

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YAKLAŞIMI ÇERÇEVESİNDE
KOT YIKAMA TESİSİNİN KURUMSAL KARBON
AYAK İZİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Bahar VAYİÇ

Danışman

Prof. Dr. Semra ÇORUH

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Bahar VAYIÇ tarafından, **Prof. Dr. Semra ÇORUH** danışmanlığında hazırlanan “**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YAKLAŞIMI ÇERÇEVESİNDE KOT YIKAMA TESİSİNİN KURUMSAL KARBON AYAK İZİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 10.5.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Xxxxx XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ana Bilim Dalı	☐ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Xxxxxx XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ana Bilim Dalı	☐ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Xxxxx XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ana Bilim Dalı	☐ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

25/06/2023

Bahar VAYİÇ

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YAKLAŞIMI ÇERÇEVESİNDE KOT YIKAMA TESİSİNİN KURUMSAL KARBON AYAK İZİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 05/01/2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 13

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

03/07/2023

Prof. Dr. Semra ÇORUH

ÖZET

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YAKLAŞIMI ÇERÇEVESİNDE KOT YIKAMA TESİSİNİN KURUMSAL KARBON AYAK İZİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bahar VAYIÇ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Haziran/2023

Danışman: Prof. Dr. Semra ÇORUH

2016 Paris Anlaşması'nda belirtildiği gibi, küresel iklim değişikliği ve karbon emisyonları ile ilgili endişeler artmış ve özellikle kuruluşlar, küresel iklim değişikliğine olan katkılarını tahmin etmek için yıllık bir ölçüm süreci başlatmıştır. Bilim insanları, 20. yüzyılın ortalarından bu yana gözlemlenen küresel ısınma eğilimini, atmosferin Dünya'dan uzaya doğru yayılan ısıyı hapsedmesi sonucu ortaya çıkan "sera etkisi"nin insan kaynaklı genişlemesine bağlıyor. Dünyadaki yaşam Güneş'ten gelen enerjiye bağlıdır. Dünya atmosferine ulaşan ışık enerjisinin yaklaşık olarak yarısı havadan ve bulutlardan yüzeye geçerek emilir ve kızılötesi ısı şeklinde yayılır. Yayılan bu ısının yaklaşık %90'ı sera gazları tarafından emilip tekrar yayıldığından dolayı, uzaya doğru salınan ısı kaybı azalmaktadır. Özetlemek gerekirse; başlatılan ölçüm yöntemlerinden biri olan karbon ayak izi, kuruluşların çevresel etkilerini değerlendirmek için yaygın olarak uygulanan bir araçtır. Bu çalışma, ISO 14064 Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu sınıflandırması altında farklı kapsamları içeren, tüketime dayalı karbon ayak izine odaklanan bir kot yıkama tesisinin karbon ayak izinin hesaplanması, gerçek bir vaka çalışmasını sunmaktadır. Ek olarak literatürde göz ardı edilen enerji dışı dolaylı emisyonlar dikkate alınarak, dolaylı emisyonlar da çalışmaya dahil edilmiştir. ISO 14064-2018 standardına göre kot yıkama tesisinin yıllık karbon ayak izi, 2021 yılının genel karbon ayak izi için toplamda 2491,02 t/CO₂e bulunmuştur. Doğrudan emisyon 1575,75 t/CO₂e olarak, enerji ile ilgili dolaylı emisyon 798,09 t/CO₂e olarak ve enerji ile ilgili olmayan dolaylı emisyon 117,18 t/CO₂e olarak hesaplanmıştır. En yüksek CO₂ emisyonları, sera gazı doğrudan emisyon kaynaklarından ısıtma ile ilgili ve en düşük CO₂ emisyonları, yangın-CO₂ tüp depolama ile ilgilidir. Kurumsal ve örgütsel bir düzeyde karbon ayak izinin hesaplanması hususunda rehber kabul edilebilecek olan bu çalışma, bir kot yıkama firmasının kurumsal karbon ayak izi hesaplamasını kapsamlı bir şekilde analiz eden, dolaylı olmayan enerjinin önemini anlamak için öncü çalışmalardan biri olacaktır. Çalışma, toplam karbon ayak izinde ve hesaplama sonucunda elde edilen sonuçların sektöre özel azaltım stratejileri ile nasıl değerlendirileceğini açıklamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Karbon ayak izi, Organizasyon, Doğrudan emisyonlar, Enerji ile ilgili dolaylı emisyonlar, Enerji ile ilgili olmayan dolaylı emisyonlar.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE CORPORATE CARBON FOOTPRINT OF THE DENIM WASHING FACILITY WITHIN THE FRAMEWORK OF SUSTAINABILITY APPROACH

Bahar VAYIÇ

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Environmental Engineering Department

Master, June/2023

Supervisor: Prof. Dr. Semra ÇORUH

As stated in the 2016 Paris Agreement, concerns about global climate change and carbon emissions have increased, and organizations, in particular have embarked on an annual measurement process to estimate their contribution to global climate change. Scientists attribute the global warming trend observed since the mid-20th century to the human expansion of the "greenhouse effect"¹ — warming that results when the atmosphere traps heat radiating from Earth toward space. Life on Earth depends on energy coming from the Sun. About half the light energy reaching Earth's atmosphere passes through the air and clouds to the surface, where it is absorbed and radiated in the form of infrared heat. About 90% of this heat is then absorbed by greenhouse gases and re-radiated, slowing heat loss to space. To summarize, Carbon footprint, one of the measurement methods, is a widely applied tool to assess the environmental impact of organizations. This study presents a real case study of a denim washing company that focuses on consumption-based carbon footprint, including different categories under the classification of ISO 14064 International Organization for Standardization. Furthermore, a study on indirect emissions was conducted by considering indirect non energy-related emissions, which are ignored in the literature. According to the ISO 14064-2018 standard, the annual carbon footprint of the jeans washing company was found to be 2491.02 t/CO₂e in total for the general carbon footprint of 2021. Direct emission was calculated at 1575.75 tCO₂e, indirect energy-related emission at 798.09 tCO₂e, and indirect non energy-related emission at 117.18 tCO₂e. The highest CO₂ emissions are related to the heating from greenhouse gas direct emission sources, and the lowest CO₂ emissions are related to fire-CO₂ tube storage. This article will be one of the pioneering studies to comprehensively analyze the organizational carbon footprint calculation of a denim washing company, which academics and managers can use as a guide for calculating the carbon footprint at the organizational level, to understand the importance of indirect non energy in the total carbon footprint, and to explain how to evaluate the results obtained as a result of the calculation with sector-specific mitigation strategies.

Keywords: Carbon footprint, Organization, Direct emissions, Indirect energy-related emissions, Indirect non energy-related emissions.

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans sürecim boyunca benden desteğini hiçbir şekilde esirgemeyen, sabırla, güler yüzüyle ve nezaketiyle beni daima ileriye taşıyan, girdiği her ortamda çiçek gibi huzur, sakinlik ve sevgi yayan değerli hocam sayın Prof. Dr. Semra ÇORUH' a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın tuğlalarını birlikte ördüğümüz, ardından sabırla çiçek açmasını beklediğimiz, hayatımın ona değen kısmında üzerime bir güneş gibi doğan, minnettarlığımı hiçbir cümleyle tarif edemeyeceğim sayın Dr. Hülya AYKAÇ ÖZEN' e içten teşekkürlerimi sunarım.

Ona baktığım zaman daima kanatlarını gördüğüm, şefkatini iliklerime kadar her yaşımda bana hissettiren, mücevher kalbini dünyada ki hiçbir cevhere değişmeyeceğim, melek annem Hanife VAYIÇ' e, hayattaki sert rüzgarları, fırtınalı günleri onun sakinliğinde atlatmamı sağlayan, dik dağları tırmanacağım zaman ellerime, ayaklarıma destek veren, bana el veren, yürek veren, omuz veren, öğüt veren canımın canı, onunla tamamlandığım muhteşem meleğim, babam Cavit VAYIÇ' e, ruhumu, bedenimi bana armağan eden, içten içe yaptığım her harekette, söylediğim bütün sözlerde, umutlarımda, hayallerimde, sevdiğim bütün insanlarda ondan daima bir iz olan, ellerinden bin bir türlü marifet gelen, masum, güzeller güzeli annem, ruhum Hacer VAYIÇ 'e, onu anlatmak için kelimelerin yetersiz kaldığı, merhamet dolu kalbine her bir gün dua ettiğim, onu sevmek için binlerce sebep bulduğum yakışıklı, karizmatik ve daima güzel kokan canımın gülü, ruhum, dağ gibi babam Aydın VAYIÇ'e, hayatımın her anına arkadaşlık eden, minik kalbiyle hissettiği bütün duygularına saygı ve minnet duyduğum, benim küçük kızım, kardeşim, dünyanın en güzel kızı Suna VAYIÇ 'e sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Ve son olarak beni bilgilerinin ışığında geliştiren, kararsızlıklarına kararlı bir şekilde yön veren, öğütlerini can kulağıyla dinlediğim, mesleğinde bir yıldız kadar parlak, sevgili hocam, sayın Prof. Dr. Metin YAVUZ' a sonsuz şükranlarımı sunuyorum.

Bahar VAYIÇ

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. İklim Değişikliği ve Değişkenliği	5
2.2. İklim Değişikliğini Etkileyen Faktörler	7
2.2.1. Enerji Üretimi	9
2.2.2. Üretim Malları	9
2.2.3. Ormansızlaşma	9
2.2.4. Ulaşım.....	10
2.2.5. Gıda Üretimi	10
2.2.6. Binalarda Kullanılan Enerji	10
2.2.7. Çok Fazla Tüketmek.....	11
2.3. Sera Gazları	11
2.3.1. Su Buharı	17
2.3.2. Karbon Dioksit.....	17
2.3.3. Metan	19
2.3.4. Azot oksitleri	19
2.3.5. Ozon.....	19
2.3.6. Nitroz Oksit	20
2.3.7. Kloroflorokarbonlar (CFCs)	20
2.3.8. Sülfür Hekzaflorür	20
2.4. Sera Gazı Seviyesinin Artması ile Yaşanması Olası Senaryolar.....	21
2.5. Sanayi Devriminin Karbondioksit Miktarının Artışı Üzerindeki Etkisi	25
2.6. İklim Değişikliği ile İlgili Yasal Sözleşmeler	26
2.6.1. Montreal Protokolü	27
2.6.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.....	27
2.6.3. Kyoto Protokolü.....	28
2.6.4. Paris Anlaşması	28
2.7. İklim Değişikliğinin Kurumsal Riskleri ve Finansal Etkileri.....	29

2.8. Kurumsal Karbon Ayak izi.....	31
2.8.1. Doğrudan Sera Gazı Emisyonları	33
2.8.2. Dolaylı Sera Gazı Emisyonları	34
2.8.3. Kurumsal Karbon Ayak izi Hesaplanmasında Kullanılan Standartlar	35
2.9. Tekstil Endüstrisinde Karbon Ayak izi ile İlgili Yapılan Literatür Çalışmaları	37
3. MATERYAL VE METOD	39
3.1. Çalışma Alanı Hakkında Organizasyonel Sınırlar ve Genel Bilgiler	39
3.2. Veri Toplama.....	41
3.3. Karbon Ayak İzi Metodolojisi.....	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	44
4.1. Kot Yıkama Tesisinin Kurumsal Karbon Ayak İzi	44
4.1.1. Doğrudan Emisyonlar	44
Buna göre, 2021 yılında tesisin toplam doğrudan emisyonlarından kaynaklanan KAI miktarı 1575,75 ton CO ₂ e'dir.	48
4.1.3. Dolaylı, Enerji ile İlgili Emisyonlar (Kapsam 2).....	48
4.1.4. Dolaylı, Enerjiyle İlgili Olmayan Emisyonlar (Kapsam 3)	50
4.2. Kot Yıkama Tesisinin Karbon Ayakizini Azaltma Stratejileri.....	58
5. SONUÇLAR.....	60
KAYNAKLAR	62
EKLER.....	69
ÖZ GEÇMİŞ.....	78

SİMGELER VE KISALTMALAR

ISO	: Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı
GHG	: Green House Gas
BM	: Birleşmiş Milletler
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
CFC	: Kloroflorokarbon
NOAA	: Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
mt	: Milyon ton
CO ₂ eşdeğer	: Karbon dioksit eşdeğeri
EPA	: ABD Çevre Koruma Ajansı
ABD	: Amerika Birleşik Devletler
Ppm	: Milyonda bir birim
UV-B	: Ultraviyole B
DU	: Dobson Unit
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
atm	: Atmosfer
PPBV	: Milyarda bir birim
CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbon dioksit
SF ₆	: Sülfür hekzaflorür
N ₂ O	: Azot Oksit
O ₃	: Ozon
H ₂ O	: Su Buharı
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
WWF	: Dünya Yaban Hayatı Fonu
T.C.	: Türkiye Cumhuriyeti
OECD	: Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Teşkilatı
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
WRI	: Dünya Kaynaklar Enstitüsü
WBCSD	: Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
PAS	: Publicly Available Specification
UNCED	: Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı
GPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
WRG	: Dünya Kaynakları Enstitüsü
KAİ	: Karbon Ayak İzi
EF	: Emisyon Faktörü
AD	: Faaliyet Verisi
DEFRA	: Çevre, Gıda ve Köy İşleri Dairesi, İngiltere
EÜAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim A.Ş.
mwh	: Mega Watt Saat
kwh	: Kilowatt Saat

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Sera etkisi döngüsü	9
Şekil 2.2. Toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu, 1990-2021, TÜİK	12
Şekil 2.3. Sektörlere göre sera gazı emisyon oranları, 2021, TÜİK,	15
Şekil 2.4. Gazlara göre sera gazı emisyon oranları, 2021, TÜİK	15
Şekil 2.5. Sektörlere göre yıllık sera gazı emisyonları, (Dünya Kaynakları Enstitüsü, 2023)	26
Şekil 2.6. Sera gazı kaynakları (WRI/WBCSD, 2004)	32
Şekil 3.1. Kot tesisinin harita üzerindeki görüntüsü	39
Şekil 3.2. İncelenen kot yıkama şirketinin sera gazı kaynakları.....	43
Şekil 4.1. Kot yıkama tesisinin 2021 yılı faaliyetlerine göre karbon ayak izi yüzdeleri	57
Şekil 4.2. Kuruluşun üç kapsam dahilinde (1,2 ve 3) hesaplanan karbon ayak izi değerleri.....	58



TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 2.1. Kyoto Protokolü'nün baz aldığı sera gazları (WRI, 2015).....	7
Tablo 2.2. Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2021, TÜİK.....	13
Tablo 2.2. Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2021, TÜİK (devamı).....	14
Tablo 2.3. Gazlara göre sera gazı emisyonları, 1990-2021, TÜİK.....	16
Tablo 2.4. Sera gazı emisyonları (CO ₂ eşdeğeri), TÜİK, 1990- 2021	22
Tablo 2.5. Sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları, TÜİK, 1990- 2021.....	24
Tablo 2.6. İklim değişikliği ile ilgili yasal sözleşmeler	27
Tablo 2.7. Sera gazı emisyonlarının hesaplanması, değerlendirilmesi için metotlar, (Özlem, B. 2013).....	33
Tablo 3.1. Tesisin yıllık üretim kapasitesi	39
Tablo 3.2. Tesisin yıllık tüketim maddeleri kapasite çizelgesi	40
Tablo 3.3. Bir kot yıkama firmasının 2021 yılı faaliyetlerine ilişkin veriler	41
Tablo 4.1. Tesisin 2021 yılına ait aylık doğalgaz tüketim miktarları.....	47
Tablo 4.2. 2021 yılında doğalgaz kaynaklı oluşan toplam karbon ayak izi değerleri	48
Tablo 4.3. 2021 yılında kot tesisinde üretilen doğrudan emisyon kaynak ve miktarları	51
Tablo 4.4. Tesiste 2021 yılına ait aylık elektrik tüketim miktarları	52
Tablo 4.5. 2021 yılında tesiste elektrik kullanımı sonucu oluşan toplam karbon ayak izi miktarları	53
Tablo 4.6. 2021'de kot yıkama tesisinin atıklarından kaynaklı dolaylı emisyonlar...	54
Tablo 4.7. Tesiste uygulanan ulaşım ile ilgili anket sonuçları.....	55
Tablo 4.8. Kuruma hizmet eden kiralık araçların oluşturduğu karbon ayak izi.....	55
Tablo 4.9. Çalışanların sahip olduğu araçlardan ve toplu taşıma araçlarından kaynaklanan karbon ayak izi	56
Tablo 4.10. Tesiste 2021 yılına ait aylık su tüketim miktarları.....	57
Tablo 4.11. 2021 yılının diğer ayları için de elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi miktarları.....	58

1. GİRİŞ

İklim değışikliğı günümüzde artık göz ardı edilemeyecek bir seviyeye gelmiş en önemli küresel sorunlardan biridir (Chang ve diğlerleri, 2015; Padrón ve diğlerleri, 2020; Xie ve diğlerleri, 2020; Ye ve diğlerleri, 2013; Zhang ve diğlerleri, 2013). İklim değışikliğı ile mücadele, düşük karbonlu ve sürdürülebilir bir gelecek için faaliyet ve yatırımları tartışmak amacıyla Paris'te düzenlenen Taraflar Konferansı'nın (COP21) yirmi birinci oturumu, 197 ülke tarafından imzalanan Paris Anlaşması ile sonuçlanmıştır. Paris Anlaşması, ülkelerin iklim krizini önlemek için ortak eylem ihtiyacını kabul ettikleri uluslararası bir anlaşmadır. Anlaşma, iklim değışikliğinin neden olduğu kayıp ve zararların tespit edilerek en aza indirilmesi ve küresel ortalama yüzey sıcaklığındaki artışın sanayi öncesi döneme göre 2°C ile sınırlandırılması ve mümkünse 1,5°C'nin altında tutulmasının önemine dikkat çekmektedir (AB, 2016).

Paris Anlaşması'nda vurgulanan sıcaklık değışikliğine paralel olarak, Hükümetler arası İklim Değışikliğı Paneli'nden (IPCC) alınan veriler, 1,5°C'lik bir ısınmanın 2°C'lik bir ısınmadan nispeten daha güvenli olacağını vurgulamaktadır. IPCC'ye göre ortalama yüzey sıcaklığındaki 1,5°C'lik artışla %100 artması beklenen taşkın riski, 2°C'lik bir ısınmayla %170'e ulaşacaktır. Ayrıca şiddetli kuraklığa maruz kalan insan sayısı 1,5°C artışla 350 milyona, 2°C artışla 410 milyona kadar çıkabileceğı öngörülmektedir. Aşırı sıcak hava dalgalarının dünya nüfusunun %9' u yerine, %28'ini etkileyeceğı tahmin edilmektedir. Tarımda her 0,5°C'lik artışın mahsul verimini daha da düşüreceğı de bilinen bir konudur. Küresel ortalama sıcaklık artışının 2°C'yi aşması durumunda insan yaşamını doğrudan etkileyecek yıkıcı sonuçlar kaçınılmazdır (WWF, 2022). Bu açıdan bakıldığında, özellikle Paris Anlaşması'na imza atan ülkelerin, kendi endüstrilerinin iklim değışikliğine katkısını azaltacak yeşil politikalar ve stratejiler geliştirmesi bir zorunluluktur. Sektör ne olursa olsun, düşük karbonlu/karbon nötr ürün ve hizmetler, müşteriler ve yatırımcılar arasında hızla tercih edilir hale gelip popülerlik kazanmaktadır (Dawkins ve Fraas, 2011; Foran ve diğlerleri, 2005; Scipioni ve diğlerleri, 2012; Sundarakani ve diğlerleri., 2010). Kuruluşlar için iklim değışikliğı uyum koşulları ve eylem planları için sera gazı emisyon envanterlerinin oluşturulması, yeşil politika geliştirmenin ilk adımıdır. Bu nedenle kuruluşların iklim üzerindeki etkilerini değerlendirmek için uygun araçları kullanmaları gerekmektedir (Radonjić ve Tompa, 2018).

Karbon ayak izi yaklaşımı, uluslararası standartlara dayalı olarak bir kuruluşun çevresel etkisini değerlendirmek için sıklıkla kullanılmaktadır (Peters, 2010; Ruževičius ve Dapkus, 2018). Kurumsal karbon ayak izi, tüketim hakkında bilgi toplayarak ve çeşitli faaliyetlerden kaynaklanan doğrudan ve dolaylı olarak ortaya çıkan sera gazlarının karbondioksit eşdeğeri cinsinden hesaplanarak ortaya koyulmasıdır (Weidema ve diğerleri, 2008; Wiedmann ve Minx, 2008). Kullanılan kaynağın türüne bağlı olarak, birçok kuruluş tarafından bu dönüşüm adına çeşitli yaklaşımlar ve teknikler oluşturulmuştur (Jiménez, 2014). Şu an da kuruluş düzeyinde sera gazı emisyonlarını ölçmek için çok sayıda girişim, yönerge ve hesaplama yöntemi mevcuttur. İngiliz Standartları Enstitüsü tarafından yayımlanan Kamuya Açık Spesifikasyon (PAS) yönergeleri, ISO 14064 Uluslararası Standardizasyon Örgütü, Dünya Kaynakları Enstitüsü tarafından geliştirilen Sera Gazı Protokolü ve Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya İş Konseyi çevresel etkiyi ve karbon ayak izini hesaplamak için en yaygın yöntemlerdir (Gao ve diğerleri, 2014; Karalis ve Kanakoudis, 2023). Bu tekniklerden en popüler olanı, sera gazları ile ilgili ISO 14064:2018 standardıdır- Bölüm 1: Sera gazı emisyonlarının ve giderimlerinin miktarının belirlenmesi ve raporlanması için kuruluş seviyesinde rehberlik içeren şartnamedir (ISO-14064-1, 2018). Bir kuruluşun karbon ayak izi, ISO 14064-1'e göre farklı kapsamlara ayrılabilir. Bu, kuruluşun doğrudan ürettiği emisyonların yanı sıra, kuruluşun sınırlarına bağlı olarak dolaylı enerjiyle ilgili emisyonları ve enerjiyle ilgili olmayan dolaylı emisyonları içerir (Harangozo ve Szigeti, 2017).

Doğrudan emisyonlar, kuruluşun sahip olduğu veya kuruluş tarafından yönetilen kaynaklardan gelen veya kuruluşun sınırları içinde doğrudan sera gazı yayan kaynaklardır. Bu kaynaklar sabit veya hareketli olabilmektedir. Dolaylı enerji ile ilgili emisyonlar, enerji üretimi ve elektrik, ısı, buhar, soğutma ve basınçlı hava gibi ilgili hizmetlerde yer alan yakıtın yanmasından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını içerir. Doğrudan ve dolaylı enerjiyle ilgili emisyonlar, kuruluşun kaynaklarından kaynaklanan emisyonları, enerjiyle ilgili olmayan dolaylı emisyonlar ise esas olarak kuruluşun sınırları dışında üretilen emisyonları içerir. Bir karbon ayak izi göstergesinin etkili bir şekilde uygulanmasının yanı sıra, güvenilirliği ve karşılaştırılabilirliği sağlamak için enerji ile ilgili olmayan dolaylı emisyonlar için de bir veri kaynağı sağlanmalıdır (Alvarez ve Rubio, 2015). Bu, enerjiyle ilgili olmayan dolaylı emisyonların bir kuruluş için sera gazı emisyonları üzerinde sıklıkla en büyük

etkiye sahip olduğunu ve bu nedenle bunların hafife alınmasının tipik olarak önemli ölçüde daha yüksek sera gazı emisyonları ile sonuçlanacağı birkaç yazar tarafından desteklenmiştir (Matthews ve diğerleri, 2008). Dolaylı enerji dışı emisyonlar alt kategorilere ayrılmıştır. Bu kategoriler, kiralık araçlardan kaynaklanan emisyonları veya bir kuruluş tarafından insan ve mal taşımacılığı için kullanılan hizmetlerden (demiryolu, deniz, hava ve karayolu) kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonlarını ve mallarla ilgili kuruluşun sınırları dışındaki kaynaklardan gelen emisyonları içerir. Kuruluş tarafından kullanılan ve kaynaklarda yer alan emisyonlar, sabit veya hareketli olabilmekte ve raporlayan kuruluş tarafından satın alınan her tür malla ilgili olabilmektedir. Sonuç olarak, bu belirli kategorilerin içeriğini tanımlamak kuruluşun sorumluluğundadır. Son on yılda birçok şirket ve kuruluş kendi karbon ayak izlerini belirlemek için inisiyatif almıştır. Küresel ısınmayla ilgili risk yakın tarihlerde üniversiteler, hizmet sektörü, çimento sektörü, gaz rafinerisi sektörü, şarap sektörü, otomotiv sektörü, telekomünikasyon şirketleri ve lojistik hizmetleri gibi çeşitli kuruluşlar tarafından hesaplanmaktadır (Alvarez ve Rubio, 2015; Cagiao ve diğerleri, 2011; Eslamidoost ve diğerleri, 2022; Karalis ve Kanakoudis, 2023; Lee ve Cheong, 2011; Radonjić ve Tompa, 2018; Robinson ve diğerleri, 2018; Ruževičius ve Dapkus, 2018; Saenz ve diğerleri, 2016).

Tüm endüstrilerin düşük karbonlu çevre koruması, iklim değişikliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Birincil bir küresel ihracat sektörü, üretim ve işleme için çok önemli bir merkez olan tekstil endüstrisi, ciddi çevresel sorunlarla ilgilenmek zorundadır (Khan ve Malik, 2014; Kishor ve diğerleri, 2020; Sivaram ve diğerleri, 2019; Zhou ve diğerleri, 2022). Bu nedenle tekstil sektöründeki sera gazı emisyonları ile ilgili, özellikle belirli ürünlere ve üretim yöntemlerine odaklanan birkaç ilgili çalışma olmasına rağmen, tekstil endüstrisinin karbon ayak izi detaylı bir şekilde değerlendirilmelidir. Kapsamlı literatür taramasına göre, tekstil endüstrilerine uygulanan kurumsal karbon ayak izinde karbonun özellikleri, yalnızca birkaç araştırma çalışmasında kısaca tartışılmıştır. Çin'in tekstil sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları, emisyon özellikleriyle birlikte Huang ve diğerleri tarafından kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bulgular, kömür kullanımının Çin'in tekstil endüstrisinin başlıca sera gazı emisyonu kaynağı olduğunu göstermektedir. Kömür tüketimi, birincil enerji kaynaklarından kaynaklanan tüm sera gazının %80'ini oluşturan, Çin'in tekstil endüstrisindeki sera gazı emisyonlarının en büyük nedenidir.

Elektrik tüketimi, sera gazı emisyonlarının ikinci en büyük kaynağıdır (Huang ve diğerleri, 2017).

Çin'in tekstil üretiminin doğrudan ve dolaylı emisyonların incelenmesi Yan ve meslektaşları tarafından yapılmıştır. Genel karbon ayak izinin yaklaşık %87'si ana kaynağı enerji kullanımı olan dolaylı karbon ayak izinden kaynaklanırken, doğrudan endüstriyel karbon ayak izi bu toplamın yaklaşık olarak %13'ünü oluşturmaktadır (Yan vd., 2016).

Literatür taraması, tekstil sektörü için karbon ayak izinin hesaplanması ve sera gazı emisyonlarının azaltılması ile ilgili konularda araştırma çalışmasını ortaya koymaktadır; ancak birçoğu, bir organizasyonu bir bütün olarak incelemek yerine belirli süreçlere odaklanmıştır. Bilinen kadarıyla bir kot yıkama tesisinin organizasyon düzeyinde ayrıntılı bir karbon ayak izi değerlendirmesini yapan hiçbir çalışma yoktur. Bu çalışma var olan eksikliği gidermek için, kot yıkama sektöründeki bir kuruluşun, ISO standart hesaplama yöntemlerine dayalı olarak oluşan sera gazı emisyonlarının esas noktalarını belirlemeyi, oluşan bu emisyonların etkilerini azaltmak için karbon ayak izini tahmin etmeyi ve alternatifler önermeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada kuruluşun karbon ayak izini hesaplamak için üç aşama ele alınmıştır. Ele alınan ilk aşama tesisin sabit ve mobil yakıt tüketiminden kaynaklanan doğrudan emisyonları, ikinci aşama elektrik enerjisi tüketiminden kaynaklanan dolaylı emisyonları ve sonuncu aşama ise tesise ait olmayan araçlardan, çalışanların ulaşımından, atık bertarafından, su tüketiminden ve atıksu deşarjından kaynaklanan emisyonları kapsamaktadır. Ancak yalnızca tesisin kendi faaliyetlerinden kaynaklanan doğrudan emisyonlara dayalı bir hesaplama, tesisin genel sera gazı emisyonlarının yanlış değerlendirilmesine yol açabilmektedir. Bu, enerjiyle ilgili olmayan dolaylı emisyonların genellikle bir şirket üzerinde önemli bir sera gazı etkisi oluşturduğu ve bunların göz ardı edilmesinin, sera gazı emisyonlarının büyük ölçüde hafife alınmasına yol açtığı anlamına gelir. Ayrıca literatürde indirekt emisyon hesaplamaları ile ilgili çok az sayıda çalışma bulunmakta ve tutarlı bir uygulama bulunmamaktadır. Bu çalışmanın ana katkıları, kot yıkama firmasının kurumsal karbon ayak izinin doğrudan, dolaylı enerji ile ilgili ve dolaylı enerji ile ilgili olmayan kategorilerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmek, sektöre özgü dolaylı sera gazı emisyonları bilgisine katkıda bulunmak ve sektöre özgü azaltma stratejilerini belirlemektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. İklim Değişikliği ve Değişkenliği

Küresel ısınma, Dünya atmosferindeki ısıyı hapseden, sera gazı seviyelerinin artışına sebep olan, fosil yakıt yakma başta olmak üzere insan faaliyetleri nedeniyle sanayi öncesi dönemden (1850 ve 1900 yılları arasında) beri gözlemlenen, Dünya yüzeyinin uzun vadede ısınması olayıdır (Türkeş, 2000). 20. yüzyılın ortalarından bu yana Dünya ikliminde gözlemlenen değişikliklerin en önemli sebebi, Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığını yükselten fosil yakıtların yakılmasıdır (Galip, 2006). Fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, sanayi süreçleri gibi çeşitli insan etkinlikleri ile atmosfere salınan sera gazlarının buradaki birikimlerinin hızlı artışı ve şehirleşmenin de katkısıyla doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi, yeryüzü ve atmosferin alt bölümlerinde sıcaklık artışına sebep olmaktadır (Anonymous, 2005 ve Kocaman, 2009).

Küresel ısınma, tüm dünyayı ve canlıları etkileyen, çevresel değişikliklere neden olan yeryüzü sıcaklığındaki artıştır (Öğüt, 2008). İklim, yeryüzünün herhangi bir yerinde, uzun zaman periyodunda gözlenen hava koşullarının ortalama özellikleriyle birlikte oluşma sıklığının zamansal dağılımlarının, gözlenen uç değerlerin, şiddetli olayların ve tüm değişkenlik tiplerinin bileşimi olarak adlandırılır (Türkeş, 2007). İklim değişikliği ise, karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğinin yanı sıra, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetlerinden dolayı iklimde oluşan değişiklik olarak adlandırılır (Selçuk, 2009). Genel bakışta iklim değişikliği, sebebi fark etmeksizin iklim koşullarındaki büyük ölçekli ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişikliklerin toplamıdır (Türkeş, 1997).

Küresel iklim değişikliği; küresel ısınma sonucu oluşan hava hareketleri, yağışlar, nemlilik ve diğer iklim faktörlerinden etkilenecek, dünya ikliminin uzun jeolojik devirlerinden farklı olarak, son 15-20 yıl gibi kısa bir zaman diliminde hızla değişmesini ifade eder (Yönten, 2007). Genel olarak küresel ısınma ile iklim değişikliği kavramları aynı anlamda kullanılmaktadır fakat bu kavramlar arasında farklar mevcuttur (Karaman ve Gökalep, 2010). Küresel ısınma, dünyanın ortalama sıcaklık değerlerindeki iklim değişikliğine yol açabilecek artışı ifade eder iken, iklim değişikliği belirli bölgedeki mevsimlik sıcaklık, yağış ve nem değerlerindeki

değişimleri ifade etmektedir. Başka bir deyiş ise küresel ısınmanın günlük, aylık ve yıllık en yüksek sıcaklıklardaki artışından ziyade, en az sıcaklıklardaki artışı ifade etmektedir (Yamanoğlu, 2006). Küresel sıcaklık artışlarının 21. yy.'da yaşandığı bilimsel gözlemlerle kanıtlanmış olup, bu ısınmanın birkaç on yılı kapsayacak kadar kısa sürede iklim değişikliğine yol açacağı kabul edilmektedir (Anonymous, 2001 ve Albek, 2007).

Sanayi devriminden sonra atmosferde bulunan CO₂ miktarının iki katına çıkması, 2030'a kadar olası iklim değişikliklerinin gerçekleşeceğinin sinyallerini vermektedir. Bakıldığında ilk olarak göze çarpan değişim, sıcaklık artışları olacaktır (Aksay ve diğerleri, 2005). Yüzeydeki ısınmanın, hemen her yıl bir önceki yıla göre giderek daha fazla artarak küresel sıcaklık rekorlarını kırdığı ifade edilmektedir. Ortalama küresel sıcaklığın 1860'tan itibaren 0,5-0,8 °C arttığı görülmektedir. Bilim insanları son 50 yıldaki sıcaklık artışının, insan hayatı üzerinde fark edilebilir etkileri olduğu görüşünden yola çıkarak, dönüşü olmayan noktaya doğru yaklaşıldığını ifade etmektedirler. Öte yandan önlem alınmadığı takdirde 21. yy. sonuna doğru küresel sıcaklığın ortalama 2 °C artacağı tahmin edilmektedir. Küresel iklimde gözlenen ısınmaya ek olarak, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında da 1990-2100 yıllarında 1,4-5,8 °C artış olacağı öngörülmektedir (Kadıoğlu, Dokumacı, 2005 ve Ögüt, 2008). Küresel boyutta artan sıcaklıkların etkisiyle oluşan ısınma, birbirleriyle ilişkili diğer iklim elemanlarında da değişimlere neden olmaktadır. Sıcaklık artışıyla meydana gelen küresel ısınma; hidrolojik döngünün değişmesi, kuraklık, deniz seviyesinin yükselmesi, su kaynaklarının kalitesinde ve hacminde azalma, temiz su kaynaklarının denize karışması ve su sorunu, aşırı buharlaşma, kar ve buzulların erimesi, yağış miktarı ve rejiminde değişiklikler, meteorolojik felaketlerde artış, yangınlar gibi sorunların da temel kaynağını oluşturmaktadır. Küresel ısınmanın fiziksel etkilerine ek olarak sosyolojik, ekonomik psikolojik etkileri de mevcuttur. Su kaynaklarının azalmasıyla enerji darboğazının yaşanması, tarım ve orman ürünlerinde azalış turizm ve rekreasyon olanaklarının sınırlandırılması ile bir çok sektörün olumsuz etkilenmesi, göçlerin artarak sosyal ve ekonomik zorluklara neden olması, insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle sağlık maliyetlerinin artması, sahil kenarlarındaki yerleşim alanlarının risk altında olması, az gelişmiş ülkelerin sorunlarla başa çıkacak kaynaklara sahip olmaması nedeniyle krizlerin yaşanması iklim değişikliğinin sosyo-

ekonomik ve politik önemini de açıkça ortaya koymaktadır (Karaman ve Gökalp, 2010).

Tablo 2.1. Kyoto Protokolü'nün baz aldığı sera gazları (WRI, 2015)

SEMBOL	İSİM	CO ₂	ANA KAYNAK
CO ₂	Karbondiyoksit	1	Fosil Yakıtların Yanması, Orman Yangınları, Çimento Üretimi
CH ₄	Metan	21	Düzenli Depolama Sahaları, Petrol ve Doğalgazın Üretimi ve Dağıtımı, Çiftlik Hayvanlarının Sindirim Sistemlerindeki Fermantasyon
N ₂ O	Diazot monoksit	310	Fosil Yakıtların Yanması, Gübreler, Naylon Üretimi
HFC _s	Hidrofloro karbonlar	140-11.700	Buzdolabı Gazları, Alüminyum Eritme, Yarı İletken Üretimi
PFC _s	Perfloro karbonlar	6.500-9.200	Alüminyum Üretimi, Yarı İletken Üretimi
SF ₆	Sülfür Heksaflorür	23.900	Elektrik İletim ve Dağıtım Sistemleri, Magnezyum Üretimi

2.2. İklim Değişikliğini Etkileyen Faktörler

20. yüzyılın ortalarından beri gözlemlenen küresel ısınma eğilimini, atmosferin Dünya'dan uzaya doğru yayılan ısıyı hapsedmesi sonucu ortaya çıkan ısınma olan 'sera etkisi' nin genişlemesine bağlamaktadırlar. Birleşmiş Milletler' e göre sera etkisi şu şekilde açıklanmaktadır: Bir seraya güneş ışığı girdiği zaman ısı içeride korunmaktadır. Sera etkisi, gezegen ölçeğinde benzer bir terimi tanımlamaktadır, ancak bir seranın camı yerine, belirli gazlar birikerek küresel sıcaklıkları yükseltir. Dünya yüzeyi güneş enerjisinin yarısından biraz daha azını emerken, atmosfer yüzde 23'ünü emer ve geri kalanını uzaya geri yansıtır. Doğal süreçler, gelen ve giden enerji miktarının eşit olmasını sağlayarak gezegenin sıcaklığını sabit tutar. Bununla birlikte, insan faaliyetleri, oksijen ve nitrojen gibi diğer atmosferik gazların aksine, atmosferde hapsolup gezegenden kaçamayan sera gazları (GHG'ler) olarak adlandırılan bu gazlar,

emisyounun artmasına neden olmaktadır. Bu enerji, yeniden emildiği yüzeye geri döner. Gezegene giren enerji, çıkandan daha fazla olduğu için, yeni bir denge sağlanana kadar yüzey sıcaklıkları artış gösterir (BM, 2021).

Sıcaklık artışının iklim üzerinde uzun vadede olumsuz etkileri olup, sayısız doğal sistemi de beraberinde etkilemektedir. Milyonlarca insanı etkileyen ve trilyonlarca ekonomik kayba neden olan aşırı hava olaylarının (sel, kuraklık, orman yangınları ve kasırgalar dahil) sıklığı ve yoğunluğundaki artışları içerir. BM evre Programı (UNEP) Enerji ve İlim şubesi Başkanı Mark Radka, "İnsan kaynaklı sera gazı emisyonları, insan ve evre sağlığını tehlikeye atmaktadır ve güçlü iklim eylemleri olmadan etkiler daha yaygın ve şiddetli hale gelecektir." demiştir. Sera gazı emisyonları, iklim krizini algılamak ve ele almak için kritik öneme sahiptir; COVID-19 nedeniyle ilk düşüşe rağmen, en son UNEP Emisyon Açığı Raporu bir toparlanma olduğunu göstermekte ve ülkeler emisyon miktarlarını azaltmadıkları takdirde, bu yüzyılda en az 2,7 derecelik feci bir küresel sıcaklık artışı öngörülmektedir. Rapor, bu yüzyılın sonuna kadar ki amaç küresel ısınmanın sanayi öncesi seviyelere kıyasla 1,5°C ile sınırlandırmak ise, sera gazı emisyonlarının 2030 yılına kadar yarıya indirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur (BM, 2021).

Birkaç farklı sera gazı türü vardır. Başlıcaları karbondioksit, su buharı, metan ve azot oksittir. Bu gaz moleküllerinin tümü üç veya daha fazla atomdan oluşmaktadır. Atomlar ısıyı emdiklerinde titreyecek kadar gevşek bir şekilde bir arada tutulurlar. Sonunda, titreşen moleküller, muhtemelen başka bir sera gazı molekülü tarafından emilecek olan radyasyonu serbest bırakır. Bu süreç, ısıyı Dünya yüzeyinin yakınında tutmaktadır. Atmosferdeki gazın çoğu, ısıyı ememeyen ve sera etkisine katkıda bulunan nitrojen ve oksijendir (ztrk, 2002).



Şekil 2.1. Sera etkisi döngüsü

Dünyada iklim değişikliğine sebep olan faktörler aşağıda açıklanmıştır.

2.2.1. Enerji Üretimi

Fosil yakıtları yakarak elektrik ve ısı üretmek, büyük miktarda küresel emisyona neden olmaktadır. Elektriğin çoğu kömür, petrol veya gaz yakılarak üretilir ve bu da (karbondioksit ve nitroz oksit) Dünya'yı kaplayan ve Güneş'in ısısını hapseden güçlü sera gazları üretir. Küresel olarak, elektriğin dörtte birinden biraz fazlası, fosil yakıtların aksine havaya çok az sera gazı veya kirletici madde salan veya hiç salmayan rüzgâr, güneş ve diğer yenilenebilir kaynaklardan gelmektedir (Erdoğan, 2020).

2.2.2. Üretim Malları

İmalat ve endüstri, çimento, demir, çelik, elektronik, plastik, giysi ve diğer mallar gibi ürünleri üretmek için gereken enerjiyi ortaya çıkarmak amacıyla çoğunlukla fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan emisyonları üretir. Madencilik ve diğer endüstriyel işlemler de inşaat sektöründe olduğu gibi gazları serbest bırakmaktadır. Üretim sürecinde kullanılan makineler genellikle kömür, petrol veya gazla çalışır ve plastik gibi bazı malzemeler fosil yakıtlardan elde edilen kimyasallardan yapılmaktadır. İmalat sanayi, dünya çapında sera gazı emisyonlarına en fazla katkıda bulunan sektörlerden biridir (Dam, 2014).

2.2.3. Ormansızlaşma

Çiftlikler ve meralar oluşturmak için veya başka nedenlerle ormanların kesilmesi emisyonlara neden olmaktadır. Çünkü ağaçlar kesildiklerinde depoladıkları karbonu serbest bırakırlar. Her yıl yaklaşık 12 milyon hektar orman yok olmaktadır. Ormanlar

karbondioksiti emdiğinden, onları yok etmek aynı zamanda doğanın emisyonları atmosferden uzak tutma yeteneğini de sınırlamaktadır. Tarım ve diğer arazi kullanımının değişiklikleriyle birlikte ormansızlaşma, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık dörtte birinden sorumludur (Türkeş, 2001).

2.2.4. Ulaşım

Arabaların, kamyonların, gemilerin ve uçakların çoğu fosil yakıtlarla çalışmaktadır. Bu, ulaşımı sera gazlarının, özellikle de karbondioksit emisyonlarının önemli bir kaynağı haline getirmektedir. Benzin gibi petrol bazlı ürünlerin içten yanmalı motorlarda yanması nedeniyle karayolu taşıtları emisyonun en büyük kısmını oluşturmaktadır. Ancak gemi ve uçaklardan kaynaklanan emisyonlar artmaya devam etmektedir. Ulaşım, küresel enerjiyle ilgili karbondioksit emisyonlarının yaklaşık dörtte birini oluşturmaktadır. İstatistikler önümüzdeki yıllarda ulaşım için enerji kullanımında önemli bir artışa işaret etmektedir (Pekin, 2006).

2.2.5. Gıda Üretimi

Gıda üretimi, ormansızlaştırma, tarım ve otlatma için arazilerin temizlenmesi, inekler ve koyunlar tarafından sindirim, mahsul yetiştirmek için gübre ve gübre üretimi, üretilen gübrelerin kullanımı dahil olmak üzere çeşitli şekillerde karbondioksit, metan ve diğer sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır. Genellikle fosil yakıtlarla çiftlik ekipmanlarını veya balıkçı teknelerini çalıştırmak için enerji kullanımı iklim değişikliğinde önemli bir artış oluşturmaktadır. Sera gazı emisyonları da gıdaların paketlenmesi, dağıtılması ve bütün bu süreçlerden kaynaklanmaktadır (Akyüz, 2019).

2.2.6. Binalarda Kullanılan Enerji

Küresel olarak konut ve ticari binalar, tüm elektriğin yarısından fazlasını tüketmektedir. Isıtma ve soğutma için kömür, petrol ve doğal gaz kullanmaya devam ederken, önemli miktarlarda sera gazı emisyonu yaymaktadırlar. Artan iklim kullanımı ile ısıtma ve soğutma için artan enerji talebi ve ayrıca aydınlatma, ev aletleri ve bağlı cihazlar için artan elektrik tüketimi, son yıllarda binalardan kaynaklanan enerjiyle ilgili karbondioksit emisyonlarının artışına sebep olmuştur (Anbarcı ve diğerleri, 2012).

2.2.7. Çok Fazla Tüketmek

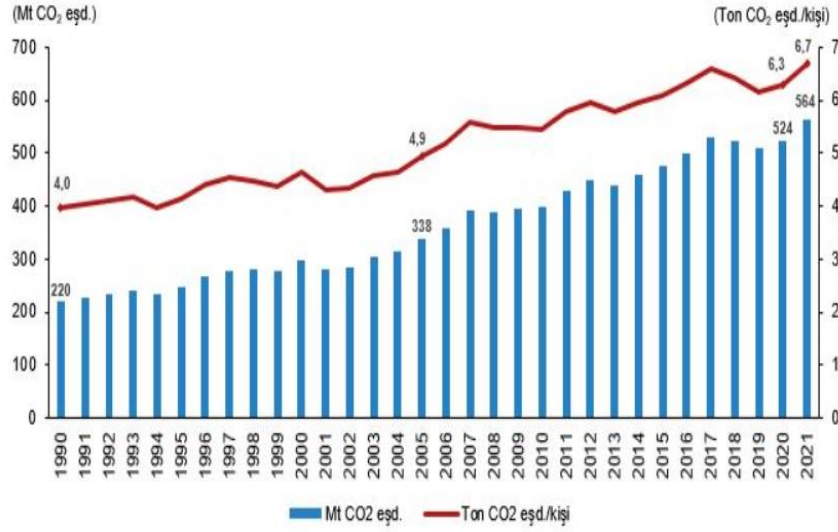
Evler, apartmanlar ve güç kullanımları, nasıl hareket edildiği, ne yenildiği ve ne kadarının çöpe atıldığı, bütün bunların hepsi sera gazı emisyonlarına sebep olmaktadır. Giyim, elektronik ve plastik gibi malların tüketimi de büyük bir katkı sağlamaktadır. Küresel sera gazı emisyonlarının büyük bir kısmı özel hane halklarıyla bağlantılıdır. Yaşam tarzlarının gezegen üzerinde derin bir etkisi vardır. En zenginler en büyük sorumluluğu taşımaktadır: küresel nüfusun en zengin yüzde 1'i, en yoksul yüzde 50'den daha fazla sera gazı emisyonuna sahiptir (Schwab, 2016).

2.3. Sera Gazları

Kömür, petrol ve doğal gaz dünyanın birçok yerinde elektrik sağlamaya devam etmektedir. Karbon, bu yakıtlardaki ana elementtir ve elektrik üretmek, güç taşımak veya ısı sağlamak için yakıldıklarında CO₂ üretirler. Petrol ve gaz çıkarma, kömür madenciliği ve atık depolama alanları, insan kaynaklı metan emisyonlarının yüzde 55'ini oluşturmaktadır. İnsan kaynaklı metan emisyonlarının yaklaşık yüzde 32'si, yiyecekleri midelerinde fermente eden inekler, koyunlar ve diğer geviş getiren hayvanlara atfedilebilmektedir. Gübre ayrışması ve pirinç ekimi de gazın başka bir tarımsal kaynağıdır. İnsan kaynaklı nitroz oksit emisyonları büyük ölçüde tarım uygulamalarından kaynaklanmaktadır. Toprak ve sudaki bakteriler doğal olarak nitrojeni nitroz okside dönüştürür, ancak gübre kullanımı ve akıntı çevreye daha fazla nitrojen salarak bu sürece katkıda bulunur. Hidroflorokarbonlar, perflorokarbonlar ve kükürt hekzaflorür gibi florlu gazlar, doğal olarak oluşamayan sera gazlarıdır. Hidroflorokarbonlar, ozon tabakasını incelten ve Montreal Protokolü sayesinde kullanımdan kaldırılan kloroflorokarbonlara (CFC'ler) alternatif olarak tercih edilen soğutucu akışkanlardır. Diğerleri ise endüstriyel ve ticari kullanımlara sahiptir. Florlu gazlar, diğer sera gazlarından çok daha az yaygın olmasına ve CFC'ler gibi ozon tabakasını inceltmemesine rağmen yine de çok güçlüdürler. 20 yıllık bir süre boyunca, bazı florlu gazların küresel ısınma potansiyeli, CO₂'inkinden 16,300 kat daha fazladır (Babuş, 2005).

Sera gazı envanteri sonuçlarına göre, 2021 yılı toplam sera gazı emisyonu, bir önceki yıla göre %7,7 artarak 564,4 milyon ton (Mt) CO₂ eşdeğeri (eşd.) olarak hesaplanmıştır. Kişi başı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılında 4 ton CO₂ eşd., 2020

yılında 6,3 ton CO₂ eşd. ve 2021 yılında 6,7 ton CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2023).



Şekil 2.2. Toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu, 1990-2021, TÜİK

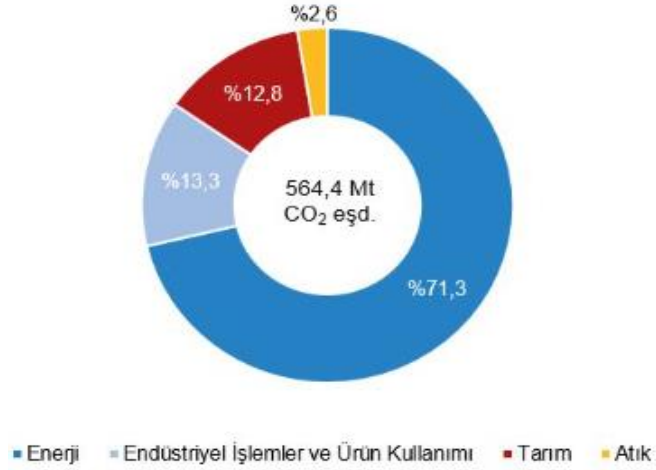
Toplam sera gazı emisyonlarında 2021 yılında CO₂ eşd. olarak en büyük payı %71,3 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla %13,3 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %12,8 ile tarım ve %2,6 ile atık sektörü takip etmektedir. Enerji sektörü emisyonları 2021 yılında 1990 yılına göre %188,4, bir önceki yıla göre ise %9,8 artarak 402,5 Mt CO₂ eşd. olarak belirlenmiştir. Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı emisyonları 1990 yılına göre %228,7 ve bir önceki yıla göre %10,6 artarak 75,1 Mt CO₂ eşd. olarak belirlenmiştir. Tarım sektörü emisyonları 2021 yılında 1990 yılına göre %56,5 artmakla beraber, bir önceki yıla göre %1,5 azalarak 72,1 Mt CO₂ eşd. olarak belirlenmiştir. Atık sektörü emisyonları ise 1990 yılına göre %32,6 artmakla beraber, bir önceki yıla göre %9,9 azalarak 14,7 Mt CO₂ eşd. olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2023).

Tablo 2.2. Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2021, TÜİK

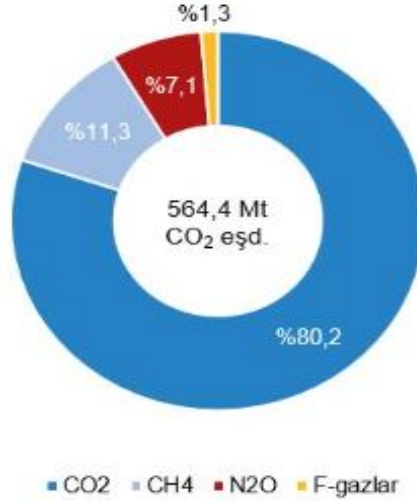
											Milyon ton CO2 eşd.	
											1990- 2021	2020- 2021
											Değişim	Değişim
	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	%	%
Toplam emisyon	219,5	298,9	398,8	475	501,1	528,6	523,1	508,7	524	564,4	157,1	7,7
Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı	22,8	26,4	49,1	59,8	63,8	66,6	67,8	59	67,9	75,1	228,7	10,6
Enerji	139,5	216	287,9	342	361,7	382,4	373,4	365,6	366,6	402,5	188,4	9,8
Tarım	46,1	42,2	44,4	56,1	58,9	63,3	65,3	68	73,2	72,1	56,5	-1,5

Atık	11,1	14,3	17,4	17,1	16,7	16,3	16,6	16,1	16,3	14,7	32,6	-9,9
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Tablo 2.3. Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2021, TÜİK (devamı)



Şekil 2.3. Sektörlere göre sera gazı emisyon oranları, 2021, TÜİK,



Şekil 2.4. Gazlara göre sera gazı emisyon oranları, 2021, TÜİK

CO₂ emisyonlarındaki en büyük payı, enerji kaynaklı emisyonlar oluşturmaktadır. Toplam CO₂ emisyonlarının 2021 yılında %32,7'si elektrik ve ısı üretiminden olmak üzere %85,2'si enerji sektöründen, %14,5'i endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen, %0,3'ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanmaktadır. CH₄ emisyonlarının %61,4'ü tarım, %19,3'ü enerji, %19,3'ü atık ve %0,03'ü endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen; N₂O emisyonlarının ise %78'i tarım, %11,1'i enerji, %5,9'u atık ve %5'i de endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen kaynaklanmıştır (TÜİK, 2023).

Tablo 2.4. Gazlara göre sera gazı emisyonları, 1990-2021, TÜİK

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Milyon ton CO2 eşd. 1990- 2021 Değişim %	2020- 2021 Değişim %
Toplam Emisyon	219,5	298,9	398,8	475	501,1	528,6	523,1	508,7	524	564,4	157,1	7,7
CO2	151,6	229,9	316,2	384,9	406	430,9	422,1	402,7	412,9	452,7	198,6	9,6
CH4	42,5	43,7	51,6	52,8	55,6	56,8	60,4	63,2	63,9	64	50,7	0,2
N2O	25	24,8	27,4	32,3	34,3	35,4	35,5	37	40,5	40,3	61,5	-0,5
F-gazlar	0,5	0,5	3,5	5	5,2	5,2	5,2	5,8	6,7	7,4	1456,8	10,2

Sera gazlarının dünyada bulunma yollarından bazıları doğal iken, bazıları da insan faaliyetleri sonucunda oluşmaktadır (Karakoç, 2022).

Doğal yollarla oluşan sera gazları:

- Su buharı (H₂O)
- Karbon dioksit (CO₂)
- Metan (CH₄)
- Azot oksit (N₂O)
- Ozon (O₃)’ dur.

İnsan faaliyetleri sonucunda oluşan sera gazları:

- Nitröz oksit
- Kloroflorokarbonlar
- Sülfür hekzaflorür

2.3.1. Su Buharı

Sera etkisinin büyük çoğunluğu atmosferik sudan kaynaklanmaktadır. Toplam sera etkisinin %85'ini su buharı, %12'sini atmosferdeki küçük su molekülleri oluşturmaktadır. Su kaynaklı sera etkisinin dışında antropojenik kaynaklı gazlar da sera etkisine neden olmaktadır. CO₂, CFC'ler, metan, azot oksitler ve ozon son yıllarda atmosferde önemli ölçüde artış göstermişlerdir (Aksay, C. ve diğerleri, 2005).

2.3.2. Karbon Dioksit

Karbondioksit, normal sıcaklık ve basınçta renksiz ve yanıcı olmayan bir gazdır. Dünya atmosferinde nitrojen ve oksijenden çok daha az olmasına rağmen dünya gezegenin havasının önemli bir bileşenidir. Bir karbon dioksit (CO₂) molekülü, bir karbon atomu ve iki oksijen atomundan oluşur. Fosil yakıtların (petrol ve türevleri, kömürlerin ve doğal gazın) sanayide kullanılması sonucuyla oluşmakta ve atmosfere karışmaktadır. Oluşan bu gaz %80 – 85'i fosil yakıtlardan, %15-20'si de canlıların solunumundan ve mikroskobik canlıların organik maddeleri ayrıştırmasından meydana gelmektedir. Sanayileşme devriminden önceki süreçte, atmosferdeki toplam karbondioksit miktarı 600 milyar ton tahmin edilmekte olup, bugün bu miktarın yaklaşık 750 milyar tona çıktığı bildirilmektedir. Bir yandan fosil yakıt kullanımının hızlı artışı, öte yandan fotosentez için tonlarca karbondioksit tüketen ormanların ve bitkisel planktonların tahrip edilmesi, atmosferdeki karbondioksit miktarını son 160 bin yılın en yüksek düzeyine ulaştırmıştır. CO₂ yoğunluğunun iki katına çıkması sonucunda küresel sıcaklığın 3°C artacağı hesaplanmıştır. Karbon dioksit, küresel ısınmada %50 paya sahiptir. Bunun nedeni hem miktarının çok olması hem de karbondioksit moleküllerinin atmosferdeki ömrünün 50 – 100 yıl civarında olmasından kaynaklanmaktadır (Karakoç, 2022).

ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (NOAA)' ya göre, Hawaii' deki Mauna Loa Gözlemevi'nden alınan verilere göre, aylık ortalama atmosferik karbondioksit seviyeleri, 64 yıl önce ölçümlerin başlamasından bu yana en yüksek seviyeye gelerek, 2022' nin nisan ayında milyonda 420 parçayı(ppm)' i aşmıştır (NOAA).

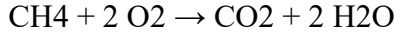
Karbondioksit, atmosferimizdeki ısıyı hapsetmeye yardımcı olan önemli bir sera gazıdır. Karbondioksit olmadan Dünya'nın yaşanamayacak kadar soğuk olacağı ileri sürülmektedir. Bununla birlikte, atmosferdeki CO₂ konsantrasyonlarındaki artış, ortalama küresel sıcaklıkların yükselmesine neden olarak, Dünya ikliminin diğer yönlerini de bozmaktadır. Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonlarının iklim ve yaşam üzerinde derin etkileri olmuştur ve konsantrasyon miktarı Dünya tarihi boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermiştir. Karbon dioksit, Dünya'nın karbon döngüsünde ve çevremizde birçok biçimde karbonu çeviren süreçler kümesinde önemli bir rol oynamaktadır. Volkanik gaz çıkışı ve orman yangınları, Dünya atmosferindeki iki önemli doğal CO₂ kaynağıdır. Organizmaların besinlerden enerjiyi serbest bırakma süreci olan solunum, karbondioksit yaymaktadır. Nefes verildiğinde dışarı salınan gaz karbondioksittir (diğer gazların yanı sıra). Orman yangını kisvesi altında, kesme ve yakma tarımsal uygulamalarının bir sonucu olarak veya içten yanmalı motorlarda yanma, karbondioksit üretir (Altıntaş, 2013).

Bitkilerin ve bazı mikropların yiyecek oluşturduğu biyokimyasal süreç olan fotosentez, karbondioksit kullanmaktadır. Fotosentetik organizmalar, karbonhidratlar (şekerler gibi) üretmek için CO₂ ve suyu (H₂O) birleştirir ve yan ürün olarak oksijen yayar. Bu nedenle, fotosentetik mikropları destekleyen ormanlar ve okyanus bölgeleri gibi yerler, büyük karbon "yutağı" görevi görür ve fotosentez yoluyla atmosferden karbondioksiti uzaklaştırır. Dünyanın ilk atmosferinde çok daha yüksek CO₂ seviyeleri vardı ve neredeyse hiç oksijen yoktu; fotosentetik organizmaların yükselişi, oksijenin artmasına neden olmuş ve bu da oksijen soluyan canlıların gelişmesine olanak tanımıştır (Tan, A. 2006).

Yanma, CO₂ üretir ancak sınırlı oksijen kaynağı veya fazla karbon nedeniyle eksik yanma da karbon monoksit (CO) üretebilmektedir. Tehlikeli bir kirletici olan karbon monoksit, sonunda karbondioksite oksitlenir. Basıncılı CO₂ içeren küçük bidonlar, bisiklet lastiklerini ve can yeleklerini şişirmek ve paintball silahlarına güç sağlamak için kullanılmaktadır. Gazozdaki "köpük", karbondioksit tarafından sağlanır, fermantasyon sırasında maya tarafından karbondioksit de salınır ve şampanyayı köpüklü hale getirir. Yanıcı olmadığı için bazı yangın söndürücülerde CO₂ kullanılmaktadır. Karbondioksit suda çözündüğünde karbonik asit (H₂CO₃) adı verilen zayıf bir asit oluşturmaktadır (UCAR, 2023).

2.3.3. Metan

Metan yanıcıdır ve dünya çapında yakıt olarak kullanılmaktadır. Doğal gazın ana bileşenidir. Oksijen varlığında yanan metan, karbondioksit ve su buharı salar:



Dünya atmosferindeki metan konsantrasyonu miktarının diğer kirletici konsantrasyonlarına oranla daha az olmasına rağmen (milyonda yaklaşık 1,8 parça), çok güçlü bir ısı emici olduğu için önemli bir sera gazıdır. Atmosferimizdeki metan konsantrasyonu, görünüşe göre büyük ölçüde insan faaliyetlerinden dolayı 1750'den beri yaklaşık %150 artış göstermiştir. Dünya atmosferine salınan metan hem doğal yollarla hem de insan eliyle salınabilmektedir. Başlıca doğal metan kaynakları, sulak alanlardan, okyanuslardan ve termitlerin sindirim süreçlerinden kaynaklanan emisyonları içermektedir. İnsan faaliyetleriyle ilgili kaynaklar arasında pirinç üretimi, çöplükler, sığır ve diğer geviş getiren hayvanların yetiştirilmesi (inek geçirmesi) ve enerji üretimi sayılabilmektedir (UCAR, 2023).

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)' a göre metan emisyonlarına ilişkin tahminler yüksek derecede belirsizliğe tabidir, ancak en son kapsamlı tahmin, yıllık küresel metan emisyonlarının yaklaşık 570 milyon ton (Mt) olduğunu göstermektedir. Bu, doğal kaynaklardan (emisyonların yaklaşık %40'ı) ve insan faaliyetlerinden kaynaklananları (kalan %60 - antropojenik emisyonlar olarak bilinir) içerir (IEA, 2020).

2.3.4. Azot oksitleri

Bu sera gazının kaynakları egzoz gazları, fosil yakıtlar ve organik maddelerdir. Küresel ısınmadaki payı %5'dir.

EPA' ya göre azot oksit miktarı 53 ppb'(0,053 ppm) ye eşittir (EPA, 2023).

2.3.5. Ozon

Ozon renksiz ve kimyasal olarak çok aktif bir gazdır. Diğer birçok madde ile kolayca reaksiyona girebilir. Dünya yüzeyinin yakınında, reaksiyon katmanlarının bozulmasına, bitki yaşamının zarar görmesine ve insanların akciğer dokularının zarar görmesine sebep olabilmektedir. Ancak ozon, güneş ışığının "ultraviyole B" veya "UV-B" olarak bilinen zararlı bileşenlerini de emer. Yüzeyin üzerinde, hava

sistemlerinin bile üzerinde, ince bir ozon gazı tabakası UV-B'yi emerek canlıları korur (NASA, 2023).

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı' na göre; Dünya ortalaması 300 Dobson Birimi (Dobson Unit) civarında olup, coğrafik olarak 230 ile 500 Dobson Birimi arasında değişmektedir. Toplam ozon miktarı, Ekvator kuşağı üzerinde 240 DU ile en düşük ortalamaya sahip olup, ekvator'dan kutuplara doğru gidildikçe 400 DU'ya kadar artış göstermektedir.

Toplam ozon; standart basınç ve sıcaklık altında, tabanı 1 cm² olan düşey bir sütunun içerdiği ozon miktarına eşit miktar olarak ifade edilmektedir. Basınç birimi olarak ifade edilebilir tipik değeri ise 0.3 atmosfer santimetredir. Dobson birimi olarak daha sık bir şekilde mili-atmosfer-santimetre (m-atm-cm) kullanılmaktadır.

Bir Dobson birimi, ozon hacminin yaklaşık milyarda bir kısmının (1 ppbv), ortalama atmosferik konsantrasyonunu ifade eder. $1 \text{ DU} = 10^{-3} \text{ atm-cm} = 0.01 \text{ mm} = 10^{-5} \text{ m}$ 'dir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2023).

2.3.6. Nitröz Oksit

Tarım uygulamalarının ürettiği güçlü bir sera gazı olan nitröz oksit, ticari ve organik gübre üretimi ve kullanımı sırasında açığa çıkar. Azot oksit de yanan fosil yakıtlardan ve yanan bitki örtüsünden gelir ve son 100 yılda %18 oranında artış göstermiştir (Şahin ve Avcıoğlu, 2016).

2.3.7. Kloroflorokarbonlar (CFCs)

Bu kimyasal bileşikler doğada yoktur, tamamen endüstriyel kökenlidirler. Soğutucu akışkanlar, çözücüler (diğerlerini çözen bir madde) ve sprey kutusu iticileri olarak kullanılmışlardır. Montreal Protokolü olarak bilinen uluslararası bir anlaşma, artık ozon tabakasına zarar verdikleri için CFC'leri düzenlemektedir. Buna rağmen, uluslararası anlaşmanın ihlali nedeniyle bazı CFC türlerinin emisyonları yaklaşık beş yıl boyunca artış göstermiştir. Anlaşmanın üyeleri acil eylem ve daha iyi uygulama çağrısında bulunduğu, emisyonlar 2018'den başlayarak keskin bir şekilde düşmüştür (Onat, İmal, ve İnan, 2004).

2.3.8. Sülfür Hekzaflorür

Sülfür hekzaflorür (SF₆), son derece kararlı bir moleküler yapıya sahip sentetik florlu bir bileşiktir. Eşsiz dielektrik özellikleri nedeniyle, elektrik tesisleri, elektrik

iletimi ve dağıtımında voltaj elektrik yalıtımı, akım kesintisi ve ark söndürme için elektrik güç sistemlerinde büyük ölçüde SF₆'ya güvenilmektedir. Ancak aynı zamanda bugüne kadar bilinen en güçlü sera gazıdır. 100 yıllık bir süre boyunca SF₆, kızılötesi radyasyonu yakalamada eşdeğer miktarda karbondioksitten (CO₂) 23.500 kat daha etkilidir. SF₆ ayrıca 3.200 yıllık atmosferik ömre sahip çok kararlı bir kimyasaldır. Gaz salındıkça, atmosferde yüzyıllar boyunca esasen bozulmamış bir durumda birikir. Bu nedenle, nispeten küçük bir miktarda SF₆, küresel iklim değişikliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilmektedir (Kurban, 2023).

2.4. Sera Gazı Seviyesinin Artması ile Yaşanması Olası Senaryolar

Türkiye'nin 1990-2021 yılları arasında sera gazı emisyon envanteri Tablo 2.4.'de verilmektedir. Tabloya göre, 2021 yılında toplam sera gazı emisyonu karbondioksit eşdeğeri (CO₂e) olarak 564,4 milyon ton (mt) olarak hesaplanmıştır. Karbondioksit eşdeğeri olarak 2021 yılı toplam sera gazı emisyonu, 1990 yılına karşın %144,96 artış göstermektedir (TÜİK, 2023).

Tablo 2.5. Sera gazı emisyonları (CO2 eşdeğeri), TÜİK, 1990- 2021

(Milyon ton)					
Yıl	Toplam	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F-gazlar
1990	219,5	151,6	42,5	25,0	0,5
1991	226,8	158,1	43,4	24,7	0,6
1992	233,1	164,1	43,3	25,3	0,5
1993	240,8	171,1	43,1	26,0	0,5
1994	234,4	167,6	42,8	23,6	0,5
1995	248,2	181,4	42,6	23,9	0,4
1996	267,6	199,6	43,0	24,5	0,4
1997	278,8	212,1	42,2	24,1	0,4
1998	280,3	212,1	42,4	25,3	0,4
1999	277,8	207,9	43,8	25,6	0,4
2000	298,9	229,9	43,7	24,8	0,5
2001	279,7	213,6	42,9	22,6	0,7
2002	285,6	221,2	41,0	22,6	0,8
2003	304,8	236,8	43,0	24,0	1,1
2004	314,4	244,8	43,5	24,8	1,4
2005	337,6	264,9	45,2	26,0	1,6
2006	358,0	282,4	46,6	27,2	1,8
2007	391,7	313,7	49,1	26,8	2,2
2008	388,5	310,6	50,2	25,4	2,3
2009	395,2	316,4	49,9	26,6	2,3
2010	398,8	316,2	51,6	27,4	3,5
2011	428,6	342,1	54,2	28,5	3,9
2012	448,2	356,1	57,8	29,7	4,6
2013	440,2	347,3	56,7	31,5	4,7
2014	459,5	364,0	58,5	31,7	5,2
2015	475,0	384,9	52,8	32,3	5,0
2016	501,1	406,0	55,6	34,3	5,2
2017	528,6	430,9	56,8	35,4	5,4
2018	523,1	422,1	60,4	35,5	5,2
2019	508,7	402,7	63,2	37,0	5,8
2020	524,0	412,9	63,9	40,5	6,7
2021	564,4	452,7	64,0	40,3	7,4

Öte yandan sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımı da Tablo 2.5’ de gösterilmektedir. Sektörler arası karşılaştırma yapıldığında, 2005 yılından itibaren tarımsal faaliyetlerden ve atık kaynaklı sera gazı emisyonlarında göze batan bir artış olmaz iken; toplam emisyon artışlarında büyük oranda enerji üretim ve tüketiminden ve endüstriyel süreçlerden kaynaklanmakta olduğu görülmektedir. Tablo 2.5. dikkate alındığında, 1990 yılında enerji üretim ve tüketimi ve endüstriyel süreçlerden kaynaklanan sera gazı emisyonları 162,4 milyon ton karbondioksit eşdeğeri iken, 2021 yılında ise bu değer 477,6 milyon ton karbondioksit eşdeğeri olarak toplam emisyonlardaki en büyük payı almaktadır.



Tablo 2.6. Sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları, TÜİK, 1990- 2021

(Milyon ton)

Yıl	Toplam	1990 yılına göre değişim (%)	Enerji	Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	Tarım	Atık
1990	219,5	.	139,5	22,9	46,1	11,1
1991	226,8	3,3	144,0	24,6	46,9	11,3
1992	233,1	6,2	150,3	24,3	47,0	11,5
1993	240,8	9,7	156,8	24,8	47,4	11,8
1994	234,4	6,8	153,3	24,1	44,9	12,0
1995	248,2	13,1	166,3	25,5	44,1	12,3
1996	267,6	21,9	184,0	26,2	44,8	12,7
1997	278,8	27,0	196,1	27,0	42,5	13,2
1998	280,3	27,7	195,8	27,3	43,7	13,5
1999	277,8	26,5	193,8	25,8	44,3	13,9
2000	298,9	36,2	216,0	26,2	42,3	14,3
2001	279,7	27,4	199,2	25,8	39,9	14,8
2002	285,6	30,1	206,0	26,8	37,6	15,2
2003	304,8	38,8	220,5	28,2	40,6	15,6
2004	314,4	43,2	226,3	30,8	41,3	16,1
2005	337,6	53,8	244,5	34,3	42,4	16,4
2006	358,0	63,1	260,5	36,8	43,9	16,8
2007	391,7	78,4	291,5	39,7	43,4	17,1
2008	388,5	77,0	288,3	41,7	41,3	17,2
2009	395,2	80,0	292,9	43,1	42,0	17,2
2010	398,8	81,7	287,9	49,1	44,4	17,4
2011	428,6	95,2	310,0	54,0	46,9	17,8
2012	448,2	104,2	321,6	56,3	52,7	17,6
2013	440,2	100,5	308,3	59,3	55,9	16,7
2014	459,5	109,3	326,7	60,1	56,2	16,5
2015	475,0	116,4	342,0	59,7	56,1	17,1
2016	501,1	128,3	361,7	63,8	58,9	16,7
2017	528,6	140,8	382,4	66,6	63,3	16,3
2018	523,1	138,3	373,4	67,7	65,3	16,6
2019	508,7	131,7	365,6	59,0	68,0	16,1
2020	524,0	138,7	366,6	68,0	73,2	16,3
2021	564,4	157,1	402,5	75,1	72,1	14,7

Küresel boyutta iklimin değişme sebeplerinin ve bu değişimlere neden olan faktörlerin incelenip değerlendirildiği IPCC Beşinci Değerlendirme Raporu itibariyle, 1951-2011 arasındaki süreçte, küresel sıcaklık yükselişlerinin kesin bir şekilde insan

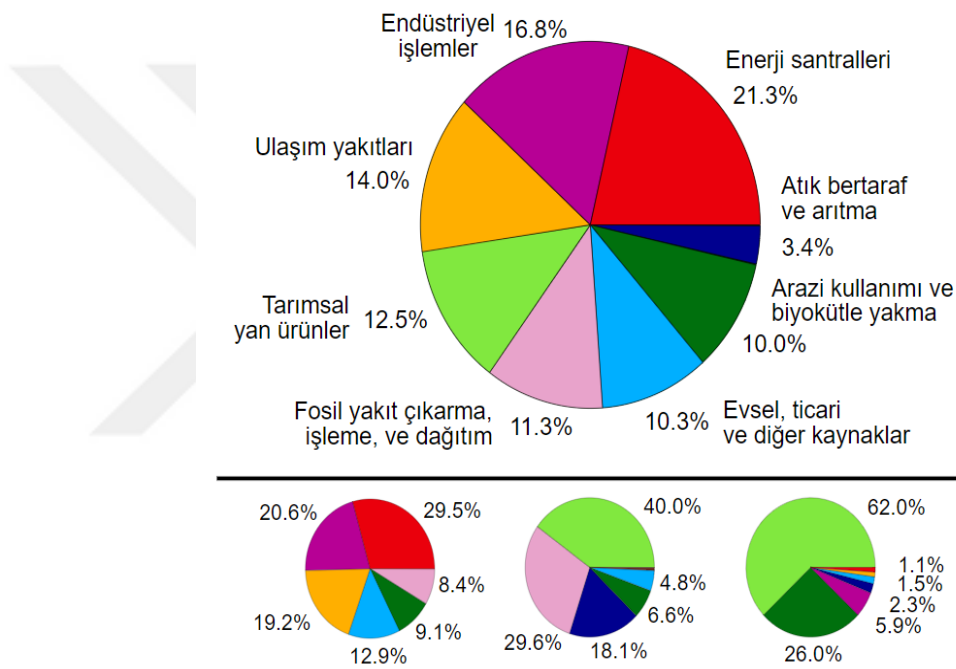
faaliyetlerinden kaynaklandığı belirtilmiştir. 1951-2011 yılları arasındaki süreçte küresel sıcaklıklarda yaklaşık olarak 0,9-1°C artış görüldüğü belirtilen rapor, ortalama yüzey sıcaklıklarının sanayi devrimine oranla 2°C yüksek olduğu, deniz seviyesinin son buzul arasındaki dönem ile kıyasladığında 5 - 10 metre daha yüksek olduğunu da belirtmiştir (WWF, 2013). Raporda değinilen küresel iklim değişikliğine sebep olan sera gazı seviyelerindeki artışın esas sorumlusunun enerji sektörü olduğu net bir şekilde belirtilmiş olup, çözümler için öneriler sunulmuştur. Fosil yakıt kaynaklı enerji projeleri ve yatırımlarının yanı sıra, enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamak ve yenilenebilir enerji kaynağına dayalı, sürdürülebilir enerji altyapısının oluşumunu sağlamak öncelikli hedefler arasında yer almaktadır (WWF, 2013).

Türkiye'nin IPCC sürecinde yer alması, küresel iklim değişikliğini ve getirdiği riskler ile bu konudaki mücadelenin önemini kabul ettiğini göstermektedir. Hem IPCC raporu, hem de yürütülen birçok ulusal ve uluslararası öncü bilimsel çalışmalar, Türkiye için uzak olmayan bir gelecekte sıcaklık artışının hızla yükseleceğini, kuraklığın giderek daha fazla artacağını ve yağışlar adına çok daha belirsiz bir iklim yapısına sahip olacağını ortaya koymaktadır. Türkiye'nin iklim değişikliğinden etkilenme potansiyeli en fazla olan konu başlıkları arasında bilhassa su kaynaklarındaki azalmalar, çölleşme ve kuraklık, orman yangınları ve bunlara doğrudan ve dolaylı bir şekilde bağlı olan ekolojik bozulma riskleri gibi olumsuz etkilerle karşılaşabileceği belirtilmektedir. Akdeniz Havzası'ndaki genel sıcaklık artışının 1°-2°C'ye kadar ulaşabileceği, kuraklık etkisinin geniş bölgelerde hissedilebileceği ve bilhassa iç bölgelerde sıcak hava dalgalarının ve normalin çok üstünde sıcak günlerin sayısının artacağı belirtilmektedir. Türkiye için ise yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yakın tarihlerde 2,5°-4°C artacağı, Doğu Anadolu ve Ege Bölgeleri'nde 4°C'yi, iç bölgelerindeyse artışın 5°C'yi bulabileceği ön görülmektedir (WWF, 2013).

2.5. Sanayi Devriminin Karbondioksit Miktarının Artışı Üzerindeki Etkisi

Atmosferdeki sera gazlarının oranı, 1750'li yıllarda başlayan sanayi devrimi sonrasında artmaya başlamış olup, karbondioksit oranı %40'lık bir artış göstererek 280 ppm'den 394 ppm'e ulaşmıştır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli 'ne (IPCC) göre karbondioksit oranındaki artış öncelikle fosil yakıt kullanımından kaynaklanmaktadır. Kayda değer ikinci etken, başta ormansızlaşma olmak üzere arazi kullanımındaki değişimlerdir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli, insan faaliyetlerinin atmosferde

yarattığı etkinin sonucunda küresel ortalama sıcaklıklarda artış yaşandığını ortaya koymuştur. Başta kömür olmak üzere fosil yakıtların yakılması, atmosferdeki karbondioksit oranının artmasındaki ana sorumludur. IPCC'ye göre Sanayi Devrimi'nin ardından 2004 yılındaki insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının %56'sı fosil yakıt kullanımında ortaya çıkan karbondioksit aittir. Ormansızlaşma ise %17'lik bir paya sahiptir. Fosil yakıtlar arasında ana sorumlu olarak "kömür" ön plana çıkmaktadır. Küresel ölçekte birincil enerji talebinin %27'si kömürden sağlanırken, enerji kaynaklı sera gazı emisyonlarının %43'ü kömür kaynaklıdır. Kömürü %36 ile petrol, %20 ile doğalgaz takip etmektedir. Kömür, üretilen bir birim enerji başına doğalgazın 1,7 katı CO₂'yi atmosfere salmaktadır (WWF).



Şekil 2.5. Sektörlere göre yıllık sera gazı emisyonları, (Dünya Kaynakları Enstitüsü, 2023)

2.6. İklim Değişikliği ile İlgili Yasal Sözleşmeler

Dünyada açıkça hissedilen ve gün geçtikçe artan sıcaklıkların yol açtığı küresel ısınma, ülkeleri harekete geçirmiştir. Mevcut krizi önlemek ve/veya azaltmak amacıyla çeşitli sözleşmeler yapıp, protokoller hazırlanmıştır. Bunlar Tablo 2.6.'da kronolojik bir şekilde görülmektedir (Avaner, 2019).

Tablo 2.7. İklim değışikliğı ile ilgili yasal sözleşmeler

İsim	Başlangıç Tarihi	Türkiye'nin Katılım Tarihi
Montreal Protokolü	Eylül 1987	19 Aralık 1991
Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi	Mayıs 1992	24 Mayıs 2004
Kyoto Protokolü	Aralık 1997	26 Ağustos 2009
Paris Anlaşması	Kasım 2016	7 Ekim 2021

2.6.1. Montreal Protokolü

Montreal Protokolü, ozon tabakasının incelmesine neden olan çok sayıda maddenin üretimini aşamalı olarak kaldırarak ozon tabakasını korumak için tasarlanmış uluslararası bir anlaşmadır. 16 Eylül 1987'de kabul edilmiş olup, 1 Ocak 1989'da yürürlüğe girmiştir (Velders ve diğerleri 2007).

2.6.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

Rio Janeiro'da (Brezilya) 1992 yılında düzenlenen ve 21 Mart 1994 senesinde yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'nin amacı, atmosferde bulunan ve tehlikeli seviyelere çıkmakta olan insan faaliyetlerinden kaynaklı sera gazı salımlarının, iklimin maruz kaldığı negatif etkileri önlemek ve sera gazı seviyelerinin 1990 yılında, mevcut seviyesindeki sabitliğini sağlamaktır. Ülkeler sözleşmede Ek-I ve Ek-II olarak iki farklı gruba ayrılmaktadır. Ek-I ülkeleri, sera gazı salınımlarının azaltılması adına politika ve bu salımların engellenmesi konusunda lider rol oynayacak olan ülkelerdir ve iki ülke grubundan oluşmaktadır. Birinci grup 1992 yılını takiben OECD (Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Teşkilatı) üyesi olan ülkeler ve AB (Avrupa Birliği)'ni içerirken ikinci grupta Pazar Ekonomisine geçiş sürecindeki ülkeler bulunmaktadır. Ek-II ülkeleri, birinci grupta kabul edilen yükümlülöklere ek olarak finansman ve teknoloji transferi konularında gelişmekte olan ölkelere destek verecek olan gelişmiş ölkelerden meydana gelmektedir. şu anki durumda, Ek-I listesinde 42 ölk ve AB üye ölkeleri, Ek-II listesindeyse 23 ölk ve AB üye ölkeleri yer almaktadır (Akyel, 2009).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), kısmen atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarını dengeleyerek, "iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan müdahalesi" ile mücadele etmek için uluslararası bir çevre anlaşması

oluşturmuştur. İlk sekreterliği Cenevre'de olup, 1996'da Bonn'a taşınmıştır. 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Anlaşma, ekosistemlerin iklim değişikliğine doğal bir şekilde uyum sağlamasına izin vermek, gıda üretiminin tehdit edilmemesini sağlamak ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir bir şekilde ilerlemesini sağlamak için devam eden bilimsel araştırmalar ve düzenli toplantılar, müzakereler ve gelecekteki politika anlaşmaları çağrısında bulunmuştur (Dağdemir, Ö. 2015).

2.6.3. Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü, küresel ısınmanın meydana geldiğine ve insan yapımı CO₂ emisyonlarının arttığına dair bilimsel fikir birliğine dayalı olarak taraf devletleri sera gazı emisyonlarını azaltma taahhüdünde bulunan 1992 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesini (UNFCCC) genişleten uluslararası bir anlaşmadır. Kyoto Protokolü, 11 Aralık 1997'de Japonya'nın Kyoto kentinde kabul edildi ve 16 Şubat 2005'te yürürlüğe girdi. 2020'de Protokolde 192 taraf mevcuttu (Kanada, Aralık 2012'den itibaren protokolden çekildi). Kyoto Protokolü, UNFCCC'nin atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarını "iklim sistemi üzerindeki tehlikeli antropojenik müdahaleyi önleyecek bir düzeye" (Madde 2) indirerek küresel ısınmanın başlangıcını azaltma hedefini uygulamıştır. Ek A'da listelenen yedi sera gazına uygulanan Kyoto Protokolü: karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), azot oksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler), kükürt heksaflorür (SF₆), nitrojen triflorür (NF₃). Doha Turu sırasında ikinci uyum dönemi için nitrojen triflorür eklenmiştir. Protokol, ortak ancak farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesine dayanmaktaydı: Ekonomik gelişme nedeniyle, her bir ülkenin iklim değişikliğiyle mücadelede farklı kapasitelere sahip olduğunu kabul ediyor ve bu nedenle, gelişmiş ülkelere, tarihsel olarak sahip oldukları temele dayanarak, mevcut emisyonları azaltma yükümlülüğünü yüklemektedir. Atmosferdeki sera gazı seviyelerinden sorumludur (Özmen, 2009).

2.6.4. Paris Anlaşması

Genellikle Paris Anlaşmaları veya Paris İklim Anlaşmaları olarak anılan Paris Anlaşması (Fransızca: Accord de Paris), iklim değişikliği konusunda uluslararası bir anlaşmadır. 2015 yılında kabul edilen anlaşma, iklim değişikliğinin hafifletilmesi, uyum ve finansmanı kapsamaktadır. Paris Anlaşması, Fransa, Paris yakınlarındaki 2015 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı'nda 196 taraf tarafından müzakere edilmiştir. Şubat 2023 itibariyle, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği

Çerçeve Sözleşmesi'nin (UNFCCC) 195 üyesi anlaşmaya taraftır. Anlaşmayı onaylamayan üç UNFCCC üyesi devletten tek büyük emisyon kaynağı İran'dır. Amerika Birleşik Devletleri 2020'de anlaşmadan çekilmiştir, ancak 2021'de yeniden katılmıştır. Paris Anlaşması, 22 Nisan 2016'da (Dünya Günü) New York'ta düzenlenen törenle imzaya açılmıştır. Avrupa Birliği anlaşmayı onayladıktan sonra, anlaşmanın 4 Kasım 2016'da yürürlüğe girmesi için yeterli sayıda ülke dünyadaki sera gazlarından sorumlu anlaşmayı onaylamıştır (Karakaya, 2016).

Paris Anlaşmasının uzun vadeli sıcaklık hedefi, ortalama küresel sıcaklıktaki artışı sanayi öncesi seviyelerin 2 °C (3,6 °F) üzerinde tutmak ve tercihen artışı 1,5 °C (2,7 °F) ile sınırlandırmaktır. Bunun iklim değişikliğinin etkilerini önemli ölçüde azaltacağı söylenmiştir. Emisyonlar bir an önce azaltılmalı ve 21. yüzyılın ortalarında net sıfıra ulaşmalıdır. Küresel ısınmanın 1,5 °C'nin altında kalması için emisyonların 2030'a kadar yaklaşık %50 oranında azaltılması gerekmektedir. Bu, her ülkenin ulusal olarak belirlenen katkılarının toplamıdır. Ülkelerin iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamalarına ve yeterli finansmanı harekete geçirmelerine yardımcı olabilmek amaçlanmaktadır. Anlaşmaya göre, her ülke katkılarını belirlemeli, planlamalı ve düzenli olarak raporlamalıdır. Hiçbir mekanizma bir ülkeyi belirli emisyon hedefleri belirlemeye zorlayamaz, ancak her hedef önceki hedeflerin ötesine geçmelidir. 1997 Kyoto Protokolü'nün aksine, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki ayrım belirsizdir, bu nedenle gelişmekte olan ülkeler de emisyon azaltım planları sunmak zorundadırlar. Anlaşma dünya liderleri tarafından takdirle karşılanmıştır, ancak bazı çevreciler ve analistler tarafından yeterince bağlayıcı olmadığı için eleştirilmiştir. Anlaşmanın etkinliği konusunda tartışmalar mevcuttur. Paris Anlaşması kapsamındaki taahhütler, belirlenen sıcaklık hedeflerine ulaşmak için yetersiz olmakla birlikte, artan bir hırs mekanizmasına sahiptir. Paris Anlaşması, ülkeleri ve bir petrol şirketini iklim eylemini güçlendirmeye zorlayan iklim davalarında başarıyla kullanılmıştır. 4 Temmuz 2022'de Brezilya Yüksek Federal Mahkemesi, Paris anlaşmasını bir insan hakları anlaşması olarak tanıtmıştır (Öztürk ve Öztürk, 2019).

2.7. İklim Değişikliğinin Kurumsal Riskleri ve Finansal Etkileri

İklim değişikliğinin artan etkileriyle beraber, kurumsal sürdürülebilirlik kavramı işletmelerin stratejilerinde önemli bir yere gelmiştir. Kurumsal sürdürülebilirliğe yönelik bu ilginin güçlerinden biri, sürdürülebilir kalkınma amaçlarını teşvik etmeye yönelik hazırlanan düzenlemelerdir. Avrupa Komisyonu, kurumsal sürdürülebilirlik

sorumluluğunu teşvik etmek için politika ve mevzuat hazırlamada aktif olarak yer almaktadır. Bunlar, "kirleten öder" mevzuatından "üretici sorumluluğu" politikalarına, "temel çalışma standartlarına" ve "sosyal yönetime" kadar uzanır ve ham madde temininden tüketici ürünlerine kadar tüm basamakları kapsamaktadır (Herzig ve Schaltegger 2006). Birçok şirket sürdürülebilirlik açısından kazançlarını iyileştirebilecekleri ve sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunabilecekleri yolları belirlemeye çalışarak, sürdürülebilirlik çalışmalarına aktif olarak katılmaktadır. Kurumsal sürdürülebilirlik özelinde şirketler çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan tüm detaylara odaklanır ve hedef kitlelerini belirlerler (Lee 2012). Sürdürülebilirliği iş uygulamalarına dahil etmenin günümüzde giderek daha çok olumlu sonucu ortaya çıkmaktadır. Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi ve Uluslararası Sürdürülebilir Kalkınma Enstitüsü son raporlarında sürdürülebilir kalkınmaya destek olmanın şirket için avantajları aşağıda verilmiştir (Azapagic 2003; IISD 2002):

- Temiz üretim yöntemleri ve inovasyon ile malzeme, enerji ve ürün verimlilikleri iyileştirilerek maliyet tasarrufu sağlanır.
- Çalışanlar ve toplum için güvenli ve sağlıklı bir ortamın oluşmasını sağlayarak refahı ve üretkenliği artırır, bu da sağlık ve güvenlik maliyetlerini düşürür.
- Sürdürülebilir kalkınma taahhüdü, bir şirketin itibarını artırırken, şirket içinde çalışanları da motive eder.

Müşterilerin taleplerini karşılamak ve sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşmak için şirketler, bilgi yönetimi veya toplam kalite yönetimi gibi yönetim sistemleriyle kurumsal performansı iyileştirmedeki başarının onaylandığı yaklaşımları benimsemektedirler (Hollowell ve diğerleri, 2019; Orji, 2019).

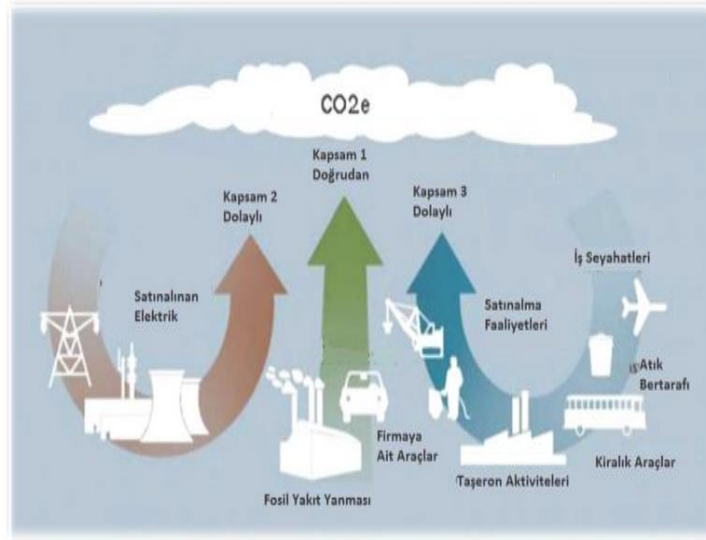
Kurumsal sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için şirketlerin yönetim sistemleri içine karbon yönetimini de dahil etmeleri gerekli şart olmuştur (Bekiroğlu 2011). Kurumsal sürdürülebilirlik alanında birçok alt başlık bulunmaktadır. Karbon yönetiminin en çok bağlaştığı başlıklardan biri çevre yönetim sistemleridir ve bu yönetim sistemleri kurumsal sürdürülebilirliği geliştirmektedir. Çevre yönetim sistemlerini kullanan kuruluşların, böyle bir prosedür uygulamayanların aksine üstün kurumsal performansa sahip oldukları belirtilmiştir (Abbas 2020; Ikram ve diğerleri, 2019). Kurumlar, kurumsal ve devlet baskılarıyla birlikte (Sozuer, 2011) çevre ile ilgili imajlarını güçlendirmek (Özkaya 2010) birer yeşil işletme olmak durumunda

kalmışlardır. Kurumsal yeşil uygulamalar içerisinde özel sektör alanında; atık ısıdan enerji üretimi, sürdürülebilir çevre dostu ürün üretimi, enerji kredileri, bitkisel atık yağ toplama sistemi, sürdürülebilir su yönetim sistemi ve çevre sorunları ve sürdürülebilirlik açısından gerekli vizyon ve misyonu çalışanlara aşılayabilmek gibi faaliyetler bu yaklaşımlara örnek verilebilir. Kurumsal yeşil uygulamalar, şirketlerin çevre ile ilgili sorunlarını çözebilmektedir. Uzun süreli refah ve büyüme için sürdürülebilirliğe önem veren kuruluşlar, yerel ekosistemi korurken bölgesel ekonomik gelişmeler elde etmeye ve çevresel uygulama kurallarına uymaya çalışmaktadırlar (Lăzăroiu ve diğerleri, 2020).

2.8. Kurumsal Karbon Ayak izi

Sera gazı envanteri, belirlenmiş standart bir yöntemle oluşturulmaktadır. Bu perspektifte en yaygın kullanılan standartlar, Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından belirlenen “ISO 14064”, Dünya Kaynaklar Enstitüsü (WRI) ve Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) tarafından belirlenen “GHG Protokolü” dür (Pekin, 2006). Esas olarak, ISO ve GHG Protokolü, kurumsal sera gazı envanteri hesaplanmasına yönelik birbirleriyle tutarlı ve birbirlerini tamamlayan standartlardır. ISO 14064 sera gazı envanteri hesaplaması ve doğrulanmasına yönelik uluslararası düzeyde kabul edilmiş gereklilikleri gruplandırmakta, GHG Protokolü ise gerekliliklerden ziyade raporlama ve hesaplamanın yapılma yöntemlerine ilişkin bilgiler veren bir kılavuz işlevi görmektedir (WRI/WBCSD, 2004).

ISO 14064 Standardının dayanak gösterildiği başlıca sera gazı kaynakları Şekil 2.6.'da sunulmuştur.



Şekil 2.6. Sera gazı kaynakları (WRI/WBCSD, 2004)

Kurumsal seviyede karbon ayak izinin raporlanması ve ölçümüyle ilgili Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından yayımlanan ISO 14064 "Sera Gazı Emisyonlarının ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanmasına ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler" standardı ve GHG protokol yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Karbon ayak izinin ürün boyutunda ölçülmesiyle ilgili yayımlanan PAS (Kamuya Açık Şartname) standartları da çok tercih edilen standartlardandır. ISO 14064 standardı, kuruluşun sera gazı emisyon miktarlarının ve bu gazların uzaklaştırmalarının doğru bir şekilde raporlanması, kurum, kuruluş veya şirketin sera gazı envanterlerinin belirtilmesi ve daha sonra belirtilen sera gazı emisyonlarının azaltılması, uzaklaştırılması veya iyileştirilmesi ile ilgili projeleriyle sera gazı bildirimlerinin doğrulanması adına kullanılan bir standarttır (Genç, 2009). Ürünlerin sera gazı salım değerlendirmesi için gerekli olan adımları belirlemek için hazırlanan PAS 2060 ve PAS 2050 Standartları ise ISO 14064 standardındaki prensibi kabullenmiştir. Bu iki standardın arasındaki fark; PAS 2060 ve PAS 2050 standartları kurum, kuruluş veya firma faaliyetleri adına envanteri, ürün ve hizmetleri için, karbon ayak izini tedarikçiden son müşteriye kadar, yani ilk elden son ele kadar çok daha spesifik bir şekilde hesaplayabilmektedir (Genç, 2009).

Kısaca bu standartlar, kuruluş sınırlarından dolayı çıka gelen doğrudan sera gazı emisyonlarını, kuruluşun kendisinin ithal ederek kullandığı elektrik, ısı veya buharın üretilmesi dolayısıyla ortaya çıkan enerji kökenli sera gazı emisyonları ve diğer dolaylı emisyonların hesaplanmasındaki ana başlıkları belirler. Bu standartlar gereğince oluşturulan emisyon envanterinin sadece bağımsız olan bir denetim firması tarafından

doğrulanması ve belgelendirilmesi koşulunca geçerliliği, kullanılabilirliği ve uygulanabilirliği mümkündür. Sera gazı envanteri hazırlanması esnasında, kuruluşun sera gazı emisyonuyla ilgili faaliyetlerine ilişkin verilerin eksiksiz oluşu ve güvenilirlik seviyesi envantere ait belirsizliklerin azaltılması için çok önemli bir yer tutmaktadır. Eksiksiz bir şekilde veri toplama ve arşivleme sistemine sahip olan kuruluşlar, sera gazı envanteri oluşturma çalışmalarını daha kolay yürütebilecek ve envanter seviyesi yüksek bir şekilde doğrulama sağlayabilecektir (Özlem, 2013).

Sera gazı emisyonlarının değerlendirilmesi ve hesaplanması için standart ve metotlar Tablo 2.7.' de gösterilmiştir.

Tablo 2.8. Sera gazı emisyonlarının hesaplanması, değerlendirilmesi için metotlar, (Özlem, B. 2013)

Rapor	Metot/Standart
Sera Gazı Azaltım Hesaplamaları	IPCC Metodolojileri (1996 ve 2006)
Yaşam Döngü Analizleri (LCA)	ISO 14048, PAS 2050, PAS 2060
Kurum ve Kuruluşlar için Envanter Hazırlama	ISO 14064 GHG Protokol
Karbon Ticareti	Temiz Kalkınma Mekanizması, Ortak Uygulama, Gönüllü Karbon Piyasaları (VCS, Gold Standard, Social Carbon, vb)

2.8.1. Doğrudan Sera Gazı Emisyonları

Doğrudan sera gazı emisyonları, kuruluş sınırları içindeki ve kuruluşun sahip olduğu veya kontrol ettiği sera gazı kaynaklarından veya yutaklarından meydana gelir. Bu kaynaklar sabit veya mobil olabilmektedir. Örneğin; ısıtıcılar, gaz türbinleri, kazanlar gibi sabit ekipmanlarda yanan her türlü yakıtın yanmasının sonucu olan sabit yanma doğrudan emisyonlardır. Motorlu taşıtlar, kamyonlar, gemiler, uçaklar, lokomotifler, forkliftler gibi nakliye ekipmanlarında yanan yakıt sonucu oluşan emisyonlar, mobil yanma kaynaklı doğrudan emisyonlardır. Doğrudan proses emisyonları ve endüstriyel proseslerden kaynaklanan emisyonlar:

- Doğrudan proses emisyonlarına neden olan endüstriyel proseslerin örnekleri arasında, bunlarla sınırlı olmamak üzere, çimento ve kireç üretimi, kimyasal üretim, imalat, petrol ve gaz arıtma ve bunların önlenmesi, değiştirilmesi, yok edilmesi, ayrıştırılması veya azaltılmasını içeren yanmaz prosesler yer almaktadır. Endüstriyel GHG emisyonları ve karbon yakalama ve depolama ile

ilişkili arıtma süreçleri antropojenik sistemlerde GHG'lerin salımından kaynaklanan doğrudan kaçak emisyonlardır.

- Doğrudan kaçak emisyonlar, fosil yakıtları çıkaran, işleyen, depolayan ve dağıtan sistemlerden gelebilir; ekipman sızıntılarından, tarımsal işlemlerden ve çöplükler, kompostlama tesisleri, atık su arıtma ve diğer atık yönetim süreçleri gibi kaynaklardan gelen atık malzemenin kontrolsüz ayrışmasından oluşabilmektedir.

2.8.2. Dolaylı Sera Gazı Emisyonları

2.8.2.1. Enerji ile İlişkili Dolaylı Sera Gazı Emisyonları

Kapsam 2 emisyonları, kuruluş tarafından satın alınan elektrik, ısı veya buhar üretiminden kaynaklanan, dolaylı sera gazı emisyonlarıdır. Bu, bir enerji santrali tarafından elektrik üretiminden veya bir binanın ısıtma sisteminde doğalgazın yakılmasından kaynaklanan emisyonları içerebilmektedir.

Örnekler:

- Satın alınan elektrikten kaynaklanan emisyonlar
- Satın alınan buhar veya ısıdan kaynaklanan emisyonlar

Bu emisyonlar kuruluş tarafından doğrudan kontrol edilmemekle birlikte, yenilenebilir kaynaklardan elektrik satın alınarak veya enerji verimliliği artırılarak azaltılabilmektedir.

2.8.2.2. Enerji ile İlişkili Olmayan Dolaylı Sera Gazı Emisyonları

Kapsam 3 emisyonları, kuruluşun faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan ancak doğrudan kontrolü altında olmayan dolaylı sera gazı emisyonlarıdır. Bu, hammadde üretimi, mal ve hizmetlerin taşınması ve ürün veya hizmetlerin kullanımı gibi kaynaklardan kaynaklanan emisyonları içerir.

Örnekler:

- Çelik veya plastik gibi ham maddelerin üretiminden kaynaklanan emisyonlar
- Mal ve hizmetlerin taşınmasından kaynaklanan emisyonlar
- Ürünlerin kullanımı kaynaklı emisyonlar – ürünün müşteri tarafından evde kullanılması gibi.

Kapsam 3 emisyonları, çoğu kuruluş için genellikle sera gazı emisyonlarının en büyük kaynağıdır, ancak aynı zamanda kuruluşun doğrudan kontrolünün dışında oldukları için ele alınması en zor olanlarıdır (Üreden ve Özden, 2018).

2.8.3. Kurumsal Karbon Ayak izi Hesaplanmasında Kullanılan Standartlar

2.8.3.1. PAS (Kamuya Açık Spesifikasyon)

Kamuya Açık Spesifikasyon veya PAS, yapı ve biçim bakımından resmi bir standarda çok benzeyen ancak farklı bir geliştirme modeline sahip bir standardizasyon belgesidir. Kamuya Açık Spesifikasyon 'un amacı standardizasyonu hızlandırmaktır. PAS'lar genellikle acil bir pazar ihtiyacına yanıt olarak üretilmektedirler (Aşan, 2021).

2.8.3.2. Sera Gazı Protokolü

Sera Gazı Protokolü, sera gazı emisyonlarının ölçülmesi ve raporlanması için bir dizi standarttır. Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) tarafından, şirketlerin ve kuruluşların emisyonlarını ölçmeleri ve raporlamaları için ortak bir çerçeve sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Sera Gazı Protokolü iki standarttan oluşur: Kurumsal Muhasebe ve Raporlama Standardı ve Proje Muhasebe Standardı.

Kurumsal Muhasebe ve Raporlama Standardı, şirketlerin sera gazı emisyonlarını ölçmeleri ve raporlamaları için yönergeler sağlar. Bunlar üç ayrı kapsamda incelenir:

Kapsam 1 (Doğrudan Emisyon/ Kategori 1): Fosil yakıtların yakılmasından veya endüstriyel işlemlerden kaynaklanan emisyonlar gibi şirketin sahip olduğu veya şirket tarafından kontrol edilen kaynaklardan kaynaklanan doğrudan emisyonlar.

Kapsam 2 (Enerji ile İlişkili Dolaylı Emisyon/ Kategori 2): Satın alınan elektrik, ısı veya buhar üretiminden kaynaklanan dolaylı emisyonlar.

Kapsam 3 (Diğer Dolaylı Emisyon/ Kategori 3-6): Satın alınan malzemelerin üretiminden veya çalışanların işe gidip gelmesinden kaynaklanan emisyonlar gibi şirketin sahip olmadığı veya şirket tarafından kontrol edilmeyen kaynaklardan kaynaklanan dolaylı emisyonlar (Mutlu ve diğerleri, 2018).

2.8.3.3. Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya İş Konseyi

Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya İş Konseyi (WBCSD), 200'den fazla uluslararası şirketin CEO liderliğindeki bir organizasyondur. Konsey ayrıca 60 ulusal ve bölgesel iş konseyi ve ortak kuruluşla bağlantılıdır. Kökenleri, İsviçreli bir iş girişimcisi olan Stephan Schmidheiny'nin Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nın (UNCED) genel sekreterliğine iş ve endüstri baş danışmanı olarak atandığı 1992 Rio de Janeiro Dünya Zirvesi'ne dayanmaktadır. "Sürdürülebilir Kalkınma için İş Konseyi" adlı bir forum oluşturulmuş ve bu forum, eko-verimlilik kavramını icat eden bir kitap olan "Değişen Rota" ya dönüşmüştür (Engin ve Akgöz, 2013).

2.8.3.4. ISO 14064:

ISO 14064 standardı üç bölümden oluşmaktadır:

- Bölüm 1: Organizasyonun tasarımı ve gelişimi için özel gereklilikler ya da sera gazı envanterleri mevcudiyet durumu
- Bölüm 2: Sera gazı projeleri emisyon azaltımı ve sökme artırımı oran belirleme, izleme ve raporlama ayrıntı bilgileri
- Bölüm 3: Sera gazı bilgi onayı ve denetimi oluşturulması için gereklilik ve önerileri ortaya koymak

ISO 14064 standartları bir şirkete uygulandığında aşağıdaki özelliklere sahip olunur:

- Sera gazı oranı belirlenmesi, izlenmesi, raporlaması ve azaltımı konularında tutarlılık, şeffaflık ve güvenilirlik
- Sera gazı ile ilgili sorumluluk, varlık ve risklerin tespiti ve yönetimi
- Sera gazı izin ve kredilerinin ticaretinin yapılması
- Benzer ve içerikleri aynı sera gazı şemalarının ya da programlarının tasarımının, geliştirilmesinin ve uygulanmasının desteklenmesi
- Sera gazı emisyonlarının oranının belirlenmesi, yönetim ve raporlanması için sağlam dahili mekanizmaların geliştirilmesi
- Paydaşlarla güvene dayanan ilişkiler kurmak

- Şirket sera gazı yönetimi stratejileri geliştirilmesi ve uygulanması ve gelecek için planların oluşturulmasına olanak tanır.
- Sera gazı emisyonu azaltımı ve sera gazı emisyonu imhası performans ve sürecini izlenmesi olanağı tanır (Wintergreen ve Delaney ,2007).

2.9. Tekstil Endüstrisinde Karbon Ayak izi ile İlgili Yapılan Literatür Çalışmaları

Andrea T. Espinoza Pérez (2022)' in yaptığı çalışmanın amacı; bir tekstil geri dönüşüm sürecinin potansiyel çevresel faydalarını ve dolayısıyla daha sürdürülebilir seçeneklere yönelik ilgili zorlukları keşfetmektir. Ele alınan tekstil geri dönüşüm süreci, karışık atıkları içermekte ve atıkların geleneksel olarak işlenmesini ve birincil kaynaklardan gelen ürünlerin ikame edilmesini temsil ettiğinden, CO₂ eşdeğeri açısından atık depolama alanları ile karşılaştırılmaktadır. Sonuçlar, tekstil atık depolama alanlarının ton başına 423,4 kg CO₂ eşdeğeri saldıgını, birincil kaynaklardan gelen ürünlerin ise ortalama 6496,65 kg CO₂ eşdeğeri saldıgını ve CO₂ eşdeğeri olarak, tekstil geri dönüşüm işlemiyle karşılaştırıldığında yalnızca ton başına 1142,12 kg CO₂ eşdeğer yaydığı, ortalama bir ton tekstil atığı başına 5778 kg CO₂ eşdeğeri önlenerek çevresel faydalar elde edildiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışma, bu sonucun değiştirilen ürünlerin seçimine ve enerji matrisine bağlı olduğunu vurgulamaktadır. Sonuç olarak rüzgâr veya güneş enerjisine dayalı bir enerji matrisi uygulamasının olumlu etkisi değerlendirilmiştir.

Dr Subramanian Senthilkannan Muthu (2022)'nün yaptığı çalışmada, Dünya'nın Covid-19 salgını nedeniyle beklenmedik bir krizle karşı karşıya kaldığını ve tekstil sektöründeki ciddi sorunların dramatik bir şekilde ortaya çıktığı belirtilmektedir. Bu çalışma üç bölgeye (AB, Çin ve Hindistan) odaklanarak küresel tekstilin durumunu, pandemiden kaynaklanan zorluklar ve fırsatları ve bunun sürdürülebilir lüks moda endüstrisi üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir. Sürdürülebilirliğe uyum sağlamak için gelecekteki stratejilerle birlikte çeşitli endüstri örnekleri de çalışmada tartışılmaktadır.

Doğan ve Coşkun (2021)'un yaptığı çalışmada, belirlenen bir tekstil fabrikasının kumaş boyama, baskı, iplik ve konfeksiyon bölümlerinde 2018 yılı için yıllık üretim faaliyetleri sonucunda oluşan karbon ayak izi miktarları değerlendirilmiştir. Fabrikada üretim yapılan bölümler arasında karbon ayak izi miktarları kıyaslandığı zaman,

konfeksiyon bölümü 24,39 kg-CO₂e/kg-ürün ile en yüksek değere sahiptir. Konfeksiyon bölümünden sonra kumaş boyama, baskı ve iplik boyama için karbon ayak izi miktarları sırasıyla, 21,57 kg-CO₂e/kg-ürün, 20,32 kg-CO₂e/kg-ürün ve 19,28 kgCO₂e/kg-ürün olarak ortaya çıkarılmıştır. Proseslerde karbon ayak izi oluşumunun ana nedenlerinin doğalgaz, kömür ve motorin kullanımı olduğu anlaşılmıştır. Doğalgaz, kömür ve motorin kaynaklı toplam karbon ayak izi oranı iplik boyama bölümünde %92 iken, baskı, kumaş boyama ve konfeksiyon bölümleri için bu oranlar sırasıyla %84, %82 ve %73 olarak tespit edilmiştir.

G. Peters, and others (2015)'in yaptığı çalışmada gösterilmek istenen; tekstil endüstrisi, politika geliştirme ve ürün tasarımının bir parçası olarak karbon ayak izi ile giderek daha fazla ilgilenmektedir. Herhangi bir muhasebe aracında olduğu gibi, bilginin kendi özel bağlamında anlamlı olmasını sağlamak için karbon ayak izi hesaplamaları üreten analistler ve bu tür bilgilerin tüketicileri tarafından ele alınması gereken bir dizi metodolojik sorunlar mevcuttur. Bu çalışmada, bahsedilen temel zorlukları, bunları karşılamak için ortaya çıkan standardizasyon süreçlerini, tekstil üretim tesisleri ve tekstil ürünleri için pratik karbon ayak izi hesaplamalarının sonuçlarını ve ürünlerin karbon etiketlemesine ilişkin son çalışmaları açıklanmaktadır. Aynı zamanda çalışma, mevcut eğilimleri tanımlamaya ve bu alan için gelecekteki gelişmeleri niteliksel olarak tahmin etmeye çalışmaktadır.

BAK (2019)' ın yapmış olduğu bir çalışmanın amacı yıllık ortalama 4.850.000 adet kot pantolon üreten endüstriyel bir tekstil firmasının muhtemel karbon ayak izinin belirlenmesidir. Çalışmada üretim proses aşamalarının ayrı ayrı yarattığı kirlilik yükü yaşam döngüsü analizi ile değerlendirilmiş ve karbon ayak izi hesabı yapılmıştır. Hesaplama gereken tüm veriler ilgili tekstil fabrikasından alınırken, emisyon faktörleri ise Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (İPCC), Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRG) ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma GG Konseyi (WBCSD) gibi çeşitli uluslararası organizasyonlar tarafından geliştirilmiş, ISO 14064-1 gibi Sera Gazı Protokolü standardına göre alınmıştır. Çalışma sonucunda toplam karbon ayak izi miktarı yaklaşık 32.782 ton CO₂e olarak tahmin edilmiştir. Yanma kaynaklı karbon emisyonu %62,78 ile en yüksek karbon ayak izi oranını oluşturmaktadır. Bu nedenle kapsam 1 emisyonlarının bu sektör için en büyük miktarı oluşturduğu belirlenmiştir. Satın alınan elektriğe bağlı kapsam 2 emisyonları % 28,90 ile ikinci sırada yer alırken, kapsam 3 emisyonları % 8,32 ile etki olarak son sırada yer almıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Çalışma Alanı Hakkında Organizasyonel Sınırlar ve Genel Bilgiler

Tesis, Denim (kot) Yıkama Şirketi bünyesinde faaliyet göstermektedir ve 2021 yılı için maksimum üretim miktarı 2024131 kg'dır. Günde 8 saat ve yılda 300 gün çalışmakta olup, 55 kişi istihdam etmektedir. Tesisin konumu Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Kot tesisinin harita üzerindeki görüntüsü

Denim veya kot olarak tanımlanan bu kumaşlar, genel olarak polyester, viskon, pamuk, naylon ve lycra olarak isimlendirilen ipliklerden üretilen, değişik kütlelerde olabilen genellikle boyanmamış, çözgü ipliği mavi indigo boyalı, değişken ve çeşitli örgülerle dokunmuş kumaşlardır. Yıkama işlemi; görünüm, yumuşaklık, ürün boyutunda sabitlik, işlevsel farklılıklar ve tasarım olmak üzere dört etkiye sahiptir. Etkilerin boyutu, işlemin süresi, sıcaklığı, yıkama lotundaki çözelti oranı ve tercih edilen kimyasallar gibi uygulamalara göre farklılık gösterebilmektedir.

Tablo 3.1. Tesisin yıllık üretim kapasitesi

Ürün Adı	Miktar	Birim
Tekstil ve Konfeksiyon Ürünleri Yıkama	1.237.500	Kg

Hesaplamalar günde 8 saat ve yılda 300 işgünü üzerinden yapılmıştır. Buna göre; Şarj miktarı: 125 kg

Şarj süresi: 2 saat

Yıkama makine sayısı: 11

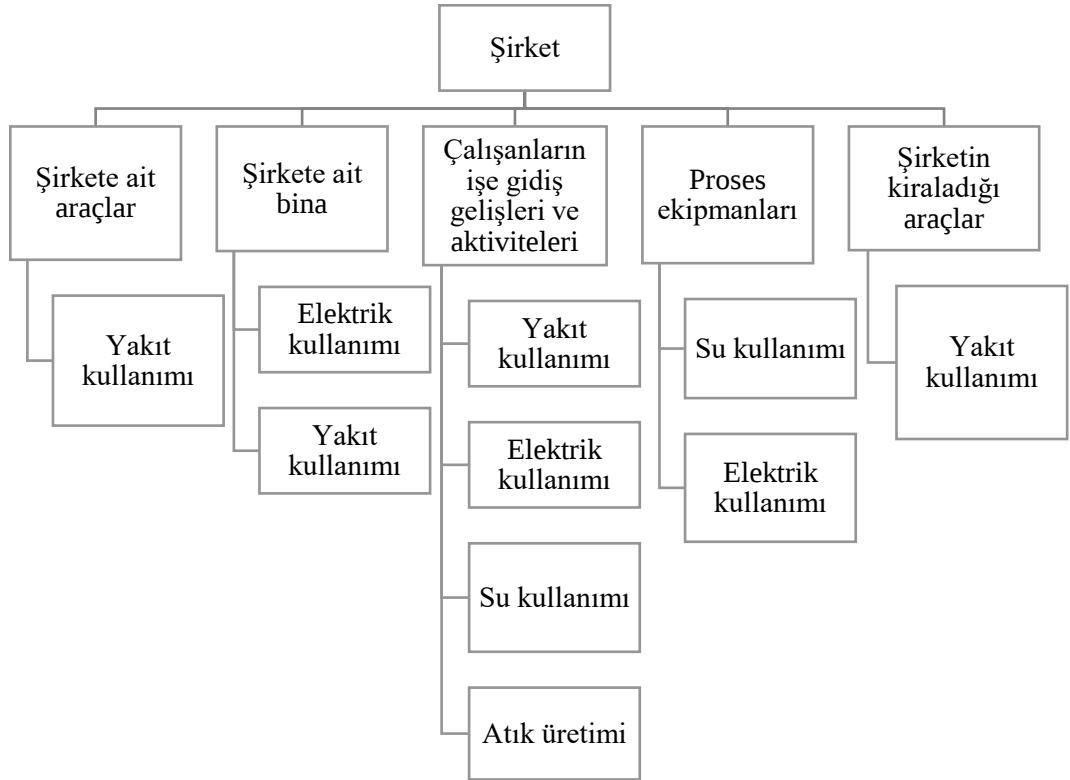
Verim: %75

Kapasite: $(11 \text{ makine} \times 125 \text{ kg}) \times (8/2) \times 300 \times \%75 = 1.237.500 \text{ kg/yıl}$

Tablo 3.2. Tesisin yıllık tüketim maddeleri kapasite çizelgesi

Tüketim maddeleri	Miktar	Birim
Haşıl Sökme Enzimi	12,375	kg
Taş Enzimi	12,375	kg
Deterjan	24,750	kg
Yumuşatıcı	61,875	kg

Kuruluşun faaliyetleriyle ilişkili doğrudan ve dolaylı sera gazı emisyonlarının ve uzaklaştırmalarının hesaplanması için sistem sınırları tanımlanmıştır. Bu sınırlar, ürünün tesise girişinden başlayarak yıkama işlemi tamamlanana ve ürün tesis kapısından çıkana kadar “kapıdan kapıya” yaklaşımıyla belirlenmiştir. Şekil 3.2. şirketin faaliyet özelliklerine bağlı olarak sera gazı emisyon kaynaklarını göstermektedir.



Şekil 3.2. İncelenen kot yıkama şirketinin sera gazı kaynakları

Bu çalışmada, karbon ayak izini hesaplamak için sistem sınırı üç kategoride analiz edilmiştir. Doğrudan emisyonlar, şirket tarafından kullanılan doğal gazdan kaynaklanan sabit yanma emisyonlarını, şirkete ait araçlardan kaynaklanan mobil yanma emisyonlarını, jeneratör ve forklift kullanımından kaynaklanan emisyonları ve yangın tüplerinde CO₂ depolanmasından kaynaklanan emisyonları içerir. Enerjiyle ilgili dolaylı emisyonlar, şirket tarafından satın alınan elektriğin kullanımından kaynaklanan emisyonları içerir. Enerji ile ilgili olmayan diğer dolaylı emisyonlar arasında su kullanımı, atık bertarafı, çalışanların işe gidip gelmesi ve atık su deşarjının yanı sıra şirkete ait olmayan araçlardan kaynaklanan emisyonlar yer almaktadır.

3.2. Veri Toplama

Tesisin sera gazı emisyon envanterini hazırlamak için öncelikle tüm önemli sera gazı emisyon kaynakları belirlenmiştir. 2021 yılına ait emisyonlara ilişkin faaliyet verileri tesisin ilgili biriminden alınmış ve Tablo 3.3.' de listelenmiştir.

Tablo 3.3. Bir kot yıkama firmasının 2021 yılı faaliyetlerine ilişkin veriler

	Aktivite	Veri	Birim	Kaynak
Doğrudan Emisyonlar	Isıtma	612788	kg	Doğalgaz faturaları
	Şirkete ait araçların kullanımı	78910	km	Faturalar
	Jeneratör kullanımı	400	lt	Çizelgeler
	Forklift kullanımı	400	lt	Çizelgeler
	Yangın tüplerinde CO ₂ depolama	35	kg	Çizelgeler
Dolaylı, enerji ile ilgili emisyonlar	Satın alınan elektrik tüketimi	1618396	kWh	Elektrik faturaları
Dolaylı, enerjiyle ilgili olmayan emisyonlar	Çalışanların ulaşımı	138600	km	Anket
	Kiralık araçlar	33088	km	Faturalar
	Su tüketimi	121832	m ³	Su faturaları
	Atık üretimi	142597	kg	Çizelgeler

Doğrudan sera gazı emisyonları hakkında bilgi sahibi olmak için tesisin iş seyahati, ısınma faaliyeti, dizel tüketimi, CO₂ depolama ve ulaşım verileri temin edilmiştir. Tesis binası doğalgaz ile ısıtılmaktadır. Doğal gazın neden olduğu sera gazı emisyonlarını değerlendirmek için Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı'nın (DEFRA) sera gazı emisyonlarının hesaplanmasına yönelik oluşturduğu dönüşüm faktörleri kullanılmıştır (DEFRA, 2021). Ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını belirlemek için, tesisin kayıt altına aldığı; kat edilen toplam mesafe, yakıt türü ve araçların teknik özellikleri kullanılmıştır. Ayrıca jeneratör ve forklift yakıt tüketim

bilgileri firma kayıtlarından elde edilmiştir. Mobil yanma ve yakıt tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını belirlemek için DEFRA emisyon faktörleri kullanılmıştır. Dolaylı enerji kaynaklı emisyon kategorisinde sınıflandırılan sera gazı emisyonlarına ilişkin faaliyet verileri, şebekeden satın alınan elektrik tüketimini içermektedir. Aydınlatma kullanımı, otomatik bina süreçleri ve işletme için kullanılan elektrik, enerji kullanımına dahildir. Elektrik satın alımı için aktivite verileri, aylık elektrik tüketimi okumasından elde edilmiştir. Sera gazı emisyonu ile ilgili elektrik, ilgili şebekeyi en iyi karakterize eden ulusal şebeke ortalama emisyon faktörü uygulanarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada diğer bir kategori olan enerjiyle ilgili olmayan dolaylı emisyonlar; çalışanların seyahati, kiralık araç, su tüketimi, atık üretimi ve atık su tahliyesini içermektedir. 2021 yılında çalışanların işe gidiş geliş verileri, çalışanlarla yapılan görüşmeler aracılığıyla uygulanan anketlerden elde edilmiştir. İşe gidiş gelişlerden kaynaklanan emisyon hesabını değerlendirmek için kat edilen toplam mesafeler, ulaşım tipi ve çalışanların işe gidip geldikleri araç cinsi belirlenmiştir. Çalışanların seyahatleri ile ilgili sera gazı emisyonları, DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak kilometre bazında hesaplanmıştır. Sera gazı emisyonlarına neden olan ve tesis faaliyetleri sonucu üretilen atık türü ve miktarı tesisin kendi kayıtlarından elde edilmiştir. Tesisin 2021 yılında yol aldığı mesafe baz alınarak kiralık otomobilleri için faaliyet verileri hesaplanmıştır. Su tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesaplanması için tüketilen su miktarı, aylık su tüketim okumalarından elde edilmiş ve şebeke üzerinden verilen su, m³ cinsinden su faturalarında gösterilmiştir. Su tüketimi, ofis (içme suyu, temizlik, yıkama, vb.) ve saha (işletme suyu) faaliyetlerini içermektedir. Enerji ile ilgili olmayan tüm dolaylı emisyonlar, DEFRA aracıyla hesaplamaya dahil edilmiştir.

3.3. Karbon Ayak İzi Metodolojisi

Tesisin karbon ayak izinin hesaplanmasında “Sera Gazları – Bölüm 1: Sera gazı salımlarının ve uzaklaştırmalarının kuruluş seviyesinde hesaplanmasına ve raporlanmasına dair kılavuz ve özellikler” standardı kullanılmıştır (ISO 14064-1:2018). Bu belge, sera gazı emisyon envanterlerinin oluşturulması, geliştirilmesi, yönetilmesi ve raporlanmasına yönelik yönergeleri açıklamaktadır. Bu çalışmada, tesis faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları, her bir faaliyet verisine ilişkin ilgili kategorilerin emisyon faktörlerine göre belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan karbon ayak izi (KAİ) yaklaşımı, aşağıdaki denklemleri kullanarak birim faaliyet

başına CO₂e emisyonlarını hesaplayan uygun emisyon faktörleriyle (EF) çarpılan faaliyet verilerine dayanmaktadır:

$$KAİ = FV \times EF \quad (3.1)$$

$$TKAİ = KAİ_1 + KAİ_2 + \dots + KAİ_n \quad (3.2)$$

KAİ: Tesiste her bir faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi, ton CO₂e/yıl

FV: Birim cinsinden faaliyet verileri, ton

EF: Emisyon faktörü

TKAİ: Tesisin toplam karbon ayak izi, ton CO₂e/yıl

2021 yılında yayınlanan DEFRA dönüşüm faktörleri veri tabanı, tesis sınırlarında her bir faaliyet için kullanılan emisyon faktörlerinin kaynağı olarak hesaplamalara dahil edilmiştir. Satın alınan elektrik ise, Türkiye Elektrik Üretim AŞ'nin bu bölgedeki şebekeye teslim ettiği raporda yer alan toplam yakıt tüketimi ve net elektrik üretimi baz alınarak ulusal emisyon faktörü hesaplanmasıyla elde edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kot Yıkama Tesisinin Kurumsal Karbon Ayak İzi

4.1.1. Doğrudan Emisyonlar

Tesiste doğalgaz tüketimi, ürünün işletmeye girmesiyle başlayan ve ürünün yıkama işlemi tamamlanana kadar olan süreci içerir. Tesisin 2021 yılına ait aylık doğalgaz tüketim miktarları Tablo 4.1’de verilmiştir. İşletmenin 2021 yılı toplam doğal gaz tüketimi 612788 kg’dır.

Tablo 4.1. Tesisin 2021 yılına ait aylık doğalgaz tüketim miktarları

Aylar	Doğalgaz Tüketimi (kg)
Ocak	51166
Şubat	21146
Mart	73547
Nisan	55535
Mayıs	32209
Haziran	60188
Temmuz	50710
Ağustos	58601
Eylül	33940
Ekim	42835
Kasım	61471
Aralık	71440

Tesiste, doğalgazdan kaynaklanan karbon ayak izinin belirlenmesi için Eşitlik 3.1 kullanılmıştır ve ocak ayı için ayrıntılı hesaplanması aşağıda gösterilmiştir.

- Ocak ayında Doğalgaz tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izinin hesaplaması:

CO₂ emisyonundan kaynaklanan KAI:

$$KAI = FV \times EF$$

$$KAI = 51,166 \text{ t} \times 2,53369 \text{ tCO}_2/\text{t}$$

$$KAI = 129,6387 \text{ tCO}_2$$

CH₄ emisyonundan kaynaklanan KAI:

$$KAI = 51,166 \text{ t} \times 0,00344 \text{ tCO}_2/\text{t}$$

$$KAI = 0,176 \text{ tCO}_2$$

N₂O emisyonundan kaynaklanan KAI:

$$KAI = 51,166 \text{ t} \times 0,00134 \text{ tCO}_2/\text{t}$$

$$KAI = 0,06856 \text{ tCO}_2$$

Ocak ayında doğalgaz kullanımından kaynaklanan karbon ayak izi;

$$TKAI_{\text{ocak}} = 0,06856 \text{ tCO}_2 + 129,6387 \text{ tCO}_2 + 0,176 \text{ tCO}_2 = 129,88326 \text{ tCO}_2\text{e /yıl}$$

2021 yılının diğer ayları için de doğalgaz tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi miktarları hesaplanmış ve Tablo 4.2' de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. 2021 yılında doğalgaz kaynaklı oluşan toplam karbon ayak izi değerleri

Aylar	Karbon Ayakizi (tCO ₂ e/yıl)
Ocak	129,884
Şubat	53,679
Mart	186,698
Nisan	140,974
Mayıs	81,762
Haziran	152,786
Temmuz	128,726
Ağustos	148,757
Eylül	86,156
Ekim	108,736
Kasım	156,043
Aralık	181,349

Buna göre, tesisin 2021 yılında doğalgaz kullanımından kaynaklanan toplam karbon ayak izi miktarı 1555,55 tCO₂e/yıl'dır.

Tesisin ulaşımdan kaynaklanan emisyonlarını hesaplamak için tesisin araç filosunu bilmek önemlidir. 2021 yılında tesisin 1 adet nakliye aracı ve 1 adet otomobili bulunmaktadır. Şirketin Emisyon oluşumuna 56144 km mesafe ile kamyonet ve 22766

km ile dizel otomobil neden olmaktadır. 2021 yılında kuruma ait araçların kat ettiği mesafe ve araç tiplerine göre DEFRA (2021)'den uygun emisyon faktörleri belirlenerek emisyon değerleri hesaplanmıştır. Tesisin kendine ait araçlarından kaynaklanan karbon ayak izi Eşitlik 3.1 kullanılarak elde edilmiş ve ayrıntılı hesaplanması aşağıda gösterilmiştir.

- Kamyonet kullanımından kaynaklanan karbon ayak izinin hesaplaması:

CO₂ emisyonundan kaynaklanan KAI:

$$KAI = FV \times EF$$

$$KAI = 56144 \text{ km} \times 0,26343 \text{ kgCO}_2/\text{km}$$

$$KAI = 14,7900 \text{ tCO}_2$$

N₂O emisyonundan kaynaklanan KAI:

$$KAI = 56144 \text{ km} \times 0,00186 \text{ kgCO}_2/\text{km}$$

$$KAI = 0,10443 \text{ tCO}_2$$

- Otomobil kullanımından kaynaklanan karbon ayak izinin hesaplaması:

CO₂ emisyonundan kaynaklanan KAI:

$$KAI = FV \times EF$$

$$KAI = 22766 \text{ km} \times 0,1357 \text{ kgCO}_2/\text{km}$$

$$KAI = 3,08934 \text{ tCO}_2$$

CH₄ emisyonundan kaynaklanan KAI:

$$KAI = 22766 \text{ km} \times 0,000004 \text{ kgCO}_2/\text{km}$$

$$KAI = 0,000091 \text{ tCO}_2$$

N₂O emisyonundan kaynaklanan KAI:

$$KAI = 22766 \text{ km} \times 0,00188 \text{ kgCO}_2/\text{km}$$

$$KAI = 0,0428 \text{ tCO}_2$$

Yukarıdaki sonuçlar göre, tesisin araç filosundan kaynaklanan toplam karbon ayak izi;

$$TKAI_{\text{ulaşım}} = 14,7900 \text{ tCO}_2 + 0,10443 \text{ tCO}_2 + 3,08934 + 0,000091 \text{ tCO}_2 + 0,0428 \text{ tCO}_2$$

$$= 18,0267 \text{ tCO}_2 \text{e /yıl}$$

şeklinde hesaplanmıştır.

Jeneratör, forklift ve CO₂ depolama tüplerinin kullanımından kaynaklanan emisyonlar da doğrudan emisyonlar olarak sınıflandırılmaktadır. Tesis bünyesinde ürünlerin bir yerden bir yere taşınmasında kullanılan forkliftlerin faaliyetlerinden dolayı 2021 yılında 400 litre mazot tüketilmiştir. Benzer şekilde tesiste kullanılan jeneratörlerin 2021 yılındaki dizel tüketimi de 400 litredir. Tesisin jeneratör ve forklift kullanımından kaynaklanan karbon ayak izi Eşitlik 3.1 kullanılarak elde edilmiş ve ayrıntılı hesaplanması aşağıda gösterilmiştir.

- Jeneratörün dizel tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izinin hesaplaması:

CO₂ emisyonundan kaynaklanan KAI:

$$KAI = FV \times EF$$

$$KAI = 400 \text{ lt} \times 2,66807 \text{ kgCO}_2/\text{lt}$$

$$KAI = 1,06722 \text{ tCO}_2$$

CH₄ emisyonundan kaynaklanan KAI:

$$KAI = 400 \text{ lt} \times 0,00026 \text{ kgCO}_2/\text{lt}$$

$$KAI = 0,000104 \text{ tCO}_2$$

N₂O emisyonundan kaynaklanan KAI:

$$KAI = 400 \text{ lt} \times 0,03720 \text{ kgCO}_2/\text{lt}$$

$$KAI = 0,01488 \text{ tCO}_2$$

Forklift kullanımında da yakıt tüketimi jeneratörde olduğu gibi 400 lt olduğundan, jeneratör dizel tüketiminden kaynaklanan KAI ile forklift dizel tüketiminden kaynaklanan KAI değerleri aynıdır.

Firmanın elinde yangın anında kullanılmak üzere 7 adet 5 kg'lık CO₂ tüpü bulunmaktadır. CO₂ tüpü için kaçak emisyon tahminleri IPCC yönergesinden alınmıştır. Buna göre, CO₂ tüpü için karbon ayak izi;

$$KAI = 7 \text{ adet} \times 5 \text{ kg} \times 1 \times 4/100 = 1,4 \text{ kg} = 0,0014 \text{ tCO}_2$$

olarak hesaplanmıştır.

Kuruluşun doğrudan emisyon kaynakları için toplam karbon ayak izi miktarları yukarıdaki örneklerde gösterildiği gibi hesaplanmış ve Tablo 4.3. 'de her bir faaliyet için hesaplanan değerler eşdeğer CO₂ cinsinden toplu olarak verilmiştir.

Tablo 4.3. 2021 yılında kot tesisinde üretilen doğrudan emisyon kaynak ve miktarları

Emisyon kaynakları	CO ₂ e (ton/yıl)	CO ₂ (ton/yıl)	CH ₄ (ton/yıl)	N ₂ O (ton/yıl)
Doğal gaz	1555,5439	1552,6148	2,1080	0,8211
Şirkete ait büyük araçlar (Dizel)	14,8944	14,7900	-	0,1044
Şirkete ait küçük araçlar (Dizel)	3,1322	3,0893	0,0001	0,0428
Jeneratör (Dizel)	1,0822	1,0672	0,0001	0,0149
Forklift (Dizel)	1,0822	1,0672	0,0001	0,0149
Yangın-CO₂ tüp depolama	0,0014	-	-	-

Buna göre, 2021 yılında tesisin toplam doğrudan emisyonlarından kaynaklanan KAI miktarı 1575,75 ton CO₂e'dir.

4.1.3. Dolaylı, Enerji ile İlgili Emisyonlar (Kapsam 2)

Kuruluşun faaliyetleri için satın almış olduğu enerjiden kaynaklanan emisyonlar, dolaylı enerji kaynaklı emisyonlar olarak ifade edilmektedir. Kuruluşun satın aldığı elektrik, fosil yakıtlı enerji kaynaklarından üretilmektedir. Dolayısıyla elektrik tüketiminin karbon ayak izi içinde payı vardır. Tesisin 2021 yılına ait aylık elektrik tüketim miktarları Tablo 4.4'te verilmiştir. Bu kuruluşta 2021 yılında toplam elektrik tüketimi 1.618.396 kWh olarak gerçekleşmiştir. Emisyon faktörü, ilgili şebekeyi en iyi karakterize eden ulusal şebeke ortalama emisyon faktörü uygulanarak belirlenmiştir. Bu emisyon faktörü, Türkiye Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ, 2021) tarafından yayınlanan rapordaki verilere göre hesaplanmıştır. Ana hesaplama yöntemi, tüketim verilerinin ve ilgili emisyon faktörlerinin çarpılmasıdır.

Tablo 4.4. Tesiste 2021 yılına ait aylık elektrik tüketim miktarları

Aylar	Elektrik Tüketimi (kWh)
Ocak	125450
Şubat	85402
Mart	204254
Nisan	165726
Mayıs	102222
Haziran	155289
Temmuz	115669
Ağustos	150868
Eylül	80028
Ekim	98988
Kasım	160391
Aralık	174109

Tesiste, elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izinin belirlenmesi için Eşitlik 3.1 kullanılmıştır ve ocak ayı için ayrıntılı hesaplanması aşağıda gösterilmiştir.

Ocak ayında elektrik tüketiminin kaynaklanan karbon ayak izinin hesaplaması:

$$KAİ = FV \times EF$$

$$KAİ = 125450 \text{ kWh} \times 0,4931 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$$

$$KAİ = 61,8593 \text{ tCO}_2$$

2021 yılının diğer ayları için de elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi miktarları hesaplanmış ve Tablo 4.5’ te gösterilmiştir.

Tablo 4.5. 2021 yılında tesiste elektrik kullanımı sonucu oluşan toplam karbon ayak izi miktarları

Aylar	Karbon Ayakizi (tCO _{2e} /yıl)
Ocak	61.8594
Şubat	42.1117
Mart	100.7176
Nisan	81.7195
Mayıs	50.4057
Haziran	76.5730
Temmuz	57.0364
Ağustos	74.3930
Eylül	39.4618
Ekim	48.8110
Kasım	79.0888
Aralık	85.8531

Buna göre, tesisin 2021 yılında elektrik tüketiminden kaynaklanan toplam karbon ayak izi miktarı 798,03 tCO_{2e}/yıl'dır.

4.1.4. Dolaylı, Enerjiyle İlgili Olmayan Emisyonlar (Kapsam 3)

Tesis, birçok faaliyet sonucunda çok fazla atık üretmektedir. Oluşan atıklar, atık sahasında depolanmakta ve bertaraf ve geri dönüşüm için lisanslı firmalara verilmektedir. Evsel atıklar, mukavva, plastikler, metaller, kâğıt ambalajlar, piller ve akümülatörler, yağlar ve tehlikeli atıkların tümü atık fraksiyonları olarak kabul edilmektedir. Emisyonları belirlemek için tesisin 2021 yılında oluşturduğu atıklar kullanılmıştır. 2021 yılında bu kuruluştaki toplam 142597 kg atık üretilmiştir. Atık özelliklerine göre DEFRA emisyon veri tabanından elde edilen ve kg atık başına CO₂ eşdeğeri miktarını gösteren emisyon faktörleri ile çarpılan atık miktarı (Eşitlik 3.1), atıktan oluşan karbon ayak izini oluşturmuştur. Örneğin; tesisin plastik ambalaj üretiminden kaynaklanan karbon ayak izi miktarının hesabı aşağıda yer almaktadır.

- Plastik ambalaj üretimi sonucu oluşan için karbon ayak izi;

$$KAİ = 4,88 \text{ t} \times 0,021294 \text{ tCO}_2/\text{t}$$

$$KAİ = 0,10391 \text{ tCO}_2\text{e}/\text{yıl}$$

Aynı eşitlik kullanılarak, tesiste üretilen tüm atıklar için karbon ayak izi değerleri hesaplanmış ve Tablo 4.6.'da verilmiştir.

Tablo 4.6. 2021'de kot yıkama tesisinin atıklarından kaynaklı dolaylı emisyonlar

Atık Türü	Miktar(t)	tCO ₂ e
Evsel atık	40,193	17,93578
Tesis içi atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar (yanma)	20,250	0,43119
Tesis içi atık su arıtımından (depolama) kaynaklanan çamurlar	69,800	32,59980
İşlenmiş tekstil elyafı atıkları	0,339	0,15833
Tehlikeli maddeler içeren atık baskı tonerleri	0,007	0,00327
Motor, şanzıman ve yağlama yağları	0,025	0,00053
Kâğıt ve karton ambalaj	0,080	0,00170
Plastik ambalaj	4,880	0,10391
Ahşap ambalaj	0,040	0,00085
Metalik ambalaj	0,470	0,01001
Tehlikeli madde kalıntıları içeren veya tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar	2,319	1,08308
Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri, temizlik bezleri, koruyucu giysiler	4,020	1,87752
Basınçlı tanklardaki gazlar	0,005	0,00011
Laboratuvar kimyasallarının karışımları dahil, tehlikeli maddeler içeren veya bunlardan oluşan laboratuvar kimyasalları	0,004	0,00009
Permanganat (ör. potasyum permanganat)	0,040	0,00085
Toplanması ve bertarafı enfeksiyonu önlemek için özel işleme tabi tutulan atıklar	0,004	0,00009
Floresan lambalar ve diğer cıva içeren atıklar	0,020	0,00934
Sıvı yağlar ve katı yağlar	0,100	0,04670
Piller ve akümülatörler	0,001	0,00002

Hesaplamalara göre, tesis içi atık su arıtımından depolama sahasına kadar olan çamurlarla ilgili emisyonlar, toplam karbon ayak izinin yaklaşık %60,08'ini oluşturdukları için en yüksek emisyonu sahiptirler. Bu emisyonları, kurumsal atıkların toplam karbon ayak izinin yaklaşık üçte biri kadar bir payla evsel atık üretimi takip etmektedir. Kalan atık türü, tüm emisyonların yüzde üçünden daha azından sorumludur ve dolaylı emisyonların karbon dengesine az miktarda katkısı mevcuttur. Bu tesis, 2021 yılında atık kaynaklı toplam 54,26 ton CO₂e üretmiştir.

Kuruluş çalışanlarının işe gidiş gelişleri; otobüs, kişisel araç ve minibüstür. Ayrıca tesis kendi araçları dışında her ikisi de personel taşımacılığı için kiralık minibüs ve 2 otobüs kullanmaktadır. 2021 yılında kullanılan ulaşım araçlarının türünün tespiti için personel içi görüşmeler yoluyla gerçekleştirilen anketlerden yararlanılmıştır. 2021

yılında ulaşım için kullanılan araç türleri ve kullanım yüzdeleri Tablo 4.7' de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Tesiste uygulanan ulaşım ile ilgili anket sonuçları

Ulaşım modu	Kat edilen mesafe (km)	Kullanım yüzdesi (%)
Kişisel araç	94800	18
Toplu taşıma	303000	13
Tesis tarafından kiralanan otobüs	33088	69

Çalışanların seyahatleri ile ilgili sera gazı emisyonları, DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak kilometre bazında hesaplanmıştır. Tesiste, işe gidiş gelişlerde kullanılan kiralık araçların oluşturduğu karbon ayak izi miktarını hesaplamak için Eşitlik 3.1 kullanılmıştır ve Tablo 4.8.'de bu faaliyetten kaynaklanan karbon ayak izi miktarları verilmiştir.

Tablo 4.8. Kuruma hizmet eden kiralık araçların oluşturduğu karbon ayak izi

Araç Cinsi	Yakıt Türü	Motor Hacmi (cm ³)	Azami Yük Ağırlığı (kg)	Toplam km	Emisyon Miktarları			
					tCO ₂ e	tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O
Otobüs	Dizel	1968	3880	17600	9,1844	9,0774	0,0018	0,1052
Otobüs	Dizel	2143	4000	6336	3,3064	3,2679	0,0006	0,0379
Minibüs	Dizel	2461	3500	9152	2,4279	2,4109	0,0000	0,0170

2021 yılında kullanılan ulaşım araçlarının türünün tespiti için personel içi görüşmeler yoluyla gerçekleştirilen anketlerden elde edilen veriler karbon ayak izinin belirlenmesinde hesaba katılmış ve çalışanların sahip olduğu araçlardan ve toplu taşıma araçlarından kaynaklanan karbon ayak izi miktarları tablo 4.9.'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Çalışanların sahip olduğu araçlardan ve toplu taşıma araçlarından kaynaklanan karbon ayak izi

Araç Cinsi	Yakıt Türü	Toplam km	Emisyon Miktarları			
			ton CO ₂ e	ton CO ₂	ton CH ₄	ton N ₂ O
Kişisel araç	Dizel	9000	1,8649	1,8480	0,0000	0,0169
Kişisel araç	LPG	18000	3,2269	3,2186	0,0009	0,0074
Kişisel araç	LPG	6000	1,5986	1,5958	0,0003	0,0025
Kişisel araç	Dizel	4200	0,8703	0,8624	0,0000	0,0079
Kişisel araç	Dizel	12000	1,6510	1,6284	0,0000	0,0226
Kişisel araç	Dizel	3000	0,4949	0,4892	0,0000	0,0056
Kişisel araç	Benzin	9000	1,3451	1,3390	0,0029	0,0032
Kişisel araç	Benzin	6000	1,1271	1,1230	0,0019	0,0022
Kişisel araç	Benzin	12000	2,2542	2,2460	0,0038	0,0043
Kişisel araç	Dizel	15600	2,5734	2,5440	0,0001	0,0293
Dolmuş	Dizel	43800	4,4794	4,4431	0,0004	0,0359

Hesaplamalara göre, tesiste dolaylı enerji ile ilişkili emisyonlar kapsamında işe gidiş gelişler sonucu oluşan karbon ayak izi miktarı 2021 için 36,04 tCO₂e'ye eşittir.

Tesiste tüketilen su dolaylı emisyon olarak kabul edilmektedir. Su tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi, temiz su kaynağında kullanılan su hacmi varsayılarak hesaplanmaktadır. Tesisin 2021 yılına ait aylık su tüketim miktarları Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Tesiste 2021 yılına ait aylık su tüketim miktarları

Aylar	Su Tüketimi (m ³)
Ocak	6975
Şubat	5040
Mart	11501
Nisan	12593
Mayıs	9262
Haziran	14468
Temmuz	9957
Ağustos	13564
Eylül	7146
Ekim	6997
Kasım	11687
Aralık	12642

Bu tesiste 2021 yılı su tüketimi 121832 m³tür. Su tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını hesaplamak için DEFRA veri tabanındaki dönüştürme faktörü kullanılmıştır. Tesiste, su tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izinin belirlenmesi için Eşitlik 3.1 kullanılmıştır ve Ocak ayı için ayrıntılı hesaplanması aşağıda gösterilmiştir.

Ocak ayında su tüketiminin kaynaklanan karbon ayak izinin hesaplaması:

$$KAİ = FV \times EF$$

$$KAİ = 6975 \text{ m}^3 \times 0.149 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

$$KAİ = 1,039 \text{ tCO}_2\text{e/yıl}$$

2021 yılının diğer ayları için de elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi miktarları hesaplanmış ve Tablo 4.11' de gösterilmiştir.

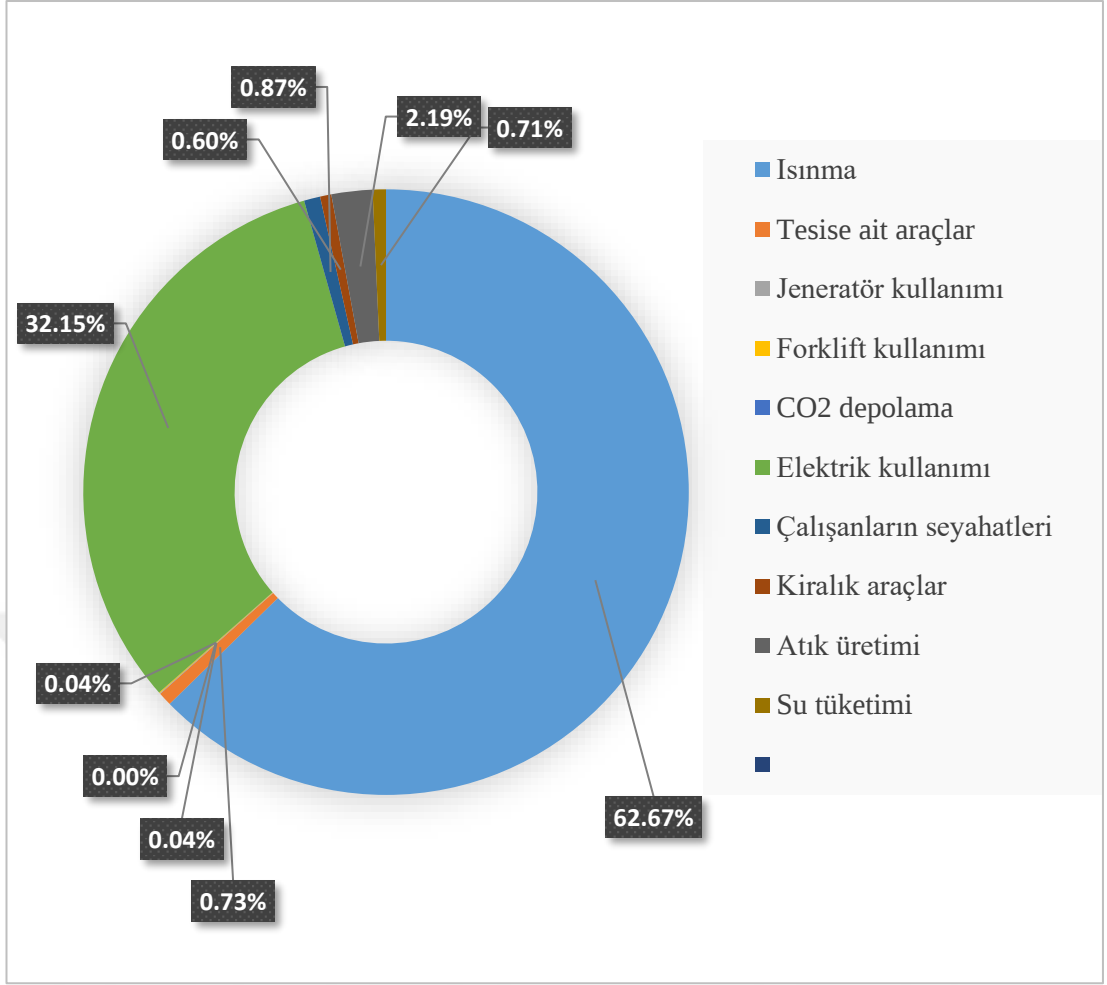
Tablo 4.11. 2021 yılının diğer ayları için de elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi miktarları

Aylar	Karbon Ayakizi (tCO _{2e} /yıl)
Ocak	1,0393
Şubat	0,7510
Mart	1,7136
Nisan	1,8764
Mayıs	1,3800
Haziran	2,1557
Temmuz	1,4836
Ağustos	2,0210
Eylül	1,0648
Ekim	1,0426
Kasım	1,7414
Aralık	1,8837

Buna göre, tesisin 2021 yılında su tüketiminden kaynaklanan toplam karbon ayak izi miktarı 18,1530 tCO_{2e}/yıl'dır.

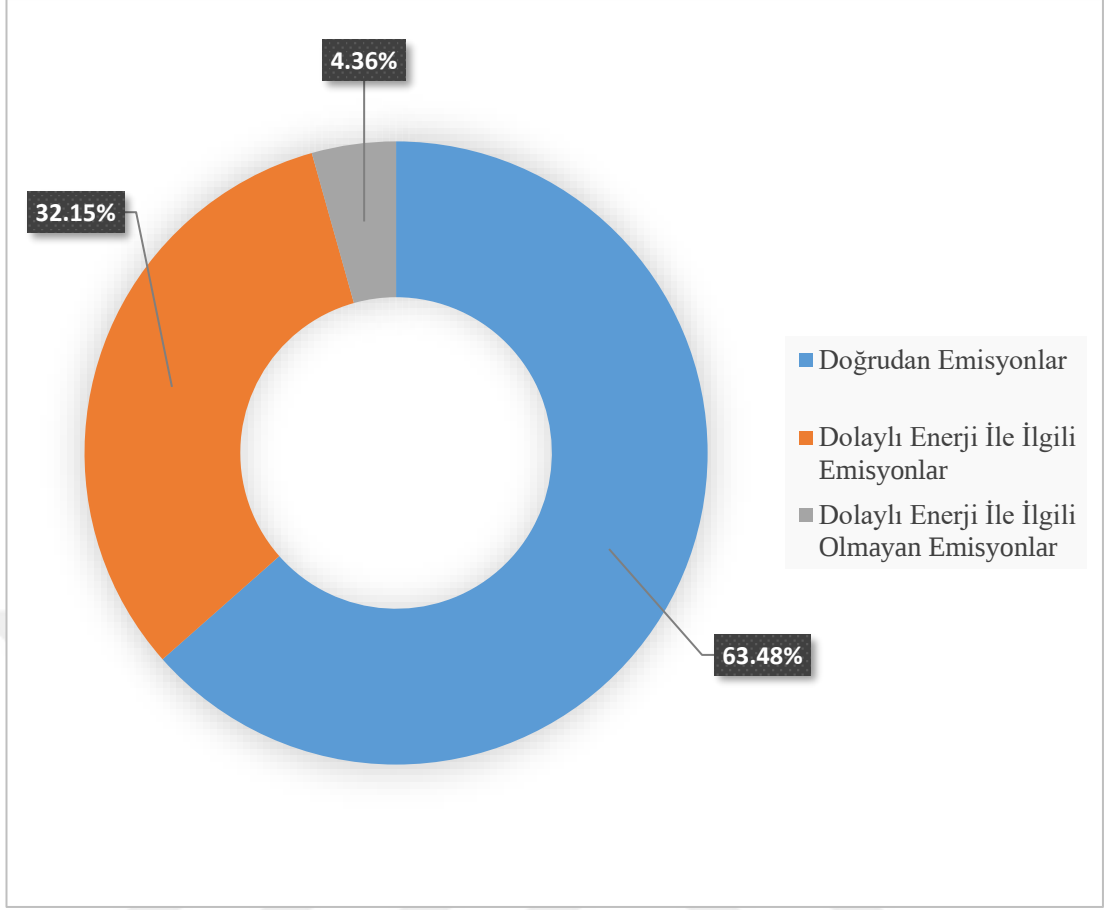
Faaliyetlerin kot yıkama tesisinin kurumsal karbon ayak izine doğrudan, dolaylı enerji ile ilgili ve enerji ile ilgili olmayan dolaylı kategoriler olarak ana katkıları Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Doğal gaz tüketimi, genel olarak karbon ayak izinin yaklaşık %62,67'ine katkıda bulunduğu için açıkça en yüksek etkiye sahiptir. Literatürde bulunan bir araştırma, tekstil endüstrisinde karbon ayak izi cinsinden ölçüldüğünde, ısıtma için kullanılan doğal gazdan kaynaklanan emisyonların en yüksek emisyon miktarına sahip olduğunu da göstermektedir (Başoğlu ve diğerleri, 2021). Bu çalışmada, doğalgaz tüketimini %32,15 ile elektrikle ilişkili emisyonlar takip etmektedir. Kot yıkama tesisinde, tesise ait binalardaki süreçlerin, makinelerin ve altyapının işletilmesinden kaynaklanan toplam kurumsal karbon ayak izinin ikinci en büyük payını elektrik tüketimi oluşturmaktadır. Bu konuyla ilgili literatürde yer alan sonuçlar, bu çalışmanın sonuçlarıyla tutarlıdır. Satın alınan elektrik, birçok şirket için sera gazı emisyonlarının ana kaynaklarından biridir. Örneğin, Radonjić ve Tompa, kurumsal karbon ayak izi çalışmasında sera gazı emisyonlarına en büyük katkının satın alınan elektriğin tüketimi olduğunu doğrulamıştır (Radonjić ve Tompa, 2018). Huang

ve arkadaşları, Çin tekstil endüstrisinin ayrıntılı bir analizini sunmuş olup, tekstil endüstrisindeki sera gazı emisyonunun ana kaynağının, Çin tekstil endüstrisindeki toplam emisyonların %80'ine karşılık gelen birincil kaynaklar olduğunu bildirmişlerdir. İkinci en büyük sera gazı emisyon kaynağı elektrik tüketiminden kaynaklandığını vurgulamışlardır (Huang vd., 2017). Kot yıkama tesisi kaynaklı atık üretimi, ısıtma ve elektrikten daha düşük bir paya sahiptir, ancak yaklaşık %2,19 ile yine de önemlidir. İşe gidip gelen çalışanlar, fabrikaya ait araba kullanımı, su tüketimi ve kiralık araba sırasıyla yaklaşık %0,87, %0,73, %0,71 ve %0,60'tır. Ayrıca, atık su deşarjı, toplam emisyonların yüzdesinden daha azını oluşturmaktadır. Kalan kategorilerin oluşturduğu karbon ayak izi doğalgaz ve elektrik kullanımı oluşan karbon ayak iz miktarına göre çok daha küçüktür ve neredeyse göz ardı edilebilir boyuttadır. Bu sonuçlar, Kiehle ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma ile tutarlıdır (Kiehle ve diğerleri, 2023; Radonjić ve Tompa, 2018). Ayrıca Amanthi ve Navarante, şirketlerinin toplamın %0,3'ünü oluşturan su kullanımı üzerinde minimum etkiye sahip olduğunu doğrulamıştır (Awanthi ve Navaratne, 2018).



Şekil 4.1. Kot yıkama tesisinin 2021 yılı faaliyetlerine göre karbon ayak izi yüzdeleri

Çalışma ayrıca operasyonel kapsamlara göre de incelenmiş ve karbon ayak izine katkıları yüzde olarak Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Isıtma ve yakıt tüketimi dahil olmak üzere doğrudan emisyonlardan kaynaklanan önemli emisyonlarla birlikte karbon ayak izi %63,48 (1575,75 tCO₂e/yıl) dir. Özellikle ısıtma amaçlı kullanılan doğal gaz, bu kuruluşun insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarında kritik bir rol oynamaktadır. Dolaylı enerji ile ilgili emisyon kaynaklarının genel kurumsal karbon ayak izine katkısı yaklaşık %32,15'i (798,03 tCO₂e/yıl) temsil etmektedir. Kuruluşun en düşük çevresel etkisi, genel karbon ayak izinin %4,36'sını (108,25 tCO₂e/yıl) oluşturan dolaylı enerji ile ilgili olmayan karbon ayak izinden gelmektedir. İşe gidip gelen çalışanlar, kiralık araç, atık üretimi, su tüketimi ve atık su tahliyesi gibi dolaylı enerji ile ilgili olmayan emisyonlar en düşük karbon ayak izi değerine neden olan faaliyetlerdir.



Şekil 4.2. Kuruluşun üç kapsam dahilinde (1,2 ve 3) hesaplanan karbon ayak izi değerleri

4.2. Kot Yıkama Tesisinin Karbon Ayakizini Azaltma Stratejileri

Kuruluşun karbon ayak izinin belirlenmesi, sera gazı emisyonunun azaltılması ve düşük/karbon nötr ürünler politikasının uygulanması için önemli bir tanımlama aracı olarak hizmet edebilmektedir. Bu bölüm, kot yıkama tekstil şirketleri için kurumsal karbon emisyonlarının azaltılmasının yönlerini ele almaktadır. Daha önce belirtildiği gibi, bina için gerekli olan ısıtma, bu çalışmada ana emisyon kaynağıdır. Bu değeri en aza indirmeye odaklanmak önem teşkil etmektedir. Belki de daha düşük karbon ayak izine sahip daha etkili ısıtma seçeneklerini araştırmak en iyisi olacaktır. Son yıllarda başta hidrojen olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının ısınma amacıyla alternatif bir yakıt olarak kullanılmasına yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. (Dodds ve diğerleri, 2015; Momirlan ve Veziroğlu, 2002). Yakıt hücreleri ve hidrojen potansiyel olarak düşük karbonlu ısı ve elektrik üretebilir (Niknam ve diğerleri, 2013) ve böylece kot endüstrisindeki karbon ayak izini azaltmak mümkündür (Nicoletti ve diğerleri, 2015; Padro ve Putsche, 1999).

Bilindiği üzere tekstil sektörü enerji kullanımı en fazla olan sektörlerin başında gelmektedir. Kot yıkama sektöründe enerji kullanımını azaltmanın en etkili yolu enerji tasarrufu politikaları oluşturmaktır (Larsen vd., 2013). Bir şirkette enerji tasarrufunu optimize etmek için farkındalık oluşturmak, bilgi birikimini artırmak ve üretim sürecinde yer alan herkesin iş birliğini sağlamak gerekir (Öztürk, 2005). Diğer bir yol ise, elektrik kaynağı yenilenebilir enerji gibi daha sürdürülebilir enerji kaynaklarına dönüştürülebilirse, sera gazı emisyon bileşeninin düşmesinin beklenebileceğidir (Huang vd., 2017). Diğer bir deyişle, işletmeyi daha çevre dostu hale getirmek için harcanan enerjiyi azaltmanın yolları bulunmalıdır. Değerlendirilmesi gereken önemli bir hususta, kot yıkama tesisindeki faaliyetlerden kaynaklanan atıklardır. Kot endüstrisinde karbon ayak izini azaltmak için en umut verici yaklaşımlardan biri geri dönüşümdür (Muthu ve diğerleri, 2012). Ömrünü tamamlamış ürünler için geri dönüşüm ve yeniden kullanım süreci uygulanarak, her bir kg tekstil ürünü için maksimum 12 kg CO₂ eşdeğeri azalma sağlanabileceği belirtilmektedir (Payet, 2021). Muthu ve diğerlerinin yaptıkları çalışmada, tekstil ürünlerinin yaşam döngülerinin sonundaki işleme aşamasındaki karbon ayak izini azaltmak için tekstil malzemelerinin geri dönüştürülmesinin olası avantajlarını göstermiştir. Çalışmanın bulgularından, geri dönüşüm prosesi atıklarının karbon emisyonlarının azaltılmasına anında yardımcı olacağı açıktır (Muthu ve diğerleri, 2012). Üretim sırasında ortaya çıkan atıkların geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması hiç şüphesiz karbon ayak izini önemli bir seviyeye indirecektir. Bir kuruluşun seyahat politikaları, sera gazı emisyonlarını azaltma çabalarında önemli bir rol oynamaktadır. Tesisin karbon ayak izinin şaşırtıcı derecede önemli bir payı, kuruluşun kullandığı seyahat araçlarından kaynaklanmaktadır. Kuruluş, iş seyahatinin daha sürdürülebilir yollarını seçmek ve bir seyahat politikası oluşturmak için teşvik ve destek almalıdır (Ozawa-Meida ve diğerleri, 2013). Seyahatle ilgili karbon ayak izini azaltmak için kuruluş gereksiz seyahatlerden kaçınmalı, video konferans ve diğer dijital teknolojileri kullanarak çevrimiçi toplantılar gerçekleştirmeli, araba yolculuklarını azaltmalı, tren veya şehirlerarası otobüsle daha fazla seyahat etmeli ve evden çalışmak için daha fazla fırsat yaratmalıdır (El Geneidy) ve diğerleri, 2021; Sangwan ve diğerleri, 2018).

5. SONUÇLAR

Bu çalışma, sera gazı emisyonlarının ISO standart hesaplama yöntemlerine dayalı olarak kot yıkama tesisinin kendi faaliyetleri sonucunda üretilen eşdeğer karbondioksit miktarını belirlemektedir.

2021 yılı verilerinden yola çıkılarak hesaplanan karbon ayak izi doğrudan, dolaylı enerji ile ilgili ve dolaylı enerji ile ilgili olmayan emisyonlar dahilinde toplamda 2482,03 tCO₂e dir. Sera gazı emisyonlarına en büyük katkı, ısınma amaçlı kullanılan, doğrudan emisyon kapsamında olan doğal gaz tüketimidir (%63,48). Bunu, toplam karbon ayak izinin yaklaşık %32,15'ini oluşturan elektrik tüketimi takip etmektedir. Bu çalışma aynı zamanda toplam karbon ayak izinin yaklaşık %4,36'sına katkıda bulunan enerji dışı dolaylı emisyonların etkisini anlamak üzere çalışanların seyahati, kiralık araçlar, su tüketimi ve atık oluşumu emisyonları da analiz etmektedir.

Fosil yakıt kullanımı ve elektrik tüketiminin yüksek olduğu bir kot yıkama tesisinin karbon ayak izinin belirlenmesi, kuruluşun çevresel performansının iyileştirilmesine katkı sağlayabilmektedir. Firmaların faaliyetlerini yürütürken iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde, sera gazı faaliyetlerinin belirlenmesi ve emisyon miktarlarının hesaplanması büyük önem kazanmaktadır. Tesiste yıllık olarak hesaplanan karbon ayak izini, her yıl hesaplanan değerlerle karşılaştırmak mümkündür. Karbon ayak izi hesaplaması, kuruluşun envanter çalışması ile düzenli olarak kuruluş bilgilerini belgelemesini ve arşivlemesini sağlayacaktır. Ayrıca veriler üzerinde doğruluk kontrolleri yapılabilecektir. Bilgi yönetimi süreçleri, periyodik iç denetimler ve teknik gözden geçirmeler yoluyla iyileştirilecektir. Kuruluş, sera gazı emisyonlarını azaltmak veya sera gazı giderimini artırmak için kuruluş düzeyinde faaliyetler oluşturabilecektir. Elektrik tüketimi ve kullanımının yönetimi, enerji verimliliği, teknolojik süreç ve geliştirme, seyahat talebinin yönetimi, ağaçlandırma, atıkların en aza indirilmesi, atık bertarafını veya yakılmasını önlemek için alternatif enerji kaynaklarının ve ham maddelerin kullanımı ve soğutucu akışkan düzenlemesi bu faaliyetlerden birkaçına örnektir.

Sonuç olarak kuruluşların karbon ayak izinin hesaplanması, iklim ve çevreye duyarlı duruşu açısından olumlu geri dönüşler sağlayarak marka imajını yükseltecektir. Kurumlar karbon ayak izlerini hesaplayarak, bunu bir pazarlama stratejisi olarak oldukça etkin bir şekilde kullanabileceklerdir. Ayrıca düşük

karbonlu/karbon nötr ürün ve hizmetler de müşteriler ve yatırımcılar tarafından hızla değer kazanacak ve bu ürünler tercih nedeni olacaktır.



KAYNAKLAR

- Albek, E. (2007). Küresel Isınma ve Su Kaynaklarına Etkileri, TTMD Dergisi, 47, 20-21.
- Aksay, C. S., Ketenoğlu, O. ve Latif, K. U. R. T. (2005). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi, 1(25), 29-42
- Akademik Bakış Dergisi Sayı: 54 Mart - Nisan 2016 Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler E-Dergisi ISSN:1694-528X İktisat Ve Girişimcilik Üniversitesi, Türk Dünyası Kırgız – Türk Sosyal Bilimler Enstitüsü, Celalabat – Kırgızistan, Küresel Isınmanın Artış Nedenlerinin Su Kaynakları Ve Turist Sağlığı Üzerindeki Yansımaları Selma Atabey , İbrahim Yokaş
- AB, (2016). Paris Anlaşması. Avrupa Komisyonu
- Akyel, Ö. (2009). İklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve Türkiye’deki uygulamaları (Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Akyuz, A. (2019). Yaşamsal Bilinmezlik: İklim Krizi Ve Gıda, Toplum e Hekim, 34(5), 348 - 355.
- Alvarez, S., Rubio, A., (2015). Carbon footprint in Green Public Procurement: a case study in the services sector. Journal of Cleaner Production 93, 159-166.
- Altıntaş, H. (2013). Türkiye’de birincil enerji tüketimi, karbondioksit emisyonu ve ekonomik büyüme ilişkisi: eşbütünleşme ve nedensellik analizi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 8(1), 263-294.
- Atmaca, Ç., ve Sevimoğlu, O. (2020). Şehir kaynaklı sera gazı emisyonunun belirlenmesi: Kocaeli ili örneği. Journal of the Institute of Science and Technology, 10(3), 1616-1627.
- Anbarcı, M., Giran, Ö. ve DEMİR, İ. H. (2012). Uluslararası yeşil bina sertifika sistemleri ile Türkiye’deki bina enerji verimliliği uygulaması. Engineering Sciences, 7(1), 368-383.
- Avaner, E. (2019). Küreselleşmenin sonucu küresel ısınma dünyayı yok etmeden yeni bir ekonomik sistemi benimsemek. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 21(3), 843-855.
- Awanthi, M. G. G., and Navaratne, C. M. (2018). Carbon footprint of an organization: A tool for monitoring impacts on global warming. Procedia engineering, 212, 729-735.
- Başoğlu, ve Göksu, T. T. (2021). Un Üretimi Yapan Endüstriyel Bir İşletmenin Kurumsal Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Adıyaman İli Örneği. MAS Journal of Applied Sciences, 6(2), 296-302.
- Babuş, D. (2005). Küresel Isınma Sorununun Uluslararası Çevre Politikası İçerisinde İrdelenmesi ve Türkiye’nin Yeri, Ç.Ü. FBE, Peyzaj Mimarlığı ABD, 212, s. Adana.
- Bak, Ö. (2019). Tekstil Endüstri Kaynaklı Emisyonların İklim Değişiklikleri Üzerine Etkileri (Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- BM. (2015). Birleşmiş Milletler Çerçevesi İklim Değişikliği Sözleşmesi, <https://unfccc.int/resource/docs/publications/handbook.pdf> (Erişim: 1 Temmuz 2023)
- BM. (2000). İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi İklim Değişikliği Bilgi Kiti, <https://unfccc.int/cop3/fccc/climate/factcont.htm> (Erişim: 1 Temmuz 2023)
- BM. (2022). İklim Değişikliğinin Nedenleri ve Etkileri, <https://www.un.org/en/climate-change/science/causes-effects-climate-change> (Erişim: 1 Temmuz 2023)
- BM Çevre Programı. (2023). Net sıfır emisyon, <https://www.unep.org/interactives/things-you-can-do-climate-emergency/?gclid=CjwKCAjw-IWkBhBTEiwA2exyOzYQClkULUIj>

MLKZLIqrf MXgciy8CbWQ5IHxcblOhvVwr3BaTyVBRoCqgcQAvD BwE
(Erişim: 1 Temmuz 2023)

- BM. (2021). Sera etkisi nedir? <https://news.un.org/en/story/2022/01/1109322?gclid=CjwKCAjwhJukBhBPEiwAniIcNaGvnhA9iqH2n16SulofL6mO1Rapa8pL2X0zRPbqoCDh4V6rm3asBoCoScQAvD BwE> (Erişim: 6 Temmuz 2023)
- BM. (2021). Sera gazı emisyonlarını azaltmak için ne yapabiliriz? <https://news.un.org/en/story/2022/01/1109322?gclid=CjwKCAjwhJukBhBPEiwAniIcNaGvnhA9iqH2n16Sulo-fL6mO1Rapa8pL2X0zRPbqoCDh4V6rm3asBoCoScQAvD BwE> (Erişim: 6 Temmuz 2023)
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, <https://www.mfa.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi.tr.mfa> (Erişim: 13.09.2023)
- Cagiao, J., Gómez, B., Doménech, J.L., Mainar, S.G., Lanza, H.G. (2011). Calculation of the corporate carbon footprint of the cement industry by the application of MC3 methodology. *Ecological Indicators* 11(6), 1526-1540.
- Chang, J., Zhang, H., Wang, Y., Zhu, Y. (2015). Assessing the impact of climate variability and human activity to streamflow variation. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 12(6), 5251-5291.
- Coşkun, S., ve Doğan, N. (2021). Tekstil endüstrisinde karbon ayak izinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 28-35.
- Chang, J., Zhang, H., Wang, Y., Zhu, Y. (2015). Assessing the impact of climate variability and human activity to streamflow variation. *Hydrology and Earth System Sciences*
- Çakmak, E. G., Doğan, T., ve Hilmioglu, B. (2017). İklim Değişikliği Süresinde Paris Anlaşması'nın Rolü ve Türkiye'nin Konumu. *Akdeniz Üniversitesi Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi, VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, 1(3).
- Çılgın Yamanoglu, G. (2006). Türkiye'de küresel ısınmaya yol açan sera gazı emisyonlarındaki artış ile mücadelede iktisadi araçların rolü (Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Dağdemir, Ö. (2015). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Ekonomik Büyüme: İklim Değişikliği Politikasının Türkiye İmalat Sanayii Üzerindeki Olası Etkileri. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 60(2), 49-70.
- DAM, M. M. (2018). Enerji ve Büyümenin Çevre Kirliliğine Etkisi: AB Ülkeleri İçin Panel Veri Analizi. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 163-174.
- Dawkins, C., Fraas, J.W.(2011). Coming clean: The impact of environmental performance and visibility on corporate climate change disclosure. *Journal of business ethics* 100, 303-322.
- Demir, A. (2009). Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 1(2), 37-54.
- Doğan, S., ve Tüzer, M. (2011). Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. *CÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1), 21-34.
- Doğal Hayatı Koruma Vakfı. (2011). (İklim Değişikliğinin Türkiye'deki Etkileri, https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/iklim_degisikligi/kuresel_iklim_degisikligi_ve_turkiye/ (Erişim: 1 Temmuz 2023)
- Dündar, M. (2007). Su kaynaklarının uluslararası sorun oluşturması (Karadeniz Teknik Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü).

- Dündar, M. (2007). Su Kaynaklarının Uluslararası Sorun Oluşturması, KTÜ SBE, Uluslararası İlişkiler, ABD., Uluslararası İlişkiler Programı, Trabzon, 157 s.
- Doğru, G. (2012). Kurumsal sürdürülebilirlikte stratejik insan kaynakları yönetiminin rolü, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü.
- Engin, E., ve Akgöz, B. (2013). Sürdürülebilir Kalkınma ve Kurumsal Sürdürülebilirlik Çerçevesinde Kurumsal Sosyal Sorumluluk Kavramının Değerlendirilmesi. Selçuk İletişim, 8(1), 85-94
- Erdoğan, S. (2020). Enerji, çevre ve sera gazları. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10(1), 277-303.
- Eslamidoost, Z., Arabzadeh, M., Oskoie, V., Dehghani, S. (2022). Carbon footprint calculation in one of the largest Gas Refinery Companies in the Middle East. Environmental Science and Pollution Research 29(54), 81609-81623.
- EPA. (2023). NO₂ Ulusal Ortam Hava Kalitesi Standartlarının Tarihçesi, [https://www.epa.gov/no2-pollution/timeline-nitrogen-dioxide-no2-national-ambient-air-quality-standards-naaqs#:~:text=Units%20of%20measure%20are%20in,parts%20per%20billion%20\(ppb\),&text=The%20official%20level%20of%20the,to%20the%201%2Dhour%20standard](https://www.epa.gov/no2-pollution/timeline-nitrogen-dioxide-no2-national-ambient-air-quality-standards-naaqs#:~:text=Units%20of%20measure%20are%20in,parts%20per%20billion%20(ppb),&text=The%20official%20level%20of%20the,to%20the%201%2Dhour%20standard) (Erişim: 8 Temmuz 2023)
- Foran, B., Lenzen, M., Dey, C., Bilek, M. (2005). Integrating sustainable chain management with triple bottom line accounting. Ecological economics 52(2), 143-157.
- Gökçe, N. ve Kaya, E. (2009). Coğrafya Dersi Öğretim Programında Küresel İklim Değişikliği. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (22), 157-168. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/susbed/issue/61799/924451> (Erişim: 23.09.2023)
- Galip, A. K. I. N. (2006). Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 46(2), 29-43.
- Gao, T., Liu, Q., Wang, J. (2014). A comparative study of carbon footprint and assessment standards. International Journal of Low-Carbon Technologies 9(3), 237-243.
- Huang, H., Liu, B., Liu, L., and Song, S. (2017). Jasmonate action in plant growth and development. Journal of experimental botany, 68(6), 1349-1359.
- Huang, B., Zhao, J., Geng, Y., Tian, Y., Jiang, P. (2017). Energy-related GHG emissions of the textile industry in China. Resources, Conservation and Recycling 119, 69-77.
- Harangozo, G., Szigeti, C. (2017). Corporate carbon footprint analysis in practice—With a special focus on validity and reliability issues. Journal of cleaner production 167, 1177-1183.
- Hekimoğlu, B. ve Altındağ, M. (2008). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü, 1-79.
- ISO. (2018). Greenhouse Gases- Part 1 (ISO-14064-1): Specification with Guidance at the or Ganization Level for Quantification and Reporting of Greenhouse Gas Emissions and Removals.
- Karaman, S. ve Gökalp, Z. (2010). Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, (1), 59-66
- Karakaya, E. (2016). Paris iklim anlaşması: içeriği ve Türkiye üzerine bir değerlendirme. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3(1), 1-12.
- Küçükklavuz, E. (2009). Küresel Isınmanın Su Kaynakları Üzerine Etkileri: Türkiye Örneği, Harran Üniv., SBE İktisat Anabilim Dalı, 134 s. Şanlıurfa.

- Karalis, D., Kanakoudis, V. (2023). Carbon footprint of products and services: The case of a winery in Greece. *Science of The Total Environment* 878, 162317.
- Kadıoğlu, S., ve Dokumacı, O. (2005). İklim Değişikliği ve Türkiye, Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Küçükklavuz, E. (2009). Küresel Isınmanın Su Kaynakları Üzerine Etkileri: Türkiye Örneği Haran Üniv. SBE İktisat Anabilim Dalı.
- Karaman, S., ve Gökarp, Z. (2010). Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1), 59-66.
- Korkmaz, K. (2007). Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi. *Alatırım dergisi*, 6(2), 43-49.
- Kurban, D. (2023). İklim değişikliği karşısında kentlerin eylem planları: AB ve Türkiye kentleri, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kiehle, J., Kopsakangas-Savolainen, M., Hilli, M., and Pongrácz, E. (2023). Carbon footprint at institutions of higher education: The case of the University of Oulu. *Journal of Environmental Management*, 329, 117056.
- Kishor, R., Purchase, D., Ferreira, L.F.R., Mulla, S.I., Bilal, M., Bharagava, R.N. (2020). Environmental and health hazards of textile industry wastewater pollutants and its treatment approaches.
- Khan, S., Malik, A. (2014). Environmental and health effects of textile industry wastewater. *Environmental deterioration and human health: natural and anthropogenic determinants*, 55-71.
- Kocaman, F. Ö. (2009). Türkiye’de Sivil Toplum Kuruluşlarının Küresel Isınmaya Bakışı ve Faaliyetleri. AÜ SBE, Sosyoloji ABD., Ankara, 227s.
- Kocaman, F. Ö. (2009). T.C. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyoloji Anabilim Dalı, Türkiye’de Sivil Toplum Kuruluşlarının Küresel Isınmaya Bakışı ve Faaliyetleri, Ankara
- LCJF. (2023). Latino İklim Adaleti Çerçevesi, https://www.lcjf.greenlatinos.org/?gad=1&gclid=CjwKCAjw-IWkBhBTEiwA2exyO4_vLuA7LFelg7EbKx0HvXSMcn8yUk_aB9z7KAJ6gzS1wbXXWRq5FXRoCWMkQAvD_BwE (Erişim: 1 Temmuz)
- LCJF. (2020). Enerjiye Giden Yol, Çevresel ve Ekonomik Adalet, https://www.lcjf.greenlatinos.org/files/ugd/352e47_e3bf44c2175e4867a171544cd4a72ac2.pdf (Erişim: 1 Temmuz 2023)
- Lee, K.H., Cheong, I.M. (2011). Measuring a carbon footprint and environmental practice: the case of Hyundai Motors Co.(HMC). *Industrial Management & Data Systems*.
- Matthews, H.S., Hendrickson, C.T., Weber, C.L. (2008). The importance of carbon footprint estimation boundaries. *ACS Publications*.
- MGM. (2023). Ozon ve ozon tabakası, <https://www.mgm.gov.tr/genel/ozonveuv.aspx?s=3#:~:text=D%C3%BCnya%20ortalamas%C4%B1%20300%20Dobson%20Birimi,DU'ya%20kadar%20art%C4%B1%C5%9F%20g%C3%B6stermektedir.> (Erişim: 8 Temmuz 2023)
- Muthu, S. S. (Ed.). (2022). *Sustainable Approaches in Textiles and Fashion: Consumerism, Global Textiles and Supply Chain*. Springer Nature.
- Mutlu, V., Özgür, C. ve Bekaroğlu, Ş. Ş. K. (2018). Kauçuk Endüstrisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 139-146.

- NASA. (2023). NASA Ozon İzleme, <https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/> (Erişim: 8 Temmuz 2023)
- NOAA. (2023). Atmosferik karbondioksit değerleri, <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/> (Erişim: 11.09.2023)
- Onat, A., İmal, M. ve İnan, A. T. (2004). Soğutucu akışkanların ozon tabakası üzerine etkilerinin araştırılması ve alternatif soğutucu akışkanlar. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(1), 32-38.
- Özmen, M. T. (2009). Sera Gazı-Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü. İMO Dergisi, 453(1), 42-46.
- Özlem, B. (2013). Seçilen bir kağıt fabrikasında karbon ayak izi belirlenmesi (İstanbul Teknik Üniversitesi).
- Öztürk, M. Ve Öztürk, A. (2019). BMİDÇS'den Paris Anlaşması'na: Birleşmiş Milletler'in iklim değişikliğiyle mücadele çabaları. Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 12(4), 527-541.
- Öztürk, K. (2002). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22(1).
- Özen, G. (2008). Küresel Isınma Sürecinde Örgütsel Performansın Sürdürülebilir Kılınması Açısından İşletmelerde Eko-Verimlilik Çalışmaları: Örnek Uygulamalar. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Üreden, A. ve Özden, S. (2018). Kurumsal karbon ayak izi nasıl hesaplanır: teorik bir çalışma. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 4(2), 98-108.
- Padrón, R.S., Gudmundsson, L., Decharme, B., Ducharme, A., Lawrence, D.M., Mao, J., Peano, D., Krinner, G., Kim, H., Seneviratne, S.I. (2020). Observed changes in dry-season water availability attributed to human-induced climate change. Nature Geoscience 13(7), 477-481.
- Pekin, M. A. (2006). Ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pérez, L. A. E., Pérez, A. T. E. and Vásquez, Ó. C. (2022). Exploring an alternative to the Chilean textile waste: A carbon footprint assessment of a textile recycling process. Science of The Total Environment, 830, 154542.
- PAS, <https://www.dilekasan.com/pas-2050-karbon-ayak-izi/> (Erişim: 12.09.2023)
- Pérez, L. A. E., Pérez, A. T. E. and Vásquez, Ó. C. (2022). Exploring an alternative to the Chilean textile waste: A carbon footprint assessment of a textile recycling process. Science of The Total Environment, 830, 154542.
- Peters, G., Svanström, M., Roos, S., Sandin, G. and Zamani, B. (2015). Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing. Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing.
- Peters, G.P. (2010). Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. Current Opinion in Environmental Sustainability 2(4), 245-250.
- Radonjić, G., Tompa, S. (2018). Carbon footprint calculation in telecommunications companies–The importance and relevance of scope 3 greenhouse gases emissions. Renewable and Sustainable Energy Reviews 98, 361-375.
- Rezafar, A. (2011). Farklı İklim Kuşaklarında Yer Alan Eko-Kentlerin, Tasarım İlkelerinin Derlenmesi ve Türkiye İçin Ekolojik Kentsel Tasarım Ön Çalışma Önerisi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı.

- Robinson, O.J., Tewkesbury, A., Kemp, S., Williams, I.D. (2018). Towards a universal carbon footprint standard: A case study of carbon management at universities. *Journal of Cleaner Production* 172, 4435-4455.
- Ruževičius, J., Dapkus, M. (2018). Methodologies for calculating the carbon footprint of small organizations. *Calitatea* 19(167), 112-117.
- Saenz, J., Figliozzi, M., Faulin, J. (2016). Assessment of the Carbon Footprint Reductions of Tricycle Logistics Services. *Transportation Research Record* 2570(1), 48-56.
- Sundarakani, B., De Souza, R., Goh, M., Wagner, S.M., Manikandan, S. (2010). Modeling carbon footprints across the supply chain. *International Journal of Production Economics* 128(1), 43-50.
- Scipioni, A., Manzardo, A., Mazzi, A., Mastrobuono, M. (2012). Monitoring the carbon footprint of products: a methodological proposal. *Journal of Cleaner Production* 36, 94-101.
- Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2021-49672> (Erişim: 4.09.2023)
- Sivaram, N., Gopal, P., Barik, D. (2019). Toxic waste from textile industries, Energy from toxic organic waste for heat and power generation. Elsevier, pp. 43-54.
- Schwab, K. (2016). Dördüncü sanayi devrimi. Optimist Yayın Grubu.
- Szekely, G., Jimenez-Solomon, M. F., Marchetti, P., Kim, J. F. and Livingston, A. G. (2014). Sustainability assessment of organic solvent nanofiltration: from fabrication to application. *Green Chemistry*, 16(10), 4440-4473.
- Şenerol, H. (2010). İklim değişikliği ve Türk turizmüne etkisi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Selçuk, İ. Ş. (2009). Küresel Isınma, Türkiye'nin Enerji Güvenliği ve Geleceğe Yönelik Enerji Politikaları, A.Ü., SBE, İktisat ABD. Ankara, 166 s.
- Tan, A. (2006). Atık sularda bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesi (Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Turan, E. F. ve Kocaman, F. Ö. Y. (2009). Türkiye'de sivil toplum kuruluşlarının küresel ısınmaya bakışı ve faaliyetleri, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Türkeş, M. (2001). Küresel iklimin korunması, iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve Türkiye. Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın, 61, 14-29.
- Türkeş, M. (2000). Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma. T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 187, 205.
- Türkes, M. (2007). Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK, İTÜ, İstanbul.
- Türkes, M. (1997). Hava ve İklim Kavramları Üzerine, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 355, 36-37, Ankara.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. (2000). 'Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri', Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- UNEP. (2001). Climate Change Information for Kit. United Nations Environmental Programme, UNEP, <http://unfccc.int/resource/iuckit/cckit2001en.pdf> (Erişim: 27.09.2023)

- UNEP. (2022). Isınma neden önemlidir? https://news.un.org/en/story/2022/01/1109322?gclid=CjwKCAjwhJukBhBPEiwAnilcNaGvnhA9iqH2n16Sulo-fL6mO1Rapa8pL2X0zRPbqoCDh4V6rm3asBoCoScQAvD_BwE (Erişim: 6 Temmuz 2023)
- UCAR. (2023). Sera Etkisi, Sera Etkisi Nasıl Çalışır? <https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-climate-works/greenhouse-effect> (Erişim: 1 Temmuz 2023)
- UCAR, (2023). Greenhouse Effect <https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-climate-works/greenhouse-effect> (Erişim: 1 Temmuz 2023)
- Uluslararası Enerji Ajansı. (2020). Petrol ve gaz tedarikinin çevresel etkisinin azaltılması, küresel enerji geçişleri, <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020> (Erişim: 8 Temmuz 2023)
- Velders, G. J., Andersen, S. O., Daniel, J. S., Fahey, D. W. and McFarland, M. (2007). The importance of the Montreal Protocol in protecting climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(12), 4814-4819.
- Yönten, A. (2007). Küresel ısınmanın azaltılması politikaları ve stratejileri-Türkiye için bir yaklaşım. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yamanoğlu, G.Ç. (2006). Türkiye’de Küresel Isınmaya Yol Açan Sera Gazı Emisyonlarındaki Artış ile Mücadelede İktisadi Araçların Rolü, A.Ü., SBE, Ankara, 139 s.
- Yan, Y., Wang, C., Ding, D., Zhang, Y., Wu, G., Wang, L., Liu, X., Du, C., Zhang, Y., Zhao, C. (2016). Industrial carbon footprint of several typical Chinese textile fabrics. *Acta Ecologica Sinica* 36(3), 119-125.
- Yönten, A. (2007). Küresel Isınmanın Azaltılması Politikaları ve Stratejileri-Türkiye için bir Yaklaşım, Dokuz Eylül Üniv. SBE, Kamu Yönetimi ABD, İzmir, 170 s.
- Ye, X., Zhang, Q., Liu, J., Li, X., Xu, C.-y. (2013). Distinguishing the relative impacts of climate change and human activities on variation of streamflow in the Poyang Lake catchment, China. *Journal of Hydrology* 494, 83-95
- Zhou, Q., Le, Q.V., Meng, L., Yang, H., Gu, H., Yang, Y., Chen, X., Lam, S.S., Sonne, C., Peng, W. (2022). Environmental perspectives of textile waste, environmental pollution and recycling. *Environmental Technology Reviews* 11(1), 62-71.
- Zhang, Y., Wang, X., Qin, S. (2013). Carbon stocks and dynamics in the three-north protection forest program, China. *Austrian Journal of Forest Science* 130(1), 25-43.
- Wiedmann, T. and Minx, J. (2008). A definition of ‘carbon footprint’. *Ecological economics research trends*, 1(2008), 1-11.
- Wintergreen, J. and Delaney, T. (2007). ISO 14064, international standard for GHG emissions inventories and verification. In 16th annual international emissions inventory conference, Raleigh, NC
- Wiedmann, T., Minx, J. (2008). A definition of ‘carbon footprint’. *Ecological economics research trends* 1(2008), 1-11.
- Weidema, B.P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J., Løkke, S. (2008). Carbon footprint: a catalyst for life cycle assessment? *Journal of industrial Ecology* 12(1), 3-6.
- WWF, (2022). Turkey and Paris Climate Agreement. World Wildlife Fund.
- Xie, S., Mo, X., Hu, S., Liu, S. (2020). Contributions of climate change, elevated atmospheric CO₂ and human activities to ET and GPP trends in the Three-North Region of China. *Agricultural and Forest Meteorology* 295, 108183.

EKLER

EK-1.

TESİSE AİT RESİM VE FOTOĞRAFLAR



Resim 1. Tesisin Dış Görünüşü



Resim 2. Atıksu Arıtma Tesisi



Resim 3. Tesisin İç Görünüşü (Üretim Sahası)



Resim 4. Tesisin İç Görünüşü (Üretim Sahası)



Resim 5. Ters osmoz sistemi



Resim 6. Ters osmoz sistemi

EK-2.

KARBON AYAK İZİ İÇİ AÇIK HESAPLAMALAR:

Doğrudan Emisyonlar (Kapsam 1) İçin:

Teslimat Aracı İçin Karbon Ayak İzi Hesaplaması:

$$CF = AD \times EF \quad (4.2)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA' dan alınmış olan emisyon faktörü

Ton CH₄ için:

$$CF = AD \times EF$$

$$CF = 4,6418 \times 0,00031$$

$$CF = 0,0014389 \text{ t/CO}_2\text{e}$$

Ton N₂O için:

$$CF = AD \times EF$$

$$CF = 0 \text{ t/CO}_2\text{e}_r$$

Ton CO₂ için:

$$CF = AD \times EF$$

$$CF = 4,6418 \times 3,16433$$

$$CF = 14,6882 \text{ t/CO}_2\text{e}$$

Toplam ton CO₂eşdeğer miktarı = 14,6896

Binek Araç (dizel) İçin Karbon Ayak İzi Hesaplaması:

$$CF = AD \times EF \quad (4.3)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA' dan alınmış olan emisyon faktörü

Ton CH₄ için:

$$CF = AD \times EF$$

$$CF = 0,976 \times 0,00031$$

$$CF = 0,0003026 \text{ t/CO}_2\text{e}$$

Ton N₂O için:

$$CF = AD \times EF$$

$$CF = 0,976 \times 0,04412$$

$$CF = 0,0431 \text{ t/CO}_2\text{e}$$

Ton CO₂ için:

$$CF = AD \times EF$$

$$CF = 0,976 \times 3,16433$$

$$CF = 3,0883 \text{ t/CO}_2\text{e}$$

Toplam ton CO₂eşdeğer miktarı = 3,1321

Jeneratör (dizel) İçin Karbon Ayak İzi Hesaplaması:

$$CF = AD \times EF \quad (4.4)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA' dan alınmış olan emisyon faktörü

Ton CH₄ için:

$$CF = AD \times EF$$

$$CF = 400 \times 0,0000006$$

$$CF = 0,00024 \text{ t/CO}_2\text{e}$$

Ton N₂O için:

$$CF = AD \times EF$$

$$CF = 400 \times 0,0000372$$

$$CF = 0,01488 \text{ t/CO}_2\text{e}$$

Ton CO₂ için:

$$CF = AD \times EF$$

$$CF = 400 \times 0,0026807$$

$$CF = 1,07228 \text{ t/CO}_2\text{e}$$

$$\text{Toplam ton CO}_2\text{eşdeğer miktarı} = 1,0874$$

Forklift (dizel) İçin Karbon Ayak İzi Hesaplaması:

$$CF = AD \times EF \quad (4.5)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA' dan alınmış olan emisyon faktörü

Ton CH₄ için:

$$CF = AD \times EF$$

$$CF = 400 \times 0,0000006$$

$$CF = 0,00024 \text{ t/CO}_2\text{e}$$

Ton N₂O için:

$$CF = AD \times EF$$

$$CF = 400 \times 0,0000372$$

$$CF = 0,01488 \text{ t/CO}_2\text{e}$$

Ton CO₂ için:

$$CF = AD \times EF$$

$$CF = 400 \times 0,0026807$$

$$CF = 1,07228 \text{ t/CO}_2\text{e}$$

$$\text{Toplam ton CO}_2\text{eşdeğer miktarı} = 1,0874$$

Dolaylı, Enerjiyle İlgili Olmayan Emisyonlar (Kapsam 2) için:

Üretilen tesis içi atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar (yanma) için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.8)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 20,250 \times 0,021294$$

$$CF = 0,43119 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Tesis içi atık su arıtımından (depolama) kaynaklanan çamurlar için karbon

Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.9)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 69,800 \times 0,467$$

$$CF = 32,59980 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen İşlenmiş tekstil elyafı atıkları için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.10)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,339 \times 0,467046$$

$$CF = 0,15833 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Tehlikeli maddeler içeren atık baskı tonerleri için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.11)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,007 \times 0,46714$$

$$CF = 0,00327 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Motor, şanzıman ve yağlama yağı atıkları için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.12)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,025 \times 0,0212$$

$$CF = 0,00053 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Kâğıt ve karton ambalaj atığı için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.13)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,080 \times 0,02125$$

$$CF = 0,0017 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Plastik ambalaj atığı için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.14)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 4,88 \times 0,021294$$

$$CF = 0,103914 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen ahşap ambalaj atığı için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.15)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,040 \times 0,02125$$

$$CF = 0,00085 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen metalik ambalaj atığı için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.16)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,470 \times 0,02129$$

$$CF = 0,01001 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Tehlikeli madde kalıntıları içeren veya tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalaj atıkları için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.17)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 2,319 \times 0,467046$$

$$CF = 1,08308 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri, temizlik bezleri, koruyucu giysiler için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.18)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 4,020 \times 0,467044$$

$$CF = 1,87752 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen basınçlı tanklardaki gazlar için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.19)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,005 \times 0,022$$

$$CF = 0,00011 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Laboratuvar kimyasallarının karışımları dahil, tehlikeli maddeler içeren veya bunlardan oluşan laboratuvar kimyasalı atıkları için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.20)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,004 \times 0,0225$$

$$CF = 0,00009 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Permanganat (ör. potasyum permanganat) atığı için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.21)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,040 \times 0,02125$$

$$CF = 0,00085 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Toplanması ve bertarafı enfeksiyonu önlemek için özel işleme tabi tutulan atıklar için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.22)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,004 \times 0,0225$$

$$CF = 0,00009 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Floresan lambalar ve diğer cıva içeren atıklar için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.23)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,020 \times 0,467$$

$$CF = 0,00934 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Sıvı yağ ve katı yağ atığı için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.24)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,100 \times 0,467$$

$$CF = 0,0467 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

Üretilen Pil ve akümülatör atığı için karbon Ayak İzi Hesabı:

$$CF = AD \times EF \quad (4.25)$$

Formülünden yola çıkılarak:

CF: faaliyetin neden olduğu karbon ayak izi

AD: birim faaliyet başına standart emisyon oranı

EF: DEFRA 2021 emisyon faktörlerinden alınmış olan emisyon faktörü

$$CF = 0,001 \times 0,021$$

$$CF = 0,000021 \text{ t/CO}_2\text{e.}$$

ÖZ GEÇMİŞ

Bahar VAYIÇ, Şavşat Çok Programlı Lisesi'ni bitirdikten sonra Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, çevre mühendisliği bölümünden 2020 yılında mezun oldu. Aynı zamanda 2020 yılında Atatürk Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesinde İş Sağlığı ve Güvenliği Ön lisans programına başladı. 2022 yılında mezun oldu. 2021 yılında OMÜ LEE Çevre Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans programına girdi, 2023 yılında bitirdi. İyi derecede İngilizce bilmektedir. (23.06.2023).

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0003-4996-062X

Yayınlar:

1. AYKAÇ ÖZEN, H., ÇORUH, S., & Vayıç, B. (2022). Calculation of waste-sources greenhouse gas emission carbon footprint in the denim Industry. Presented at the Cooperation for Climate and Green Deal Symposium.