve 2.260,41 MWh' lik (%0,04) tüketim ile diğer kategorisindeki alanlar takip etmektedir. (Şekil 6.6).

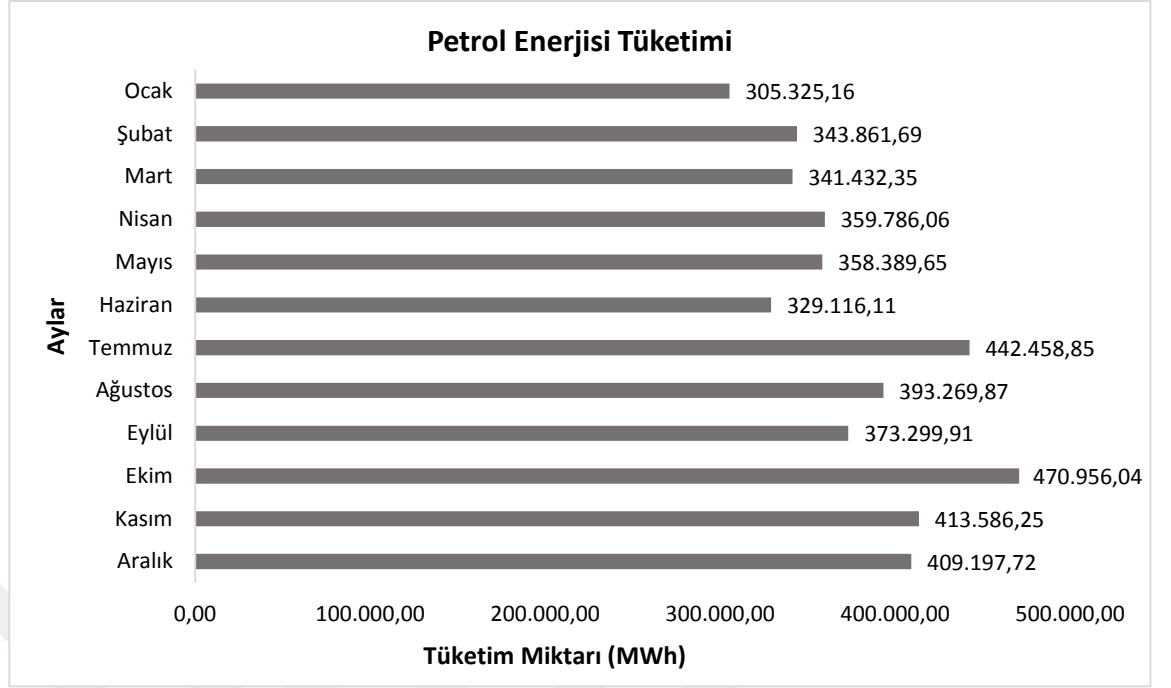
6.1.3. Petrol Tüketimi

Eskişehir ilinin yıllık petrol tüketimi toplam 4.540.679,66 MWh'dır. Hesaplama yöntemlerinin gerekliliklerine göre, uygulama adımına başlamadan önce toplanan değerlerin m³'ten MWh birimine dönüştürülmesi gerekmektedir (Tablo 6.3). Petrol tüketiminin enerji eşdeğerinin hesaplanması aşağıdaki formüle göre yapılmış ve Eskişehir'in aylık ve yıllık petrol enerjisi tüketimi ayrı ayrı hesaplanmıştır:

$$1 \text{ ton Petrol: } 11630 \text{ kWh} = 11,63 \text{ MWh} \quad (5)$$

Tablo 6.3. Eskişehir İlinin 2019 yılına ait Aylık Petrol Tüketimi (MWh)

Aylar	Benzin Türleri	Motorin Türleri	Fuel-oil Türleri	Toplam (MWh)	Toplam (ton)
Ocak	23.487,82	251.415,58	30.421,75	305.325,16	26.253,24
Şubat	23.475,90	301.844,19	18.541,59	343.861,69	29.566,78
Mart	26.265,31	308.115,78	7051,269	341.432,35	29.357,90
Nisan	27.290,68	319.892,77	12.602,62	359.786,06	30.936,03
Mayıs	28.191,50	323.461,58	6736,5612	358.389,65	30.815,96
Haziran	29.947,85	296.011,88	3156,382	329.116,11	28.298,89
Temmuz	33.182,17	405.272,12	4004,5579	442.458,85	38.044,61
Ağustos	36.717,69	353.002,82	3549,3597	393.269,87	33.815,12
Eylül	27.697,22	343.691,89	1910,809	373.299,91	32.098,02
Ekim	27.634,21	437.563,58	5758,2456	470.956,04	40.494,93
Kasım	27.482,21	384.366,74	1737,2894	413.586,25	35.562,02
Aralık	26.740,92	372.780,65	9676,16	409.197,72	35.184,67
Yıllık:	338.113,48	4.097.419,59	105.146,60	4.540.679,66	390.428,17
Yıllık Tüketimdeki Pay (%)	7,45	90,24	2,32		



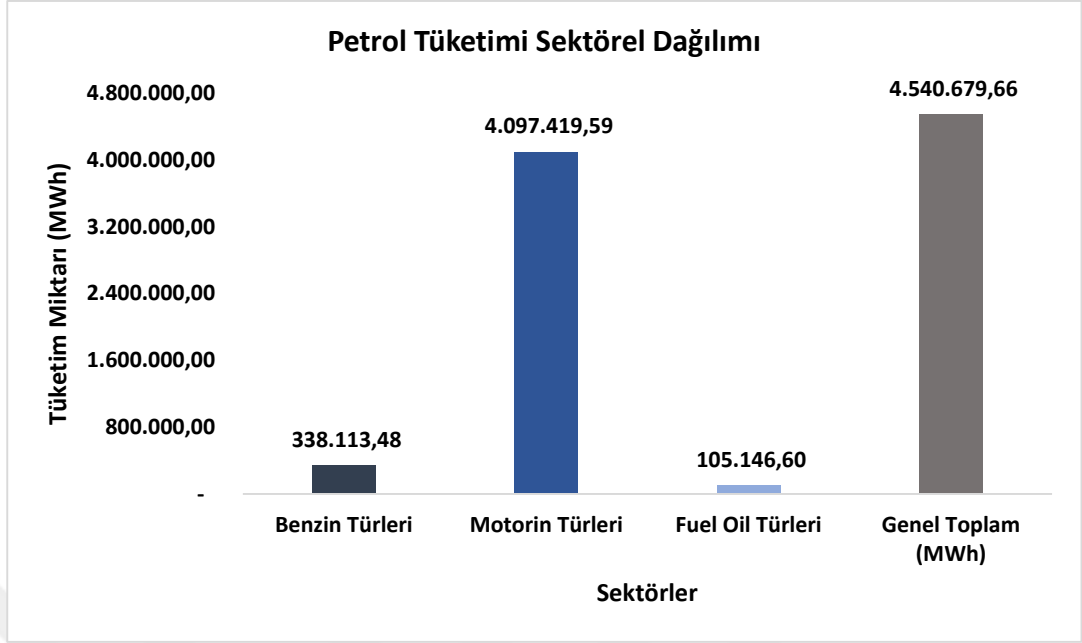
Şekil 6.7. Eskişehir'in 2019 yılı Aylara Göre Toplam Petrol Tüketimi (MWh)

Eskişehir ilinin 2019 yılı petrol tüketim verileri incelendiğinde, en fazla tüketimin Ekim (470.956,04 MWh) ve Temmuz (442.458,85 MWh) aylarında olduğu görülmektedir. Buna karşılık, Ocak (305.325,16 MWh) ve Haziran (329.116,11 MWh) aylarında tüketimin önemli ölçüde azaldığı görülmektedir (Şekil 6.7).

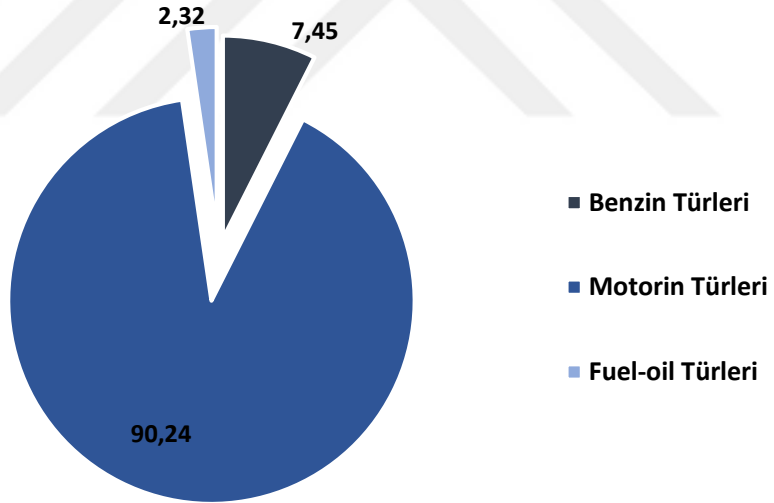
2019 yılında petrol tüketimi içinde yer alan Benzin türlerinin tüketimine baktığımızda en yüksek tüketimin 36.717,69 MWh ile Ağustos ve 33.182,17 MWh' lik tüketim ile Temmuz ayında olduğu görülmektedir. Benzin türlerinde en düşük tüketim ise 23.475,90 MWh ile Şubat ve 23.487,82 MWh ile Ocak aylarında izlemiştir.

Motorin türlerinin tüketimine bakıldığında en yüksek tüketimin Ekim ayında (437.563,58 MWh), en düşük tüketimin ise Ocak ayında (251.415,58 MWh) gerçekleştiği görülmektedir.

Fuel-oil türlerinin tüketimi incelendiğinde, yıllık bazda en yüksek tüketimin Ocak ayında (30.421,75 MWh), en düşük tüketimin ise 1.737,29 MWh ile Kasım ayında gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 6.7).



Şekil 6.8. Eskişehir'in 2019 yılı Petrol Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (MWh)



Şekil 6.9. Eskişehir'in 2019 yılı Petrol Enerjisi Tüketiminde Sektörlere Göre Dağılım Payı (%)

Petrolün türlere göre tüketimine baktığımız zaman motorin 4.097.419,59 MWh (şekil 6.8) ile ilk sırada yer almaktadır. Sırasıyla Benzin türleri 338.113,48MWh ile öne çıkmaktadır. En az yakıtın kullanıldığı tür ise Fuel-oil türleri 105.149,60 MWh ile görülmektedir.

Şekil 6.9’da görüldüğü gibi Eskişehir’de 2019 yılı içinde tüketilen toplam 4.540.679,66 MWh’lik petrolün %90,24’ lük kısmı motorin türleri kaynaklıdır. Motorin türlerini %7,45’ lik tüketim ile fuel-oil türleri ve %2,32’ lik tüketim ile benzin türleri takip etmektedir.

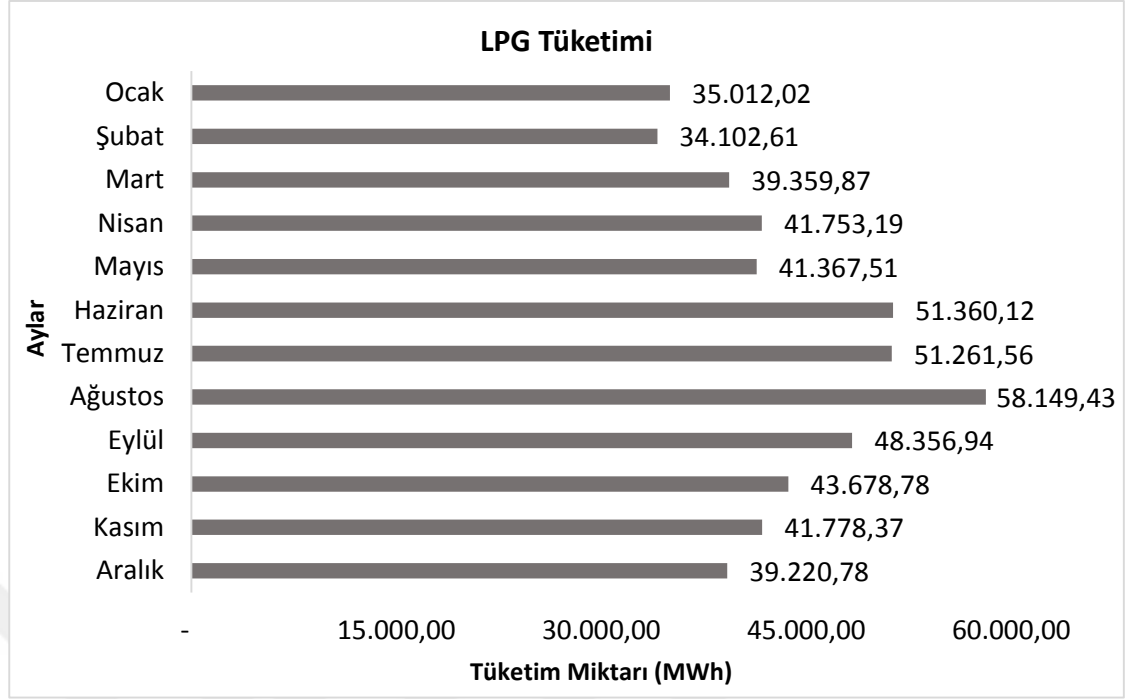
6.1.4. LPG Tüketimi

Eskişehir ilinin 2019 yılı LPG tüketimi tüplü, dökme ve otogaz olmak üzere 3 ana başlık altında değerlendirilmiştir. Eskişehir ilinin 2019 yılındaki genel LPG tüketimi 525.401,18 MWh (44.203,36 ton) olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.4). LPG tüketiminin enerji eşdeğeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmış ve aylık, toplam ve alt türlere ait hesaplamalar Tablo 6.4’ de detaylı şekilde belirtilmiştir.

$$1 \text{ ton LPG}=11886 \text{ kWh}=11,886 \text{ MWh} \quad (6)$$

Tablo 6.4. Eskişehir ilinin 2019 yılına ait LPG Tüketimi (MWh)

Aylar	Tüplü	Dökme	Otogaz	Genel Toplam (MWh)	Genel Toplam (ton)
Ocak	4.254,74	857,33	29.899,96	35.012,02	2.945,65
Şubat	3.887,76	851,77	29.363,08	34.102,61	2.869,14
Mart	4.443,05	627,66	34.289,16	39.359,87	3.311,45
Nisan	4.747,40	796,79	36.209,00	41.753,19	3.512,80
Mayıs	5.153,51	599,58	35.614,43	41.367,51	3.480,36
Haziran	5.140,15	255,51	45.964,46	51.360,12	4.321,06
Temmuz	5.184,76	573,43	45.503,38	51.261,56	4.312,77
Ağustos	5.661,19	507,65	51.980,58	58.149,43	4.892,26
Eylül	5.593,06	358,95	42.404,93	48.356,94	4.068,40
Ekim	4.329,21	172,06	39.177,50	43.678,78	3.674,81
Kasım	4.164,50	499,95	37.113,93	41.778,37	3.514,92
Aralık	4.106,86	651,17	34.462,74	39.220,78	3.299,75
Yıllık Toplam	56.666,18	6.751,85	461.983,15	525.401,18	44.203,36
Yıllık Tüketimdeki Pay (%)	10,79	1,29	87,93		



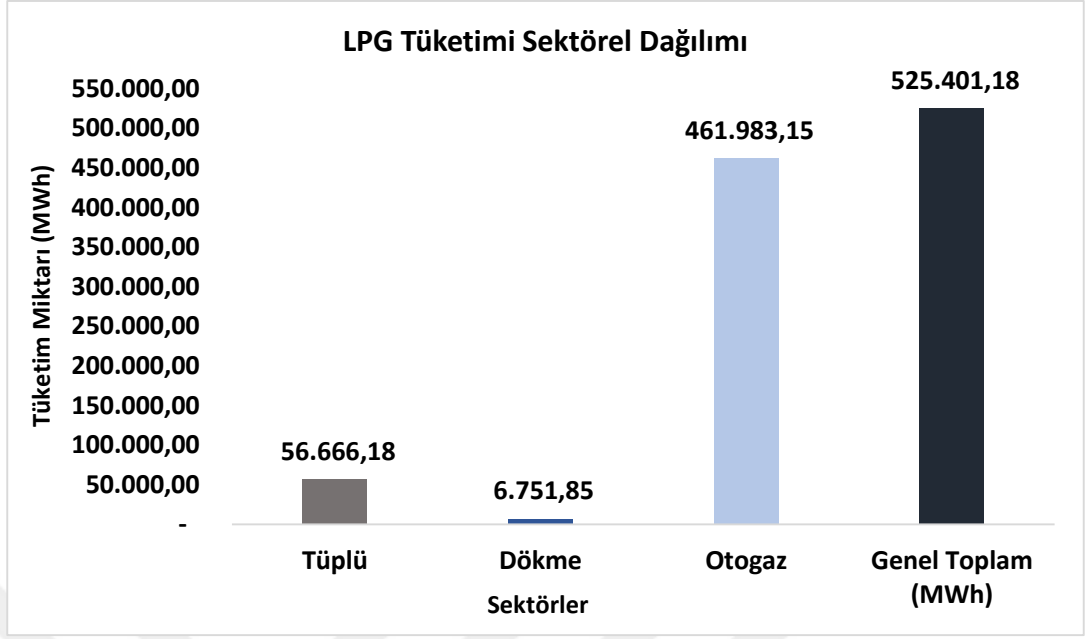
Şekil 6.10. Eskişehir'in 2019 yılı Aylara Göre Toplam LPG Tüketimi (MWh)

Tablo 6.10'daki veriler incelendiğinde, 2019 yılında Eskişehir ilindeki en fazla tüketimin Ağustos (58.149,43 MWh) ayında olduğu görülmektedir. Ağustos ayını Haziran (51.360,12 MWh) ve Temmuz (51.261,56 MWh) ayları takip etmektedir. LPG'nin en az tüketildiği aylar ise Aralık (39.220,78 MWh), Ocak (35.012,02) ve Şubat (34.102,61 MWh) olarak sıralanmaktadır. Veriler incelendiğinde LPG tüketiminin yaz aylarında arttığı kış aylarında ise azaldığı görülmektedir.

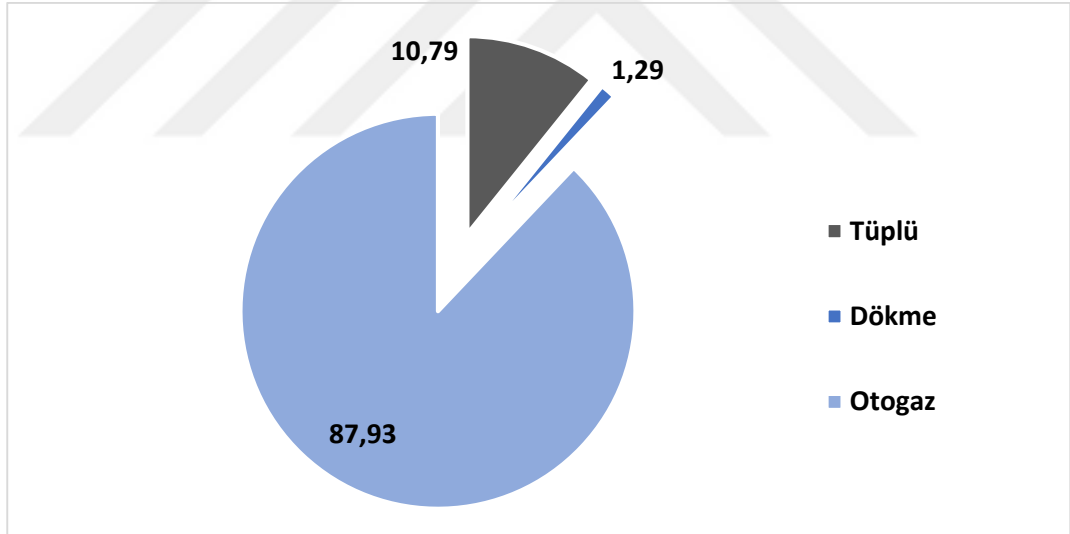
2019 yılı içindeki toplam tüplü tüketimin (56.666,18 MWh) aylara göre dağılımı incelendiğinde, en yüksek tüketimin 5.661,19 MWh ile Ağustos ayında ve en düşük tüketim ise 3.887,76 MWh ile Şubat ayında gerçekleştiği görülmektedir.

Dökme satışın aylara göre dağılımı incelendiğinde ise Ocak (857,33 MWh) ve Şubat (851,77 MWh) aylarında en yüksek tüketimin gerçekleştiği görülmektedir. Buna karşın, en düşük tüketimin 172,06 MWh ile Ekim ayında gerçekleştiği görülmektedir.

2019 yılı içindeki toplam otogaz tüketiminin (461.983,15 MWh) aylara göre dağılımının 2019 yılı içindeki tüplü tüketim ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Buna göre en fazla tüketim 51.980,58 MWh ile Ağustos ayında, en az tüketim ise 29.363,08 MWh ile Şubat ayında görülmektedir (Şekil 6.10).



Şekil 6.11. Eskişehir'in 2019 yılı LPG Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (MWh)



Şekil 6.12. Eskişehir'in 2019 yılı LPG Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılım Payı (%)

Eskişehir ilinin 2019 yılı toplam LPG enerjisi tüketiminin sektörel bazda dağılımı incelendiğinde, en fazla tüketimin 461.983,15 MWh (Şekil 6.11) ile otogaz sektöründe gerçekleştiği görülmektedir ve bu tüketim miktarı genel tüketimin %87,93' üne karşılık gelmektedir. Otogaz sektörünü, 56.666,18 MWh' lik tüketim ve %10,79' luk pay ile tüplü

tüketim ile 6.751,85' lik tüketim ve %1,29' luk pay (Şekil 6.12) ile de dökme sektörü takip etmektedir.

7. ESKİŞEHİR İLİ'NDEKİ ENERJİ TÜKETİM FAALİYETLERİNİN SERA GAZI EMİSYON DÜZEYİ

Araştırmanın bu bölümünde Eskişehir ilindeki enerji ve enerji tüketiminin emisyon çıktısı verileri kullanılarak enerji tüketiminin sera gazı emisyonlarına etkisi analiz edilmiştir. Analizde EPDK'dan alınan 2019 yılına ait elektrik, doğalgaz, petrol ve LPG tüketim değerleri kullanılarak Eskişehir ilinin enerji tüketim faaliyetlerinin sera gazı emisyon miktarları hesaplanmıştır.

Enerji türlerinin emisyon katkısı hesaplamaları yapılırken aşağıdaki emisyon faktörleri kullanılmış ve her enerji türünün Eskişehir'in toplam emisyon düzeyine etkisi aylık ve yıllık toplamlar olarak hesaplanarak karşılaştırmalar kullanılmıştır.

Elektrik enerjisi emisyon faktörü : **Tüm alt türler için 0,505**

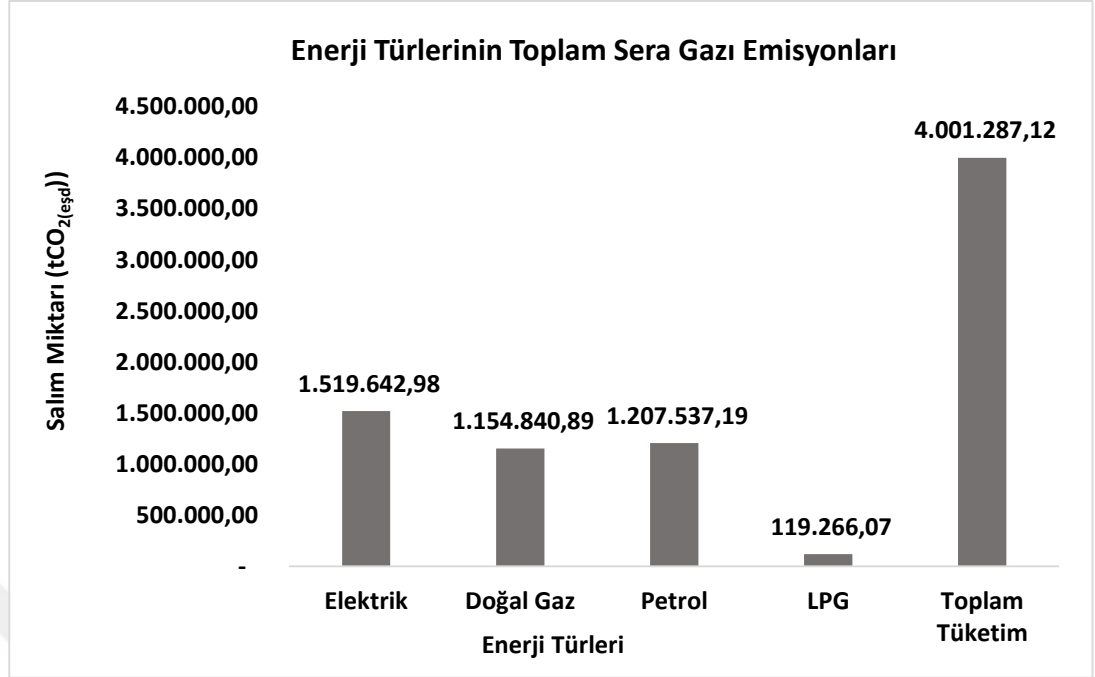
Doğalgaz enerjisi emisyon faktörü : **Tüm alt türler için 0,202**

Petrol enerjisi emisyon faktörü : **Benzin için 0,249, motorin için 0,267, fuel-oil için 0,279**

LPG enerjisi emisyon faktörü : **Tüm alt türler için 0,227**

Emisyon faktörlerinin katsayılarına bakıldığında, elektrik enerjisi tüketiminin birim enerji başına en yüksek emisyon katkısına sahip olduğu, doğal gaz enerjisi tüketiminin ise ikinci en yüksek emisyon katkısına sahip olduğu görülmektedir. Petrol enerjisi emisyon faktörlerinin ise alt kategorilerinde değişiklik gösterdiği görülmektedir.

7.1. Eskişehir'in Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları



Şekil 7.1. Eskişehir'in Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları(CO₂(eşd))

Şekil 7.1'de görüldüğü gibi 2019 yılı için Eskişehir ilinin enerji çeşitlerine bağlı toplam sera gazı salım 4.001.287,12 tCO₂(eşd) olarak hesaplanmıştır. Eskişehir ilinde enerji tüketimine bağlı en yüksek sera gazı salımının elektrik enerjisi tüketiminden (1.519.642,98 tCO₂(eşd)) kaynaklandığı görülmektedir. Elektrik enerjisini sırasıyla doğal gaz (1.154.840,89 tCO₂(eşd)), petrol (1.207.537,19 tCO₂(eşd)) ve LPG (119.266,07 tCO₂(eşd)) enerji türleri izlemektedir.

7.1.1. Elektrik Enerjisi Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonu

Araştırmalar sonucunda elektrik enerjisi tüketimi kaynaklı sera gazı salımları **Kapsam-2** sınıfına dâhil edilmektedir. Kapsam 2, satın alınan elektrik, ısı ve/veya buhar tüketimi ile ilişkilidir. Yerel yönetimin sınırları dâhilinde dağıtım şebekesi ya da herhangi bir üretim tesisinin sağladığı elektrik ve bunun yanı sıra merkezi ısıtma veya soğutma amacıyla kullanılan salım kaynakları Kapsam 2 altında değerlendirilmektedir. Bu uygulamada hesaplamalar **Tier 2** yaklaşımına uygun gerçekleştirilmiştir.

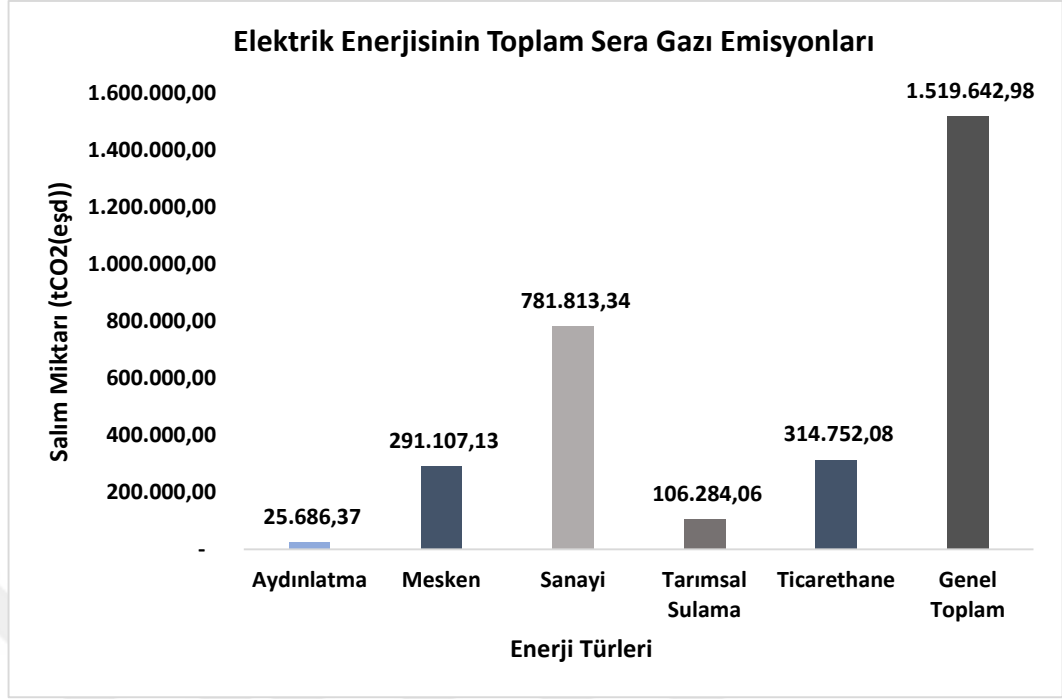
Elektrik sektörü için hesaplamalar şu şekildedir:

$$\text{Elektrik kullanım (MWh)} \times \text{EF (0,505)} = \text{Sera Gazı Emisyon (tCO}_2\text{(eşd))} \quad (7)$$

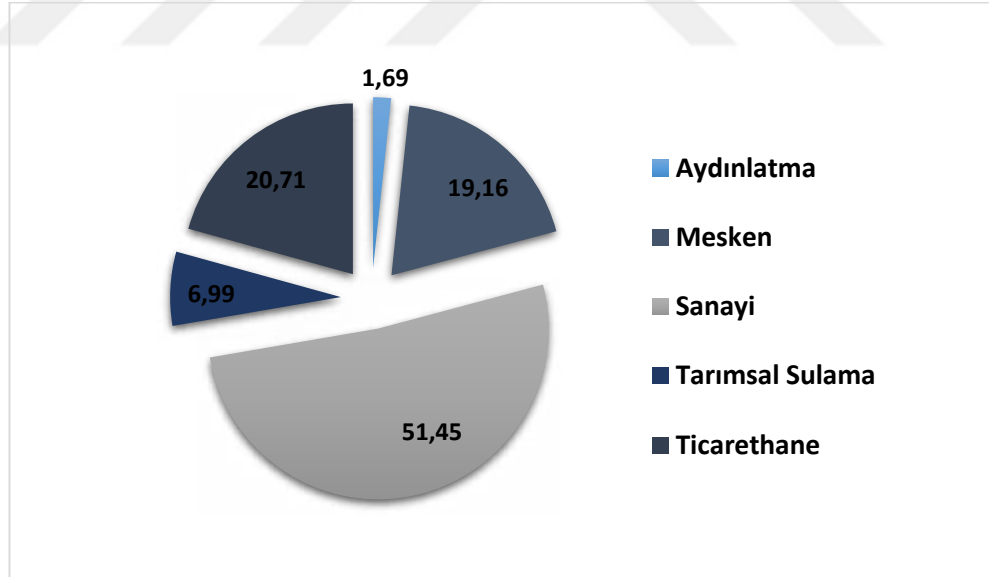
$$\text{Örnek hesaplama: } 50.864,09 \text{ MWh} \times 0,505 = 25.686,37 \text{ tCO}_2\text{(eşd)}$$

Tablo 7.1. Eskişehir’de Elektrik Enerjisi Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları (tCO₂(eşd))

	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Tarımsal Sulama	Ticarethane	Genel Toplam	Salım Kapsamı (Scope)	Aşama (Tier)
Ocak	3.035,17	29.123,76	64.396,48	401,82	31.627,28	128.584,51	2	2
Şubat	2.328,75	27.982,36	60.829,43	332,80	29.471,90	120.945,24	2	2
Mart	2.330,76	25.386,97	67.678,40	824,33	29.903,86	126.124,32	2	2
Nisan	2.074,54	25.716,57	65.988,60	5.824,45	26.387,63	125.991,79	2	2
Mayıs	1.756,51	23.281,18	66.443,88	11.498,11	25.848,10	128.827,78	2	2
Haziran	1.670,70	22.384,40	58.236,15	11.038,60	23.648,87	116.978,71	2	2
Temmuz	1.404,44	20.780,56	70.099,30	19.827,96	24.839,23	136.951,49	2	2
Ağustos	2.183,88	22.679,12	62.326,09	24.848,55	25.581,24	137.618,88	2	2
Eylül	1.939,73	22.594,09	68.203,00	16.726,77	24.877,90	134.341,49	2	2
Ekim	2.109,55	21.426,76	69.476,95	11.510,05	23.343,21	127.866,51	2	2
Kasım	2.271,84	24.499,77	65.419,57	1.781,83	23.844,95	117.817,97	2	2
Aralık	2.580,51	25.251,58	62.715,49	1.668,79	25.377,91	117.594,28	2	2
Yıllık Toplam	25.686,37	291.107,13	781.813,34	106.284,06	314.752,08	1.519.642,98	2	2
Yıllık Pay (%)	1,69	19,16	51,45	6,99	20,71			



Şekil 7.2. Eskişehir'in 2019 yılı Elektrik Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları(CO₂(eşd))



Şekil 7.3. Eskişehir'in 2019 yılı Elektrik Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonlarının Yıllık Sektörel Payı (CO₂(eşd))

Eskişehir ilinin 2019 yılındaki elektrik enerjisi tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyon değerleri (tCO₂(eşd)) Tablo 7.1'de detaylı şekilde gösterilmiştir. Buna göre, Eskişehir ilinin 2019 yılında elektrik enerjisi tüketiminden kaynaklanan sera gazı

emisyonu 1.519.642,98 tCO₂(eşd) olarak hesaplanmıştır (Şekil 7.2). Toplam salımın %51,45 gibi büyük bir bölümünü 781.813,34 tCO₂(eşd) salım ile sanayi sektörü gerçekleştirmektedir. Şekil 7.3’de Sanayi sektörünü sırasıyla ticarethane (%20,71), mesken (%19,16), tarımsal sulama (%6,99) ve aydınlatma (%1,69) sektörleri takip etmektedir.

Sektörlerin aylara göre sera gazı emisyon değerleri incelendiğinde, yıllık 25.686,37 tCO₂(eşd) salım gerçekleşen aydınlatma sektöründe en yüksek salımın 3.035,17 tCO₂(eşd) ile Ocak ayında, en düşük salımın ise 1.404,44 tCO₂(eşd) ile Temmuz ayında gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 7.1).

Meskenlerde gerçekleşen sera gazı emisyon değerleri incelendiğinde aydınlatmada olduğu gibi en yüksek ve en düşük sera gazı emisyon değerlerinin Ocak (29.123,76 tCO₂(eşd)) ve Temmuz (20.780,56 tCO₂(eşd)) aylarında olduğu görülmektedir.

Sanayide gerçekleşen elektrik enerjisi tüketimi sonucunda oluşan yıllık sera gazı emisyon değerinin 781.813,34 tCO₂(eşd) olduğu tablo 8’de görülmektedir. Tablo 7.1 detaylı incelendiğinde, sanayide gerçekleşen enerji tüketimi kaynaklı sera gazı salım değerlerinin Temmuz ayında zirve yaptığı ve 70.099,30 tCO₂(eşd) değere ulaştığı görülmektedir. Haziran ayında (58.236,15 tCO₂(eşd)) ise en az sera gazı emisyon değerine ulaşıldığı görülmektedir.

Tarım sulamada tüketilen elektrik enerjisine göre hesaplanan sera gazı emisyon değerine göre en yüksek salım değeri 24.848,55 tCO₂(eşd) ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir (Tablo 7.1). Ağustos ayını Temmuz (19.827,96 tCO₂(eşd)) ve Eylül (16.726,77 tCO₂(eşd)) ayları takip etmektedir. En az salımın ise beklendiği üzere Ocak (401,82 tCO₂(eşd)) ve Şubat aylarında (332,80 tCO₂(eşd)) gerçekleştiği görülmektedir. Tarımsal sulamada tüketilen enerji kaynaklı sera gazı salımının yaz ve kış aylarında farklılık göstermesinin sebebi Eskişehir’ in kış aylarında tarıma elverişsizliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ticarethanelerin elektrik enerjisi tüketimi kaynaklı sera gazı emisyon değerleri incelendiğinde, en fazla salımın Ocak ayında (31.627,28 tCO₂(eşd)), en az salımın ise Ekim ayında (31.627,28 tCO₂(eşd)) gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 7.1).

7.1.2. Doğalgaz Enerjisi Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonu

Doğalgaz enerjisi tüketimine dayalı sera gazı emisyonları **Kapsam-1** sınıfına dâhil edilmektedir. Sabit yakma ünitelerindeki yakıtlar “**Kapsam 1**” olarak sınıflandırılarak ve raporlandırılmaktadır. Bu uygulamadaki hesaplamalarda **Tier 1** yaklaşımı kullanılmıştır.

Doğalgaz sektörü için kullanılan hesaplama şu şekildedir:

$$\text{Doğalgaz enerjisi tüketimi (MWh)} \times \text{EF (0,202)} = \text{Sera Gazı Emisyonu (tCO}_2\text{(eşd)) (8)}$$

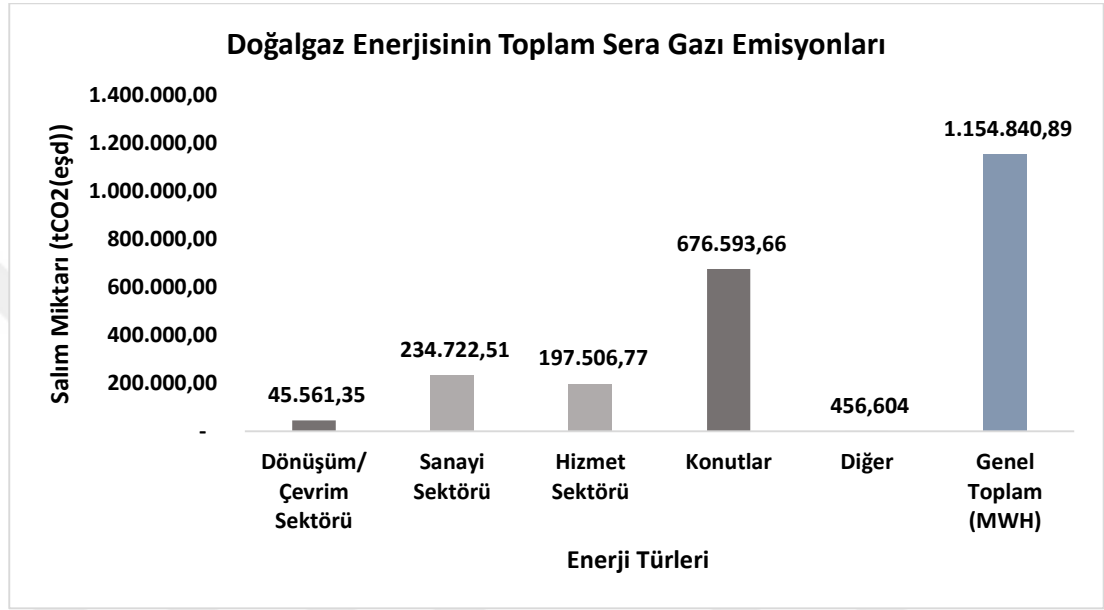
Doğalgaz için örnek hesaplama: $225.551,22 \text{ MWh} \times 0,202 = 45.561,35 \text{ tCO}_2\text{(eşd)}$

Eskişehir ilinin 2019 yılındaki doğal gaz enerjisi tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyon değerleri (tCO₂(eşd)) Tablo 7.2’de detaylı şekilde gösterilmiştir. Buna göre, Eskişehir ilinin 2019 yılında doğal gaz enerjisi tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonu 1.154.840,89 tCO₂(eşd) olarak hesaplanmıştır. Toplam salımın %58,59 gibi büyük bir bölümü 676.593,66 tCO₂(eşd) salım ile konutlarda gerçekleşmektedir. Konutlarda gerçekleşen salımı sırasıyla 234.722,51 tCO₂(eşd) (%20,33) salım ile sanayi sektörü, 197.506,77 tCO₂(eşd) (%17,1) (Şekil 7.5) hizmet sektörü, 45.561,35 tCO₂(eşd) (%3,95) ile dönüşüm/çevrim sektörü ve 456,604 tCO₂(eşd) (%0,04) ile diğer sektörler takip etmektedir (Şekil 7.4).

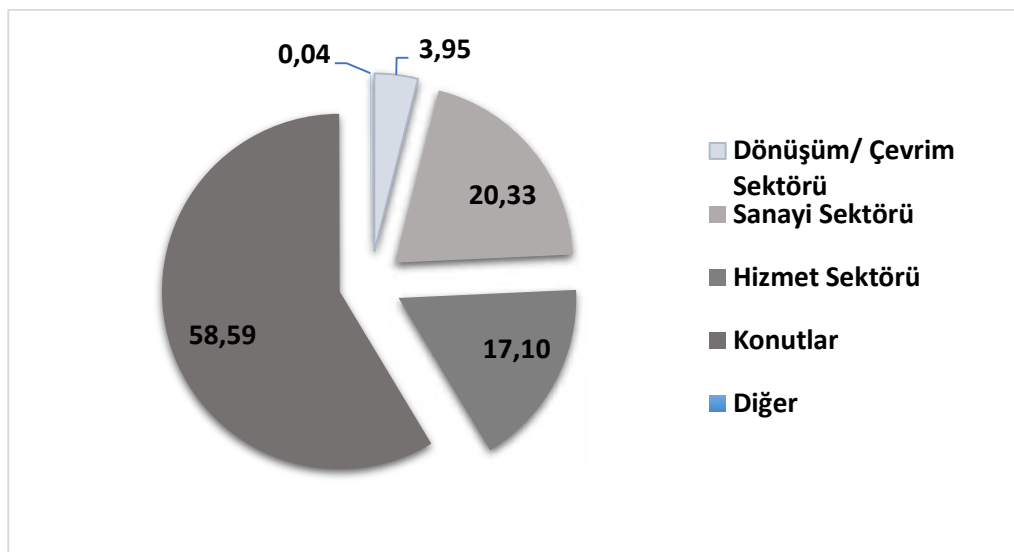
Tablo 7.2. Eskişehir’de Doğalgaz Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları (tCO₂(eşd))

Aylar	Dönüşüm/ Çevrim Sektörü	Sanayi Sektörü	Hizmet Sektörü	Konutlar	Diğer	Genel Toplam	Salım Kapsamı (Scope)	Aşama (Tier)
Ocak	2.798,00	24.642,64	41.043,45	137.926,18	-	206.410,28	1	1
Şubat	2.473,65	18.476,65	28.255,36	115.535,05	-	164.740,71	1	1
Mart	3.320,28	18.669,18	22.684,20	98.000,72	-	142.674,38	1	1
Nisan	4.381,31	18.592,73	19.918,51	78.759,29	-	121.651,85	1	1
Mayıs	4.557,84	19.970,94	10.490,83	53.688,20	-	88.707,81	1	1
Haziran	4.442,57	18.502,12	5.081,01	16.570,58	-	44.596,28	1	1
Temmuz	4.614,31	21.726,75	5.139,95	8.331,82	2,193	39.815,02	1	1
Ağustos	4.488,95	16.905,21	4.955,77	9.051,35	56,457	35.457,73	1	1
Eylül	3.687,31	18.535,02	5.435,10	9.029,54	143,690	36.830,67	1	1
Ekim	3.607,37	18.203,95	9.789,93	12.106,53	174,522	43.882,29	1	1

Kasım	3.273,98	19.544,06	16.591,89	39.159,17	79,742	78.648,83	1	1
Aralık	3.915,78	20.953,26	28.120,76	98.435,23	-	151.425,03	1	1
Yıllık Toplam	45.561,35	234.722,51	197.506,77	676.593,66	456,604	1.154.840,89	1	1
Yıllık Pay (%)	3,95	20,33	17,10	58,59	0,04			



Şekil 7.4. Eskişehir'in 2019 yılı Doğalgaz Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları(CO₂(eşd))



Şekil 7.5. Eskişehir'in 2019 yılı Doğalgaz Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonlarının Yıllık Sektörel Payı (CO₂(eşd))

2019 yılında Eskişehir ilinde gerçekleşene doğal gaz enerjisi tüketimi kaynaklı sera gazı emisyon değerlerinin ($tCO_2(eşd)$) aylara ve sektörlere göre değişimi Tablo 7.2’de detaylı şekilde gösterilmiştir. Buna göre, yıllık 45.561,35 $tCO_2(eşd)$ salım gerçekleşen dönüşüm/ çevrim sektöründe en yüksek salımın 4.614,31 $tCO_2(eşd)$ ile Temmuz ayında gerçekleştiği görülmektedir. Temmuz ayını, 4.557,84 $tCO_2(eşd)$ ve 4.488,95 $tCO_2(eşd)$ ’lik emisyon miktarları ile Mayıs ve Ağustos ayları takip etmektedir. Dönüşüm/Çevrim sektöründeki en düşük emisyonun gerçekleştiği Şubat ayında ise 2.473,65 $tCO_2(eşd)$ ’lik bir salım gerçekleştiği hesaplanmıştır (Şekil 7.4).

Sanayi sektörü, hizmet sektörü ve konutlarda gerçekleşen doğal gaz enerjisi tüketimine bağlı sera gazı emisyon değerleri incelendiğinde 3 sektörde de en fazla sera gazı emisyonunun Ocak ayında olduğu dikkat çekmektedir. Buna karşılık, en az sera gazı emisyonunun gerçekleştiği aylarda değişkenlik görülmektedir. Yıllık toplam 234.722,51 $tCO_2(eşd)$ salımın gerçekleştiği sanayi sektöründe ocak ayında 24.642,64 $tCO_2(eşd)$ ile en fazla salım gerçekleşirken, 20.953,26 $tCO_2(eşd)$ ile en az salımın görüldüğü ay Aralık ayı olmuştur.

2019 yılında Eskişehir ilinde hizmet sektöründe gerçekleşen toplam sera gazı emisyonu 197.506,77 $tCO_2(eşd)$ olarak hesaplanmıştır. Bu sektördeki sera gazı emisyonunun en fazla gerçekleştiği ay Ocak (41.043,45 $tCO_2(eşd)$) iken, en düşük seviyede olduğu ay ise Ağustos (4.955,77 $tCO_2(eşd)$)’dur.

Konutlarda gerçekleşen doğal gaz tüketimi kaynaklı sera gazı emisyon değerleri incelendiğinde yine 137.926,18 $tCO_2(eşd)$ değerle Ocak ayı ilk sırayı alırken, son sırada ise 8.331,82 $tCO_2(eşd)$ ile Temmuz ayı yer almaktadır.

Diğer sektörler incelendiğinde, doğal gaz kaynaklı sera gazı emisyonunun yalnızca Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında gerçekleştiği görülmektedir. Bu 5 ay içinde en fazla salım 174,52 $tCO_2(eşd)$ ile Ekim ayında, en az salım ise 2,19 $tCO_2(eşd)$ ile ayında görülmektedir (Tablo 7.2).

7.1.3. Petrol Enerjisi Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonu

Çalışma kapsamında petrol enerjisi tüketimine bağlı sera gazı emisyonları **Kapsam-1** sınıfına dâhil edilmektedir. Hesaplamalar **Tier 1** yaklaşımına göre

gerçekleştirilmiştir. Petrol tüketimi benzin, motorin ve fuel-oil olmak üzere 3 başlık altında toplanmaktadır ve her birinin emisyon faktörü farklıdır.

Petrol sektörü için gerçekleştirilen hesaplamalar şu şekildedir:

$$\text{Benzin kullanım (MWh)} \times \text{EF (0,249)} = \text{Sera gazı emisyonu (tCO}_2\text{(eşd))} \quad (9)$$

$$\text{Motorin kullanım (MWh)} \times \text{EF (0,267)} = \text{Sera gazı emisyonu (tCO}_2\text{(eşd))} \quad (10)$$

$$\text{Fuel-oil kullanım (MWh)} \times \text{EF (0,279)} = \text{Sera gazı emisyonu (tCO}_2\text{(eşd))} \quad (11)$$

Benzin için örnek hesaplama; $338.113,48 \text{ MWh} \times 0,249 \text{ (EF)} = 84.190,26 \text{ tCO}_2\text{(eşd)}$

Motorin için örnek hesaplama; $251.415,58 \text{ MWh} \times 0,267 \text{ (EF)} = 67.127,96 \text{ tCO}_2\text{(eşd)}$

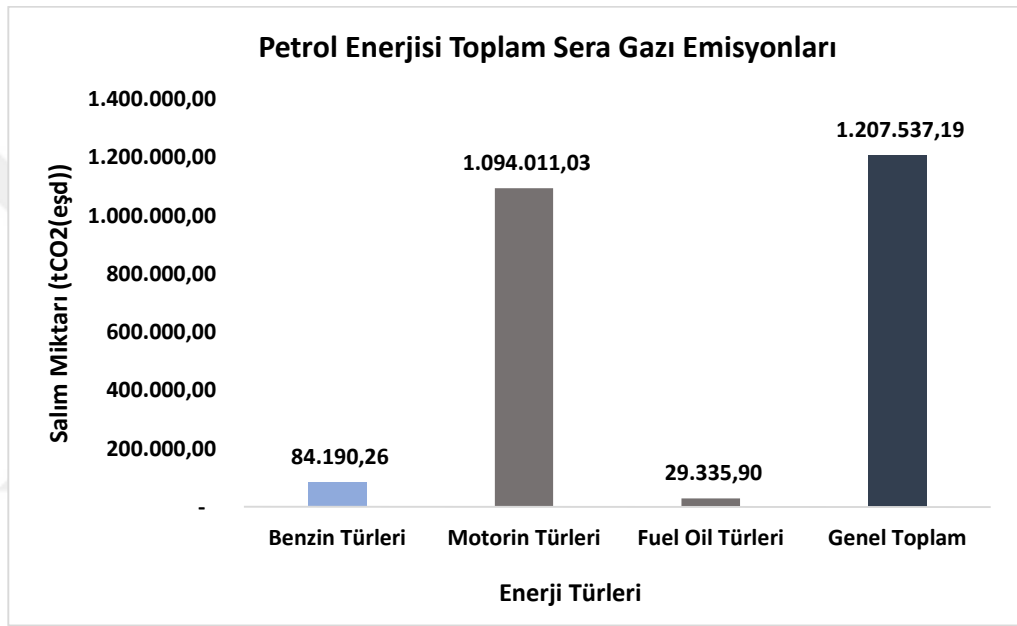
Fuel-oil için örnek hesaplama; $30.421,75 \text{ MWh} \times 0,279 \text{ (EF)} = 8.487,67 \text{ tCO}_2\text{(eşd)}$

Eskişehir ilinin 2019 yılındaki petrol enerjisi tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyon değerleri (tCO₂(eşd)) Tablo 7.3’de detaylı şekilde gösterilmiştir. Buna göre, Eskişehir ilinin 2019 yılındaki petrol enerjisi tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonu 1.207.537,19 tCO₂(eşd) olarak hesaplanmıştır (Şekil 7.6). Toplam sera gazı emisyonunun çok büyük bir bölümü (%90,60) motorin tüketiminden kaynaklanmaktadır. 1.094.011,03 tCO₂(eşd)’lik motorin tüketimini sırasıyla 84.190,26 tCO₂(eşd)’lik (% 6,97) ve 29.335,90 tCO₂(eşd)’lik (%2,43) salımlar ile benzin ve fuel-oil takip etmektedir (Şekil 7.7). Aylara göre toplam sera gazı emisyon değerleri incelendiğinde ise en yüksek değer Ekim ayında (125.316,94 tCO₂(eşd)), en düşük değer ise Ocak ayında (81.464,10 tCO₂(eşd)) görülmektedir.

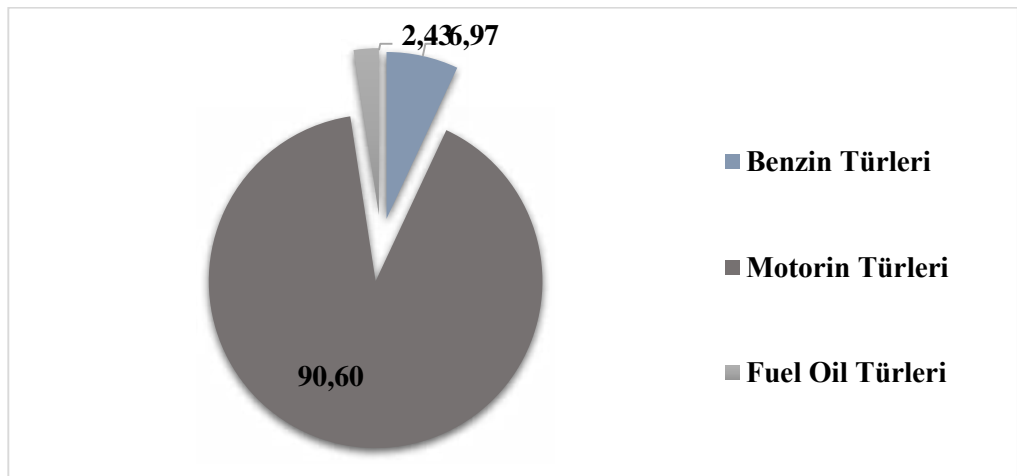
Tablo 7.3. Eskişehir’de Petrol Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları (2019,tCO₂(eşd))

Aylar	Benzin Türleri	Motorin Türleri	Fuel-oil Türleri	Genel Toplam	Salım Kapsamı (Scope)	Aşama (Tier)
Ocak	5.848,47	67.127,96	8.487,67	81.464,10	1	1
Şubat	5.845,50	80.592,40	5.173,10	91.611,00	1	1
Mart	6.540,06	82.266,91	1.967,30	90.774,28	1	1
Nisan	6.795,38	85.411,37	3.516,13	95.722,88	1	1
Mayıs	7.019,68	86.364,24	1.879,50	95.263,43	1	1
Haziran	7.457,02	79.035,17	880,63	87.372,82	1	1
Temmuz	8.262,36	108.207,66	1.117,27	117.587,29	1	1
Ağustos	9.142,70	94.251,75	990,27	104.384,73	1	1

Eylül	6.896,61	91.765,73	533,12	99.195,46	1	1
Ekim	6.880,92	116.829,48	1.606,55	125.316,94	1	1
Kasım	6.843,07	102.625,92	484,70	109.953,70	1	1
Aralık	6.658,49	99.532,43	2.699,65	108.890,57	1	1
Yıllık Toplam	84.190,26	1.094.011,03	29.335,90	1.207.537,19		
Yıllık Pay (%)	6,97	90,60	2,43			



Şekil 7.6. Eskişehir'in 2019 yılı Petrol Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları (CO₂(eşd))



Şekil 7.7. Eskişehir'in 2019 yılı Petrol Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonlarının Yıllık Sektörel Payı (CO₂(eşd))

Benzin tüketiminin 2019 yılının aylarına göre hesaplanan sera gazı emisyon değerleri incelendiğinde, benzin türlerinin tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyon değerinin en yüksek 9.142,70 tCO_{2(eşd)} ile Ağustos ayında ve en düşük değerinin ise 5.845,50 tCO_{2(eşd)} ile Şubat ayında gerçekleştiği hesaplanmıştır. Motorin türlerinin tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları ise Ekim ayında (116.829,48 tCO_{2(eşd)}) zirveye ulaşırken, Ocak ayında (67.127,96 tCO_{2(eşd)}) en az seviyeye ulaşmıştır. Buna karşın, fuel-oil tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyon değeri ocak ayında (8487,669366 tCO_{2(eşd)}) zirveyi görürken, Kasım ayında (484,7037426 tCO_{2(eşd)}) ise en az salımın gerçekleştiği belirlenmiştir (Tablo 7.3).

7.1.4. LPG Enerjisi Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonu

Çalışma kapsamında petrol enerjisi tüketimine bağlı sera gazı emisyonları **Kapsam-1** sınıfına dâhil edilmektedir. Hesaplamalar **Tier 1** yaklaşımına göre gerçekleştirilmiştir. Petrol tüketimi benzin, motorin ve fuel-oil olmak üzere 3 başlık altında toplanmaktadır ve her birinin emisyon faktörü farklıdır.

LPG için gerçekleştirilen hesaplamalar şu şekildedir:

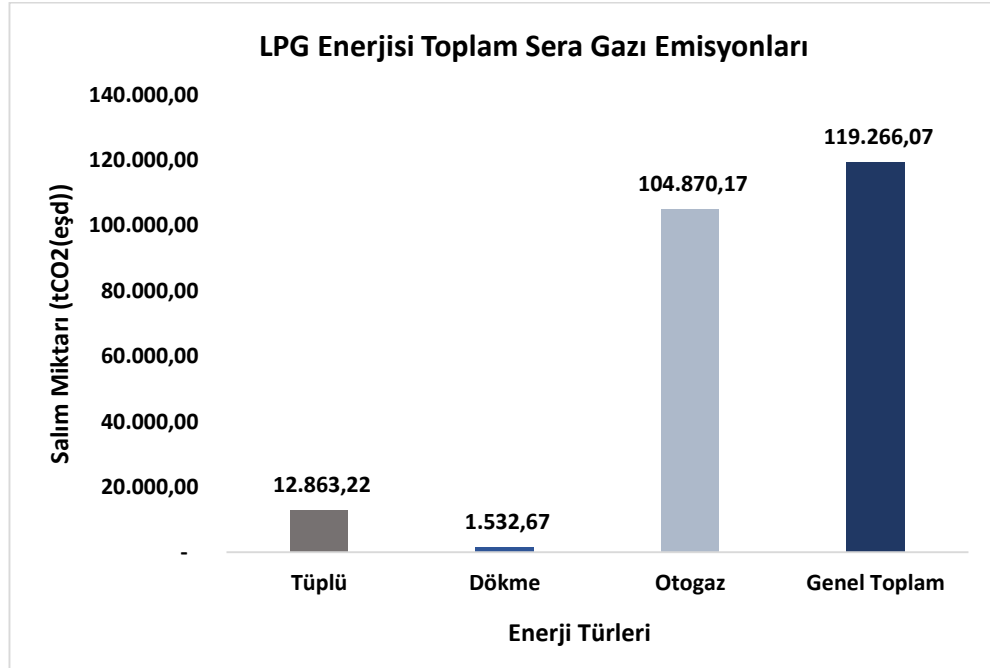
$$\text{LPG tüketimi (MWh)} \times \text{EF (0,227)} = \text{Sera gazı emisyonu (tCO}_2\text{(eşd))} \quad (12)$$

LPG için örnek hesaplama; 56.666,18 MWh $\times$ 0,227= 12.863,22 tCO_{2(eşd)}

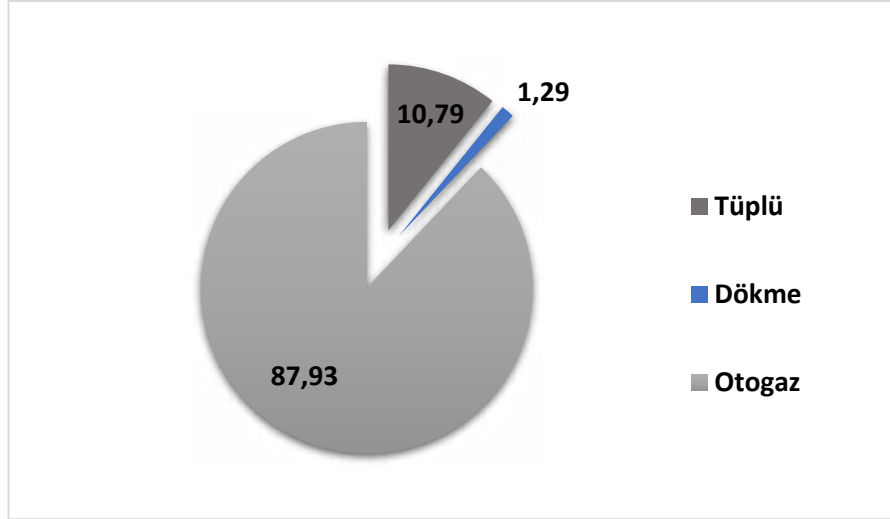
Eskişehir ilinin 2019 yılındaki LPG enerjisi tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyon değerleri (tCO_{2(eşd)}) Tablo 7.4’de detaylı şekilde gösterilmiştir. Buna göre, Eskişehir ilinin 2019 yılındaki LPG enerjisi tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonu 119.266,07 tCO_{2(eşd)} olarak hesaplanmıştır (Şekil 7.8). Toplam sera gazı emisyonunun çok büyük bir bölümü (%87,93) otogaz tüketiminden kaynaklanmaktadır. 104.870,17 tCO_{2(eşd)}’lik otogaz tüketimini sırasıyla 12.863,22 tCO_{2(eşd)}’lik (%10,79) ve 1.532,67 tCO_{2(eşd)}’lik (%1,29) salımlar ile tüplü ve dökme çeşitleri takip etmektedir (Şekil 7.9). Aylara göre toplam sera gazı emisyon değerleri incelendiğinde ise en yüksek değere 13.199,92 tCO_{2(eşd)} ile Ağustos ayında ulaşıldığı hesaplanmıştır. En düşük değer ise 7.741,29 tCO_{2(eşd)} ile Şubat ayında tespit edilmiştir.

Tablo 7.4. Eskişehir’de LPG Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları (2019, CO₂)

	Tüplü	Dökme	Otogaz	Genel Toplam	Salım Kapsamı (Scope)	Aşama (Tier)
Ocak	965,83	194,61	6.787,29	7.947,73	1	1
Şubat	882,52	193,35	6.665,42	7.741,29	1	1
Mart	1.008,57	142,48	7.783,64	8.934,69	1	1
Nisan	1.077,66	180,87	8.219,44	9.477,97	1	1
Mayıs	1.169,85	136,10	8.084,47	9.390,43	1	1
Haziran	1.166,81	58,00	10.433,93	11.658,75	1	1
Temmuz	1.176,94	130,17	10.329,27	11.636,37	1	1
Ağustos	1.285,09	115,24	11.799,59	13.199,92	1	1
Eylül	1.269,63	81,48	9.625,92	10.977,03	1	1
Ekim	982,73	39,06	8.893,29	9.915,08	1	1
Kasım	945,34	113,49	8.424,86	9.483,69	1	1
Aralık	932,26	147,82	7.823,04	8.903,12	1	1
Yıllık					1	1
Toplam	12.863,22	1.532,67	104.870,17	119.266,07		
Yıllık Pay						
(%)	10,79	1,29	87,93			



Şekil 7.8. Eskişehir’in 2019 yılı LPG Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları (CO₂(eşd))



Şekil 7.9. Eskişehir'in 2019 yılı LPG Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonlarının Yıllık Sektörel Payı ($CO_{2(eşd)}$)

LPG tüketiminin 2019 yılının aylarına göre hesaplanan sera gazı emisyon değerleri ve alt başlıkları incelendiğinde, tüplü tüketimden kaynaklanan sera gazı emisyon değerinin 1.285,09 tCO_{2(eşd)} ile Ağustos ayında ve en düşük ise 882,52 tCO_{2(eşd)} ile Şubat ayında gerçekleştiği görülmektedir.

Dökme tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının en yüksek değerine 194,61 tCO_{2(eşd)} ile Ocak ayında ve en düşük değerine ise 39,06 tCO_{2(eşd)} ile Ekim ayında ulaştığı hesaplanmıştır.

Otogaz tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının 11.799,59 tCO_{2(eşd)} ile Ağustos ayında en yüksek değerine ulaştığı belirlenirken, en düşük değerine 6.665,42 tCO_{2(eşd)} ile Şubat ayında ulaştığı görülmektedir (Tablo 7.4).

8. ESKİŞEHİR SERA GAZI SALIM ENVANTERİ ÇALIŞMALARI 2012, 2018 VE 2019

Eskişehir ilinin karbon envanter çalışmaları kapsamında Eskişehir Teknik Üniversitesi Ekoloji Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Cengiz TÜRE' nin 2012 yılında Eskişehir Kent Sempozyumunda sunduğu çalışma ile EPDK'dan elde edilen 2018 ve 2019 yılına ait veriler kullanılarak enerji tüketimi ve enerji kaynaklı sera gazı emisyon değerlerinin değişimi görselleştirilmiştir (Tablo 8.1).

Tablo 8.1. Eskişehir'in yıllara göre tüketim ve salım değerleri

	2012		2018		2019	
	Tüketim (MWh)	tCO ₂ (eşd)	Tüketim (MWh)	tCO ₂ (eşd)	Tüketim (MWh)	tCO ₂ (eşd)
Elektrik	4.563.112,70	2.099.031,80	2.985.412,65	1.507.633,39	3.009.194,01	1.519.642,98
Doğalgaz	7.403.531,10	1.495.511,40	10.506.998,11	2.122.413,62	5.717.034,09	1.154.384,49
Petrol	1.935.314,00	511.160,00	4.504.338,71	1.121.580,34	4.540.679,66	1.207.537,19
LPG	470.185,20	142.308,80	536.025,95	121.677,89	525.401,18	119.266,07
Toplam	14.372.143,00	4.248.012,00	18.532.775,42	4.873.305,24	13.792.308,94	4.001.287,12

Tablo 8.1’de 2012, 2018 ve 2019 yılları incelendiğinde enerji tüketim kaynaklı sera gazı emisyon değerinin (tCO₂(eşd)) en yüksek değerine 2018 yılında 4.873.305,235 tCO₂(eşd) (18.532.775,42 MWh) ile ulaşıldığı, en düşük değerine ise 2019 yılında 4.001.287,12 tCO₂(eşd) (13.796.225,29MWh) ile ulaşıldığı görülmektedir. 2012 yılında ise 4.248.012,00 tCO₂(eşd) (14.372.143,00 MWh)’ lik bir sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır.

Tablo 8.2. Yıllara göre paylar

	2012		2018		2019	
	Tüketim (%)	tCO ₂ (eşd) (%)	Tüketim (%)	tCO ₂ (eşd) (%)	Tüketim (%)	tCO ₂ (eşd) (%)
Elektrik	31,75	49,41	16,11	30,94	21,81	37,98
Doğalgaz	51,51	35,20	56,69	43,55	41,44	28,85
Petrol	13,47	12,03	24,30	23,01	32,94	30,18
LPG	3,27	3,35	2,89	2,50	3,81	2,98
Toplam	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tablo 8.2’da ise 2012, 2018 ve 2019 yıllarında gerçekleşen enerji tüketimi ve sera gazı emisyon değerlerinin yıl içindeki dağılımını yüzde olarak ifade etmektedir. Yıllara göre elektrik enerjisi tüketimi kaynaklı sera gazı emisyonlarının yüzdeleri incelendiğinde, en fazla elektrik enerjisi tüketiminin 2012 yılında (%49,41), en az tüketimin ise %30,94 ile 2018 yılında gerçekleştiği görülmektedir. 2019 yılında gerçekleşen toplam sera gazı emisyon değerinin %37,98’ inin ise elektrik enerjisi kaynaklı olduğu görülmektedir.

Doğal gaz enerjisi tüketimine bağlı sera gazı emisyon değerleri incelendiğinde ise 2018 yılının %43,55 ile başı çektiği görülmektedir. 2018 yılını, %35,20 ile 2012 yılı ve %28,85 ile 2019 yılları izlemektedir.

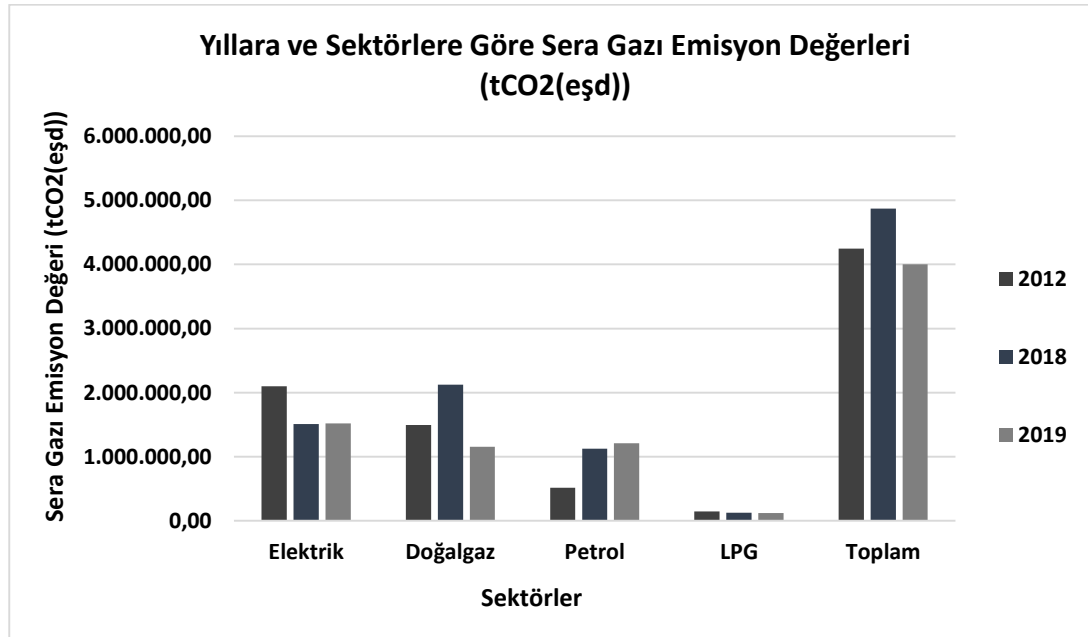
Petrol enerjisi tüketimine bağlı sera gazı emisyon değerleri incelendiğinde, 2019 yılındaki toplam sera gazı emisyonunun %37,98' inin petrol tüketimi kaynaklı olduğu görülmektedir.

LPG tüketimi kaynaklı sera gazı emisyonları incelendiğinde ise yıllar arasında fazla bir fark görülmemesine karşın yıllar arasındaki sıralamanın %3,35 ile 2012, %2,98 ile 2019 ve %2,50 ile 2018 şeklinde olduğu görülmektedir.

Yıllara ait sera gazı emisyon değerleri ve sektörler karşılaştırıldığında, 2012 yılında gerçekleşen sera gazı emisyonlarının sırasıyla elektrik (%49,41), doğal gaz (%35,20), petrol (%12,03) ve LPG (%3,35) şeklinde olduğu görülmektedir (Tablo 8.2).

2018 yılında gerçekleşen sera gazı emisyonlarına gelindiğinde ise sıralamanın doğal gaz (%56,69), elektrik (%30,94), petrol (%23,01) ve LPG (%2,50) şeklinde olduğu görülmektedir.

2019 yılında gerçekleşen sera gazı emisyonları incelendiğinde sıralamanın elektrik (%97,98), petrol (%30,18), doğal gaz (%28,85) ve LPG (%2,98) şeklinde olduğu görülmektedir.



Şekil 8.1. Eskişehir'in Yıllara Göre Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları (CO₂(eşd))

Şekil 8.1’de, Yıllara ve Enerji Tüketimi Türlerine Göre Sera Gazı Emisyon Değerlerini göstermektedir. Buna göre, elektrik tüketimi kaynaklı sera gazı emisyon değerlerinde 2012 yılından 2018 yılına gelindiğinde önemli bir düşüş görüldüğü belirlenmiştir. Ancak, 2018 yılından 2019 yılına gelindiğinde ufak bir artışın hâkim olduğu da belirlenmiştir.

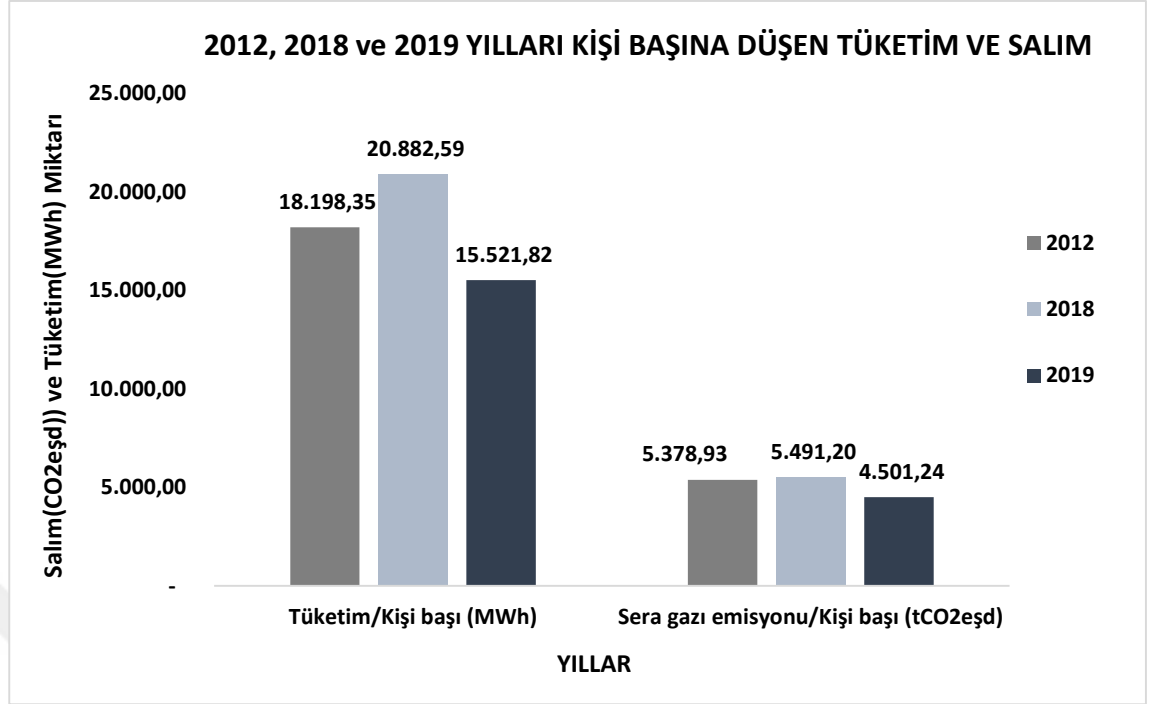
Doğal gaz tüketimi kaynaklı sera gazı emisyon değerlerinde 2019 yılında 2018 yılına göre ani bir azalış olduğu görülmektedir. 2012 ve 2019 yılları arasında çok fazla bir fark olmamasına rağmen 2018 yılındaki sera gazı emisyon değerlerinin fazlalığı dikkat çekmektedir.

Petrol tüketimi kaynaklı sera gazı emisyon değerlerin incelendiğinde, 2012 yılından 2019 yılına doğru sürekli bir artış gözlemlendiği belirlenmiştir.

Petrol tüketimi kaynaklı sera gazı emisyon değerlerine gelindiğinde ise petrol tüketimi kaynaklı sera gazı emisyon değerlerinin tersi bir görünüm hakimdir. 2012 yılından 2019 yılına doğru sürekli bir azalış dikkat çekmektedir.

Tablo 8.3. Yıllara göre nüfus dağılımı

	Nüfus	Tüketim/Kişi başı (MWh)	Sera gazı emisyonu/Kişi başı (tCO ₂ (eşd))
2012	789,750	18.198,35	5.378,93
2018	887,475	20.882,59	5.491,20
2019	888,828	15.521,82	4.501,24



Şekil 8.2. Eskişehir'in Yıllara Göre Enerji Tüketimi Kaynaklı Toplam Kişi Başına düşen Sera Gazı Emisyonları (CO₂(eşd))

Eskişehir ilinin 2019 yılı toplam enerji tüketimi 13.796.225,29 MWh olarak hesaplanmış ve karşılığında 4.001.287,12 tCO₂(eşd) sera gazı emisyonu gerçekleştiği belirlenmiştir. 2019 yılındaki Eskişehir nüfusunun 888,828 (Tablo 8.3) kişi olduğu göz önüne alındığında Eskişehir ilindeki kişi başı enerji tüketimi 15.521,82 MWh, sera gazı emisyon değeri ise 4.501,24 tCO₂(eşd) olarak karşımıza çıkmaktadır.

2012 yılındaki Eskişehir nüfusu 789.750 kişi, toplam enerji tüketimi 14.372.143,00 MWh ve toplam sera gazı emisyonu 4.248.012,00 tCO₂(eşd)' dir. Bu verilere göre, Eskişehir ilinde 2012 yılındaki kişi başı enerji tüketimi 18.198,34 MWh ve kişi başı sera gazı emisyon değeri 5.378,93 tCO₂(eşd)' dir (Şekil 8.2).

9. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzdeki en güncel problemin küresel iklim değişikliği olduğu düşünülmektedir. İklim değişikliği, Dünyamızın yerel, bölgesel ve küresel iklimlerini tanımlamaya başlayan ortalama hava modellerindeki uzun vadeli bir değişimlerdir. 20. yüzyılın başından günümüze kadar Dünya'nın ikliminde gözlemlenen değişimler, öncelikle insan

faaliyetlerinden, özellikle de Dünya atmosferindeki ısıyı hapseden sera gazı seviyelerini artıran ve Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığını yükselten fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanmaktadır (NASA, 2020). Bilim insanları, bu durumun sanayi devrimi öncesi dönemin küresel boyuttaki sıcaklığın ortalamasına kıyasla neredeyse 1 °C artmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. İnsanların mevcut enerji talep ve tüketimlerinin devam etmesi durumunda ısınma hızının artarak devam edeceğini ve 2030 ile 2052 yılları arasındaki artışın da 1.5°C olacağını düşünmektedirler. Bilim insanları, küresel ısınmanın olumsuz etkilerinin, küresel ortalama sıcaklığın 2°C' ye ulaşması halinde durdurulamayacağı düşüncesinde de hem fikirdirler (Mbaye vd., 2020).

Bu durumun gerçekleşmesi, bölgelere göre değişiklik göstermekle birlikte öngörülen etkilerin, yoğun yağışlar, aşırı kuraklıklar, buzulların erimesi nedeniyle deniz seviyelerindeki aşırı yükselme, habitat ve biyolojik çeşitlilik kaybı (IPCC, 2018) ile bunun sonucunda insan refahı üzerindeki ekonomik, sosyal ve politik etkilerinin de gerçekleşeceğini düşündürmektedir. Başka bir deyişle, olası iklim değişikliği senaryolarının hem ekosistemi hem de insanlığı enerji, güvenlik de dâhil olmak üzere pek çok alanda etkileyeceğini düşündürmektedir.

Antropojenik faaliyetler sonucu sera gazlarının atmosferik yükündeki artış eğilimi açık bir şekilde görülmektedir (Türe, C ve Türe, Y, 2021). Sera gazlarının iklim değişikliği üzerindeki etkileri farklılıklar göstermektedir (Gül, 2021; Kiraz vd., 2021). Ayrıca sera gazlarının (CO₂, CH₄ ve N₂O), atmosferdeki bulunma oranları, on yıllardan yüzyıllara kadar değişen ömürleri nedeniyle iklimleri de etkilediği bilinmektedir (Cai vd., 2021). Sera gazı emisyonlarındaki artışta başta küresel ısınma, iklim değişikliği ve çevresel olaylar da olmak üzere olumsuz etkiler oluşturmaktadır. İklim değişikliğinin ekonomik etkilerine ilişkin yayımlanan Stern raporuna göre, iklim değişikliğinin maliyetinin her yıl brüt küresel gelirin (GSMH) en az %5'i kadar bir kayba eşdeğer olduğu düşünülmektedir (Türe, 2013).

Küresel enerji üretimi ve tüketiminden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının %70' inden fazlasını şehirler oluşturmaktadır. Aynı zamanda şehirler CO₂ emisyonları ve iklim değişikliğiyle mücadele konusunda kilit role sahip ekosistemlerdir (Türe, C ve Türe, Y, 2021; Kiraz vd., 2021). Örneğin yıllara göre yapılan envanter çalışmalarının değerlendirilmesi sonucunda sera gazı emisyonlarının azaltım senaryoları ve eylem planları oluşturulabilmektedir. Şehirler, gelecekteki iklim değişikliği uyum senaryolarını

ile tahminlerini, mevcut sera gazı emisyon envanterleri üzerinden oluşturmalıdır. İklim değişikliğine uyum stratejilerinin, uluslararası normlara göre hesaplanması ve raporlanması gereken bir karbon ayak izi envanteri ile başlamaktadır (C40, 2015).

Hızlı nüfus artışı, sanayileşme ile ekonomik faaliyetler gibi nedenler Türkiye' nin enerji ve kaynak talebinde artışa yol açmaktadır. OECD ülkelerinin enerji talepleri incelendiğinde Türkiye'nin en yüksek artışa sahip OECD ülkelerinden biri olduğu görülmektedir. Bu talep artışı sebebiyle Türkiye enerji politikalarını dikkatli şekilde yönetmek durumundadır. Bu politikalar çerçevesinde T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2015 – 2019 Strateji Planını hazırlamıştır. Bu planda, Türkiye' nin enerji güvenliği için yerli kömür kullanımına vurgu yapılırken aynı zamanda 2030 yılına kadar emisyonlarını %21 oranında azaltması gerektiği de açıklanmaktadır. Ek olarak, iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum konusunda Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin de (UNFCCC) uluslararası boyutta dikkate alınması gerekmektedir (UNFCCC, 2019). Bu nedenlerle Türkiye, enerjisini ve geleceğini güvence altına alan, ancak en azından sera gazı emisyonlarını artırmayan ve iklim değişikliğiyle mücadele konusunda tutarlı bir politika izlemelidir. Ayrıca, politikalarını oluştururken ilk olarak şehirlerin sera gazı emisyon analizlerini kullanması da oldukça önemli bir adım olacaktır.

Bu çalışmanın amacı, 2019 yılı itibari ile elektrik, doğalgaz, petrol, LPG enerji tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını Eskişehir ili düzeyinde hesaplanması, analiz edilmesi ve raporlanmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, Eskişehir iline ait 2019 yılı elektrik, doğalgaz, petrol, LPG enerji tüketim verileri toplanarak hesaplamalar yapılmış ve tüm veriler tablo ile şekiller kullanılarak görselleştirilmiştir.

Tablo 8.3 ve Şekil 8.2 incelendiğinde 2012-2019 yılları arasında Eskişehir nüfusunda önemli bir artış hâkimdir. Bu durumun Eskişehir' in konumu, istihdam kaynaklarındaki artış, sanayileşme, sınırları içinde üç üniversite (Eskişehir Teknik Üniversitesi, Anadolu Üniversitesi ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi) bulundurması, sosyal refahı gibi nedenlerle ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. 2019 yılındaki nüfusun 2012 yılına göre 99,078 kişi artmasına rağmen enerji kaynaklarındaki kişi başı tüketim miktarındaki ve kişi başına düşen sera gazı emisyonundaki azalmalar Eskişehir' in yerel ve ulusal düzeyde sera gazı emisyonlarını azaltmada doğru politikalar yürüttüğünün göstergesidir. Bu noktada, Eskişehir ilinin yerel yönetiminin halkı yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş

konusunda teşvik ettiği, enerji politikalarının yapılandırılması, halkın yaklaşık %40,3'ünün (357.878 kişi) lise ve üzeri eğitim seviyesine sahip olması sebebiyle küresel iklim değişikliği konusunda bilinçli olarak değerlendirilmesi (EPDK, 2018), yerel basında iklim değişikliği konusunda yapılan haber ve TV programlarının etkili olduğu düşünülmektedir. Bu durum Tablo 8.3'de de görüldüğü gibi enerji tüketim kaynaklarına göre incelendiğinde 2012, 2018 ve 2019 yılları için elektrik tüketimi kaynaklı kişi başı tüketim ve sera gazı emisyon değerleri sırasıyla 5.777,92 MWh, 2.657,84 tCO₂(eşd), 3.363,94 MWh, 1.698,79 tCO₂(eşd) ve 3.385,58 MWh, 1.709,72 tCO₂(eşd) olarak hesaplanmaktadır. Bu değerlerden de anlaşılabileceği Tablo 8.2'de gibi 2019 yılında elektrik tüketimi kaynaklı sera gazı emisyonu 2012 yılına oranla yaklaşık %27,6'lık bir azalış, 2018 yılına göre ise %0,79'lık bir artış göstermiştir. Bu durum, Eskişehir halkının 2019 yılında 2012 yılına göre elektrik enerjisi kullanımını azaltma eğilimi olduğunun ya da elektrik enerjisi ihtiyacını yenilenebilir kaynaklar ve teknolojilerden karşıladığının bir sonucu olduğunun göstergesidir. Ancak, 2018 ve 2019 yılları kıyaslandığında nüfusun artmasıyla beraber insanların elektrik tüketimine bağlı sera gazı emisyonlarının da arttığı görülmektedir. Burada Eskişehir ilindeki öğrenci sayısındaki artış ve öğrencilerin bilgisayar, telefon gibi teknolojik cihazları sıklıkla kullandığı düşünüldüğünde beklenen bir sonuç olarak değerlendirilebilir. Kentleşme ve iletişim ağlarının genişlemesi nedeniyle meskenlerde tüketim payındaki artış da ön görülen bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır (<https://gazelektrik.com>, 2021). Ayrıca, 2019 yılındaki elektrik tüketim verileri aylara ve sektörler göre incelendiğinde (Tablo 6.1), sanayi sektörünün diğer sektörler göre daha fazla elektrik enerjisi tükettiği (%51,45) özellikle bu tüketimin temmuz ayında en üst noktaya ulaştığı görülmektedir. 2019 yılında Eskişehir Sanayi Odasına kayıtlı üye sayısının 780 (ESO, 2020) olduğu düşünüldüğünde Eskişehir ili için sanayinin önemi de ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, sanayi ve hizmet sektörlerindeki tüketim fazlalığının sebepleri, gelişmiş teknolojik yapı ve elektrik enerjisine dayalı karmaşık üretim süreçleri nedeniyle daha çok enerjiye ihtiyaç duyulmasının bir sonucu olabilir.

Tarımsal sulama amacıyla kullanılan elektrik enerjisinden kaynaklanan sera gazı emisyon değerlerinin mevsimlere göre değişiklik gösterdiği ve kış aylarında tarımsal sulamanın azalmasının da Eskişehir' in iklimi düşünüldüğünde olağan bir sonuç olduğu görülmektedir. Tarımsal üretimde en önemli unsurlardan biri de sulamadır. Tarımsal sulamada ise en önemli etken ise toprak yapısıdır. Kaba bünyeli toprakların su tutma kapasitesinin düşük olması nedeniyle yüzeysel sulama gerçekleştirildiğinde su toprakta

yavaş ilerleyecektir. Bu durum da çiftçiler açısından olumsuz sonuçlar (verim kaybı gibi) doğurabilmektedir. Günümüzde emekten tasarruf sağlayan, ürün verimliliğini ve kalitesini artıran damlama sulama yöntemlerinin kullanılmasının önemi de bu sebeple giderek artmaktadır (Uygan, 2017). Damlama sulamaya karşılık yüzeysel sulamada hem arazi içinde hem de kanallarda ciddi kontrol sağlanmazsa erozyona sebep olabileceği, işçilik masraflarının ve sera gazı emisyonlarının da artmasına neden olabileceği unutulmamalıdır (Çetin, 2012). Aydınlatma, mesken, ticarethane için tüketilen elektrik enerjisinden kaynaklanan sera gazlarının da mevsimsel olaylarla paralellik gösterdiği ve genellikle gece-gündüz farkı ile sıcaklık farkından kaynaklandığı düşünülmektedir. Örneğin soğutma (klima) ve ısıtma (doğalgazda kullanılan elektrik) için elektrikli cihazların yoğun kullanıldığı aylarda tüketimde artış meydana gelmesi de bu düşüncüyü destekler niteliktedir (<https://gazelektrik.com>, 2021). Ayrıca, aydınlatma için Eskişehir’de LED armatürlü birimler kullanılmaktadır. Her şeyden önce, büyük şehir merkezlerindeki sokak aydınlatma sistemlerinin, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarıyla hibrit kullanımı enerji tüketimini optimize etmek ve talebi dengelemek için bir fırsattır. Örneğin, Odunpazarı Belediyesi tarafından yapılan projede, Vadişehir Mahallesi’nde yerleşen Çevre Parkı’nın aydınlatılmasında yenilenebilir enerji kaynakları olarak güneş ve rüzgâr enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi kullanılmaktadır. İkinci olarak ise diğer yük grupları ile karşılaştırıldığında, LED aydınlatmalar en düşük tüketim değerine ve değişken yük tüketim eğrisine sahiptir. Genellikle şehirlerin aydınlatmalarında fosil yakıtlardan elde edilen elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Ancak fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisi kullanımı tercih edilir ve yaygınlaşırsa sera gazı emisyonlarında da önemli azalmalar olacağı unutulmamalıdır (Emir, 2019). Son olarak, yenilenebilir kaynak ve teknolojilerinin kullanım oranının artması ile ülkenin enerji konusundaki dışa bağımlılığının da önemli ölçüde azalabileceği düşünülmektedir (Sarıtunalı, 2021).

Eskişehir ilinin 2012, 2018 ve 2019 yılları için doğal gaz tüketimi kaynaklı kişi başı tüketim ve sera gazı emisyon değerleri sırasıyla Şekil 8.1’de 9.374,52 MWh, 1.893,65 tCO₂(eşd), 11.839,20 MWh, 2.391,52 tCO₂(eşd) ve 6.432,10 MWh, 1.298,77 tCO₂(eşd) olarak hesaplanmaktadır. Bu değerlerden de anlaşılabacağı gibi 2019 yılında doğal gaz tüketimi kaynaklı sera gazı emisyonu 2012 yılına oranla yaklaşık %22,81’ lik, 2018 yılına göre ise %45,6’ lık bir düşüş göstermiştir. Eskişehir iklim şartları göz önüne alındığında, ilk bakışta bu durum, 2018 yılı kış mevsiminin 2012 ve 2019 yıllarına oranla daha sert

geçtiğini düşündürmektedir. Buna rağmen 2019 yılındaki doğal gaz tüketimi toplam sera gazı emisyonundaki en büyük pay %58,59 ile konutlara aittir. Bu durumun sebebinin ise nüfus ve konut sayısındaki artış ile orantılı olarak doğalgaz abone sayısındaki artış olduğu ön görülmektedir. Bu durum doğalgazın rahat ve konforlu kullanımı nedeniyle evlerde ve işyerlerinde yaygınlaşması sonucunda karşımıza çıkmaktadır. Dönüşüm/ çevrim sektörü, sanayi sektörü, hizmet sektörü, konutlar ve diğer sektörler incelendiğinde sanayi sektörünün toplam sera gazı emisyon değerlerinin %20,33' ünü kapsadığı tespit edilmiştir. Bu değer, elektrik tüketimin değerlerinde olduğu gibi Eskişehir' in bir sanayi şehri olduğunu kanıtlar niteliktedir. Eskişehir' in demografik yapısı düşünüldüğünde, özellikle üniversite öğrenci sayısının fazla olması ve öğrencilerin sosyal yaşamlarını devam ettirdiği işletmelerin sayısındaki artıştan kaynaklı hizmet sektöründeki doğalgaz tüketim miktarındaki artış ve buna bağlı sera gazı emisyonlarındaki artış da beklenen bir sonuçtur. Doğalgazın çeşitli endüstriler için girdi olması ve geri dönüşüm (enerji) santrallerinin illerin kalkınmasına (refahına/gelirine) yardımcı olması da sanayii dönüşüm/çevrim sektörü için bir tercih sebebidir (<https://www.iklimhaber.org>, 2021).

Tablo 8.1'de Eskişehir ilinin 2012, 2018 ve 2019 yılları için petrol tüketimi kaynaklı kişi başı tüketim ve sera gazı emisyon değerleri sırasıyla 2.450,54 MWh, 647,24 tCO₂(eşd), 5.075,45 MWh, 1.263,79 tCO₂(eşd) ve 5.113,02 MWh, 1.358,57 tCO₂(eşd) olarak hesaplanmaktadır. Bu değerlerden de anlaşılacağı üzere, Eskişehir ilinde petrol tüketimi kaynaklı sera gazı emisyon değerleri artış içindedir. Bu artış 2019 yılında 2012 yılına oranla %136,23, 2018 yılına oranla ise %7,66 olarak hesaplanmaktadır. Eskişehir nüfus artışıyla beraber trafiğe kayıtlı araç sayısının da arttığının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Petrol tüketiminin alt türlerinin (benzin, motorin ve fuel-oil) sera gazı salım miktarları incelendiğinde (Tablo 6.3) ise en fazla salımın motorin tüketimi kaynaklı olduğu bilinmektedir. Bu durum, Eskişehir halkının genellikle motorin tüketen araçları tercih ettiğinin göstergesidir. Motorin tüketiminin Temmuz, Ekim ve Kasım aylarında yüksek olması da bu düşüncüyü destekler niteliktedir. Eskişehir'e diğer iller ve ülkelerden gelen ziyaretçilerin genellikle yaz aylarını tercih ettiği düşünüldüğünde ise Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında tüketimin ve sera gazı emisyonunun yüksek çıkması beklenen bir sonuçtur. Ayrıca Eskişehir ilinde mazot tüketiminin fazla olduğu aylar dikkate alındığında traktör, biçerdöver gibi tarım araçlarının kullanımına bağlı sera gazı emisyonlarındaki artışın bir sebebi olarak görülebilir. Bu ve benzeri durumlar petrol tüketiminde de Eskişehir' in iklimsel özelliklerinin de etkisinde olduğunu

düşündürmektedir. Motorinin, sanayi, üretim birimleri ve ticari kesim tarafından da kullanılırken, benzin ise daha çok otomobillerde tercih edilen bir petrol ürünüdür. Petrol türleri incelendiğinde fuel-oil kükürt oranı daha düşük olan yakıt türüdür. Fuel-oil buhar, elektrik ve tüm ısı ihtiyacı olan sanayi, kazan, bina, tesis ve yapılarda kullanılmaktadır. Petrolün tüketimindeki artışın bir sebebi de elektrik üretiminden, taşımacılığa kadar yaygın tüketim ağıdır. Geçmiş yıllar incelendiğinde kömür tüketiminin fazla olması ve bu tüketimin sonucunda sera gazı emisyon değerlerinde artış gerçekleşmesi sebebiyle 2019 yılında sıvılaştırılmış petrol tüketimine talep de artmıştır. Tüm bu sebepler Eskişehir’ in petrol tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyon değerlerine en fazla katkı yapan illerden biri olma özelliğini de korumasına sebep olmaktadır. Bu yüzden Eskişehir petrol tüketimi azaltma odaklı politikalar yürütmek zorunda olan illerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Eskişehir ilinin 2012, 2018 ve 2019 yılları için LPG tüketimi kaynaklı kişi başı tüketim (Tablo 8.1) ve sera gazı emisyon değerleri sırasıyla 595,36 MWh, 180,19 tCO₂(eşd), 603,99 MWh, 137,11 tCO₂(eşd) ve 591,12 MWh, 134,18 tCO₂(eşd) olarak hesaplanmaktadır. Bu değerlerden de anlaşılabacağı gibi, Eskişehir ilinde LPG tüketimi kaynaklı sera gazı emisyon değerlerinde azalış hakimdir. Bu azalış 2019 yılında 2012 yılına oranla %16,19, 2018 yılına oranla ise %1,98 olarak hesaplanmaktadır. Otogaz tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonunun toplam sera gazı emisyonunun %87,93’ ü olması nedeniyle sera gazı salımlarının büyük bir kısmının araçlardan kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Otogaz kullanımının 2019 yılı aylarına göre sera gazı emisyon değerleri incelendiğinde motorin ve benzin tüketiminin fazla olduğu dönemler ile benzerlik göstermesi, Eskişehir halkının tercih ettiğini ve kente gelen ziyaretçi sayısında artış olduğu düşüncesini de kuvvetlendirmektedir (<https://www.sekizsilindir.com>, 2021). Buna ek olarak, yine petrol tüketiminden de anlaşılabacağı gibi Eskişehir’ in nüfus artışının ve trafiğe kayıtlı araç sayısındaki artışın da bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

Eskişehir’in sera gazı emisyonları üzerinden belirtilen sosyo-ekonomik, demografik ve sosyo-kültürel durumu çalışma ile özetlenmiş olup Eskişehir’ in sera gazı emisyonlarını yerel ölçekte azaltma yolunda iyi bir örnek olduğunun göstergesidir. Eskişehir’ in komşusu konumundaki illerden biri olan Bilecik’ in Prof. Dr. Cengiz TÜRE tarafından hazırlanan “Bilecik İl Merkezinin Enerji Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Envanterinin Araştırılması ve Analizi Projesi” başlıklı çalışmada Bilecik ilinin mevcut durumundan bahsedilmiştir. “IPCC- Dördüncü Değerlendirme Raporu’nda, Türkiye’deki iklim değişikliğinin etkilerini şu şekilde ifade edilmektedir: Yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda 2,5°- 4°C artacağı, Bilecik’in de içinde yer aldığı bölgelerde ise bu artışın 5°C’yi bulacağı tahmin edilmektedir. Gerek IPCC raporu gerekse yürütülen bir dizi ulusal ve uluslararası bilimsel model çalışmaları, Türkiye’nin yakın gelecekte daha sıcak, daha kurak ve yağışlar açısından daha belirsiz bir iklim yapısına sahip olacağını ortaya koymaktadır. Türkiye’nin, iklim değişikliğinin özellikle su kaynaklarının azalması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşmenin yanı sıra bunlara bağlı salgın hastalıklar ve ekolojik bozulmalar gibi olumsuz etkilerinden de önemli ölçüde etkileneceği öngörülmektedir.” Türkiye’nin İklim Değişikliğine Uyum Kapasitesinin Geliştirilmesi Ortak Programı çerçevesinde gerçekleştirilen iklim öngörülleri de diğer çalışmaları destekleyecek şekilde sıcaklıklarda belirgin artışların hemen hemen bütün ekonomik sektörleri, yerleşim yerlerini ve iklime bağlı doğal afet risklerini temelden etkileyen yağış düzeninin, yani su döngüsünün değişeceğini öngörmektedir.” (Acar, 2007; Göncü ve Albek, 2010; Türe, 2016). Raporda da bahsedildiği üzere, Eskişehir ve çevre illeri küresel iklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölgelerden birinin içinde yer almaktadır. Bu durumun gerçekleşmemesi için yerel, ulusal ve uluslararası politikalar ile uygulamaya geçilmeye çalışılmaktadır. Bu noktada, gerçekleştirilen tez çalışması ve benzer çalışmalar kamuoyunda, kentin kanaat önderlerinde çevresel konularla ilgili farkındalığın ve politikalar için bir literatür konumundadır. Aynı zamanda tez çalışması Eskişehir için sorunların tespiti ve sürdürülebilir kalkınmaya teşvik için bilgi ve teknik niteliği de arz etmektedir.

Bu tür çalışmaların toplumun, il kanaat önderleri ve karar vericileri açısından yol gösterici rol üstleneceği düşünülmektedir. Bu sorunların tespiti ve çözümü, sürdürülebilir şehirlerin planlanması için bu tarz çalışmalar ile bilgi edinilmesi ve uzmanlardan teknik destek sağlanması büyük önem arz etmektedir. Bu tür çalışmalar ile küresel iklim değişikliğinde ve hava kalitesinin düşürülmesinde etkin rol oynayan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik araştırmaların yapılması konusunda şehir paydaşlarına da bir veri tabanı oluşturulabilecektir. Bu çalışmada, Eskişehir ilinin enerji kaynaklı sera gazı emisyon değerlerinin azaltılmasına yönelik çalışmaların başlangıcını ve en önemli aşamasını temsil etmektedir. Ayrıca, Eskişehir ilinin ve ülkemizin iklim değişikliği sürecine katkısını hızlandıracak ve diğer şehir ve ülkelere yol gösterici olmasını sağlayacaktır. Sonuç olarak ortaya konulan yaklaşımın Eskişehir için ekolojik, ekonomik ve sosyal katma değer yaratacağı da unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

- Acar C. O. (2007). “Küresel Isınma, Menemen Toprak ve Su Kaynakları”
- AÇIKGÖZ, M. A., SARGIN, O., & KARA, Ş. M. Karbondioksit Emisyonunun Azaltılmasında Yeni Yaklaşımlar.
- Ağır, H., & Kar, M. (2010). Türkiye’de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi İlişkisi: Yatay Kesit Analizi. *Sosyoekonomi*, 6(12), 149-175.
- Al-Yasiri, Q., & Géczi, G. (2021). Global Warming Potential: Causes and Consequences. *Academia Letters*, 2.
- AKSOY, S., ÇALIKOĞLU, E., ARAS, H., KARAKOÇ, T. H., & TÜRE, C. (2018). Enerji yönetimi ve politikaları. Anadolu üniversitesi.
- Anderson, M. J., & Britannica, E. P. S. (2011). *Global warming*. Retrieved from.
- Apak, G., & Ubay, B. (2007). Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi.
- Araştırma Enstitüsü, Manisa. Göncü S. and Albek E. (2010). "Modeling Climate Change Effects on Streams and Reservoirs with HSPF", *Water Resources Management*, 24-4, 707 – 726.
- Armstrong, A. K., Krasny, M. E., & Schuldt, J. P. (2018). *Communicating climate change: A guide for educators*. Comstock Publishing Associates.
- Arnfield, A. J. (2003). Twodecades of urban climateresearch: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology: a Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(1), 1-26.
- Arroyo, V., & Peña, N. (2003). Establishing A Domestic GHG Reduction Target: Key Approaches and Challenges. *A Climate Policy Framework: Balancing Policy and Politics*, 29.
- Atalık, A. (2006). Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri. *Bilim ve Ütopya*, 139, 18-21.

- ATMACA, Ç., & SEVİMOĞLU, O. (2020). Şehir Kaynaklı Sera Gazı Emisyonunun Belirlenmesi: Kocaeli İli Örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(3), 1616-1627.
- Bader, N., & Bleischwitz, R. (2009). Measuring urban greenhouse gas emissions: the challenge of comparability. *SAPI EN. S. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, (2.3).
- Balkaya, N., & Güneysu, S. (Eds.). (2019). *Recycling and Reuse Approaches for Better Sustainability*. Springer.
- Bayraç, H. N. (2010). ENERJİ KULLANIMININ KÜRESEL ISINMAYA ETKİSİ VE ÖNLEYİCİ POLİTİKALAR. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 229-259.
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, (2019). <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change> (Erişim Tarihi: 18.10.2019).
- Bousquet, P., Ciais, P., Miller, J. B., Dlugokencky, E. J., Hauglustaine, D. A., Prigent, C., ... & Langenfelds, R. L. (2006). Contribution of anthropogenic and natural sources to atmospheric methane variability. *Nature*, 443(7110), 439-443.
- Brander, M., & Davis, G. (2012). Greenhouse gases, CO₂, CO_{2e}, and carbon: What do all the seterms mean. *Econometrica, White Papers*.
- Cai, B., Cui, C., Zhang, D., Cao, L., Wu, P., Pang, L., ... & Dai, C. (2019). China city-level greenhouse gas emissions inventory in 2015 and uncertainty analysis. *Applied energy*, 253, 113579.
- Carvalho, K. S., & Wang, S. (2019). Characterizing the Indian Ocean sea level changes and potential coastal flooding impacts under global warming. *Journal of Hydrology*, 569, 373-386.
- Chang, J. P., Fontelle, J. P., Beguier, S., Allemand, N., Oudart, B., Audoux, N., ... & Wauquiez, M. X. (2005). National inventory report. Inventory of greenhouse gas emissions in France under the UN Framework Convention on Climate Change

- (UNFCCC). Synthesis UNFCCC/CRF-December 2005, submission of April 15, 2006.
- Change, I. C. (2007). The physical science basis.
- Change, I. P. O. C. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. *Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, Japan.*
- CLIMATE CHANGE İN TURKEY, (2020). <http://climatechangeinturkey.com/climate-change-basics-how-does-the-climate-of-turkey-change.html> (Erişim Tarihi: 24.03.2020).
- CLIMATE-DATA.ORG, (2020). <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/eskisehir/eskisehir-188/> (Erişim Tarihi: 25.09.2020).
- Croci, E., Lucchitta, B., Janssens-Maenhout, G., Martelli, S., & Molteni, T. (2017). Urban CO₂ mitigation strategies under the Covenant of Mayors: An assessment of 124 European cities. *Journal of Cleaner Production*, 169, 161-177.
- Cui, C., Shan, Y., Liu, J., Yu, X., Wang, H., & Wang, Z. (2019). CO₂ emissions and their spatial patterns of Xinjiang cities in China. *Applied Energy*, 252, 113473.
- Çağlar, Ü., Meçik, O., Carkanat, S., Karataş, G., & Onan, M. T. (2008). Küresel Isınmanın Ekonomik Politik ve Sosyal Etkileri Eskişehir Kent Merkezinde Bir Araştırma. 11. *Uluslararası İktisat Öğrencileri Kongresi, Ege Üniversitesi İİBF, İzmir.*
- Çetin, Ö. (2012). Tarımsal Sulama Yöntemleri. https://www.researchgate.net/profile/OnerCetin/publication/272163287_Tarimsal_Sulama_Yontemleri/links/54dc9a160cf25b09b9125dcf/Tarimsal-Sulama-Yoentemleri.pdf.
- Dağdemir, Ö. (2013). Eskişehir Ekonomisinin Genel Görünümü: Bölgesel Göstergelerle Bir Değerlendirme. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(3), 1-30.
- Desa, U. (2018). 2018 Revision of World Urbanization Prospects.

- Dhakal, S. (2010). GHG emissions from urbanization and opportunities for urban carbon mitigation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(4), 277-283.
- Emir, K. (2019). Sera Gazı Salım Potansiyelinin Bir Proje Üzerinde Belirlenmesi (Doctoral dissertation, Enerji Enstitüsü).
- ESKİŞEHİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ESKİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, (2018).<http://www.eskisehir-eski.gov.tr/uploads/strateji/faaliyet/2018.pdf>.
- ESKİŞEHİR İLİ 2019 YILI ÇEVRE DURUM RAPORU, (2020).https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/esk-seh-r_-cdr2019-20200814100218.pdf.
- Eskişehir İli Çevre Durum Raporu (2019).
https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/esk-seh-r_-cdr2019-20200814100218.pdf.
- Eskişehir İli Yatırım Destek ve Tanıtım Stratejisi (2018-2023).https://bebka.org.tr/admin/datas/yayins/184/bebka-esyatirimdestek_1527055116.pdf.
- ESKİŞEHİR ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ, (2021).<https://www.eso.org.tr/storage/file/9200541f5d11472c981501bb125b6a58.pdf>.
- ESKİŞEHİR İSTATİSTİKLERİ, (2019).https://www.eskisehir.bel.tr/dosyalar/istatistiklerle_eskisehir/2019.pdf.
- Evcı Kiraz ED, Türe C, Alp Kİ. Şehir, iklim ve sağlık. Evcı Kiraz ED, editör. Şehir Sağlığı. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2021. p.9-15.
- Fong, W. K., C40, M. D., & Deng-Beck, C. (2014). Global protocol for community-scale greenhouse gas emission inventories.
- Galip, A. K. I. N. (2017). Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2).
- GÜLER, E., & CANBAZ, M. SİVRİHİSAR MERKEZİNDEKİ YAPILARIN DEPREM RİSKİNİN BELİRLENMESİ.

- GAZ ELEKTRİK, (2021). <https://gazelektrik.com/tedarikciler/osmangazi-elektrik/birim-fiyat> (Erişim Tarihi: 14.11.2021).
- GHG ONLINE, (2020). <http://www.ghgonline.org/otherhalos.htm> (Erişim Tarihi: 17.07.2020).
- Gillenwater, M., Van Pelt, M. M., & Peterson, K. (2002). Greenhouse gases and global warming potential values. *Washington: Office of Atmospheric Programs of United States Environmental Protection Agency.*
- Giwa, S. O., Sulaiman, M. A., & Nwaokocha, C. N. (2017). Inventory of greenhouse gases emissions from gasoline and diesel consumption in Nigeria. *Nigerian Journal of Technological Development*, 14(1), 1-12.
- Gul, H. H. M. (2021). Emission Reduction vs Exploitation of Domestic Fossil Sources: Is Climate Change Mitigation Compatible with Using Domestic Coal.
- Güzel, T. D., & Alp, K. (2020). Modeling of greenhouse gas emissions from the transportation sector in Istanbul by 2050. *Atmospheric Pollution Research*, 11(12), 2190-2201.
- Haber Türk, (2020). <https://www.haberturk.com/eskisehir-haberleri/75272539-eskisehirin-2019-nufus-sayim-sonuclarieskisehir-nufusu-yuzde-1-9-artarak-887-bin-475-e> (Erişim tarihi: 20.01.2020).
- Habitat, U. N. (2016). Urbanization and development: emerging futures. *World cities report*, 3(4), 4-51.
- Hardy, J. T. (2003). *Climatechange: causes, effects, and solutions*. John Wiley&Sons.
- Hewitt, C. N., & Jackson, A. V. (Eds.). (2003). *Handbook of atmospheric science*. BlackwellPub.
- Hockstad, L., & Hanel, L. (2018). Inventory of US greenhouse gas emissions and sinks (No. cdiac: EPA-EMISSIONS). Environmental System Science Data Infrastructure for a Virtual Ecosystem.
- Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I., ... & Guiot, J. (2018). Impacts of 1.5 C global warming on natural and human

systems. In *Global warming of 1.5° C.: An IPCC Special Repor.* IPCC Secretariat. 175-311.

Hughes, S., Chu, E. K., & Mason, S. G. (2020). *Climate Change and Cities*. Oxford University Press.

Hüseyin, C. Ü. C. E., & Oğuzhan, U. Ğ. U. R. (2021). Nevşehir İlinde Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Covid-19 Salgını Başlangıç Döneminde Değerlendirilmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 118-134.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2021).<https://www.ipcc.ch/> (Erişim Tarihi:12.01.2021).

Investment Climate Of Eskishehir, BEBKA, (2017). https://www.investineskisehir.gov.tr/wp-content/uploads/2017/07/EsYatirimOrtamiENG_BSK.pdf.

IPCC, 1996. Second Assessment Climate Change 1995, Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. ‘The Science of Climate Change’, Contribution of Working Group I. ‘Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change’, Contribution of Working Group 2. ‘Economic and Social Dimensions of Climate Change’, Contribution of Working Group 3, WMO, UNEP. Cambridge University Press.

IPCC. (2018). Summary for Policymakers SPM. In *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change.*, Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_r.

İKLİM HABER, (2021).<https://www.iklimhaber.org/dogalgaz-tuketiminde-artist-riskleriyle-beraber-gelecek/> (Erişim Tarihi: 11.10.2021).

İSTANBUL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ EYLEM PLANI SERA GAZI ENVANTERİ, (2015). <https://www.iklim.istanbul/wp-content/uploads/seragazievanteri.pdf>.

- Kabacıoğlu, N. (2012). Sanayi kuruluşlarında sera gazı salınımları ve sera gazı hesaplama yöntemleri (Master'sthesis, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kanat, Z., & Keskin, A. (2018). Dünyada İklim Değişikliği Üzerine Yapılan Çalışmalar ve Türkiye'de Mevcut Durum. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 49(1), 67-78.
- Karakaya, E. (2008). *Küresel ısınma ve Kyoto Protokolü: iklim değişikliğinin bilimsel, ekonomik ve politik analizi*. Bağlam Yayıncılık.
- Kates, R. W., Mayfield, M. W., Torrie, R. D., & Witcher, B. (1998). Methods for estimating greenhouse gases from local places. *Local Environment*, 3(3), 279-297.
- Kemfert, C., & Schill, W. P. (2009). Methane: A Neglected Greenhouse Gas. *Weekly Report*, 5(32), 218-223.
- Khasnis, A. A., & Nettleman, M. D. (2005). Global warming and infectious disease. *Archives of medical research*, 36(6), 689-696.
- Kilic, A., Midilli, A., & Dincer, I. (2010). A strategic program to reduce greenhouse gas emissions from food industry. In *Global Warming* (pp. 197-209). Springer, Boston, MA.
- Kim, O. S. (2013). In pursuit of low carbon cities: Understanding limitations of ICLEI's inter national local government greenhouse gas emissions protocol. *대한지리학회지*, 48(1), 151-165.
- Krupocin, D., & Krupocin, J. (2020). The Impact of Climate Change on Cultural Security. *Journal of Strategic Security*, 13(4), 1-28.
- Kumaş, K., İnan, O., Akyüz, A. Ö., ve Güngör, A. (2019). Muğla Dalaman Havalimanı Uçaklardan Kaynaklanan Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. *Academic Platform Journal Of Engineering And Science*, 7(2), 291-297.
- KÜLAH, S. (2013). *Greenhouse gas inventory for an industrial waste water treatment plant* (Doctoral dissertation, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Landauer, M., Juhola, S., & Söderholm, M. (2015). Inter-relationships between adaptation and mitigation: a systematic literature view. *Climatic Change*, 131(4), 505-517.

- Letcher, TM (2019). Neden küresel ısınmaya sahibiz? *Gelen küresel ısınma Yönetme* (pp. 3-15). Akademik Basın.
- Li, D., & Bou-Zeid, E. (2013). Synergistic interactions between urban heat islands and heat waves: The impact in cities is larger than the sum of its parts. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 52(9), 2051-2064.
- Lickley, M., Solomon, S., Fletcher, S., Velders, G. J., Daniel, J., Rigby, M., ... & Stone, K. (2020). Quantifying contributions of chlorofluorocarbon banks to emissions and impacts on the ozone layer and climate. *Nature communications*, 11(1), 1-11.
- Makhnatch, P., & Khodabandeh, R. (2014). The role of environmental metrics (GWP, TEWI, LCCP) in the selection of low GWP refrigerant. *Energy Procedia*, 61, 2460-2463.
- Mbaye, M. L., Sy, K., Faty, B., & Sall, S. M. (2020). Impact of 1.5 and 2.0° C global warming on the hydrology of the Faleme river basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 31, 100719.
- Met Office Hadley Centre, (2020). https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/monitoring/greenhouse_gases.html (Erişim Tarihi: 11.12.2020).
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2020). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ESKISEHIR> (Erişim tarihi: 15.03.2020).
- MGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 1998-2021. <https://eskisehir.mgm.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 19.11.2021).
- Mi, Z., Guan, D., Liu, Z., Liu, J., Vigié, V., Fromer, N., & Wang, Y. (2019). Cities: The core of climate change mitigation. *Journal of Cleaner Production*, 207, 582-589.
- Mutlu, V., Cindoruk, Y. O., & Cindoruk, S. S. (2020). Evaluation of Bursa metropolitan greenhouse Gas inventory and reduction targets. *Urban Climate*, 34, 100717.
- NASA EART OBSERVATORY, (2020). <https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming/page2.php> (Erişim Tarihi: 17.12.2020).

- NASA EART OBSERVATORY,
(2020).<https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming/page2.php>
(Erişim Tarihi: 17.12.2020).
- NASA. (2020). Overview: Weather, Global Warming and Climate Change. Retrieved March 9, 2020, from Global Climate Change Vital Signs of the Planet website<https://climate.nasa.gov/resources/global-warming-vs-climate-change/>
(Erişim Tarihi: 11.02.2020).
- National Research Council (2010). *Advancing the science of climate change*. Washington, DC, USA: The National Academies Press.
- Nejat, P., Jomehzadeh, F., Taheri, M. M., Gohari, M., & Majid, M. Z. A. (2015). A global review of energy consumption, CO₂ emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO₂ emitting countries). *Renewable and sustainable energy reviews*, 43, 843-862.
- NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate, (2021).<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202001> (Erişim Tarihi: 11.08.2021).
- Nordhaus, R. R., & Danish, K. W. (2003). *Designing a mandatory greenhouse gas reduction program for the US* (Vol. 66). Washington, DC: Pew Center on Global Climate Change.
- NUFUS, (2020). <https://www.nufusu.com/il/eskisehir-nufusu> (Erişim tarihi: 20.01.2020)
- OUR WORLD IN DATA,
(2021).https://ourworldindata.org/urbanization?source=content_type%3Areact%7Cfirst_level_url%3Aarticle%7Csection%3Amain_content%7Cbutton%3Abody_link.
- Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1).
- Papalexiou, SM ve Montanari, A. (2019). Küresel ısınma altında aşırı yağışların küresel ve bölgesel artışı. *Su Kaynakları Araştırması*, 55 (6), 4901-4914.
- PROQUEST, (2020).<https://ebookcentral.proquest.com> (Erişim Tarihi: 18.09.2020).

- Puliafito, S. E., Allende, D. G., Castesana, P. S., and Ruggeri, M. F. (2017). High-resolution atmospheric emission inventory of the argentine energy sector. Comparison with edgar global emission database. *Heliyon*, 3(12), e00489.
- SARITUNALI, H. N. Çevresel Güvenlik ve Enerji Arz Güvenliği Bağlamında Türkiye'nin Enerji Politikası. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 4(2), 409-421.
- Sarker, T., Corradetti, R., and Zahan, M. (2013). Energy sources and carbon emissions in the iron and steel industry sector in South Asia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3(1), 30-42.
- Sasana, H., & Putri, A. E. (2018). The increase of energy consumption and carbon dioxide (CO₂) emission in Indonesia. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 31, p. 01008). EDP Sciences.
- Satterthwaite, D. (2008). Cities' contribution to global warming: notes on the al location of greenhouse gas emissions. *Environment and urbanization*, 20(2), 539-549.
- SEKİZ SİLİNDİR, (2021). <https://www.sekizsilindir.com/2016/12/lpg-avantaj.html> (Erişim Tarihi: 12.11.2021).
- Shahzad, U. (2015). Pakistan'da yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi. *Yenilenebilir enerji*, 1 (3), 4.
- Shi, C., Jiang, Z. H., Zhu, L. H., Zhang, X., Yao, Y. Y., & Li, L. (2020). Risks of temperature extremes over China under 1.5° C and 2° C global warming. *Advances in Climate Change Research*, 11(3), 172-184.
- Shukla, P. R., Skea, J., Calvo Buendia, E., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H. O., Roberts, D. C., ... & Malley, J. (2019). IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.
- Solomon, S., Manning, M., Marquis, M., & Qin, D. (2007). *Climatechange 2007-the physical sciencebasis: Working group I contribution to the fourthassessment report of the IPCC* (Vol. 4). Cambridge university press.

Springer Nature Limited, (2019).<https://www.nature.com/articles/d41586-020-02116-8>
(Erişim Tarihi: 04.03.2019).

STUDENT ENERGY, (2020). https://studentenergy.org/energy-education/topics/?gclid=cj0kcqiaq7cobhc2arisanspatg2nq9hmvaaayuyw4gfcgfvpbx_c54yuzya0kg9lxpaz3ibkjyvtkwaao1tealw_wcb.

Suganthi, L., & Samuel, A. A. (2012). Energymodelsfordemandforecasting—A review. *Renewableandsustainableenergyreviews*, 16(2), 1223-1240.

Süleyman, T. O. Y., Kayıp, D. B., ve Çağlak, S., (2019).Eskişehir’de (biyo) İklima Duyarlı Kentsel Tasarım Örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 353-361.

Şalvarcı Ş., Aylan, F.,K., (2020). Evaluation Of Historical And Cultural Areas As A Tool For City Marketing: Case Of Eskişehir Province. *Journal of Gastronomy Hospitality and Travel*, 3(1), 134-140.

ŞANLIURFA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ SERA GAZI ENVANTERİ RAPORU, (2016-2018). https://www.sanliurfa.bel.tr/files/1/bsb_sonra/5ddd2650a2b98.pdf.

Tam, W. V., Le, K. N., Tran, C. N. N., & Wang, J. Y. (2018). A review on contemporary computational programs for Building's life-cycle energy consumption and greenhouse-gas emissions assessment: An empirical study in Australia. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4220-4230.

Taskinsoy, J. (2020). No Brainer, TackleClimateChangeby 2030 orAwaittheDoomsdayby 2100. *TackleClimateChangeby, 2030*.

THE CLİMATE REALİT YPROJECT, (2021).<https://www.climaterealityproject.org/blog/difference-between-global-warming-and-climate-change> (Erişim tarihi: 15.08.2021).

The Earth Observatory is part of the EOS Project Science Office at NASA Goddard Space Flight Center, (2021).<https://earthobservatory.nasa.gov/images/147794/2020-tied-for-warmest-year-on-record> (27.10.2021).

Topham, S., Bazzanella, A., Schiebahn, S., Luhr, S., Zhao, L., Otto, A., &Stolten, D. (2000). Carbondioxide. *Ullmann'sencyclopedia of industrialchemistry*, 1-43.

- TUĞAÇ, Ç. (2018). Türkiye İçin İklim Değişikliğine Dayanıklı Kentsel Planlama Modeli Önerisi: Eko-Kompakt Kentler. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(4), 1047-1068.
- Tuğaç, Ç. (2019). Türkiye'de kentsel iklim değişikliği için eko-kompakt kentler
- TÜİK (2019). Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2019. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Greenhouse-Gas-Emissions-Statistics-1990-2019-37196> (Erişim Tarihi:15.08.2019).
- TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, (2020). <https://mam.tubitak.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 11.10.2020).
- Türe, C, (2017). Bayındır İlçesi Kentsel Sera Gazı Salım (Karbon Ayak İzi) Envanteri Ve Analizi Projesi. <http://matchupantalya.org/Uploads/9742a93397d846dcb78bd66a4139a791.pdf>.
- Türe, C. (2013). A methodology to analyse the relations of ecological footprint corresponding with human development index: eco-sustainable human development index. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 20(1), 9-19.
- Türe, C. (2014). Eskişehir İl Merkezindeki Enerji Tüketiminin Küresel Isınma Ve İklim Değişikliği Üzerine Etkisi: Karbon Ayak İzi. TMMOB Eskişehir Kent Sempozyumu, 06-07.
- Türe, C. (2016). Bilecik İl Merkezinin Enerji Kaynaklı Karbon Ayak İzi Envanterinin Araştırılması Ve Analizi Projesi. Bilecik Belediye Başkanlığı.
- Türe C. (2011). AB Sürecinde İklim Değişikliği İle Mücadelede Enerji Sektörünün Karbon Piyasası Açısında Önemi, Eskişehir AB'ye Hazırlanıyor - Bölgesel Enerji ve Ulaştırma Çalıştayı Kitabı Sf.83, Eskişehir Valiliği.
- Türe, Y., & Türe, C. (2020). An assessment of using Aluminum and Magnesium on CO₂ emission in European passenger cars. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119120.

- Türe, Y., & Türe, C. (2021). Environmental and Economic Effects of Fuel Savings in Driving Phase Resulting from Substitution of Light Metals in European Passenger Car Production. *Transportation Research Record*, 03611981211006418.
- Türe, C., & Türe, Y. (2021). A model for the sustainability assessment based on the human development index in districts of Megacity Istanbul (Turkey). *Environment, Development and Sustainability*, 23(3), 3623-3637.
- Türe, C., (2018). Gebze Belediyesi Kurumsal Sera Gazı (Karbon Ayak İzi) Envanteri ve Analizi. <https://www.skb.gov.tr/wp-content/uploads/2017/10/Gebze-Kurumsal-Karbon-Ayak-Izi-Envanteri-ve-Analizi.pdf>.
- Türkeş, 2021, <https://iktisatvetoplum.com/sera-gazlari-kuvvetlenen-sera-etkisi-ve-ku%CC%88resel-iklim-degisikligi-murat-tu%CC%88rkes/> (Erişim Tarihi: 10.11.2021).
- UNITED NATIONS, (2019). <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html> (Erişim Tarihi: 10.12.2019).
- UYGAN, D. (2017). Eskişehir Koşullarında Damla Sulama İle Sulanan Şekerpancarında" Su Verim İlişkileri, Su Tüketimi ve Su Kullanım Etkinliği. *Toprak Su Dergisi*, 26-30.
- Watson, R. T., MeiraFilho, L. G., Sanhueza, E., &Janetos, A. (1992). Greenhouse gases: sources and sinks. *Climate change*, 92, 25-46.
- WECTNC. (2000). World Energy Council Turkish National Committee
- Wikantiyoso, R., Tutuko, P., Suhartono, T., Sulaksono, A. G., & Safrilia, A. (2020). Green City Mis as a Sustainable Urban Gos Provision Control Implementation Model Case Study: The Gos Provision in the Brantas Riverbanks Revitalization, Malang City, Indonesia. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 8(1), 160-172.
- World Meteorological Organization (WMO), (2019).<https://public.wmo.int/en/resources/meteoworld/un-climate-action-summit> (Erişim Tarihi: 05.10.2019).

- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO),
(2020).<https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-statement-state-of-global-climate> (Erişim Tarihi: 14.02.2020).
- Wu, H., Dong, L., Yin, X., Sampaolo, A., Patimisco, P., Ma, W., ... & Jia, S. (2019). Atmospheric CH₄ measurement near a landfill using an ICL-based QEPAS sensor with VT relaxation self-calibration. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 297, 126753.
- Yapıcıoğlu, P., & Demir, Ö. (2017). Atıksu Arıtma Tesisleri İçin İklim Değişikliğine Ve Sera Etkisine Genel Bir Bakış. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 22(3), 235-250.
- Yatarkalkmaz, M. M., & Özdemir, M. B. (2019). The calculation of greenhouse gas emissions of a family and projections for emission reduction. *Journal of Energy Systems*, 3(3), 96-110.
- Yerli, C., Şahin, Ü., Çakmakçı, T., & Tüfenkçi, Ş. (2019). Effects of Agricultural Applications on CO₂ Emission and Ways to Reduce. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(9), 1446-1456.
- Yeşil Ekonomi, (2020). <https://yesilekonomi.com/atmosferdeki-karbondioksit-artisi-hizlanacak/>
- YÜCE, C., TIRAŞ, E., ALTAN, M., KILIÇ, A., & TÜRE, C. (2019). Enerji ve çevre. Anadolu üniversitesi.
- Yi, L., Wu, J., An, M., Xu, W., Fang, X., Yao, B., ... & Hu, J. (2021). The atmospheric concentrations and emissions of major halocarbons in China during 2009–2019. *Environmental Pollution*, 284, 117190.
- Zerta, M., Schmidt, P. R., Stiller, C., & Landinger, H. (2008). Alternative World Energy Outlook (AWEO) and the role of hydrogen in a changing energy landscape. *International journal of hydrogen energy*, 33(12), 3021-3025.
- Zhu, Y., Merbold, L., Leitner, S., Xia, L., Pelster, D. E., Diaz-Pines, E., ... & Butterbach-Bahl, K. (2020). Influence of soil properties on N₂O and CO₂ emissions from excreta deposited on tropical pastures in Kenya. *Soil Biology and Biochemistry*, 140, 107636.

Zou, M., Xiong, X., Wu, Z., Li, S., Zhang, Y., & Chen, L. (2019). Increase of atmospheric methane observed from space-borne and ground-based measurements. *Remote Sensing*, 11(8), 964.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sakina HASANOVA

Yabancı Dil : İngilizce, Rusça, Türkçe

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

2018, Nahçıvan Devlet Üniversitesi Fen Fakültesi Matematik/Fizik Bölümü, Fizik öğretmenliği