



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

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KONYA İLİNDE BULUNAN ATIK TOPLAMA TESİSİNDEKİ
ÜRÜNLERİN KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gökçenur TURGUT

DANIŞMAN

Doç. Dr. Emine BAŞTÜRK

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 212301405 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, Gökçenur TURGUT, tarafından hazırlanan “**KONYA İLİNDE BULUNAN ATIK TOPLAMA TESİSİNDEKİ ÜRÜNLERİN KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Emine BAŞTÜRK

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Prof. Dr. Mustafa KARATAŞ

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Prof. Dr. Yusuf YAVUZ

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi: 07/06/2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Mehmet Ali Hınıs

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Gökçenur TURGUT

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında bana yardımcı olan, kendisinden çok şey öğrendiğim danışman hocam Doç. Dr. Emine BAŞTÜRK'e teşekkür ederim.

Hayatımın her alanında düşüncelerini ve desteğini esirgemeyen, hayatım boyunca yanımda olan, maddi manevi hiçbir yardımını esirgemeyen varlıklarıyla bana güç veren ebeveynlerim; Himmet-Teslime TURGUT'a, kardeşlerim; Oruç Kaan TURGUT, Tuğçe YILMAZ'a TEŞEKKÜR EDERİM. Tez sürecim boyunca iyi hissetmemi sağlayan onlara güzel örnek olmak için çabalamamı sağladıkları için sevgili yeğenlerim Burçe ve Aybars YILMAZ'a teşekkür ederim.

Ayrıca destek aldığım kıymetli dostlarım; Esenina STROKA, Seda YILMAZ, Tuğçe DÖLEK, Okşan PAKKAN ER'e teşekkür ederim.

Gökçenur TURGUT

AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Küresel ısınma ve İklim Değişikliği.....	3
1.2 Sera Gazları	3
1.2.1 Karbondioksit (CO ₂).....	5
1.2.2 Metan (CH ₄).....	6
1.2.3 Su Buharı (H ₂ O)	6
1.2.4 Diazot monoksit (N ₂ O).....	6
1.2.5 Karbon monoksit (CO)	7
1.3 Emisyon Faktörleri	8
1.4 Karbon Ayak İzi	8
1.4.1 Karbon ayak izi değerlendirmesi	9
1.4.2 Karbon ayak izinin önemi.....	11
1.4.2.1 Kaynak verimliliği ve maliyet azaltma	11
1.4.2.2 Çevre dostu tüketici tercihleri	11
1.4.2.3 Kurumsal itibar ve şeffaflık	11
1.4.2.4 Sürdürülebilirlik çabalarını destekleme	12
1.4.2.5 İklim değişikliği ile mücadele.....	12
1.4.2.6 Politika ve düzenlemelerle uyum sağlama.....	13
1.4.2.7 Gelecekteki risklerin azaltılması	13
1.5 Atıklar.....	13
1.5.1 Atık tanımı	13
1.5.2 Atıkların kaynağında ayrı toplanması.....	13
1.5.3 Atıkların doğada ayrışma-çürüme süreleri	14
1.5.4 Atık yönetimi	14
1.5.5 Atıkların takibi ve azaltılmasının önemi.....	16
1.5.6 Atık bertarafının iklim etkisi	16
1.6 Toplama Ve Ayırma Tesislerinin Karbon Ayak İzi Değerlendirilmesi	18
1.6.1 Ekipman ve makine kullanımı	18
1.6.2 Enerji tüketimi	18
1.6.3 Atıkların toplanması ve taşınması	18
1.6.4 Atıkların ayrıştırılması ve işlenmesi.....	18
1.6.5 İnsan kaynakları ve idari faaliyetler	18
1.6.6 Yeşil enerji kullanımı	19
1.6.7 Atıkların bertarafı	19
1.7 IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change) Metodolojisi.....	19
1.7.1 IPCC metodolojisi ile atıkların karbon ayak izinin belirlenmesi.....	20
2. KAYNAK ÖZETLERİ	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1 Materyal.....	25
3.1.1 Çalışmanın yapıldığı firma faaliyet tanımı	25

3.1.2	Firmanın faaliyeti hakkında bilgiler	26
3.1.3	Tesise kabul edilmesi planlanan atık kodları	27
3.1.3.1	Kâğıt-karton ambalaj	27
3.1.3.2	Plastik ambalaj	27
3.1.3.3	Ahşap ambalaj	28
3.1.3.4	Metalik ambalaj	28
3.1.3.5	Kompozit ambalaj	28
3.1.3.6	Karışık ambalaj	28
3.1.3.7	Cam ambalaj	28
3.1.3.8	Tekstil ambalaj	28
3.1.3.9	Plastikler	28
3.1.3.10	Kâğıt ve karton	28
3.1.4	Tesiste Oluşabilecek Atık Kodları	28
3.1.5	Tesisin 2023 yılına ait sayısal verileri	29
3.2	Yöntem	32
3.2.1	Doğrudan sera gazı emisyon kaynakları (Kapsam 1)	32
3.2.2	Enerji dolaylı sera gazı emisyon kaynakları (Kapsam 2)	32
3.2.3	Diğer dolaylı sera gazı emisyon kaynakları (Kapsam 3)	32
3.2.4	Atık türlerine göre emisyon faktörleri	34
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	35
4.1	Doğrudan Sera Gazı Emisyon Kaynakları (Kapsam 1)	35
4.1.1	Benzin tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi hesabı	36
4.1.2	Dizel tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi hesabı	37
4.1.3	Doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi hesabı	38
4.1.4	Yangın tüplerinden kaynaklı karbon ayak izi hesabı	39
4.1.5	Kapsam 1 değerlendirme	40
4.2	Enerji Dolaylı Sera Gazı Emisyon Kaynakları (Kapsam 2)	41
4.2.1	Elektrik kaynaklı karbon ayak izi hesabı ve değerlendirmesi	42
4.3	Diğer Dolaylı Sera Gazı Emisyon Kaynakları (Kapsam 3)	43
4.3.1	Servis aracı yakıtından kaynaklı karbon ayak izi hesabı	43
4.3.2	Atık kamyonu yakıtından kaynaklı karbon ayak izi hesabı	43
4.3.3	Atıklardan kaynaklı karbon ayak izi hesabı	44
4.3.4	Kapsam 3 değerlendirme	45
4.3.4.1	Atıkların türlerine göre karbon ayak izi değerlendirmesi	47
4.4	Kapsamların (Kapsam 1, Kapsam 2, Kapsam 3) Değerlendirilmesi	49
4.5	Elektrikli Araç Kullanımında KAI Hesaplama ve Değerlendirme	50
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	61
	KAYNAKLAR	66
	ÖZGEÇMİŞ	72

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONYA İLİNDE BULUNAN ATIK TOPLAMA TESİSİNDEKİ ÜRÜNLERİN KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ

Gökçenur TURGUT

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Emine BAŞTÜRK

ÖZET

Çevre kirliliği, doğal kaynakların bilinçsizce kullanımı, barınma, ulaşım, tüketimin çoğalması, tarım gibi alanlardaki insan faaliyetleri doğal çevrenin kalitesini ve sağlığını tehdit etmekte olup, geri dönüşü olmayan zararlar vermektedir. Bu faaliyetler atmosferdeki sera gazlarının artışına neden olmaktadır. Bu gazların hesaplaması için kullanılan karbon ayak izi kavramı, emisyonların azaltılması veya artmasının nasıl engellenebileceği konusunda çözüm önerileri sunarak farkındalık oluşturmada önemli bir rol oynamaktadır ve genellikle CO₂ eşdeğeri cinsinden ifade edilen emisyonları izlemek ve azaltma stratejileri geliştirmek için kullanılmaktadır. Tez çalışması, Konya İli sınırları içinde bulunan bir atık toplama tesisinden temin edilen 2023 yılına ait sayısal veriler sonucunda karbon ayak izi hesabı yapılmıştır ve değerlendirilmiştir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından geliştirilen Tier metodolojisi kullanılarak; Kapsam 1 (Benzin tüketimi, dizel tüketimi, doğalgaz tüketimi, yangın tüpleri), Kapsam 2 (Elektrik tüketimi), ve Kapsam 3 (Servis aracı yakıt tüketimi, atık kamyonunun yakıt tüketimi, tehlikesiz atıklar) çerçevesinde hesabı yapıp değerlendirilmiştir. Tier (Kapsam 1, Kapsam 2, Kapsam 3) metoduna uygun olarak yapılan hesaplamalar sonucunda tesisin toplam karbon ayak izi miktarı 142,0036 ton CO_{2e} /yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, Kapsam 2 kaynaklı 80,46 ton CO_{2e} (%56) karbon ayak izi miktarı ile en yüksek olduğu tespit edilmiştir. İkinci olarak Kapsam 3 kaynaklı 54,1478 ton CO_{2e} (%38) karbon ayak izi miktarı, son olarak Kapsam 1 kaynaklı 8,3958 ton CO_{2e} (%6) karbon ayak izi miktarı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın bulguları, bilimsel araştırmalara somut veriler sunarak çevresel etkiyi azaltma stratejilerinin daha etkili bir şekilde geliştirilmesine ve uygulanmasına katkıda bulunabilir. Bu yaklaşımda, çeşitli disiplinlerde çalışan araştırmacıların, çevresel sürdürülebilirlikle ilgili daha ileri düzeyde çalışmalar yapmalarına ve iklim değişikliği gibi küresel sorunlara karşı daha etkili çözümler üretmelerine olanak sağlayabilir. Atık tesislerinin sera gazı emisyonları üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu göstererek, atıkların karbon ayak izi üzerinde büyük ölçüde etkisi olduğu ve üretim sektöründen kaynaklanan karbon ayak izi değeri kadar ciddiye alınması gerektiği unutulmamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Karbon ayak izi, Sera gazları, Karbon emisyonu, Tier, IPCC, Atıklar.

Haziran, 2024; 72 Sayfa

M.Sc. THESIS

DETERMINATION OF THE CARBON FOOTPRINT OF THE PRODUCTS IN THE WASTE COLLECTION FACILITY LOCATED IN KONYA PROVINCE

Gökçenur TURGUT

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Supervisor: Doç. Dr. Emine BAŞTÜRK

ABSTRACT

Human activities in areas such as environmental pollution, unconscious use of natural resources, housing, transportation, increase in consumption and agriculture threaten the quality and health of the natural environment and cause irreversible damage. These activities cause an increase in greenhouse gases in the atmosphere. The carbon footprint concept used to calculate these gases plays an important role in raising awareness by offering solutions on how to reduce or prevent emissions from increasing, and is used to monitor emissions and develop reduction strategies, usually expressed in terms of CO₂ equivalent. In the thesis study, carbon footprint calculation was made and evaluated as a result of numerical data for 2023 obtained from a waste collection facility within the borders of Konya Province. Using the Tier methodology developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC); It was calculated and evaluated within the framework of Scope 1 (Gasoline consumption, diesel consumption, natural gas consumption, fire extinguishers), Scope 2 (Electricity consumption), and Scope 3 (Service vehicle fuel consumption, waste truck fuel consumption, non-hazardous waste). As a result of the calculations made in accordance with the Tier (Scope 1, Scope 2, Scope 3) method, the total carbon footprint of the facility was calculated as 142.0036 tons CO₂e / year. As a result of the study, it was determined that Scope 2 was the highest with a carbon footprint of 80.46 tons of CO₂e (56%). Secondly, a carbon footprint of 54.1478 tons of CO₂e (38%) originating from Scope 3, and finally a carbon footprint of 8.3958 tons of CO₂e (6%) originating from Scope 1, were determined. The findings of this study can contribute to the more effective development and implementation of environmental impact reduction strategies by providing concrete data for scientific research. This approach may enable researchers working in various disciplines to conduct more advanced studies on environmental sustainability and produce more effective solutions to global problems such as climate change. By showing that waste facilities have a significant impact on greenhouse gas emissions, it should be noted that waste has a huge impact on the carbon footprint and should be taken as seriously as the carbon footprint value from the production sector.

Keywords: Carbon footprint, Greenhouse gases, Carbon emissions, Tier, IPCC, Waste.

June, 2024; 72 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Sera gazı etkisinin şematik gösterimi	3
Şekil 1.2. Küresel sera gazları emiyon dağılımı	4
Şekil 1.3. Kapsam 1, Kapsam 2, Kapsam 3 şematik gösterimi	10
Şekil 1.4. İklim değişikliği için yapılan uluslararası çalışmalar	12
Şekil 1.5. Atık yönetiminin hiyerarşisi	15
Şekil 3.1. Atık toplama tesisinin harita üzerinde şematik gösterimi.....	26
Şekil 3.2. İş ekipmanları	26
Şekil 3.3. Toplama ayırma tesisinin iş akım şeması	27
Şekil 4.1. Kapsam 1 KAİ yüzdeleri	41
Şekil 4.2. Kapsam 3 KAİ yüzdeleri	47
Şekil 4.3. Atık türlerine göre karbon ayak izi değerlerinin yüzdelik dağılımı	48
Şekil 4.4. Kapsamlara göre KAİ yüzdeleri	50
Şekil 4.5. Elektrikli araç ve personel aracının KAİ karşılaştırılması.....	52
Şekil 4.6. Elektrikli araç ve personel aracının yüzde KAİ değerleri	52
Şekil 4.7. Kapsam 3 (Elektrikli araç kullanımında) yüzde KAİ değerleri.....	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Küresel ısınmanın oluşumunda etkisi olan gazlar	5
Çizelge 1.2. Kyoto protokolü'nde esas alınan sera gazları	7
Çizelge 2.1. Türkiye İstatistik Kurumu sayısal verileri	24
Çizelge 3.1. Tesisten oluşacak atık kodlarının gösterimi	29
Çizelge 3.2. Tesisin 2023 yılına ait faaliyet miktarları	30
Çizelge 3.3. Tesisin 2023 yılına ait atık türleri ve miktarı.....	31
Çizelge 3.4. Kapsamlarına göre sera gazı emisyon kaynağı.....	33
Çizelge 3.5. Yoğunluk değerleri	33
Çizelge 3.6. Yakıt türüne göre alt ısı değerleri	33
Çizelge 3.7. Faaliyet türüne göre emisyon faktörleri değeri.....	34
Çizelge 4.1. Kapsam 1 kaynaklı KAI miktarları.....	40
Çizelge 4.2. Tesiste işlenen 2023 yılına ait atık miktarları.....	45
Çizelge 4.3. Kapsam 3 kaynaklı KAI miktarları.....	46
Çizelge 4.4. Atık türüne göre karbon ayak izi miktarları	48
Çizelge 4.5. Kapsamlara göre KAI değerleri.....	49
Çizelge 4.6. Karbon ayak izi konulu çalışmaların karşılaştırılması.....	57

SİMGELER VE KISALTMALAR

BM	Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CFC	Kloroflorokarbon
CO₂	Karbondioksit
CO_{2e}	Karbondioksit eşdeğeri
CH₄	Metan
EAI	Ekolojik Ayak İzi
EF	Emisyon Faktörü
Eşd	Eşdeğeri
ET	Enerji Tüketimi
GJ	Gigajoule
GWP	Küresel Isınma Potansiyeli
HFC	Hidrofloroklorokarbon
IBC	Orta Boy Konteyner
ICCT	Uluslararası Temiz Ulaşım Konseyi
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
İGDAŞ	İstanbul Gaz Dağıtım Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi
KAI	Karbon Ayak İzi
Kg	Kilogram
Km	Kilometre
KOSKİ	Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi
kWh	Kilowatt saat
L	Litre
m	Metre
m³	Metreküp
NO_x	Azot Oksitleri
N₂O	Diazotmonoksit
O₂	Oksijen
O₃	Ozon
PFC	Perfloroklorokarbon
ppb	Parts per billion (milyar başına)
ppm	Parts per million (milyon başına)
ppt	Parts per trillion (trilyonda bir)
SO₂	Kükürtdioksit
SF₆	Kükürt Hekzaflorit
SİSAV	Sivil Savunma Sanayicileri ve İşadamları Derneği
TAP	Taşınabilir Pil Üreticileri ve İhracatçıları Derneği
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Şirketi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TJ	Terajoule
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
°C	Derece (santigrat)
%	Yüzde

1. GİRİŞ

İnsanlar yaşamsal döngülerine devam ederlerken bazı faaliyetleri sonucunda çeşitli çevresel problemlere neden olmuşlardır. Teknolojinin artışı, otomobil kullanımında artış, hızlı tüketim, bilinçsiz doğa kullanımı gibi faktörler bu olayların gelişimini hızlandırmaktadır. Günümüzde bu problemlerde çok fazla artış görülmektedir. İklim değişikliği ve küresel ısınma kavramları önemli sorunlar arasında öne çıkarak artışa neden olmaktadır (URL-1). Küresel ısınma olayı, bilimsel bir sorun olarak başlayıp siyaset, ekonomi, toplum, teknoloji, çevre ve ekoloji gibi geniş bir yelpazede küresel ölçekte derin endişelere neden olan çok yönlü bir soruna dönüşmüştür.

Yaşamımızın en önemli faktörlerinden olan oksijenin azalması, doğal oksijen kaynaklarına zarar verilmesi sonucu çeşitli gazların miktarının çoğalması ve Dünya'ya ciddi zararlar vermesi ilerleyen yıllardaki senaryoyu görmemize yardımcı olmaktadır. Eğer ciddi önlemler alınmazsa bu senaryo Dünya üzerindeki canlı ve cansız yaşamı tehdit edeceğini gözler önüne sermektedir.

Sanayi devrimiyle birlikte fosil tarzı yakıt tüketiminin çoğalması nedeniyle karbondioksit salınımında artış olmuştur. İnsan aktiviteleriyle birlikte atmosferde sera gazlarının hızlı bir şekilde artışı bilinmektedir (Can ve Baygüven, 2004).

Karbon ayak izi, bir aktivitenin direkt ve indirekt olarak sebep olduğu yada bir ürünün yaşam döngüsü boyunca biriktirdiği karbondioksit emisyonlarının toplam miktarının bir göstergesi olduğu kabul edilmiştir (Ayan, 2019). Dolayısıyla bir bireyin yıl boyunca yaptığı seyahatler, evlerinde kullandığı enerji kaynakları, beslenme şekli ve tükettiği ürünler gibi birçok faktöre dayanarak hesaplanabildiği gibi kurumlar ve hükümetler de karbon ayak izlerini hesaplayarak, sera gazı emisyonlarını azaltmak için atabilecekleri adımları belirleyebilmektedir.

Karbon ayak izi ve değerlendirme standardı, düşük karbon araştırmalarında en temel ve önemli araştırmalardan biridir. Aynı zamanda karbon ayak izi, Dünya'nın ekosistemleri üzerindeki insan talebinin bir ölçüsü olan ekolojik ayak izi kavramından kaynaklanmaktadır. Küresel iklim değişikliği alanına yardımı nedeniyle gittikçe önem kazandığı görülmektedir.

Geçen yüzyılın sonundan bu yana, karbon emisyonlarının hesaplanması sonuçlarını karşılaştırılabilir hale getirmek için hükümetler ve uluslararası kuruluşlar; Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI), Sürdürülebilir Kalkınma İçin Dünya İş Konseyi (WBCSD) ve İngiliz Standartları Enstitüsü (BSI) gibi farklı karbon ayak izi değerlendirme standartları geliştirmiştir (World Resources Institute [WRI], 2015).

Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) Küresel İklim Araştırma ve İzleme Projesi kapsamında elde edilen bilimsel kanıtlar, insan faaliyetlerinin küresel iklim dengesine zarar verdiğini (Kaypak, 2013) 1970'lerin başından itibaren belirtmektedir. 1979'da WMO'nun liderliğinde düzenlenen İlk Dünya İklim Konferansı, küresel ölçekte iklimle ilgili endişeleri ele almak için önemli bir adımı temsil etmektedir. 1988'de Kanada'nın Toronto bölgesinde Değişen Atmosfer Konferansı'nda kurulan İklim Değişikliği Hükümetler arası Paneli (IPCC), iklim değişikliği risklerini değerlendirmek ve hafifletmek için uluslararası topluluğun taahhüdünü vurgulamıştır.

Karbon ayak izinin hesabında, IPCC (2006) rehberinde bir araya getirilen bilgiler (Binboğa ve Ünal, 2018) ile Üreden ve Özden (2018) geliştirdiği yöntemler ve Türkçe literatürde sunulan teknikler, IPCC metodolojisinin verileriyle uygulanabilmektedir.

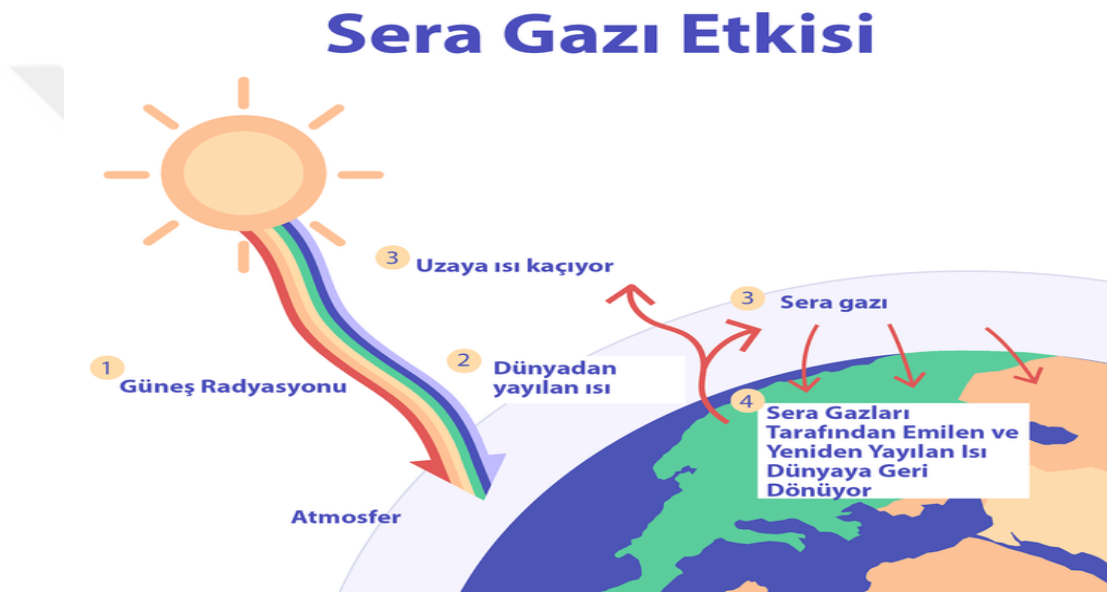
Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (URL-13) istatistiklerine göre, CO₂, CH₄ ve NO_x konsantrasyonlarının seviyesinin uzun yıllardır yükseldiği ve CO₂ salınımının 1956 yılında 315,71 ppm iken 2014 yılında 398,78 ppm'e yükseldiği belirtilmekte ve 2040 yılına kadar 450 ppm'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bütün bu veriler, hızla artmakta olan sera gazı emisyonlarının en önemli faktörünün insan olduğunu kanıtlamıştır (Dünya Meteoroloji Örgütü [WMO], 2016).

Bu çalışmada, Konya ilinde bulunan atık toplama ayırma tesisinin 2023 yılına ait verileri (yakıt, elektrik, doğalgaz, atık, servis araçları gibi) ile karbon ayak izine neden olan emisyonlar tespit edilerek, IPCC Tier yöntemi (Kapsam-1, Kapsam-2, Kapsam-3) rehberliğiyle hesabı yapılmıştır. Bu verilerin analizi sonucunda, atık tesisinin karbon ayak izi çizelge ve şekilleri oluşturulmuştur.

Yapılan hesaplamalar, tesisteki CO₂ emisyonlarının azaltılması veya artmasının nasıl engellenebileceği konusunda çözüm önerileri sunarak farkındalık oluşturmaya amaçlamaktadır.

1.1 Küresel ısınma ve İklim Değişikliği

Sera etkisi, güneş ışığının Dünya'ya ulaştıktan sonra yeryüzünün bir kısmı tarafından emilerek ısınması Şekil 1.1'de görülmektedir. Isı enerjisi atmosferdeki belirli gazlar tarafından hapsolması sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu durum, Dünya'nın ortalama sıcaklığını artırarak iklim değişikliğine yol açmaktadır (Altürk, 2009).



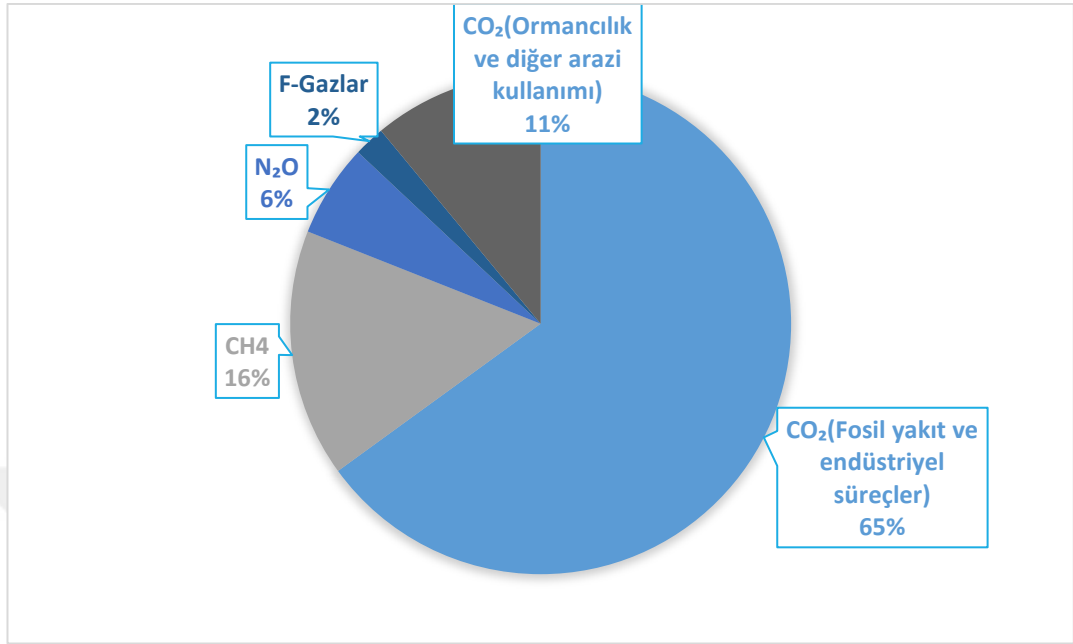
Şekil 1.1. Sera gazı etkisinin şematik gösterimi.

Bu nedenle sera gazı emisyonlarını azaltmak ve sera gazı salınımlarını kontrol altına almak, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Küresel iklim değişikliği kavramı; insan etkisiyle atmosfere bırakılan sera gazlarının neden olduğu "sera etkisi" sonucu, dünya atmosferinin sıcaklığının yükselmesinden kaynaklanmaktadır.

1.2 Sera Gazları

Atmosferde ısıyı tutan gazlara "sera gazı" denilmektedir. İklim değişikliğine yol açan temel sera gazları arasında karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), hidroflorokarbon (HFC), perflorokarbon (PFC) ve kükürt hekzaflorür (SF₆) bulunmaktadır. Bu unsurlardan en önemlisi CO₂ gazıdır ve toplam sera gazı miktarının

yaklaşık %80'ini oluşturur. Dünya genelinde sera gazları salınımında en yüksek payın CO₂ gazının olduğu Şekil 1.2'de görülmektedir (%76).



Şekil 1.2. Küresel sera gazları emisyon dağılımı (Pachauri ve Meyer, 2014).

Atmosferdeki bu gazlar, sıcaklığı hapsediği için sera gazlarının artmasıyla daha fazla ısı emilimi olmaktadır. Bu durum, küresel ısınmanın artmasına neden olmaktadır. Hızla gelişen endüstrileşmeyle birlikte ortaya çıkan sera gazları, küresel ısınmayı hızlandırarak iklim değişikliği yaratır ve dünya üzerindeki yaşamı olumsuz etkilemektedir.

Karbon ayak izine neden bulunan gazların iklim değişikliği üzerindeki etkilerini değerlendirmek için "küresel ısınma potansiyeli" (GWP) adı verilen bir ölçüt geliştirilmiştir. Karbon ayak izi hesaplamalarında öne çıkan karbondioksitin GWP' si 1 olarak kabul edilmektedir. Diğer gazların GWP'leri ise atmosfere karşı karbondioksitin GWP' sine oranla belirlenmekte ve karbon ayak izi hesaplamalarının temelini oluşturmaktadır. Atmosferdeki sera gazları, kalış ömürleri ve küresel ısınma potansiyelleri (GWP) açısından büyük farklılıklar göstermektedir. Örneğin, karbondioksit ve metan gibi gazlar, atmosferdeki konsantrasyonları ve etkileri ile dikkat çekerken, SF₆ ve PFC'ler gibi gazlar uzun ömürleri ve yüksek GWP değerleriyle öne çıkmaktadır. Çizelge 1.1 verilerine göre, sera gazlarının atmosferdeki kalış ömürleri birkaç yıldan binlerce yıla kadar değişirken, küresel ısınma

potansiyelleri (GWP) de oldukça geniş bir aralıkta yer almaktadır. Bu, farklı gazların iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin önemli ölçüde değişebileceğini göstermektedir. Ayrıca karbondioksit, metan, azot oksit gibi yaygın gazların yanı sıra, CFC'ler, HFC'ler ve PFC'ler gibi daha az bilinen gazlar da ele alınmıştır.

Çizelge 1.1. Küresel ısınmanın oluşumunda etkisi olan gazlar (Zeydan, 2008).

Sera Gazı	Atmosferdeki Ömrü (yıl)	Küresel Isınma Potansiyeli(GWP)	Atmosferdeki Konsantrasyonu
CO ₂	50-200	1	379 ppm
CH ₄	12	25	1774 ppb
N ₂ O	114	298 319	319 ppb
SF ₆	3200	22800 5.6	5.6 ppt
CFCS	45-1700	4750-14400	-
HFCS	1.4-270	124-14800	-
HCFCs	1,3-17,9	77-2310	-
PFCS	2600-50000	7390-12200	-

Sera gazlarının atmosferdeki ömürleri ve küresel ısınma potansiyelleri (GWP) incelendiğinde, karbondioksit gibi yaygın gazların yanı sıra, uzun ömürlü ve yüksek GWP değerine sahip gazların da iklim değişikliği üzerindeki etkileri dikkat çekmektedir.

1.2.1 Karbondioksit (CO₂)

Karbondioksit gazı saydam özelliğe sahiptir. Sera etkisine neden olan gazların içinde en önemli etkiye sahip olan gaz olduğu bilinmektedir. Atmosferde karbon çoğunlukla oksitlenmiş formu olan CO₂ şeklinde bulunur (Environmental Protection Agency [EPA], 2002). Dünyanın başlangıcından bu yana atmosferde bulunan karbondioksit gazı, renksiz, kokusuz ve şeffaf bir gazdır. Yeryüzünden yükselen ısı geri yansıdığında, kızılötesi ışınlar salınır ve bu ışınlar karbondioksit gazı tarafından emilerek uzaya kaçışı engellenmektedir (Muslu, 2000).

İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan karbondioksit salınımları fosil yakıtların kullanımı, artan enerji ihtiyacı ve ulaşımdan kaynaklanır. Orman alanı karbondioksinin oksijene dönüşümünde önemli rol oynamaktadır. Ancak insan faaliyetleriyle tahrip edilmesi karbondioksit emisyon miktarının artmasına dolaylı yoldan da olsa sebep olmaktadır.

1.2.2 Metan (CH₄)

Doğalgazın temel bileşeni olan metan gazı, sera gazlarının doğal etkisinin %20'sini oluşturmuştur. Oksijenin az olduğu ortamlarda, örneğin bataklıklarda, oluşmaktadır. IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli) verilerine göre, atmosfere salınan CH₄ miktarının yaklaşık %50'si insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (IPCC, 2007). Çöp depolama alanları insan faaliyetleri ve değişik sebeplerden dolayı oluşan metan kaynakları, petrol ve doğalgaz üretim tesisleri, tarımsal faaliyetler, gübre üretimi, kömür madenciliği, ısınma faaliyeti, motorlu taşıtlar, atıksu arıtma tesisleri ve diğer sebep olan endüstriler sayılabilmektedir (Özer, 2013).

1.2.3 Su Buharı (H₂O)

Atmosferde yaygın olarak bulunan bir diğer sera gazı H₂O buharı olduğu bilinmektedir. Doğal süreçlerle oluşur ve sera etkisinin yaklaşık üçte ikisini oluşturmaktadır. H₂O molekülleri tarafından emilen ve her yöne homojen bir şekilde yayılan yeryüzünden yansıyan termal enerji yeryüzünün tekrar ısınmasına sebep olmaktadır. Su döngünün bir parçası olan H₂O buharı, okyanuslar, göller ve karalarda buhar oluşumu, yoğunlaşma ve yağmur yoluyla atmosfere ulaşmaktadır (IPCC, 2022). Yapılan araştırmalara göre, insan kaynaklı faaliyetlerden kaynaklanan H₂O buharı, doğal H₂O buharına kıyasla oldukça düşük düzeydedir (IPCC, 2022). Ekvatorial iklim kuşağında, H₂O buharının sera etkisi üzerinde belirgin bir rolü bulunmaktadır. H₂O buharının atmosfere karışarak yoğunlaşması, kızılötesi ışımayı neredeyse göz ardı edilebilir düzeyde etkilemektedir (IPCC, 2022).

1.2.4 Diazot monoksit (N₂O)

Atmosferde doğal olarak bulunduğu bilinmektedir. Dünyadaki azot döngüsünü oluşturan bir gazdır. Diazot monoksit gazı, CH₄ ve CO₂ gazlarının ardından iklim

değişikliğine büyük oranda neden olan gaz olarak bilinmektedir (EPA, 2002). Atmosferde oldukça az bulunan ve sera etkisine yaklaşık olarak %8 civarında neden olduğu bilinmektedir (EPA, 2014). Toprakta bulunan mikroorganizmalar, yağmur ormanları ve denizler aracılığıyla atmosfere salınmaktadır. Azotlu gübre kullanımı, büyükbaş hayvan yemi üretimi, fosil yakıt yakılması, endüstriyel kimyasal üretimi ve atık su işleme gibi insan faaliyetleri, atmosferdeki N₂O miktarlarını yükseltmektedir. Toprakta bulunan bakteriler, yağmur ormanları ve okyanuslarla atmosfere geçmektedir.

1.2.5 Karbon monoksit (CO)

Troposferde bulunan CH₄ ve O₃ gazlarının, diğer atmosferik bileşenlerle (örneğin hidroksil radikali) kimyasal reaksiyonlara girmesiyle konsantrasyonlarının arttığı bilinmektedir. Karbon içeren yakıtların eksik yanması durumunda karbon monoksit oluşmaktadır. Atmosferdeki doğal süreçler sonucunda CO₂ formunu almaktadır. Çeşitli sera gazlarının kaynaklarını ve küresel ısınma potansiyellerini (CO₂ eşdeğeri) Çizelge 1.2 özetlemektedir. Fosil yakıt tüketimi ve orman yangınlarından kaynaklanan karbondioksit (CO₂) ile çöp sahaları ve çiftlik hayvanlarından salınan metanın (CH₄) küresel ısınma potansiyelini (GWP) göstermektedir.

Çizelge 1.2. Kyoto protokolü'nde esas alınan sera gazları (URL-20).

Sembol	İsim	CO ₂ eşd	Kaynak
CO ₂	Karbondioksit	1	Fosil yakıtları tüketimi, orman yangını, çimento yapımı
CH ₄	Metan	21	Katı atık depolama alanı petrol veya doğalgaz üretimi, dağıtımı, çiftlik hayvanlarının sindiriminde gerçekleşen fermentasyon işlemi
N ₂ O	Nitroksit	310	N ₂ O fosil yakıtların yanması, gübreler, naylon üretimi
HFC	Hidroflorakarbon	140-11.700	Buzdolabında oluşan gazlar, alüminyum eritme, yarı iletken üretimi
PFC	Perflorokarbon	6.500-9.200	Alüminyum üretimi, yarı iletken üretimi
SF ₆	Sülfürheksaflorür	23.900	Elektrik sistemleri, magnezyumun üretimi

Hidroflorokarbonlar (HFC) ve perflorokarbonlar (PFC), buzdolabı ve yarı iletken üretimi gibi endüstriyel kaynaklardan salınır ve yüksek küresel ısınma potansiyeline sahip olmaktadır. Fosil yakıtların yanması ve gübre kullanımından kaynaklanan nitroksit (N_2O) ve elektrik kaynaklı salınan sülfürheksaflorür (SF_6), küresel ısınma üzerinde etki etmektedir (Üreden, 2019).

1.3 Emisyon Faktörleri

Emisyon faktörleri, belirli bir kaynaktan atmosfere salınan sera gazları veya diğer kirleticilerin birim başına nicel bir ölçüsüdür. Bu faktörler, belirli bir faaliyet veya süreçle ilişkilendirilen emisyon miktarını ifade eder ve bu sayede çeşitli endüstrilerde veya enerji üretiminde hangi tür ve miktarlarda emisyonların oluştuğunu anlamak için kullanılır. Emisyon faktörleri genellikle kilogram veya ton başına bir birim ölçü üzerinden ifade edilir. Örnek olarak, bir enerji santralinin elektrik üretimi sırasında atmosfere saldığı CO_2 miktarını belirlemek için kullanılan bir emisyon faktörü şu şekilde ifade edilir; 0,6 kg CO_2 /kWh

Bu ifade, bir kilowatt saat (kWh) elektrik üretimi sırasında 0,6 kilogram karbon dioksit (CO_2) emisyonu ortaya çıkacağını belirtmektedir. Emisyon faktörleri, belirli bir endüstri, enerji üretim süreci, taşıma aracı türü veya diğer emisyon kaynakları için geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Örneğin, bir aracın yakıt tüketimiyle ilgili bir emisyon faktörü, bir fabrikanın üretim süreçleri sırasında salınan gazlar için başka bir emisyon faktöründen farklı olabilir. Bu faktörler, emisyon hesaplamalarını, sera gazı envanterlerini oluşturmayı, iklim değişikliği stratejilerini değerlendirmeyi ve sürdürülebilirlik çabalarını yönlendirmeyi sağlamaktadır. Emisyon faktörleri genellikle bilimsel çalışmalar ve gözlemlere dayanarak belirlenir, ancak zaman içinde güncellenmesi ve revize edilmesi gerekmektedir. İlgili birimler ve araştırma kuruluşları, emisyon faktörlerini belirlemek ve güncellemek için çeşitli metodolojileri kullanılmaktadır.

1.4 Karbon Ayak İzi

İnsan aktiviteleri sonucu oluşan zararlı maddeleri telafi edebilme amacıyla biyolojik açıdan verimli bir alan olarak yorumlanabilen karbon ayak izi, sürdürülebilirlik

açısından alt kategorileri ile değerlendirilen ölçü olarak bilinmektedir (Ceyda ve Ahmet, 2015).

Karbon ayak izinin diğer bir tanımı “ekolojik ayak izi (EAI)” olarak bilinir. Sürdürülebilir bir çevre yönetimi için ekolojik ayak izi kavramı, karbon ayak izi ve biyolojik kapasite açısından izlenmesi gerekmektedir (URL-14). Çevre bilim ve teknik alanlarındaki çalışmalar doğrultusunda Ayak-İzi (Foot-print) kavramı doğal kaynakların hızla tüketilmesi bakımından önemli bir yer oluşturmuştur. Çevre bilimi, insan kaynaklı ayak izlerini üç farklı boyutta ölçmektedir (Toröz, 2015).

1.4.1 Karbon ayak izi değerlendirmesi

Karbon emisyonlarının hesaplanmasının sonuçlarını karşılaştırılabilir hale getirmek için hükümetler ve uluslararası kuruluşlar; Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI), Sürdürülebilir Kalkınma İçin Dünya İş Konseyi (WBCSD) ve İngiliz Standartları Enstitüsü (BSI) gibi farklı karbon ayak izi değerlendirme standartları geliştirmiştir. Karbon ayak izi yöntemleri arasında, sera gazı emisyonlarının sınıflandırılması ve saklanması için kullanılan IPCC (Hükümetler Arası İklimi Paneli) ve DEFRA (İngiltere Çevre, Gıda ve Kırsal İşler Bakanlığı) tarafından sağlanan iki önemli yöntem öne çıkmaktadır. Karbon ayak izi hesaplamalarında tercih edilen yöntem, genellikle kullanım amacına ve bağlı olmaktadır. IPCC yöntemi genellikle ulusal veya kurumsal ölçekte kullanılırken, DEFRA yöntemi genellikle daha spesifik ürün veya hizmetlerin karbon ayak izini hesaplamak için tercih etmektedir (Üreden, 2019).

IPCC ve DEFRA metodlarının hesaplamalarında sonuçların farklı çıkmasının sebebi; IPCC yönteminin hesabında emisyon faktörleri genel olarak ele alınırken, DEFRA yönteminde İngiltere’ye ait ulusal verileri kullanılmaktadır. İki yöntemin de avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır, bu nedenle uygulama amacına bağlı olarak seçilmektedir. Karbon ayak izi değerlendirmesi, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için önemli bir yöntemdir. Karbon ayak izi 2 alt kavramlarla açıklanmaktadır. Evsel kaynaklı enerji ve ulaşım (fosil yakıtlarının yanması) sonucu oluşan direkt CO₂ emisyonları birincil karbon ayak izi olarak adlandırılmaktadır (Wiedmann ve Minx, 2008). Ürünlerin imalatından itibaren sonundaki bozulmalarına

İnsanların enerji kaynaklarının kullanımı, beslenme alışkanlıkları, doğada bırakılan atıklar ve tercih edilen ulaşım şekli gibi pek çok üretim ve tüketim alışkanlıkları faaliyetleri sonucunda belirli bir miktar karbondioksit doğaya salınmaktadır. Bu salınımın doğa üzerinde birçok etkisi vardır. Doğanın bu etkiyi tersine çevirecek yeterli biyolojik kapasitesi yoksa eğer, doğal denge bozulur ve olumsuz etkileri de açığa çıkarmaktadır. Karbon ayak izi, doğrudan ve dolaylı emisyonlar bakıldığında;

Kapsam 2; elektrikten, buhardan kaynaklıdır ve dolaylı sera gazları olarak değerlendirilmektedir. Kapsam 3; Kapsam 2 faktörlerine dahil olmayan faktörlerdir ve diğer dolaylı gazlar olarak değerlendirilmesi yapılmaktadır. Karbon ayak izinin, bütün sera gazı kaynaklarını yani Kapsam 1, 2 ve 3 emisyonlarını kapsadığı Şekil 1.3'te görülmektedir.



10

kullanımı, ormanların yanması, yeşil arazilerin azalması, endüstri faaliyetlerin artışı gibi sebepler gösterilmektedir. Yerel idarelerin sınırlı sayıda uzmanlık düzeyinde insan kaynağına sahip olması, uyum stratejileri geliştirme süreçlerinde dışarıdan danışmanlık alınmasını gerektirmektedir. İklim krizi sonuçlarının açıkça ortaya çıkmasına rağmen, sorunun yeterince dikkate alınmadığını ve gerekli önemin gösterilmediğini gösteren kanıtlardan biri, Dünya üzerindeki salınım değerlerinin her yıl artmaya devam etmesidir.

1.4.2 Karbon ayak izinin önemi

Karbon ayak izi, çevresel etkileri ve iklim değişikliği üzerindeki olası etkileri değerlendirmek amacıyla önemlidir. Karbon ayak izinin önemli olduğuna dair bazı temel nedenler:

1.4.2.1 Kaynak verimliliği ve maliyet azaltma

Karbon ayak izi analizi, enerji tüketimi, malzeme kullanımı ve iş süreçleri gibi unsurları değerlendirerek, kaynak verimliliği ve maliyet azaltma stratejilerini belirlemeye yardımcı olmaktadır (Houghton vd., 2001).

1.4.2.2 Çevre dostu tüketici tercihleri

Bilinçli tüketiciler, ürün ve hizmetlerin çevresel etkilerini göz önünde bulundurarak tercihlerini belirlerler. Karbon ayak izi, tüketicilere çevre dostu ürün ve hizmet seçimleri konusunda bilgi sağlamaktadır.

1.4.2.3 Kurumsal itibar ve şeffaflık

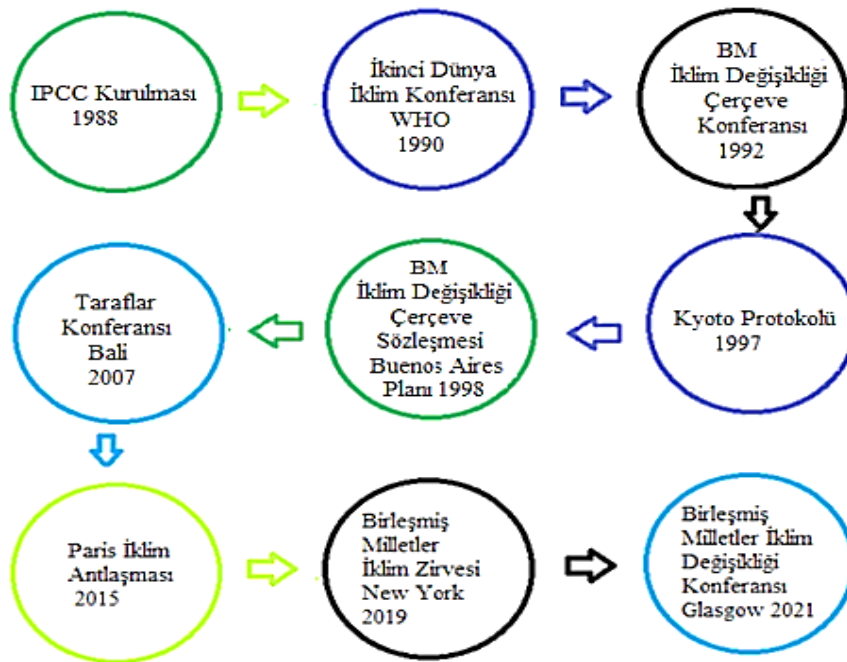
Şirketlerin ve kurumların karbon ayak izlerini açıklaması, kurumsal şeffaflık ve sosyal sorumlulukları konusunda artan taleplere karşı gelmelerine yardımcı olur. Bu durum, kurumsal itibarı artırabilir.

1.4.2.4 Sürdürülebilirlik çabalarını destekleme

Bir bireyin, işletmenin veya bir ürünün sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesinde karbon ayak izi kullanılmaktadır. Doğal kaynakların korunması, çevresel etkilerin azaltılması ve toplumsal sorumluluk ise sürdürülebilirlikle açıklanmaktadır.

1.4.2.5 İklim değişikliği ile mücadele

İklim değişikliği ile mücadelede, küresel ısınma ve çevresel değişikliklere karşı önlemleri içermektedir. İklim değişikliğinin getirdiği problemlerin tüm insanlığı etkileyecek olması, dünya ülkelerini bu konuda birçok konferans, sözleşme gibi çalışmalar yapmaya zorunlu kılmıştır. Şekil 1.4'te bu çalışmalar kronolojik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.4. İklim değişikliği için yapılan uluslararası çalışmalar (Çerçi, 2021).

1992 tarihinde Rio de Janeiro'da BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imza için düzenlenen ve 1994'te yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), uluslararası iklim diplomasisinde dönüm noktası olarak kabul edilmektedir. 1997 tarihinde Japonya'nın Kyoto bölgesinde düzenlenen Üçüncü Taraflar Konferansı ile oluşturulan Kyoto Protokolü, UNFCCC' deki boşlukları doldurmak için bağlayıcı hedefler belirlemeyi amaçlamıştır (Arıcı, 2018). 2005 yılında

yürürlüğe giren protokol, 196 ülkenin taraf olduğu bir anlaşma olup, uluslararası çevre anlaşmaları arasında en geniş katılıma sahip olanlardan biridir.

1.4.2.6 Politika ve düzenlemelerle uyum sağlama

Çeşitli ülkelerde ve bölgelerde, karbon ayak izi raporlama ve azaltma hedeflerine ulaşma konusunda düzenlemeler ve politikalar geliştirilmektedir. Bu düzenlemelere uyum sağlamak, kurumlar ve bireyler için önemlidir.

1.4.2.7 Gelecekteki risklerin azaltılması

İklim değişikliği ve çevresel sorunlar gelecekte risklere neden olabilir. Karbon ayak izi, bu risklere karşı hazırlıklı olmak ve direnci artırmak için bir araç sağlamaktadır.

Bu nedenlerden dolayı, karbon ayak izi analizi, bireylerden başlayarak şirketlere, endüstrilere ve ülkelerin sürdürülebilirlik çabalarını destekleyen ve iklim değişikliğiyle mücadelede etkili bir araç haline gelmiştir.

1.5 Atıklar

1.5.1 Atık tanımı

Atıklar genel olarak kullanma süresi dolmuş ve bulunduğu bölgeden uzaklaştırılması gereken maddeler olarak bilinmektedir. Atıkların içinden, kağıt, cam, karton, plastik vb. (dönüştürülen ürünler) ürünleri ayrıldıktan sonra geride kalan, kullanılamayacak halde olan artık malzemeye ise çöp denilmektedir. 1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu (Çevre Kanunu, 1983:1) ile kabul edilen atık kavramı; bir aktivite sonucu çevreye bırakılan, zararlı maddelerin tümü olduğu kabul edilmiştir.

1.5.2 Atıkların kaynağında ayrı toplanması

CO₂ emisyonlarını azaltmak için atık geri dönüşümü ve kullanımı önemli bir strateji olmaktadır (Khan vd., 2022). Atıklar, türlerine göre ayrı toplanmaktadır. 3 farklı alanda değerlendirilir:

Tekrar Kullanım: Atık hiçbir işlem geçirmemiş olacak böylelikle farklı bir amaçta yeniden kullanılacaktır.

Geri Kazanım: Atık bazı işlemlerden geçirilecek sonrasında benzeri bir maddeye dönüştürölme işlemi gerçekleştirilecektir.

Geri Dönüşüm: Atıkların (değerlendirilecek) fiziksel veya kimyasal işlemlerle yeni bir ham ürüne dönüştürölmesi işlemi olarak bilinmektedir.

1.5.3 Atıkların doğada ayrışma-çürüme süreleri

Doğaya salıverilen atıkların % 60'ının boya benzeri ürünler olduğu bilinmektedir. 1 ton beyaz kâğıdın geri kazanımı sonucu 16 adet çam ağacı kurtarılmış olacaktır. Geri dönüşümü sağlanan her bir ton cam için yaklaşık olarak 100 litre civarında petrol tasarrufu sağladığı bilinmektedir. Bir alüminyum kutunun bıraktığı iz 500 yıl boyunca dünyaya kirlilik bıraktığı söylenmiştir. Metal, plastik ürünler geri dönüşümüyle yaklaşık % 95 oranında enerji tasarrufu sağlandığı bilinmektedir. Bir cam şişenin yok olması 4000 yıl iken plastik ürünün 1000 yılda yok olduğu bilinmektedir (URL-21).

1.5.4 Atık yönetimi

Atık yönetimi, çeşitli alanlardaki prensipleri birleştirerek, atıkların oluşumundan son bertarafına kadar olan süreçte uygun çözümler geliştiren bir süreçtir (Bayram vd., 2012). Bu süreçte, atıkların oluşumu; taşınması, işlenmesi ve depolanması gibi adımlar, halk sağlığı, ekonomi, mühendislik ve çevre koruma gibi disiplinlerin ilkeleriyle ele almaktadır. Atık yönetiminin hiyerarşisi Şekil 1.5'te verilmiştir.

Entegre atık yönetimi, atık yönetim mekanizmasının tüm bölümleri bir arada değerlendirilerek, hem insan sağlığına hem de ekonomik gelişmeye katkı sağlayacak çözümler hedeflemektedir. Bu nedenle, atık yönetimi sadece tek bir atık üretim faaliyetine odaklanmamaktadır. Sürdürülebilir kalkınma teorisine hizmet eder ve sürdürülebilirlik mekanizmasına çeşitli yollarla katkıda bulunmaktadır. Öncelikle, insan kaynaklı atıkların etkin ve verimli bir şekilde nasıl yönetildiğı önemli, sonra ise üretilen atıkların doğal ortama zarar vermeden ve sürdürülebilir kalkınmayı destekleyecek şekilde bertaraf edilmesi gerektiğı bilinmektedir.



Şekil 1.5. Atık yönetiminin hiyerarşisi (Noyan, 2022).

Atık yönetimi (nakliye, yakma vb.) sera gazı emisyonlarına büyük katkı sağlamaktadır. Plastik atıklarından kaynaklı sera gazı emisyonlarının yaşam döngüsüne etkisi bilinmektedir. Bu duruma önlem amaçlı; plastik parçalarının öğütülerek yeniden işlenmesi, birkaç işlem adımını gerektirdiği bilinmektedir ve bu süreçte polimerlerin kimyasal yapısı neredeyse tamamen korunmaktadır; ayrıca, plastik üretimi için zaten harcanmış olan enerji, kısmen plastik yeniden işleme sürecinde korunmaktadır. Organik atıklar ayrıştırıldığında, karbondioksit ve metan gazı açığa çıktığı bilinmektedir. Metan, havasız ortamlarda üretilirken, karbondioksit doğal çürüme sürecinin bir sonucu olarak atmosferde oluşmaktadır. İnorganik atıkların üretim ve yakılma süreçlerinde, su, yakıt, metal ve ahşap gibi doğal kaynaklar kullanılmaktadır, bu da sera gazı emisyonlarına, özellikle karbondioksit ve diğer kirleticilere yol açmaktadır.

1.5.5 Atıkların takibi ve azaltılmasının önemi

Atıkların takibi ve azaltımı, çok sayıda finansal ve çevresel fayda sağlamaktadır:

- Süreç verimliliği ve dönüşüm yoluyla israfın azaltılması aynı zamanda anlamlı maliyet tasarrufları da sağlayabilmektedir.
- Birçok atık yan ürünü türü yeni ürünlere dönüştürülebilir. Geri dönüştürülmüş metaller, organik atıklar ve döngüsel ekonomiyi güçlendirmeye yardımcı olabilecek veya ürün girdisi olarak yeniden kullanılabilen diğer birçok malzeme için büyüyen sektörler çoğalmaktadır.
- Atıkların azaltımı aynı zamanda firmaların kapsam emisyonlarını da azaltmaktadır.
- Daha iyi atık yönetimi, mevzuatı uygulamaya koymasıyla uyumluluk ve düzenleme riskini de azaltmaktadır.

Atık, sürdürülebilirliğin en somut, görsel alanlarından biridir. Atık ayak izini hedeflemek ve iyileştirmek için hangi yöntem ve kapsamın planına yönelirseniz yönelin sonucunda en önemli doğal kaynaklarımızın uzun vadede kullanımını verecektir. Asıl hedef her zaman kaynakta azaltım olmalıdır.

1.5.6 Atık bertarafının iklim etkisi

Doğaya bırakılan kağıt, cam, plastik gibi atıkların geri dönüştürülmemesi karbon ayak izini ciddi oranda etkiler. Her atık türü çevreyi farklı şekilde etkilemektedir:

- Organik atıklar ayrışarak karbondioksit ve metan gazı oluşturur. Hava olmadığında metan üretilirken, karbondioksit havada herhangi bir şey çürüdüğünde ortaya çıkan doğal üründür.
- İnorganik atıklar, su, yakıt, metal ve kereste gibi doğal kaynaklardan üretilen ve başta karbondioksit ve diğer kirleticiler olmak üzere sera gazı emisyonlarına neden olan ürünleri içermektedir.
- Plastik atıklar, yaşam döngüsünün her aşamasında sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır. Plastiğin çıkarılması ve taşınması petrol, gaz ve kömüre bağlı olduğu bilinmektedir. Plastiklerin üretimi ve imhası da tonlarca karbon emisyonuna neden olmaktadır (Breyer vd., 2017).

Taşıma ve yakmayı da içeren atık yönetimi süreci sera gazı emisyonlarına katkıda bulunmaktadır. Günümüzde küresel ısınma ve iklim değişikliği dikkat çeken bilimsel konulardandır. İklim değişikliği dünya üzerinde yaşayan tüm canlıların hayatını etkileyeceği için bu konuda birçok çalışma, konferans ve sözleşmeler zorunlu hale gelmektedir.

Karbon ayak izine en çok etki eden atıkların sıralaması çeşitli nedenlere bağlı olup buna göre değişmektedir. Ancak genel olarak, atıkların karbon ayak izine en çok etki eden atıklar sırasıyla şu şekildedir;

Gıda Atıkları: Gıda atıkları, genellikle organik malzemelerden oluşur ve doğal bir biyolojik bozunma sürecinden geçerken metan gazı üretmektedir. Gıda atıklarının karbon ayak izi, üretim, taşıma ve bertaraf süreçlerindeki enerji tüketimi ve metan gazı emisyonları nedeniyle oldukça yüksektir.

Enerji Üretimi Atıkları: Enerji üretimi atıkları, fosil yakıtların yanması veya nükleer enerji üretimi gibi süreçlerden kaynaklanmaktadır. Bu atıkların karbon ayak izi, fosil yakıtların yanması sırasında açığa çıkan sera gazı emisyonları nedeniyle büyük ölçüde etkilenmektedir.

Ambalaj Atıkları: Ambalaj atıkları, genellikle plastik, cam ve metal gibi malzemelerden oluşmaktadır. Bu atıkların üretimi ve işlenmesi sırasında fosil yakıtların kullanılması ve sera gazı emisyonlarına neden olan işlemler karbon ayak izini artırmaktadır.

Taşıma Atıkları: Taşıma atıkları, nakliye araçlarının kullanımı sırasında ortaya çıkan emisyonlardan kaynaklanmaktadır. Özellikle büyük miktarlarda taşıma gerektiren ürünlerin taşınması, karbon ayak izini artırmaktadır.

İnşaat Atıkları: İnşaat atıkları, genellikle beton, taş ve tuğla gibi malzemelerden oluşmaktadır. Bu atıkların üretimi, taşınması ve bertarafı sırasında fosil yakıtların kullanılması ve sera gazı emisyonlarına neden olan süreçler karbon ayak izini etkilemektedir.

Tekstil Atıkları: Tekstil atıkları, tekstil ürünlerinin üretimi, kullanımı ve bertarafı sırasında ortaya çıkmaktadır. Özellikle sentetik tekstil ürünlerinin üretimi sırasında kullanılan petrokimyasalların ve enerji tüketiminin karbon ayak izini artırdığı bilinmektedir.

1.6 Toplama Ve Ayırma Tesislerinin Karbon Ayak İzi Değerlendirilmesi

Toplama ve ayırma tesislerinin karbon ayak izini hesaplamak, tesisin yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan karbon emisyonlarını değerlendirmeyi içermektedir. Bir tesisin karbon ayak izini hesaplamak için dikkate alınması gereken temel faktörler:

1.6.1 Ekipman ve makine kullanımı

Toplama ve ayrıştırma süreçlerinde kullanılan ekipmanların üretimi, taşınması ve işletilmesi sırasında ortaya çıkan karbon emisyonlarıdır. Makinelerin enerji tüketimi ve verimliliğidir.

1.6.2 Enerji tüketimi

Tesisin enerji ihtiyacı ve bu enerjinin kaynaklarıdır. Yedek enerji kaynaklarının kullanımıdır (Örnek: jeneratörler).

1.6.3 Atıkların toplanması ve taşınması

Toplanan atıkların tesisin konumuna taşınması sırasında kullanılan araçların karbon emisyonlarıdır. Taşıma işlemlerinin etkinliği ve çevresel etkileridir.

1.6.4 Atıkların ayrıştırılması ve işlenmesi

Atıkların tesis içinde ayrıştırılması sırasında kullanılan ekipman ve süreçlerin enerji tüketimidir. Geri dönüşüme gönderilen malzemelerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan karbon emisyonlarıdır.

1.6.5 İnsan kaynakları ve idari faaliyetler

Personelin ulaşımı ve tesis içindeki hareketlilik sırasında ortaya çıkan karbon emisyonlarıdır. İdari faaliyetler ve ofis süreçlerinin enerji tüketimidir.

1.6.6 Yeşil enerji kullanımı

Tesisin yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji kullanımıdır. Yeşil enerji stratejileri ve uygulamalarının etkinliğidir.

1.6.7 Atıkların bertarafı

Tesisin işleyemediği veya geri dönüşüme gönderilemeyen atıkların çöplükte veya enerji üretimi tesislerinde bertaraf edilmesi durumunda oluşan karbon emisyonlarıdır.

Bu faktörleri değerlendirerek, tesisin yaşam döngüsü boyunca ürettiği toplam karbon emisyonları belirlenmektedir. Çeşitli stratejilerle karbon ayak izini azaltmaya yönelik önlemler geliştirebilmektedir. Ayrıca, yerel koşulları, atık kompozisyonunu ve tesisin özelliklerini de göz önünde bulundurmak önemlidir.

1.7 IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change) Metodolojisi

IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli), 1988 tarihinde Kanada'nın Toronto bölgesinde Değişen Atmosfer Konferansı sonucunda Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ile girişim sağlanıp kurulmuştur. IPCC' nin yayımladığı "Kılavuzlar" belgesi (URL-23), sera gazı emisyonlarının gösterimi ve raporlanması için kullanılan standart bir teknik sunmaktadır. İnsanların sebep olduğu iklim değişikliği kavramının risklerini değerlendirmek için kurulan uluslararası panel olarak bilinmektedir. 2011 itibarıyla 194 ülkenin IPCC üyesi olduğu bilinmektedir. 1990 yılında ilk rapor yayımı gerçekleştirilmiştir. Panelin, beş yılda bir düzenli olarak raporları yayınlanmaktadır. En güncel raporunun 2007 yılında yayımlanan 4.değerlendirme raporu olduğu bilinmektedir (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997). 2013-2014 yılları arasında 5.raporun yayımı gerçekleştirilmiştir (URL-15). IPCC raporları 4 başlıkta ele alınmaktadır; değerlendirme raporları, özel raporlar, metodları ve BM dışı dillere çevirileridir (Atabey, 2013; T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019).

IPCC çalışmalarını 3 grupta sürdürmektedir. Birinci grupta, çalışmaları uluslararası kanıtlanmış bilim insanlarından faydalanarak iklim değişikliği ile ilgili verilerin toplanması sağlanmaktadır. İkinci grupta iklim değişikliğinin etkili olduğu

alanlarda çalışmalarını yürütmekte ve bu alanlardaki uyum faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Üçüncü grupta iklim değişikliği mücadelesi sadece bilimsel olarak değil, iklim değişikliğine karşı nasıl harekete geçileceği gibi politikaları içermektedir.

6. Değerlendirme Raporu, 4 yıl süren çalışmaların ikinci ayağı olan IPCC İkinci Çalışma Grubu'nun 'İklim Değişikliği: Etkiler, Uyum ve Etkilenebilirlik' başlıklarında ve yeni raporu Şubat 2022 sonuçlanmıştır. '1.5 Derecelik Küresel Isınma Özel Raporu', 'İklim Değişikliği ve Arazi Raporu' Ağustos 2019 tarihinde ve 'Değişen İklimde Okyanuslar ve Kriyosfer' raporu ise Eylül 2019 da yayını gerçekleştirilmiştir (URL-18).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), hükümetlerarası bir bilim kuruluşu olup, iklim değişikliği konusunda dünya genelinde bilimsel değerlendirmeler sunmaktadır. IPCC'nin doğrudan atıkların karbon ayak izi için özel bir standardı yoktur. Ancak, IPCC'nin belirlediği genel sera gazı emisyon hesaplama metodolojileri karbon ayak izi hesaplamalarında temel alınmaktadır.

Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), hava emisyonlarının doğrudan küresel ısınma potansiyelini karakterize etmek için iklim değişikliği parametrelerini içerir; bu hesaplama ölçeği ise 100 yıl için geçerli olmaktadır. Avrupa Birliği 2030'a kadar emisyonları 1990'a göre en az %55 azaltmayı hedeflemektedir (URL-22).

1.7.1 IPCC metodolojisi ile atıkların karbon ayak izinin belirlenmesi

Atıkların karbon ayak izini belirlerken, sera gazlarına eşdeğer karbon dioksit (CO₂e) birimi kullanılır ve bu birim, farklı sera gazlarının etkilerini birleştirerek ifade etmektedir. Bu birim, IPCC tarafından belirlenen GWP (Global Warming Potential - Küresel Isınma Potansiyeli) değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

GWP değerleri, belirli bir zaman dilimi (genellikle 20, 100 veya 500 yıl) boyunca bir gazın atmosferdeki ısınma potansiyelini ölçen bir faktördür. CO₂, bu açıdan referans olarak alınır ve GWP değeri 1 olarak kabul edilir. Diğer gazlar ise bu referans değere göre daha yüksek bir GWP değerine sahiptir. Atıkların karbon ayak izi hesaplanırken, bu GWP değerleri kullanılarak farklı sera gazlarının emisyonları birleştirilmektedir.

Örneğin, metanın (CH₄) GWP değeri CO₂e birimine dönüştürülerek, metan emisyonları karbon ayak izine eklenmektedir.

Bu nedenle, IPCC'nin belirlediği GWP değerlerini kullanarak atıkların karbon ayak izini hesaplamak, daha kapsamlı bir değerlendirme sağlamaktadır. Ancak, atıkların karbon ayak izi hesaplamalarında genellikle yerel koşullar, atık türleri ve yönetim yöntemleri gibi faktörler de dikkate alınmaktadır.

IPCC'ye göre 3 tane Tier metodu bulunmaktadır (Eggleston vd., 2006). Bu metodlar gittikçe karmaşılaşması ve detay verilmesine göre tercih edilmektedir.

Tier 1: Yakıt verileri ve yakıtın türüne göre emisyon faktörlerinin hesabı gerçekleştirilmektedir. Sonuçlar ise CO₂ türünden gösterilmektedir. Tier 1 metodu genel olarak ulaşım kaynaklı faktörlerin emisyon değerleri ile hesabı yapılmaktadır.

Tier 2: Aracın yol mesafesi hesaba katılmakta ve yakıtın hangi teknoloji ile yakıldığı önemli olmaktadır. Tier 1 metoduna göre daha fazla veriye ihtiyaç duymaktadır. Tier 2 metodunda yakıtların gruba ayrılması sonucunda bu yakıtlara uygun emisyon faktörlerinin kullanılması ile hesabı gerçekleştirilmektedir.

Tier 3: Yakıt verileri ile yakma teknoloji haricinde bu teknolojinin ısı güçleri, ne ile beslendiği vb. kullanılarak yapılan hesaplama yöntemi olarak bilinmektedir (Atabey, 2013).

Tier 1 yönteminde yanma teknolojisinin dikkate alınmaması önemli bir detay olarak bilinmektedir. Tier 2 ve 3 arasındaki farkı tespit etmek oldukça zor olmaktadır. Tier 2 metodu, farklı yakıt tüketim gruplarını tanımlamak için uygun emisyon faktörleri kullanılmaktadır. Tier 3 metodu ise, araçların kat ettiği mesafe ve taşınan yük miktarı gibi değişkenler de dikkate alınarak emisyon hesaplamaları yapılmaktadır (Atabey, 2013).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde karbon ayak izine yönelik yapılan çalışmaların giderek çoğaldığı gözlemlenmiştir. Atıkların karbon ayak izindeki rolü, yapılan çalışmalarda da net bir şekilde görülmüştür.

Ülkemizde üniversite örneği, belediye çalışması, ulaşım sektörü ve tekstil fabrikasında karbon ayak izinin önemine dair uygun çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Yaka vd., 2015; Atabey, 2013; Pendik Belediyesi Strateji Müdürlüğü, 2016; Pekin, 2006; Özlem, 2013; Coşkun ve Aydoğan, 2021).

Karbon ayak izi azaltımında kurumlar, olağan durumun saptanmasının önemli bir detay olduğunu belirtmektedir. Dünya ülkelerinde üniversite örnekleri karbon ayak izinde farklı faktörlerin hesaplamayı etkilediğini göstermektedir (Conway vd., 2007; Larsen vd., 2011; Rippon, 2014; Aroonsrimorakot vd., 2013; Turanlı, 2015; Vasquez vd., 2015).

Sreng (2016) tarafından, Sakarya Üniversitesi Esentepe kampüsünde gerçekleşen çalışma 2015 tarihli verilerle karbon ayak izi hesabı yapılmıştır. Hesaplama Tier 1 metodu, WRI ve WBCSD gibi sınır belirleme yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda kampüsün karbon ayak izi miktarı için 12.330,73 ton CO₂ sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca göre en çok salınımın elektrik tüketiminden oluştuğu tespit edilmiş ve sonraki salınım miktarları incelendiğinde de elektrik tüketiminden sonra öğrenci ve çalışan bireylerden kaynaklı salınım miktarlarının takip ettiği belirlenmiştir.

Demirbaş (2018) araştırmasında, bir ambalaj atığı geri dönüşüm tesisinin karbon ayak izi ile ilişkili olarak IBC (Intermediate Bulk Container) kaplarının ve sac varillerin geri dönüşüm proseslerini değerlendirmiştir. Tesisin nakliye faaliyetleri için 102.000 ton CO_{2e} ısınma faaliyetleri sonucu doğalgaz tüketimi 30.726 ton CO_{2e} değerinde ve elektrik tüketimi ise 8,6 ton CO_{2e} olarak bulunmuştur. Tesisin toplam emisyonları 132.734,6 ton CO_{2e} ve hesaplanan emisyonların çoğu ulaşım kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

Pendik Belediyesi (2014) çalışmasında, Pendik bölgesinde çeşitli sektörlerin sebep olduğu fosil yakıtı kaynaklı enerji tüketiminin oluşturduğu karbon ayak izinin tespiti yapılmıştır. Yöntemlerde de görüldüğü gibi 3 kapsamda ele alınarak hesabı yapılmıştır. Karbon ayak izi miktarları 2012 yılında 2232,41 kiloton CO₂, 2013 yılında 4028,25 kiloton CO₂ ve 2014 yılında 7092,92 kiloton CO₂ değerinde bulunmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda karbon ayak izini en çok etkileyen artan nüfus faktörü ve turizmin neden olduğu ve dolaylı olarak ulaşımın etki ettiği belirtilmiştir.

Başıoğlu vd. (2021) çalışmasında, Adıyaman ilinde bulunan bir tekstil fabrikası ele alınarak Tier 1 metodu ile karbon ayak izi hesabı yapılmıştır. Fabrika verilerine göre servis aracı (dizel), doğalgaz tüketimi, elektrik tüketimi, atık su gibi faktörlerin sırasıyla miktarları şu şekildedir; 5.475 lt/yıl, 55.200 m³/yıl, 456.000 kWh/yıl, 4.900 m³/yıl olduğu verilmiştir. Fabrika verilerinde göre 300 iş günü çalışmayı baz alarak hesabı gerçekleştirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda fabrika karbon ayak izi miktarı 297.343 ton CO₂/yıl olarak bulunmuştur. Çalışma değerlendirildiğinde karbon ayak izi miktarının en yüksek verisi elektrik kaynaklı olurken en düşük verisinin atık su kaynaklı olduğu gözlemlenmiştir.

TÜİK (2020) verilerine göre, 2020 yılına ait toplam karbon ayak izi değerinin 523,9 milyon ton CO₂ olduğu, 1990 yılında kişi başına düşen toplam miktar 4 ton CO₂, 2019 yılında bu değer 6,2 ton CO₂, 2020 yılında ise 6,3 ton CO₂ olduğu görülmüştür (URL-16). Karbon ayak izi faktörleri; enerji, endüstri, ürün kullanımı, tarım ve atık emisyonlarını kapsamakta olup, merkez kampüs sadece kampüs içerisindeki iş aktivitelerin emisyonlarını ele almaktadır. Avrupa verilerine bakıldığında, en güncel verinin 2020 yılına ait olduğu görülmüştür. Bu verilere göre kişi başına düşen toplam sera gazı emisyonu, Birleşik Krallık bölgesinde 5,99 ton, İsviçre’de 5,03 ton, Fransa’da 5,81 ton, Almanya’da ise 8.76 ton CO₂ miktarına eşdeğer olduğu görülmüştür.

Ankara Üniversitesinde yapılan çalışmada Teknokent’e ait 2021 yılı kurumsal karbon ayak izi hesabı yapılarak sonucunun 650 ton CO₂ değerinde olduğu görülmüştür (URL-3). Üniversite örneklerinde olan, Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesinde yapılan çalışma binaların enerji verimliliğini artırmaya yönelik olup 2021 yılına ait karbon ayak izi değeri 1215 ton CO₂ olarak görülmüştür

(Gençoğlu ve Samancı, 2022). DERLÜKS kurumuna ait genel merkez aktiviteleri sonucu karbon ayak izi miktarı 485,18 ton CO₂ olarak bulunmuştur. Kişi başına düşen miktar ise 4,53 ton CO₂ olarak bulunmuştur (URL-4).

Özlem (2013) çalışmasında, ülkemizde faaliyeti olan bir kâğıt fabrikasının karbon ayak izi hesabı yapılmış ve kâğıt üretiminden kaynaklı karbondioksit miktarı bulunmuştur. Fabrika kâğıt üretiminden kaynaklı CO₂ miktarına ek olarak şirkete ait araç emisyonları da hesaba katılmış ve 98,948 kiloton CO₂ değeri tespit edilmiştir.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), atık istatistikleri araştırma kapsamında 133,2 milyon ton atık miktarının 81,4 milyon tonunun bertaraf edildiği belirtilmiştir. Bu miktarın 51,7 milyon tonu geri kazanılmıştır. 81 milyon tonu düzenli depolama tesisi miktarı olup, 450 bin ton miktarı ise yakma tesisine ait atıkların bertarafı gerçekleşmişti. Beraber yakma tesislerinde ise 3,2 milyon ton atık yakılarak enerji geri kazanımı gerçekleştirildiği hesaplanmıştır. Kompost tesisine ait verinin 120 bin tonu geri kazanıldığı bilinmekte ve diğer geri kazanım tesisinde toplam 48,5 milyon ton atığın geri kazanıldığı bulunmuştur.

Çizelge 2.1. Türkiye İstatistik Kurumu sayısal verileri.

FAALİYET	2020		2022	
	Tesis sayısı	İşlenen atık miktarı(ton)	Tesis sayısı	İşlenen atık miktarı(ton)
Atık bertaraf ve geri kazanım tesisleri	2.752	127.401.232	3.136	133.183.175
Atık bertaraf tesisleri	184	78.333.403	200	81.446.031
Düzenli depolama tesisi	174	77.762.423	191	80.996.500
Yakma tesisi	10	570.980	9	449.532
Atık geri kazanım tesisleri	2.568	49.067.829	2.936	51.737.143
Kompost tesisi	9	127.046	11	120.096
Beraber yakma(ko-insinerasyon) tesisi	50	1.298.579	59	3.154.270
Diğer geri kazanım tesisler⁽¹⁾	2.509	47.642.204	2.866	48.462.778
*Çizelgedeki sayısal verilerde yuvarlama yapılmıştır.				
*Tesislere yurtdışından gelen atıklar dahildir.				
(1) Metal, plastik, mineral vb. atık geri kazanımı yapan tesislerdir.				

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada, Konya ilinde bulunan bir toplama ayırma firmasının 2023 yılına ait faaliyet verileri dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır. Hesaplamalar Tier metodu ile Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 kaynaklı karbon ayak izi hesabı yapılmıştır.

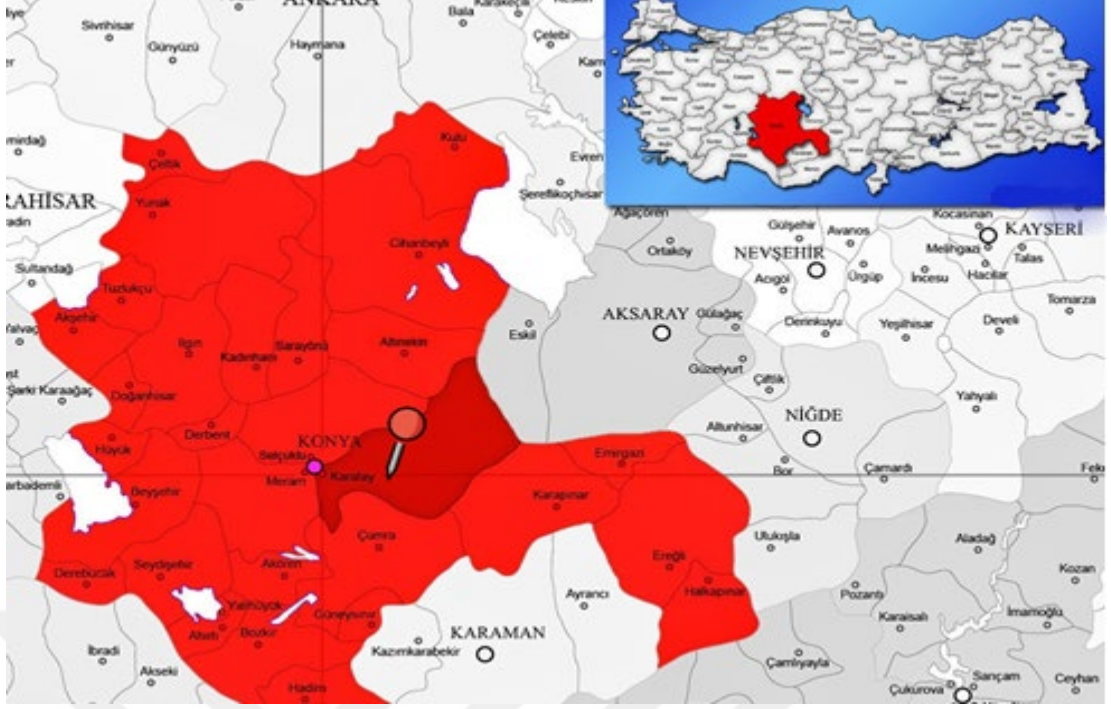
Bu çalışmada firmadan temin edilen faaliyet verileri şu şekildedir;

- Çalışmanın yapıldığı faaliyet tanımı,
- Çalışma alanı hakkında bilgiler,
- Tesis bünyesinde kullanılan ekipmanlar,
- Tesiste oluşan ve bertaraf edilen atık türleri ve miktarları,
- Araçlarda tercih edilen yakıt türü,
- Tehlikesiz atıkların miktarı (yıllık),
- Yangın tüpü miktarı (yıllık),
- Atık kamyonunun yol mesafesi (yıllık),
- Elektrik tüketimi (yıllık),
- Doğalgaz kullanımı (yıllık),
- Personel servis araçlarının mesafeleri (yıllık),

tez kapsamında değerlendirilmiştir.

3.1.1 Çalışmanın yapıldığı firma faaliyet tanımı

Tez çalışmasına konu olan firma; Konya İli, Karatay İlçesinde, 23801 ada, 5 parsel numarasında kayıtlı, 4998,77 m² yüzölçümlü alan üzerinde, 3000 m² yüzölçümlü kapalı alanda bulunmaktadır. Konum bilgisi Şekil 3.1’de verilmiştir. İşletme günümüzde Ambalaj Atığı Toplama Ayırma konusunda faaliyet göstermektedir.



Şekil 3.1. Atık toplama tesisinin harita üzerinde şematik gösterimi.

3.1.2 Firmanın faaliyeti hakkında bilgiler

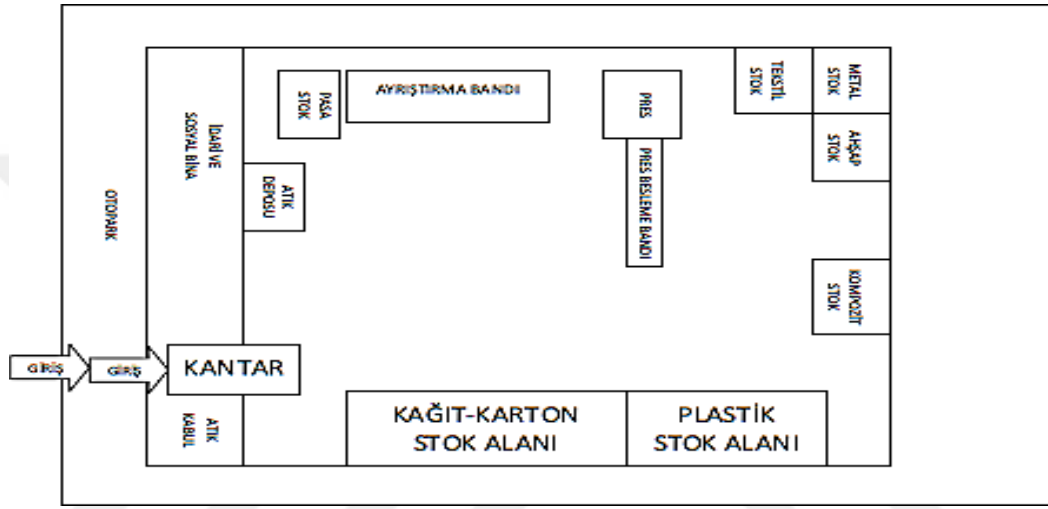
Ambalaj Atığı Ayrıştırma ve Presleme Ünitesi tesiste 4498,77 m² alanda (2500 m² kapalı ve 2098,77 m² açık alan) yer almaktadır. Tesise gelen atıklar ilk önce kontrolü yapılır kantarda tartılarak atık kabulü yapılır. Kabul edilen ambalaj zemini beton olan kapalı alana boşaltılmaktadır. Burada biriken atıklar lastik tekerlekli yükleyici vasıtasıyla ayırma bandı aktarma bandına aktarılır. Şekil 3.2'deki aktarma bandından ayırma bandına gelen malzeme hareketli bant üzerinde manuel olarak işçiler tarafından sınıflarına göre ayrıştırılır ve atığın cinsine göre ilgili ayırma haznesine daha sonra boşaltma ayrıştırma presleme ve stoklama işlemleri gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.2. İş ekipmanları.

Hazne altındaki tekerlekli olan ve etrafı tellerle çevrili olan taşıma kafesleri dolduğunda bir işçi tarafından pres aktarma bandı önüne getirilmektedir. Lastik tekerlekli yükleyici ile kafesin içerisindeki çuval çıkartılarak içindeki malzeme pres hareket bandına aktarılmaktadır. Tesise ait iş akım şeması Şekil 3.3’de verilmiştir.

Bu ünite 10 metre uzunluğunda 8 metre genişliğinde 9 bölmeli (8 atık ayrıştırma 1 pasa boşaltma) ayrıştırma bandı ve 1 adet pres ve prese ait yükleme bandı yer almaktadır.



Şekil 3.3. Toplama ayırma tesisinin iş akım şeması.

Malzemeler preslenerek her bir atık için belirlenen atık stok alanında depolanmaktadır. Belirli miktara ulaşan atıklar araçlara yüklenecek geri dönüşüm gerçekleşmesi için ambalaj atıkları konusunda lisanslı geri dönüşüm tesisine gönderilmektedir.

3.1.3 Tesise kabul edilmesi planlanan atık kodları

3.1.3.1 Kâğıt-karton ambalaj (15 01 01) : Bu kategoriye kâğıt ve kartondan yapılmış ambalaj malzemeleri dâhil olmaktadır. Örneğin, karton kutular, kâğıt poşetler ve karton ambalajlı ürünler bulunmaktadır.

3.1.3.2 Plastik ambalaj (15 01 02) : Bu kategori plastik malzemenin yapılmış ambalajları içermektedir. Örneğin, plastik şişeler, ambalaj filmleri ve plastik torbalar bu kategoriye dahil olmaktadır.

3.1.3.3 Ahşap ambalaj (15 01 03) : Ahşap malzemeden yapılmış ambalajlar bu kategoriye girmektedir. Örneğin, ahşap paletler ve kasa ambalajlar bu gruba örnek olarak verilmektedir.

3.1.3.4 Metalik ambalaj (15 01 04) : Metal malzemeden yapılmış ambalajları kapsamaktadır. Örneğin, metal kutular, teneke kutular ve alüminyum folyo bu kategoriye dahil olmaktadır.

3.1.3.5 Kompozit ambalaj (15 01 05) : Birden fazla malzemenin birleştirilmesiyle oluşturulan ambalajları ifade etmektedir. Örneğin, plastik ve kartonun bir araya getirilmesiyle yapılan ambalajlar bu kategoriye girmektedir.

3.1.3.6 Karışık ambalaj (15 01 06) : Farklı malzemelerin karışımından oluşan ambalajları ifade etmektedir. Bu ambalajların ayrıştırılması ve geri dönüşümü genellikle zor olmaktadır.

3.1.3.7 Cam ambalaj (15 01 07) : Cam malzemeden yapılmış ambalajları içerir. Örneğin, cam şişeler ve kavanozlar bu kategoriye dahil olmaktadır.

3.1.3.8 Tekstil ambalaj (15 01 09) : Tekstil malzemeden yapılmış ambalajları ifade eder. Örneğin, jüt torbalar ve bez ambalajlar bu kategoriye örnek olarak verilebilir.

3.1.3.9 Plastikler (20 01 39) : Plastik atıkları genel olarak ifade eder. Bu kategori, plastik ambalaj dışındaki plastik atıkları içermektedir.

3.1.3.10 Kâğıt ve karton (20 01 01) : Kullanılmış kâğıt ve karton malzemesini ifade eder. Bu kategoriye gazete, dergi, karton kutular ve kâğıt atıkları dahil olmaktadır.

3.1.4 Tesiste Oluşabilecek Atık Kodları

Tesiste işlenen atıklarla beraber gelen, ancak geri dönüşümü iktisadi veya mümkün olmayan atıklar, pasa olarak değerlendirilmektedir. Tesiste oluşacak atık kodlarının gösterimi Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Değerlendirilecek atıklar enerji elde etmek amacıyla çimento fabrikasına gönderilip bertarafı sağlanmaktadır. Tesiste bulunan çalışanların tüketimleri neticesinde oluşan

15 01 06 kodlu atıklar, tesis içinde ayrıştırılıp, lisanslı geri kazanım tesislerine gönderilmektedir. Tesiste bulunan ofislerden oluşması muhtemel olan 08 03 17 kodlu atıklar, konusunda lisanslı geri kazanım veya bertaraf tesislerine sevk edilmektedir. Tesiste bulunan çalışanların iş elbisesi ile kişisel koruyucu donanımların ömrünü tamamlaması neticesinde oluşması muhtemel olan 15 02 02 kodlu atıklar, konusunda lisanslı bertaraf tesislerine sevk edilmektedir.

Tesiste bulunan makine ve ekipmanların yağ eksiltmesi durumunda yağ eklenecek olup, bu durumda 15 01 10 kodlu atığın çıkışı söz konusu olacaktır. Bunlar da konusunda lisanslı geri kazanım tesisine sevk edilmektedir. Ofiste 16 06 04 kodlu alkali pil atığı çıkışı söz konusu olacaktır. Oluşması durumunda TAP'a ait pil toplama noktasına bu piller bırakılmaktadır.

Çizelge 3.1. Tesisten oluşacak atık kodlarının gösterimi.

Atık Kodu	Atık kodu tanımı	Açıklama	Toplam Atık Miktarı
08 03 17	Tehlikeli maddeler içerir (atık baskı toneri)	A	10 kg/yıl
15 02 02	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş filtre malzemeleri, temizlik malzemesi	A	200 kg/yıl
15 01 06	Karışık ambalaj	-	1104 kg/yıl
15 01 06	Karışık ambalaj (PASA)	-	8000 kg/yıl
15 01 10	Tehlikeli madde kalıntısı içeren veya tehlikeli madde ile kontamine olmuş ambalaj	A	20 kg/yıl
16 06 04	Alkali piller	-	0.1 kg/yıl
20 01 08	Bozunabilir(biyolojik) mutfak-kantin atığı	-	5520 kg/yıl

Personelin yeme-içmesi neticesinde oluşan biyolojik atıklar Karatay Belediyesine ait çöp konteynerına boşaltılmaktadır. Personelin kişisel ihtiyaçlarını karşılaması neticesinde oluşan atıksular KOSKİ'ye ait kanalizasyon sistemine deşarj edilmektedir. Tesise yemek, firmaya ait merkez binadan gelecek olup bu sebepten atık kızırtma yağı oluşması beklenmemektedir.

3.1.5 Tesisin 2023 yılına ait sayısal verileri

Tesisin 2023 yılına ait faaliyet miktarları, çevresel etkilerin değerlendirilmesi açısından önemli bir kaynaktır. Tesisin 2023 yılına ait faaliyet miktarları Çizelge

3.2’de verilmiştir. Elektrik tüketimi, tesisin temel enerji gereksinimlerini karşılamak için kullandığı bir kaynaktır. Yılda 180.000 kwh elektrik tüketimi, tesisin işleyişinin ve üretiminin önemli bir bileşenidir. Elektrik üretimi genellikle fosil yakıtların yanmasıyla gerçekleşir ve bu da sera gazı emisyonlarına yol açmaktadır (URL-12).

Doğalgaz tüketimi de tesisin enerji gereksinimlerini karşılamak için kullanılan bir kaynaktır. Yılda 23.100 m³ doğalgaz tüketimi, tesisin ısıtma, prosesler ve diğer uygulamalar için doğalgazı nasıl kullandığını göstermektedir. Doğalgazın yanması da sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır.

Çizelge 3.2. Tesisin 2023 yılına ait faaliyet miktarları.

Faaliyet Adı	Birim	Miktar
Elektrik tüketimi	kwh/yıl	180.000
Doğalgaz tüketimi	m ³ /yıl	23.100
Servis- dizel	km/yıl	21.216
Tehlikesiz atık	kg/yıl	1.157.012
Atık kamyonu	km/yıl	156.000
Yangın Tüpleri	adet/yıl	8
Dizel tüketimi	l/yıl	1.485
Benzin tüketimi	l/yıl	21.840

Bu veriler, tesisin enerji tüketimi, atık üretimi ve taşımacılık faaliyetleri gibi çeşitli alanlardaki performansını hesaplamamıza yardımcı olmaktadır.

Servis için kullanılan dizel araçlar, tesis personelinin taşınması ve malzeme nakliyesi gibi faaliyetlerde önemli bir rol oynar. Yılda 21.216 kilometre yol kat edilmesi, tesisin taşımacılık faaliyetlerinin yoğunluğunu yansıtır. Bu araçların yakıt tüketimi, karbon ayak izinin hesaplanmasında önemli bir faktördür.

Tehlikesiz atık miktarı, tesisin ürettiği atıkların boyutunu ve kapsamını göstermektedir. Yılda 1.157.012 kilogram tehlikesiz atık üretimi, tesisin atık yönetimi stratejilerini değerlendirmemize olanak tanıyacaktır. Bu atıkların uygun şekilde bertaraf edilmesi ve geri dönüştürülmesi önemlidir, aksi halde çevresel etkilere ve kaynak israfına neden olabilmektedir.

Atık kamyonları, tesisin atık yönetimi sürecinde önemli bir rol oynar. Yılda 156.000 kilometre yol kat edilmesi, atık toplama ve taşıma faaliyetlerinin yoğunluğunu yansıtmaktadır. Bu süreçlerde kullanılan yakıt miktarı ve taşıma mesafesi, karbon ayak izinin hesaplanmasında dikkate alınacaktır.

Yangın tüpleri, tesisin güvenlik ekipmanlarından biridir ve yıl boyunca toplam 8 adet kullanılmıştır. Bu, tesisin yangın riskini yönetme stratejilerinin bir parçasıdır ve güvenlik standartlarının korunmasına yardımcı olacaktır (URL-11).

Dizel ve benzin tüketimi de tesisin taşımacılık ve işletme faaliyetlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Yıllık 1.485 litre dizel ve 21.840 litre benzin tüketimi, tesisin yakıt kullanımının boyutunu ve çevresel etkilerini göstermektedir. Bu verilerin analizi ve çevresel etkilerin değerlendirilmesi, tesisin sürdürülebilirlik çabalarını yönlendirmek ve iyileştirmek için önemli olduğu bilinmektedir. Enerji verimliliği, atık azaltma ve taşımacılık optimizasyonu gibi alanlarda yapılacak iyileştirmeler, tesisin karbon ayak izinin stratejine yardımcı olacaktır.

Çizelge 3.3. Tesisin 2023 yılına ait atık türleri ve miktarı.

AYLAR	15 01 01 (kg/ay)	15 01 02 (kg/ay)	15 01 06 (kg/ay)	20 01 01 (kg/ay)	20 01 39 (kg/ay)
Ocak	1610	1560	3240	274800	-
Şubat	100	8440	6130	380710	35036
Mart	14151	10320	52795	233020	8520
Nisan	119223	23600	8260	365567	27323
Mayıs	6660	16340	10470	458374	2970
Haziran	125883	8275	8260	434453	17693
Temmuz	2820	1520	12100	230000	-
Ağustos	7590	20050	7240	762730	-
Eylül	136293	96000	7680	359960	-
Ekim	136293	74880	25053	410090	-
Kasım	2520	54236	3350	335830	-
Aralık	-	31088	9840	218270	-
Toplam	553143	346309	154418	4463804	91542

Tesiste işlenen ve karbon ayak izi hesabında dikkate alınan atık miktarı ise 2023 yılı için 1.157.012 kg/yıl olarak tespit edilmiştir.

3.2 Yöntem

Bu çalışma kapsamında Konya İlindeki Atık Toplama Tesisinin karbon ayak izi hesaplanmıştır. Belirtilen tesisin karbon ayak izine neden olan faktörleri; elektrik tüketimi, yangın tüpleri, servis aracı, atık kamyonu, atıklar şeklindedir. Hesaplama 2006 IPCC Rehberi kılavuz olarak dikkate alınmıştır ve Tier metodu yöntemiyle Kapsam 1, 2, 3 açısından değerlendirilmiştir. Hesaplamalar yapılırken Excel formatlı hesaplama tablosu ve grafik kullanılmıştır. Tesis için sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında, Kapsam-1, Kapsam-2 ve Kapsam-3 çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bu çalışmada;

- ✓ Benzin ve dizel kullanımından kaynaklı,
- ✓ Doğalgaz tüketiminden kaynaklı,
- ✓ Yangın tüpü kullanımından kaynaklı,
- ✓ Elektrik tüketiminden kaynaklı,
- ✓ Personel servis aracından kaynaklı,
- ✓ Atık kamyonu kaynaklı ve
- ✓ Tehlikesiz atıklardan kaynaklı emisyon hesabı yapılmıştır.

3.2.1 Doğrudan sera gazı emisyon kaynakları (Kapsam 1)

Bu kapsamda tesis için yapılacak hesaplamada doğalgaz, yakıt ve yangın tüplerinden kaynaklanan emisyonları Kapsam 1 içerisinde yer almaktadır.

3.2.2 Enerji dolaylı sera gazı emisyon kaynakları (Kapsam 2)

Bu kapsamda tesis için yapılacak hesaplamada elektrik tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları Kapsam 2’de yer almaktadır.

3.2.3 Diğer dolaylı sera gazı emisyon kaynakları (Kapsam 3)

Bu kapsamda tesis için değerlendirilen emisyon kaynakları; personel servislerinden, atık kamyonu ve tehlikesiz atıklardan kaynaklanan emisyon kaynakları Kapsam 3’te yer almaktadır. Tesiste kullanılan araçların yakıtları benzin ve dizel olduğu kabul edilmiştir.

Tesisin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşabilmesi için Kapsam 3 emisyonlarının azaltılması önem taşımaktadır. Böylece, daha verimli yakıt tüketimi sağlayan araçların kullanılması, atık yönetim süreçlerinin iyileştirilmesi ve alternatif ulaşım yöntemlerinin teşvik edilmesi gibi öneriler verilmiştir.

Çizelge 3.4. Kapsamlarına göre sera gazı emisyon kaynağı.

Kapsamlar	Emisyon Kaynağı
Kapsam 1	Yakıt(benzin-dizel), yangın tüpleri, doğalgaz
Kapsam 2	Elektrik
Kapsam 3	Personel servisleri, atıklar, atık kamyonu

Dizel ve benzin yakıtlarının yoğunluk değerleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Yoğunluk değerleri (URL-17).

Yakıt Türü	Yoğunluk(kg/L)
Dizel	0,830
Benzin	0,735

Hesaplamalarda kullanılacak emisyon faktörlerinin yanı sıra, yakıt türlerinin alt ısı değerleri de önemli olmaktadır. Alt ısı değer, bir birim yakıtın enerji içeriğini ifade eder ve emisyon hesaplamalarında kullanılan bir parametredir. Doğalgaz, benzin ve dizel için alt ısı değerler Çizelge 3.6'da belirtilmiştir.

Çizelge 3.6. Yakıt türüne göre alt ısı değerleri.

Yakıt Türü	Alt Isıl Değer	Kaynak
Doğalgaz	8.100 kcal/m ³	(URL-9)
Benzin	44,3 MJ/kg	(Kılıç vd., 2021)
Dizel	43 MJ/kg	(Kılıç vd., 2021)

Farklı faaliyetlerin sera gazı emisyonlarını temsil eden birim başına emisyon faktörleri, çeşitli kaynaklardan elde edilmiştir ve değerleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Faaliyet türüne göre emisyon faktörü değerleri.

Faaliyet Adı	Birim	Emisyon Faktörü	Kaynak
Elektrik tüketimi	kgCO ₂ e/kwh	0,447	(URL-7)
Servis-dizel	kgCO ₂ e/km	0,17	(URL-5)
Atık kamyonu	kgCO ₂ e/km	0,17	(URL-5)
Tehlikesiz atık	kgCO ₂ e/ton	21,294	(URL-5)
Yangın tüpü (Kaçak Emisyon Oranı)	Adet	0,04	(URL-10)
Doğalgaz	kgCO ₂ e /TJ	56,100	(Seyhan ve Çerçi, 2022)
Benzin	kgCO ₂ e /TJ	69,300	(Seyhan ve Çerçi, 2022)
Dizel	kgCO ₂ e /TJ	74,100	(Seyhan ve Çerçi, 2022)

3.2.4 Atık türlerine göre emisyon faktörleri

Tesisin karbon ayak izi miktarını hesaplamak için plastik, karışık ambalaj ve kağıt/karton atıkların karbon salınımı emisyon faktörleri kullanılarak atıkların kendi arasında karbon ayak izine etkisi değerlendirilecektir. Atıklar, değişen bileşimleri ve bertaraf yöntemleri nedeniyle farklı emisyon faktörlerine sahiptir. Atıklardan kaynaklanan toplam emisyonları elde etmek için her atık türünden kaynaklanan emisyonlar toplanmaktadır. Plastik atıkların karbon salınımı emisyon faktör değeri; 0,5 ton CO₂, karışık ambalaj atıkların karbon salınımı emisyon faktör değeri; 0,3 ton CO₂, kağıt ve karton atıkların karbon salınımı emisyon faktör değeri; 0,2 ton CO₂' dir. Bütün değerlerin hesabı tamamlandığında toplam karbon ayak izi miktarı için denklem (3.1) kullanılacaktır.

$$TKAİ: DE + EDE + DDE \quad (3.1)$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Konya ilinde bulunan atık toplama tesisindeki ürünlerin 2023 yılı karbon ayak izini hesaplamak için ele alınan; yakıt, doğalgaz, yakıt tüketimi, elektrik tüketimi, yangın tüpleri, atıklar gibi faktörlerle hesabı yapılmıştır.

Elektrik tüketimi, doğalgaz tüketimi, servis-dizel, tehlikesiz atık, atık kamyonu, yangın tüpleri, dizel tüketimi, benzin tüketimi verileri, belirli bir faaliyetin çevresel etkilerini değerlendirmek için önemli bir bilgi kaynağı sağlamaktadır. Yüksek elektrik ve doğalgaz tüketimi, enerji verimliliği önlemlerinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Aynı şekilde, dizel ve benzin tüketimi, taşımacılıkta daha sürdürülebilir seçeneklerin değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Tehlikesiz atık miktarındaki yükseklik, atık yönetimi stratejilerinin gözden geçirilmesi gerektiğini işaret etmektedir. Bu veriler, çevresel etkileri azaltmak için yapılacak adımların belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

4.1 Doğrudan Sera Gazı Emisyon Kaynakları (Kapsam 1)

IPCC 2006 verilerine göre, atık taşıma araçlarının kilometre başına yaydığı karbondioksit eşdeğeri belirli bir faktörle çarpılarak hesaplanabilmektedir. Bu faktör, atık taşıma araçlarının türüne, yakıt türüne ve kullanım şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Tesisteki araçlarda yakıt olarak benzin ve dizel kullanıldığı için diğer yakıt türlerinin hesabı yapılmamıştır.

Bu hesaplamada Çizelge 3.4 de yer alan emisyon faktörü değeri dikkate alınmıştır. Yoğunluk değeri için Çizelge 3.5, alt ısı değeri için Çizelge 3.6 dikkate alınmıştır. Doğrudan sera gazı emisyonları olan dizel ve benzin yakıtları kaynaklı emisyonlar denklem (4.1) ile hesaplanmaktadır.

$$KAİ = (FV) \times (EF) \times (AID) \times (D) \times (OF) \times (KIP) \quad (4.1)$$

KAİ: Karbon Ayak İzi (ton CO₂e)

FV: Faaliyet Verisi

EF: Emisyon Faktörü

AID: Alt Isıl Değer

D: Yoğunluk

OF: Oksidasyon Faktörü

KIP: Küresel Isınmaya Etki Potansiyeli

4.1.1 Benzin tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi hesabı

Tesisteki atık araçları, günlük olarak 5 saatlik bir süre boyunca aktif olarak çalışmaktadır. Her bir araç, bu süre zarfında ortalama olarak saatte 14 litre benzin tüketmektedir. Tesisteki bu araçlar, haftanın 6 günü sürekli olarak faal durumdadır. Bu veriler doğrultusunda haftalık toplam benzin tüketimi 420 litreye ulaşmaktadır. Yıllık olarak hesaplandığında ise bu miktar $420 \text{ litre/hafta} \times 52 \text{ hafta} = 21.840 \text{ litre/yıl}$ olarak belirlenmiştir. Benzin tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi hesabı için denklem (4.2) kullanılmıştır.

$$KAİ = (FV) \times (EF) \times (AID) \times (D) \times (OF) \times (KIP) \quad (4.2)$$

KAİ: Karbon Ayak İzi (ton CO₂e)

FV: Faaliyet Verisi

EF: Emisyon Faktörü

AID: Alt Isıl Değer

D: Yoğunluk

OF: Oksidasyon Faktörü

KIP: Küresel Isınmaya Etki Potansiyeli

$(21840 \text{ L}) \times (69,300 \text{ kg /TJ}) \times (44,3 \text{ MJ/kg}) \times (1 \text{ TJ}/1.000.000 \text{ MJ}) \times (0,735 \text{ kg/L}) \times (1 \text{ ton}/ 1.000 \text{ kg}) \times (1) \times (1)$

KAİ=4,921 ton CO₂e

Benzin tüketiminin sebep olduğu karbon ayak izi miktarı hesaplamalar sonucunda 4,921 ton CO_{2e} olarak bulunmuştur. Bu karbon ayak izi miktarı, tesisteki faaliyetlerin doğası ve kapsamı hakkında önemli bir bilgi sunmaktadır. Ayrıca, atık araçların benzin tüketimi, tesisin çevresel etkilerini değerlendirmek için önemli olmaktadır.

4.1.2 Dizel tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi hesabı

Tesisteki servis aracının günlük ortalama kilometre tüketimi 68 kilometredir. Araç, her 100 kilometrede ortalama olarak 7 litre dizel tüketmektedir. Bu veriler ışığında, aracın yıllık dizel tüketimi hesaplanmıştır. Haftalık dizel tüketimi, 68 km/gün x 7 L/100 km = 4.76 litre/hafta olarak belirlenmiştir. Yıllık dizel tüketimi ise haftalık tüketim miktarının hafta sayısı olan 52 hafta ile çarpılması sonucunda 1485 litre/yıl olarak hesaplanmıştır. Dizel tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi hesaplanması için denklem (4.3) kullanılmıştır.

$$KAİ = (FV) \times (EF) \times (AID) \times (D) \times (OF) \times (KIP) \quad (4.3)$$

FV: Faaliyet Verisi

EF: Emisyon Faktörü

AID: Alt Isıl Değer

D: Yoğunluk

OF: Oksidasyon Faktörü

KIP: Küresel Isınmaya Etki Potansiyeli

$$(1.485 \text{ L}) \times (74,100 \text{ kg /TJ}) \times (43 \text{ MJ/kg}) \times (1 \text{ TJ}/1.000.000\text{MJ}) \times (0,83 \text{ kg/L}) \times (1 \text{ ton}/1.000 \text{ kg}) \times (1) \times (1)$$

$$KAİ= 3,313 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

Bu hesaplama sonucunda, dizel tüketiminin sebep olduğu karbon ayak izi miktarı 3,313 ton CO_{2e} olduğu belirlenmiştir. Bu bilgi, tesisin çevresel etkilerini değerlendirmek ve sürdürülebilirlik stratejileri geliştirmek için önemli bir veri

olmaktadır. Bu nedenle, karbon ayak izi değeri çevresel performansı analiz etmek ve iyileştirmek için önemli bir araç olduğu görülmektedir.

4.1.3 Doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi hesabı

Doğalgaz tüketimi, bir tesisin enerji ihtiyacını karşılamak için önemli bir unsurdur ve çevresel etkileri değerlendirmede dikkate alınması gereken bir faktör olduğu bilinmektedir. Söz konusu tesiste yıllık doğalgaz tüketimi 23.100 m³ olarak belirlenmiştir. Bu miktar, tesisin ısınma kaynaklı doğalgaz miktarını temsil etmektedir. Doğalgazın yanması sonucu ortaya çıkan emisyonlar, çevresel etkileri değerlendirmek için önemli bir ölçüt olan emisyon faktörleriyle ilişkilendirilmektedir. Tesisin doğalgaz tüketimine ilişkin veriler, karbon ayak izi hesaplamaları gibi çevresel performans ölçümlerinde kullanılmaktadır. Bu hesaplama, doğalgaz tüketimi gibi faaliyet verileri, çevresel etkileri azaltma ve sürdürülebilirlik stratejileri geliştirme süreçlerinde değerli bir rol oynamaktadır. Doğalgazın enerji içeriğini belirleyen alt ısı değer gibi faktörler de hesaplamalarda dikkate alınmaktadır. Hesaplama 1 kcal değerinin dönüşüm değeri 4,18 kJ olarak dikkate alınmıştır. Doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi hesabı için denklem (4.4) kullanılmıştır.

$$KAİ = (FV) \times (EF) \times (AID) \times (OF) \times (KIP) \quad (4.4)$$

KAİ: Karbon Ayak İzi (ton CO₂e)

FV: Faaliyet Verisi

EF: Emisyon Faktörü

AID: Alt Isıl Değer

OF: Oksidasyon Faktörü

KIP: Küresel Isınmaya Etki Potansiyeli

$(23.100 \text{ m}^3) \times (56,100 \text{ kg/TJ}) \times (8.100 \text{ kcal/m}^3) \times (4,18 \text{ kJ/1kcal}) \times (1 \text{ TJ/1.000.000.000kJ})$
 $\times (1 \text{ ton/ 1.000 kg}) \times (1) \times (1)$

KAİ= 0,159 ton CO₂e

Bu hesaplama sonucunda, doğalgaz tüketiminin sebep olduğu karbon ayak izi miktarı 0,1592 ton CO₂e olduğu belirlenmiştir. Doğalgaz tüketiminden kaynaklanan KAI miktarının yüksek olması, tesisin çevresel etkilerinin ciddiyetini ve çevresel sürdürülebilirlik çabalarının önemini vurgulamaktadır. Bu miktarın azaltılması için tesis yönetimi, stratejik adımlar atmaya ve çevresel performanslarını sürekli olarak izlemeye devam etmelidir.

4.1.4 Yangın tüplerinden kaynaklı karbon ayak izi hesabı

Yangın tüplerinin doğrudan sera gazı emisyonu hesaplanırken tüplerin ağırlığı, sayısı ve kaçak emisyon oranı dikkate alınmaktadır. Sera gazı emisyonu miktarı, tesisteki yangın tüplerinin toplam ağırlığı, sayısı ve kaçak emisyon oranına bağlı olarak belirlenmektedir. 2023 yılında tesiste bulunan 8 adet yangın tüpünden kaynaklanan doğrudan sera gazı emisyonu denklem (4.5) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$KAI = (TA) \times (TS) \times (KEO) \quad (4.5)$$

KAI (Karbondiyoksit Ayak İzi): Yangın tüplerinden kaynaklanan sera gazı emisyonunun ölçüsü, ton CO₂e cinsinden ifade edilmektedir.

TA (Tüp Ağırlığı): Her bir yangın tüpünün ağırlığıdır.

TS (Tüp Sayısı): Tesiste bulunan yangın tüplerinin toplam sayısıdır.

KEO (Kaçak Emisyon Oranı): Yangın tüplerinin kullanımı sırasında meydana gelen kaçak emisyonu oranıdır. Bu oran, Pegasus' un 2021 verilerine dayanarak belirlenmiştir.

$$(5 \text{ kg}) \times (1 \text{ ton}/1.000\text{kg}) \times (8) \times (0,04)$$

$$KAI = 0,0016 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

Hesaplama sonucunda, yangın tüplerinin neden olduğu karbon ayak izinin değeri 0,0016 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. Yangın tüplerinden kaynaklanan sera gazı emisyonu miktarı, tesisin çevresel etkisini anlamak ve tesisin çevresel performansını değerlendirmek, çevresel sürdürülebilirlik çabalarını yönlendirmek için önemli

olmaktadır. Sonucun düşük olması, tesisin çevreye olan olumsuz etkisini azaltma çabalarının bir göstergesi olarak yorumlanabilir.

4.1.5 Kapsam 1 değerlendirme

Kapsam 1 değerlendirme, genellikle çevresel etkileri ölçmek için tercih edilmektedir. Bu değerlendirme, bir firmanın faaliyetleri, ürünleri veya hizmetleri ile ilgili olarak doğrudan kontrol edilebilir ve ölçülebilir etkileri ele almaktadır.

Kapsam 1 değerlendirmesi, sera gazı emisyonları gibi belirli çevresel etkileri belirlemek ve bunların kaynağını belirlemek için yapılmaktadır. Çevresel performansın izlenmesi ve iyileştirme fırsatlarının belirlenmesi için önemlidir. Bu sayede firmalar, kapsam 1 emisyonlarını azaltma stratejileri geliştirerek, çevresel etkilerini minimize etmeye çalışabilirler. Bu durum, yenilenebilir enerji kullanımına geçiş yapmak, enerji verimliliğini artırmak veya proseslerin optimize edilmesi gibi çeşitli yöntemleri içermektedir.

Sonuç olarak, kapsam 1 değerlendirmesi, bir şirketin doğrudan kontrol ettiği çevresel etkileri belirleme ve yönetme sürecini göstermektedir. Bu değerlendirme, sürdürülebilirlik çabalarının odak noktalarını belirlemeye ve çevresel performansı iyileştirmeye yardımcı olmaktadır.

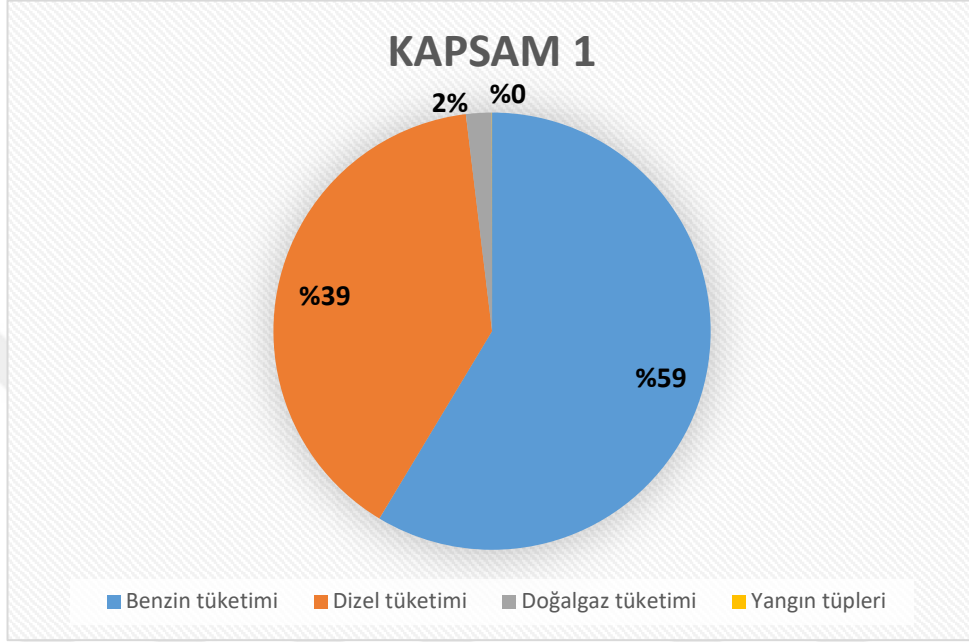
Çizelge 4.1. Kapsam 1 kaynaklı KAİ miktarları.

Faaliyet Adı	Karbon Ayak İzi(ton CO₂e)
Benzin tüketimi	4,921
Dizel tüketimi	3,313
Doğalgaz tüketimi	0,159
Yangın tüpleri	0,0016
TOPLAM	8,396

Çalışmada tesisin verilen faaliyet verileri ile yapılan hesabından karbon ayak izi faaliyetleri şu şekildedir:

Benzin tüketimi 4,921 ton CO₂e, dizel tüketimi 3,313 ton CO₂e, doğalgaz tüketimi 0,159 ton CO₂e ve yangın tüplerinin tüketimi ise 0,0016 ton CO₂e'dir. Çizelgeye bakıldığında, tesisin karbon ayak izinin büyük bir kısmının benzin tüketimi tarafından oluşturulduğu görülmektedir. Benzin tüketimi, toplam karbon ayak izinin yaklaşık

yarısını oluştururken, dizel tüketimi de önemli miktarda emisyonlara katkı sağlamaktadır. Doğalgaz tüketimi kaynaklı ve yangın tüplerinin oluşturduğu emisyon miktarı oldukça düşüktür ve genel karbon ayak izinin çok küçük bir kısmını oluşturur. Özellikle daha yüksek emisyon kaynaklarına odaklanarak karbon ayak izini azaltmaya yönelik stratejiler geliştirilebilir.



Şekil 4.1. Kapsam 1 KAİ yüzdeleri.

Çizelge 4.2’ de bulunan değlerlerin kapsam 1 kaynaklı karbon ayak izi yüzdeleri şu şekildedir:

En yüksek karbon ayak izi miktarı olan benzin tüketimi %59 ile en başta yer almaktadır. %39 ile dizel tüketiminden kaynaklı, %2 ile doğalgaz tüketiminden kaynaklı ve yaklaşık %0 ile yangın tüplerinin yaydığı kaçak emisyon kaynaklı karbon ayak izinin yüzdelik dağılımı Şekil 4.1’de gösterilmektedir.

4.2 Enerji Dolaylı Sera Gazı Emisyon Kaynakları (Kapsam 2)

Tesis için bu kapsamda buhar veya ısı gibi faktörler bulunmamaktadır. Bu yüzden sadece elektrik tüketiminden kaynaklı değ dikkate alınacaktır. Elektrik kaçağı, doğrudan sera gazı emisyonlarına neden olmadığından emisyon değeri yoktur. Enerji dolaylı sera gazı emisyonlarından olan elektrik kaynaklı emisyon hesaplamaları Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.7 değleri ile bulunacaktır.

4.2.1 Elektrik kaynaklı karbon ayak izi hesabı ve değeriendirmesi

Yıllık elektrik tüketim miktarı 180.000 kwh olduğu verilmiştir. Elektrik kaynaklı karbon ayak izi hesabı için denklem (4.6) kullanılmıştır.

$$KAİ = (FV) \times (EF) \quad (4.6)$$

KAİ: Karbon Ayak İzi (ton CO₂e)

FV: Faaliyet verisi yıllık tüketim (kWh /yıl) toplam elektrik miktarı,

EF: Emisyon faktörünü (kgCO₂ /kWh),

(180.000 kwh) x (0,447 kg CO₂e /kwh)

KAİ=80,46 ton CO₂e

Hesaplama sonucunda, elektrik tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi miktarı 80,46 ton CO₂e olarak tespit edilmiştir. Tesiste buhardan yada kapsam 2 kapsamında faktör bulunmadığından elektrik tüketimi tek başına değeriendirilmiştir.

Kapsam 2 değeriendirmesi, firmanın faaliyetlerinden kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonlarını değeriendirmek için kullanılan bir kavramdır. Kapsam 2 emisyonları, bir firmanın elektrik, ısı veya buhar gibi enerji kaynaklarını satın alması veya kullanmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bu emisyonlar, doğrudan üretim süreçlerinden kaynaklanan kapsam 1 emisyonları gibi değil, ancak satın alınan enerjinin üretiminden kaynaklanmaktadır. Tesisin elektrik enerjisi satın alarak süreçlerini çalıştırması, bu elektrik üretimi sırasında oluşan sera gazı emisyonları, tesisin kapsam 2 emisyonları olarak kabul edilmektedir.

Sonuç olarak kapsam 2 değeriendirmesi, bir firmanın dolaylı sera gazı emisyonlarını anlamasına ve azaltma çabalarını yönlendirmesine yardımcı olan önemli bir araçtır. Bu değeriendirme, şirketlerin çevresel etkilerini genişletilmiş bir perspektiften ele almalarına ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olacaktır. Tesisin verilerine göre yalnızca elektrik tüketimi kaynaklı faktör bulunduğundan dolayı Kapsam 2'yi karşılaştıracak kriter bulunamamıştır. Kapsamlar kendi aralarında

karşılaştırılırken elektrik tüketiminden kaynaklı faktör tek başına değerlendirilecektir. Yapılan hesaplamalar sonucunda elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi miktarı 80,46 ton CO₂e olarak bulunmuştur.

4.3 Diğer Dolaylı Sera Gazı Emisyon Kaynakları (Kapsam 3)

Bu kapsamda hesabı yapılmış olanlar; atık toplama merkezi çalışanlarının ulaşımı, atık kamyonu, atık faktörleri kapsam 3 olarak ele alınmıştır.

4.3.1 Servis aracı yakıtından kaynaklı karbon ayak izi hesabı

Tesisin servis aracı, haftada altı gün boyunca günlük ortalama 68 kilometre yol kat ettiği bilinmektedir. Bu durum, haftalık olarak toplamda 408 kilometreye denk gelmektedir. Yıllık olarak ise, bu araç tarafından toplamda 21.216 kilometrelik bir mesafe kat edilmektedir. Servis aracı yakıtından kaynaklı karbon ayak izi hesabı için denklem (4.7) kullanılmıştır.

$$KAİ = (FV) \times (EF) \quad (4.7)$$

KAİ: Karbon Ayak İzi (ton CO₂e)

FV: Faaliyet Verisi

EF: Emisyon Faktörü

$$(21.216 \text{ km}) \times (0,17 \text{ kg CO}_2\text{e/km}) \times (1 \text{ ton CO}_2\text{e} / 1.000 \text{ kg CO}_2\text{e})$$

$$KAİ= 3,609 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

Servis aracının sebep olduğu yıllık karbon ayak izi miktarı 3,609 ton CO₂e olduğu belirlenmiştir.

4.3.2 Atık kamyonu yakıtından kaynaklı karbon ayak izi hesabı

Tesisin atık kamyonu 100 kilometrede 14 litre tüketildiği bilinmektedir, toplamda 21.840 litre benzinin kullanıldığı bulunmuştur. Bu doğrultuda atık kamyonunun yıllık mesafesi, toplam benzin miktarının birim tüketim oranına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Atık kamyonunun yıllık yaklaşık olarak 156.000 kilometre yol kat

ettiği tespit edilmiştir. Atık kamyonu yakıtından kaynaklı karbon ayak izi hesabı için denklem (4.8) kullanılmıştır.

Yıllık mesafe = Toplam benzin / Birim tüketim

Yıllık mesafe = 21.840 litre / (14 L/100 km) Yıllık mesafe $\approx$ 156.000 km

$$KAİ = (FV) \times (EF) \quad (4.8)$$

KAİ: Karbon Ayak İzi (ton CO_{2e}), FV: Faaliyet Verisi, EF: Emisyon Faktörü

(156.000 km) x (0,17 kg CO_{2e} /km) x (1 ton CO_{2e} /1.000 kg CO_{2e})

KAİ= 26,52 ton CO_{2e}

Atık kamyonunun sebep olduğu yıllık karbon ayak izi miktarı 26,52 ton CO_{2e} olduğu tespit edilmiştir.

4.3.3 Atıklardan kaynaklı karbon ayak izi hesabı

Tesis faaliyet olarak tehlikesiz atık toplama ve işlemlerini gerçekleştirdiği için miktar olarak tesiste işlenen atıklar dikkate alınacaktır. Tesis dışına transfer edilen ya da tesiste oluşacak olası tehlikeli atıklar dikkate alınmamıştır. Olası tehlikeli atıklar, tehlikeli atık geri dönüşüm tesisleri tarafından bizzat alınıp dönüştürülmektedir ve doğal olarak bu atıklardan kaynaklı yakıt, elektrik gibi etki eden faktörler yoktur.

Kâğıt ve Karton Atıklar: 4463804 kg/yıl x 0.2 ton CO₂ eşdeğeri/ton atık

= 892,761 kg CO_{2e}

Plastik Atıklar: (91542 kg/yıl + 346309 kg/yıl) x 0.5 ton CO₂ eşdeğeri/ton atık

= 218,926 kg CO_{2e}

Karışık Ambalaj Atıklar: 154418 kg/yıl x 0.3 ton CO₂ eşdeğeri/ton atık

= 46,325kg CO_{2e}

Çizelge 3.3'te verilen atık türüne göre tesiste işlenen tehlikesiz atıkların miktarı Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tesiste işlenen 2023 yılına ait atık miktarları.

Atık türü	Atık kodu	Atık miktarı (kg/yıl)
Kâğıt ve karton ambalaj atıklar	15 01 01	553143
Plastik ambalaj atıklar	15 01 02	346309
Karışık ambalaj atıklar	15 01 06	154418
Kâğıt ve karton atıklar	20 01 01	4463804
Plastik atıklar	20 01 39	91542
Toplam Atık Miktarı		5.609.216

Bu durumda, tesiste yıllık tehlikesiz atık miktarı hesaplamalar sonucunda 1.157.012 olarak tespit edilmiştir. Atıklardan kaynaklı karbon ayak izi hesabı için denklem (4.9) kullanılmıştır.

$$KAİ = (FV) \times (EF) \quad (4.9)$$

KAİ: Karbon Ayak İzi (ton CO₂e)

FV: Faaliyet Verisi

EF: Emisyon Faktörü

$$(1.157.012 \text{ kg}) \times (21,294 \text{ kg CO}_2\text{e}) \times (1\text{ton}/1.000 \text{ kg})$$

$$KAİ= 24,702 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

Toplam tehlikesiz atık kaynaklı karbon ayak izi miktarı 24,702 ton CO₂e olarak belirlenmiştir.

4.3.4 Kapsam 3 değerlendirme

Kapsam 3 değerlendirme, bir firmanın faaliyetlerinden dolayı olarak kaynaklanan sera gazı emisyonlarını içeren bir kavramdır. Kapsam 3 emisyonları, genellikle bir firmanın dış faktörlerinden kaynaklanmaktadır.

Kapsam 3 emisyonları, firmanın kontrolü dışındaki etkileri içermektedir. Bu değerlendirilme, firmanın çevresel etkisini tam olarak anlamasına ve sürdürülebilirlik çabalarını genişletmesine yardımcı olmaktadır. Sürdürülebilir malzemelerin

kullanımını teşvik etmek, ürünlerin daha verimli bir şekilde taşınmasını sağlamak gibi kapsam 3 emisyonlarını azaltmaya yardımcı olabilmektedir.

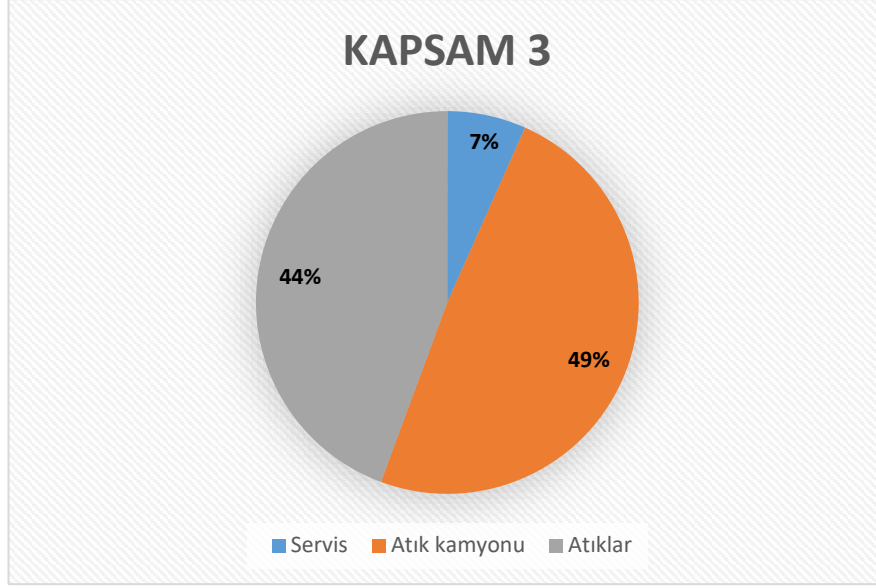
Sonuç olarak, kapsam 3 değerlendirmesi, firmanın faaliyetlerinden kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonlarını anlamasına ve azaltma çabalarını genişletmesine olanak tanıyan önemli bir araç olmaktadır. Bu değerlendirme, şirketlerin sürdürülebilirlik çabalarını daha kapsamlı bir şekilde yönlendirmesine ve çevresel etkilerini azaltma konusundaki hedeflerine ulaşmasına yardımcı olabilmektedir.

Çizelge 4.3. Kapsam 3 kaynaklı KAI miktarları.

Faaliyet Adı	Karbon Ayak İzi(ton CO₂e)
Servis	3,609
Atık kamyonu	26,52
Atıklar	24,019
Toplam	54,148

Çizelge 4.3 verilerine göre Kapsam 3' e ait toplam karbon ayak izi değerleri şu şekildedir:

Servis faaliyetlerinin 3,609 ton CO₂e, atık kamyonunun 26,52 ton CO₂e ve atıkların ise 24,019 ton CO₂e miktarları tespit edilmiştir. Bu değerler incelendiğinde, atık kamyonlarının tesisin karbon ayak izindeki en büyük paya sahip olduğu görülmektedir. Buna en büyük neden ise atıkların fazlalığından kaynaklı atık kamyonunun çok çalışmasıdır. Atık yönetimi süreçlerinin iyileştirilmesi ve atıkların azaltılması, tesisin çevresel performansını önemli ölçüde artırabilir. Bununla birlikte, servis ve atık kamyonu gibi diğer faaliyetlerin de karbon ayak izi üzerinde belirgin bir etkisi olduğu göz önünde bulundurulmalı ve bu alanlarda da iyileştirmeler yapılmalıdır.



Şekil 4.2. Kapsam 3 KAİ yüzdeleri.

Çizelge 4.3 verileri temel alınarak hesaplanan Kapsam 3 kaynaklı karbon ayak izi yüzdelik dağılımları şu şekildedir; atık kamyonu kaynaklı karbon ayak izi miktarı %49 yüzde ile en başta yer alırken, atıklar kaynaklı karbon ayak izi yüzdesi %44 ve %7 ile servisten kaynaklı karbon ayak izi yüzdelik verileri bulunmuştur. Yüzdelik dağılımı Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

4.3.4.1 Atıkların türlerine göre karbon ayak izi değerlendirmesi

Atık türlerine göre karbon ayak izi değerlendirmesi, atık yönetimi uygulamalarının çevresel etkilerini anlaması ve azaltma stratejileri geliştirmesi için önemlidir. Farklı atık türleri, farklı miktarda sera gazı emisyonlarına neden olabilir ve bu nedenle her atık türünün karbon ayak izi farklılık gösterebilmektedir.

Çalışmada ilk olarak, tesisin atık süreçleri ve atık türleri öğrenilmiştir. Tesisin atık türlerine göre karbon ayak izini belirlemek için, kayıt altına alınan faaliyet verilerine ulaşılmıştır. Daha sonra, her atık türü için uygun emisyon faktörleri belirlenmiştir. Atık türlerine göre belirlenen emisyon faktörleri kullanılarak, her atık türünün karbondioksit eşdeğerleri hesaplanmıştır. Bu, her atık türünün sera gazı emisyonlarına katkısını sayısal olarak ifade eder. Her atık türünün karbondioksit eşdeğerleri, atık miktarlarıyla çarpılarak toplam karbon ayak izi hesaplanmıştır.

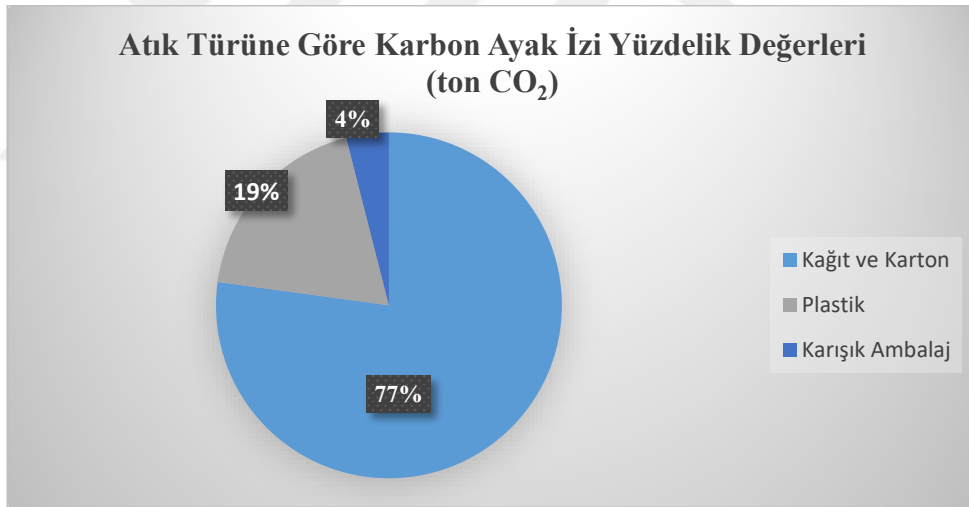
Atık türlerine göre karbon ayak izi değerlendirmesi, şirketin atık yönetimi uygulamalarını iyileştirmek için stratejiler geliştirmesine yardımcı olacaktır. Bu stratejiler, atık miktarlarını azaltmak, geri dönüşüm oranlarını artırmak ve atık bertaraf yöntemlerini iyileştirmek gibi çeşitli önlemleri içerebilir.

Çizelge 4.4. Atık türüne göre karbon ayak izi miktarları.

Atık Türü	Karbon Ayak İzi(ton CO ₂ e)
Kâğıt ve Karton	892,761
Plastik	218,926
Karışık Ambalaj	46,325

Çizelge 4.2' ye bakıldığında atık türlerinin karbon ayak izi değerleri şu şekildedir:

Kâğıt ve karton için 892,760.8 ton CO₂e, plastik için 218,925.5 ton CO₂e ve karışık ambalaj için ise 46,325.4 ton CO₂e olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.2' de bulunan değerlere göre Şekil 4.3 yüzdelik dağılımı oluşturulmuştur.



Şekil 4.3. Atık türlerine göre karbon ayak izi değerlerinin yüzdelik dağılımı.

Atık türleri değerlendirildiğinde %77 ile kâğıt ve karton atıklardan kaynaklı karbon ayak izi miktarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. İkinci olarak karbon ayak izi %19 olan plastik atıklardan kaynaklı emisyonların sebep olduğu tespit edilmiştir. Son olarak %4 ile karışık ambalaj atıklarının neden olduğu karbon ayak izi miktarı tespit edilmiştir.

Kâğıt ve karton atıklarının karbon salınımı, plastik atıkların karbon salınımından daha yüksektir. Bu durum, kâğıt ve kartonun üretim ve geri dönüşüm süreçlerinin daha fazla enerji gerektirmesinden kaynaklanabilir. Plastik atıkların yanı sıra karışık ambalaj atıkları da önemli bir karbon salınımına neden olmaktadır, ancak plastik atıklar kadar yüksek değildir. Plastik atıkların çevresel etkisi önemli bir endişe kaynağı olarak bilinmektedir çünkü plastik üretimi ve imhası fosil yakıtların kullanımını gerektirir ve atmosfere sera gazı salınımına neden olabilmektedir. Bu sonuçlar, atık yönetimi süreçlerinin çevresel etkilerini değerlendirmek ve azaltmak için stratejilerin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

4.4 Kapsamların (Kapsam 1, Kapsam 2, Kapsam 3) Değerlendirilmesi

Bir firmanın çevresel etkilerini anlaması ve sürdürülebilirlik çabalarını yönlendirmesi için kapsamların değerlendirilmesi önemlidir. Her bir kapsam, farklı türde sera gazı emisyonlarını içermektedir ve firmanın faaliyetlerinden kaynaklanan çevresel etkilerin farklı yönlerini ele almaktadır.

Çizelge 4.5. Kapsamlara göre KAI değerleri.

Kapsamlar	KAI(ton CO₂)
Kapsam 1	8,3958
Kapsam 2	80,46
Kapsam 3	54,1478
Toplam	142,004

Toplam karbon ayak izi hesabı için denklem 4.10 kullanılmıştır.

$$TKAI: DE + EDE + DDE \quad (4.10)$$

TKAI: Toplam Karbon Ayak İzi, DE: Doğrudan Emisyonlar, EDE: Enerji Dolaylı Emisyonlar, DDE: Diğer Dolaylı Emisyonlar

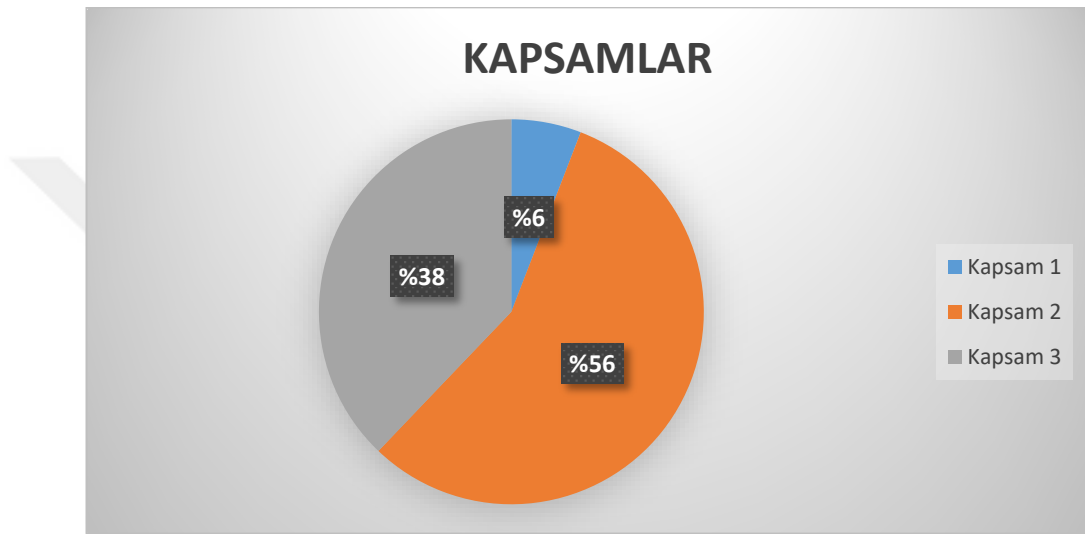
$$\text{Toplam Karbon Ayak İzi} = 8,3958 + 80,46 + 54,1478$$

$$\text{Toplam Karbon Ayak İzi} = 142,004 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

Kapsam 1’den kaynaklanan toplam karbon ayak izi miktarı 8,3958 ton CO₂e, kapsam 2’den kaynaklanan toplam karbon ayak izi miktarı 80,46 ton CO₂e, kapsam 3’ten

kaynaklanan toplam karbon ayak izi miktarı 54,1478 ton CO₂e olarak hesaplanmıştır. Tesise ait 2023 yılı için toplam karbon ayak izi miktarı 142,0036 ton CO₂e'dir.

Bu veriler incelendiğinde, tesisin faaliyetlerinin sera gazı emisyonları üzerinde önemli etkileri olduğu görülmektedir. Kapsam 2, en yüksek sera gazı emisyonunu temsil ederken, kapsam 1 daha düşük bir değere sahiptir. Tesis, sera gazı emisyonlarını azaltmak için kapsam 1, kapsam 2 ve kapsam 3' teki faaliyetlerini gözden geçirebilir ve iyileştirme stratejileri geliştirebilir.



Şekil 4.4. Kapsamlara göre KAİ yüzdeleri.

Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 değerlendirildiğinde ise %56 ile Kapsam 2 kaynaklı karbon ayak izi miktarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Kapsam 2 kaynaklı emisyon kaynağı elektrik tüketimidir. Kapsam 3 yüzdesi %38 ve emisyon kaynakları; çalışan servis aracı, atık kamyonu ve atıklardır. Tesisteki her üç emisyon kaynağı karşılaştırıldığında en çok emisyonu neden olan faktörün atık kamyonu olduğu hesaplanmıştır. Kapsam 1 kaynaklı emisyonların neden olduğu karbon ayak izi yüzdelik miktarının %6 olduğu tespit edilmiştir.

4.5 Elektrikli Araç Kullanımında KAİ Hesaplama ve Değerlendirme

Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlara göre daha düşük sera gazı emisyonlarına sahip olmalarıyla çevre dostu bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, elektrikli araç kullanımının karbon ayak izi üzerindeki etkisi incelenerek, dizel yakıtlı araçla (personel servisi) karşılaştırılmıştır. Elektrikli araçların enerji tüketimi genellikle km

başına 0.15-0.20 kWh arasında değişmektedir. Bu hesaplamada bu parametre içinden 0.18 kWh değeri tercih edilmiştir. Elektrik üretiminin karbon emisyon faktörü ise bölgeye göre değişmektedir. Türkiye için ICCT (Uluslararası Temiz Ulaşım Konseyi), yaklaşık 0.45 kg CO₂/kWh olarak kabul edilmektedir (URL-6). Hesaplama yöntem olarak IPCC Tier yöntemi ile yapılmıştır. Dizel aracın yıllık gittiği mesafe ele alınarak elektrikli araç hesabı yapılmıştır. Sonuçlar dizel araç kullanımında ortaya çıkan sera gazı miktarı ile karşılaştırılıp değerlendirilmiştir.

Elektrikli aracın km başına emisyonu hesabı için denklem (4.11), toplam emisyon için denklem (4.12) kullanılmıştır.

Elektrikli aracın km başına emisyonu:

$$EF_{\text{elektrik-km}}: (E_{\text{kWh/km}}) \times (EF_{\text{elektrik}}) \quad (4.11)$$

Elektrikli aracın enerji tüketimi (kWh/km): 0,18 kWh/km (ortalama değer)

Elektrik üretiminin emisyon faktörü: 0,45 kg CO₂/kWh (Türkiye için ortalama değer)

$$(0,18 \text{ kWh/km}) \times (0,45 \text{ kg CO}_2/\text{kWh})$$

$$EF_{\text{elektrik-km}}: 0,081 \text{ kg CO}_2/\text{km}$$

Toplam Emisyon (KAİ):

$$KAİ: (D) \times (EF_{\text{elektrik-km}}) \quad (4.12)$$

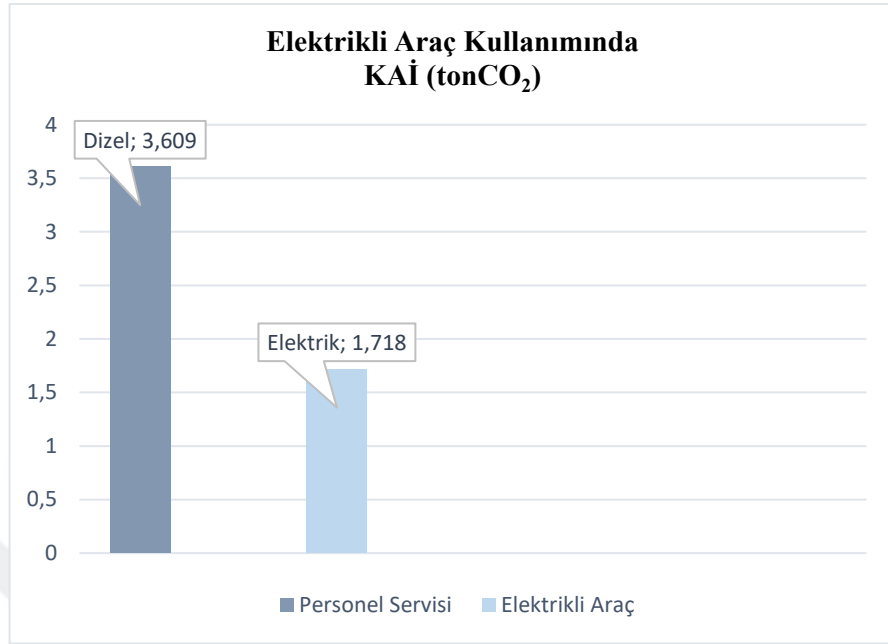
$$\text{Mesafe}(D): 21.216 \text{ km}$$

$$(21.216 \text{ km}) \times (0,081 \text{ kg CO}_2/\text{km}) \times (1 \text{ ton}/1000 \text{ kg})$$

$$KAİ: 1,719 \text{ ton CO}_2$$

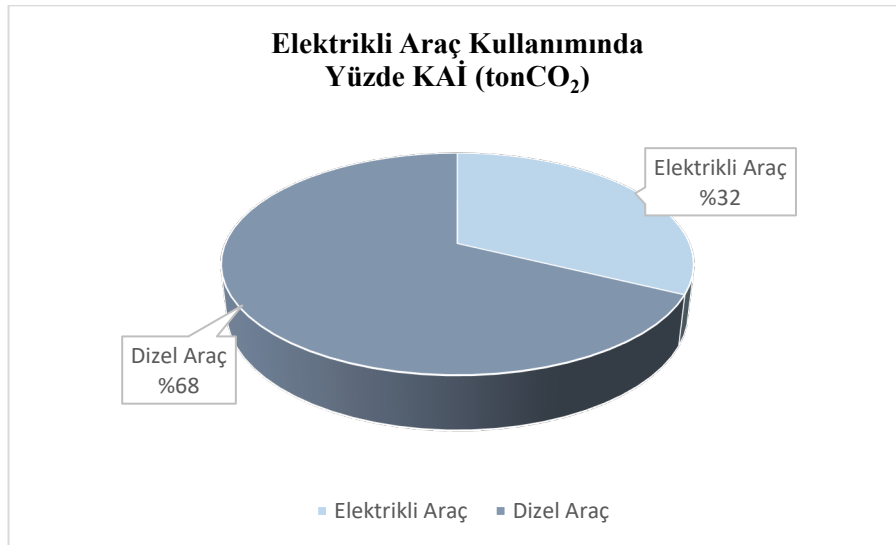
Elektrikli araç kullanımında 21.216 km mesafe için karbon ayak izi değeri 1,718 ton CO₂ olarak bulunmuştur. Dizel aracın karbon ayak izi 3,609 ton CO₂, elektrikli aracın karbon ayak izi 1,718 ton CO₂ olarak bulunmuştur.

Elektrikli araç kullanımının dizel araca kıyasla karbon ayak izini önemli ölçüde azalttığı Şekil 4.5'te görülmüştür.



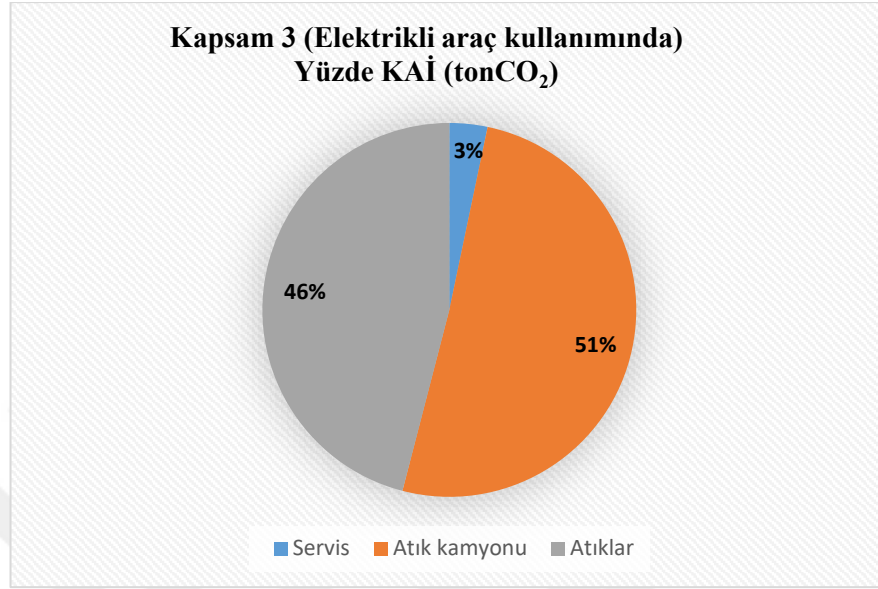
Şekil 4.5. Elektrikli araç ve personel aracının KAI karşılaştırılması.

Bu sonuçlara göre araçların yakıt tercihi karbon ayak izi değerine büyük katkıda bulunmaktadır. Personel servisinde kullanılan yakıt tercihi yerine elektrikli araç kullanılırsa bu durum tesise fayda sağlamış olacaktır. Şekil 4.6'da yüzdelik değerleri karşılaştırıldığında da bu sonucu doğrulamıştır.



Şekil 4.6. Elektrikli araç ve personel aracının yüzde KAI değerleri.

Kapsam 3'te yer alan personel servisleri için yakıt tercihi dizel iken, %7 ile kapsam 3 içindeki etki seviyesini oluştururken, elektrikli araç tercihi sonucunda bu oran Şekil 4.7'de görüldüğü üzere %3'e düşmektedir.



Şekil 4.7. Kapsam 3 (Elektrikli araç kullanımında) yüzde KAİ değerleri.

Özçelik (2017) çalışmasında, üniversitenin (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi) farklı kaynak hesabıyla karbon ayak izi miktarı bulunmuştur. Bu çalışmada, karbon ayak izi hesabına neden olan; yakıt, doğalgaz, elektrik, ulaşım kaynaklı, su tüketimi, evsel atık faktörlerinin 2016 yılına ait verileriyle üç kapsam ile incelenmiştir. Kampüste önlemlerin alınması açısından karbon ayak izi miktarının bilinmesi önemli olduğu belirtilmiştir. Üniversitenin Terzioğlu Kampüsü karbon ayak izinin hesabında Kapsam 3 emisyonlarına iki yaklaşımla farklı bakış öne sürülmüştür. Yaklaşım 1 sonucu karbon ayak izi miktarı 19706,084 ton CO₂ bulunmuş, Yaklaşım 2 karbon ayak izi miktarı 10122,154 ton CO₂e olarak hesaplanmıştır. Yaklaşım-2'de bulunan karbon ayak izi elektrik kaynaklı (Kapsam 2) %50 olurken, Kapsam 3 emisyonlarının sebep olduğu miktar % 28 olduğu görülmüştür. Yaklaşım-2 sonucu gösteriyor ki enerji kaynaklı karbon ayak izi en önemli etken, ikinci sırada kampüsün ulaşımından kaynaklı olduğu belirtilmiştir. Kişisel araç, motosiklet aracı, servis kaynaklı karbon ayak izinin azaltılması için yürümek, halk otobüsü veya bisiklet kullanımına yönelimin olması belirtilmiştir.

Awanthi vd. (2018), emisyon değerleri 2006 IPCC kılavuzuna göre geliştirilmiştir. Sri Lanka'nın güneyindeki Thihagoda'da bulunan bölüm sekreterliği ofisinin karbon ayak izi değerlendirilmesi yapılmış ve ofiste 110 kişi olduğu belirlenmiştir. Faaliyet verileri, şirketin kendi aracıyla yapılan ulaşım, gıda atıklarının bertarafı, LPG kullanımı, jeneratör (kapsam 1), satın alınan elektrik (kapsam 2) ve çalışanların işe gidiş gelişi ile su kullanımı (kapsam 3), faturalardan, veri tablolarından, kişisel iletişimlerden faaliyet verileri toplanılmıştır. Sonuçlar, bu kuruluşun toplam karbon ayak izi miktarının 36.09 ton CO₂/yıl olduğu bulunmuştur. Çalışmada, Bir kuruluşun (bölüm sekreterliği ofisi) karbon ayak izinin küresel ısınma üzerindeki etkileri izlemeye yönelik olup, Kapsam 1, 2 ve 3 karbon ayak izlerinin sırasıyla yüzdeleri %25.3, %17.7 ve %57.1 olduğu tespit edilmiştir. En yüksek oranda karbon ayak izi kapsam 3'te olduğu sonuçlarda görülmektedir. Kapsam 3 faktörlerinden olan çalışanların işe gidip gelmesinden kaynaklandığı (servis aracı) %56.73 yüzdelik veri miktarıyla bulunmuştur. Bu sonuçlara dayanarak verilen tavsiye; çalışanların özel araç kullanmak yerine toplu taşımayı tercih etmeleri gerektiği söylenmiştir.

Mendoza-Flores vd. (2019), Otonom Metropolit niversitesi'nin (UAM) Cuajimalpa kampüsünde Meksiko şehrinin batı bölgesinde bulunmaktadır. 2016'da küresel ortalama nüfusu (ğrenciler, ğretim yeleri ve personel) yaklaşık 2750 kişi olduğu belirlenmiştir. Kampüsün evresel etkisini değerlendirmek ve azaltmak için sera gazı (URL-19) envanteri değerlendirilmiştir ve karbon ayak izi hesaplanmıştır. Kapsam 1; mobil ve sabit kaynakları ve soğutucu sızıntılarını, Kapsam 2; elektrik enerjisi tüketimini içerir, Kapsam 3; kğit, gıda, su, gazlar, temizlik ürünleri, çözücüler, atık su arıtma, belediye ve tehlikeli atıklar ve akademik seyahat tüketimini içermektedir. 2016'da kampüs 2956 ton CO₂ eşdeğeri üretmiştir. Kapsam 1, 2 ve 3 yüzdeliği sırasıyla %4, %24 ve %72'lik bir orana sahip olduğu bulunmuştur. LPG tüketimi 24,16 ton CO₂, benzin tüketimi 83,06 ton CO₂, kaçak emisyonlar (soğutma) 3,39 ton CO₂, elektrik tüketimi 716,55 ton CO₂, su tüketimi 5,37 ton CO₂, kağit tüketimi 16,52 ton CO₂, et tüketimi (yemekhane) 108,67 ton CO₂, gazlar (araştırma faaliyetleri) 0,88 ton CO₂, zcler (ğretim ve araştırma) 0,81 ton CO₂, temizlik ürünleri tüketimi 31,70 ton CO₂, belediye atık 0,04 ton CO₂, tehlikeli atık 0,05 ton CO₂, atık su yönetimi 0.11 ton CO₂, servis (zel ulaşım) 525.45 ton CO₂, servis (toplumsal ulaşım) 972,18 ton CO₂, iş seyahatleri: ulaşım 423,84 ton CO₂, iş seyahatleri: konaklama 43,49 ton CO₂

olduğu bulunmuştur. Faaliyetlere göre emisyon analizi, servis için %51; elektrik kullanımı için %24; akademik seyahat için %14; diğer faaliyetler için %11 olarak belirlenmiştir. Karbon ayak izine en büyük etkinin Kapsam 3 verileri olduğu görülmüştür.

Loyarte-López (2020), Ar-Ge faaliyetlerinin Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) odaklı olduğu bir teknoloji merkezinde (araştırma teknolojisi organizasyonu) gerçekleştirilmiştir. Bask Bölgesi'nde (Kuzey İspanya) bulunan merkezin personel kadrosu yaklaşık 140 kişiden oluşmaktadır. Sera gazları emisyonları ile hesaplama yapılmış ISO 14001 standardına göre değerlendirilmiştir. Elektrik 57.726,2 kg CO₂, kâğıt kullanımı 572,9 kg CO₂, araçtan kaynaklı 23.678,6 kg CO₂, konaklama kaynaklı 17.438,6 kg CO₂, otobüs 610,2 kg CO₂, uçuşlar 73.327,9 kg CO₂, tren 921,6 kg CO₂, elektronik atık 12,8 kg CO₂, su tüketimi 123,0 kg CO₂, belediye atıkları 30,2 kg CO₂, atık piller 56,5 kg CO₂, atık ambalaj 11,3 kg CO₂, kâğıt ve karton atıkları 27,3 kg CO₂ olduğu bulunmuştur. Çalışma, 2 yıllık verilerle hesaplama yapmıştır. Toplamda oluşan karbon ayak izi miktarı 174.536,9 kg CO₂ olarak hesaplanmıştır. 2018 yılı verilerine göre karbon ayak izi ulaşım ve seyahatte %66,4 elektrikte ise %33,1 olarak iyileşme olduğu söylenmektedir. Birincil karbon ayak izi kapsamında olduğu bilinen çalışma, ulaşım nedeniyle karbon ayak izi oluşumu daha çok dikkate alınacak alan olmalıdır.

Çalışmada (Başoğlu vd.,2021), Adıyaman bölgesinde bulunan tekstil firmasının karbon ayak izinin değerlendirilmesi yapılmış ve Tier-1 metodu ile hesabı yapılmıştır. Tekstil fabrikasının servis aracı (dizel), doğalgaz, elektrik, atık su gibi faktörlerin verisi sırasıyla şöyledir; 5,475 lt/yıl, 55,200 m³, 456,000 kWh/yıl, 4,900 m³ olarak bulunmuştur. Toplam olarak bulunan karbon ayak izinin değeri yıllık 297,343 ton CO₂ olduğu bulunmuştur. Karbon ayak izi bakımından değerlendirildiğinde ise CO₂e/yıl olarak en yüksek değerin elektrik kaynaklı olduğu belirtilmiştir. Elektrik, doğal gazı takip ederken, en düşük miktarın atık su faktöründe olduğu bulunmuştur. Toplam değerin %92'sinin neden olduğu faktörlerin elektrik ve doğalgazın neden olduğu belirtilmiştir.

Işık (2023) çalışmasında, tekstil ürünleri üretiminin gerçekleştiği firmanın karbon ayak izinin miktarı bulunmuştur. Tier metodu ile hesabı yapılmıştır. Tekstil Sektöründe Karbon Ayak İzi Hesaplanması çalışmasında 1,43 ton CO₂ /yıl karbon

ayak izi miktarı bulunmuştur. Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 başlıkları değerlendirildiğinde karbon ayak izlerinin sırasıyla yüzdeleri; %3, %96, %1 olduğu bulunmuştur. Kapsam 2 (elektrik-buhar)'nin neden olduğu karbon ayak izi değerinin daha çok etki ettiği görülmüştür. Firmanın verilerine göre iki emisyon faktörü kıyaslandığında elektrik değerinin buhar değerine göre fazla emisyonu neden olduğu belirtilmiştir. Elektrik genel anlamda ısınma ve soğutma amaçlı, üretim makinalarının kullanımı kaynaklı olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlara dayanarak kullanılmayan ofis araçlarının kaldırılması, enerji destekli araçların kullanımıyla tasarrufa gidilmesi gerektiği önerilmiştir.

Adhikari vd. (2023), Kathmandu Üniversitesi Dhulikhel Hastanesinde bulunan 18 sağlık merkezi ve 475 tıbbi yatak kapasite ile karbon ayak hesabı yapılmıştır. ISO 14040:44 kılavuzu kapsamında değerlendirilmiştir. Bulgular; jeneratörlerin, elektrik tüketiminin, ulaşım faaliyetlerinin, LPG, PV sistemlerinin toplam karbon ayak izi 58.780 kg CO₂/yıl, 519.794 kg CO₂/yıl, 272.375 kg CO₂/yıl olarak bulunmuştur. Bu çalışma, yalnızca Nepal'de değil aynı zamanda Güney Asya bölgesinin sağlık sektörlerinden kaynaklanan dolaylı emisyonların daha fazla araştırılması temel alınabileceği söylenmiştir.

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda Konya İlinde Bulunan Atık Toplama Tesisindeki Ürünlerin Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi çalışmasında IPCC Tier 1 metodu ile 3 kapsamda hesabı yapılmıştır. Kapsam 1 (benzin-dizel tüketimi, yangın tüpleri, doğalgaz tüketimi, Kapsam 2 (Elektrik tüketimi), Kapsam 3 (Personel servisleri, atıklar, atık kamyonu) başlığında değerlendirilmiştir. Bu çalışmada 2023 yılı toplam karbon ayak izi miktarı 142,0036 ton CO₂e olarak hesaplanmıştır. Kapsamlar (Kapsam 1, 2, 3) birlikte değerlendirildiğinde karbon ayak izi yüzdeleri sırasıyla; %6, %56, %38 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Karbon ayak izi konulu çalışmaların karşılaştırılması.

Yapılan Çalışmalar	(ton CO ₂ /yıl)													Kaynak
	Benzin	LPG	Doğalgaz	Jeneratör	Yangın tüpü	Dizel	Elektrik	Buhar	Atık aracı	Atık su	Servis aracı	Atıklar	Toplam	
ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsü Karbon Ayak İzi	780,5	193	1.806	-	-	803,4	4.65	-	-	232,442	10.985	80,7	19.706	(Özçelik, 2017)
Karbon Ayak İzi: Küresel Isınma Üzerindeki Etkileri İzlemeye Yönelik Bir Araç	6,90	0,5	-	0,15	-	-	6,37	-	1,602	0,12	20,48	1,602	36,09	(Awanthi vd., 2018)
Meksika'daki bir devlet üniversitesi kampüsünün karbon ayak izi	83,06	24,16	-	-	-	-	716,55	-	-	5,37	525,45	0,05	2.96	(Mendoza-Flores vd., 2019)

Çizelge 4.6. (Devamı) Karbon ayak izi konulu çalışmaların karşılaştırılması.

Maddi Olmayan Varlıklarda Sürdürülebilir İnovasyona Yönelik Karbon Ayak İzi Hesaplama Metodolojisi²	-	23.7 ¹	-	-	-	-	57.73 ¹	-	-	123,0 ¹	-	27,3 ¹	174.54 ¹	(Loyarte-López, 2020)
Bir Tekstil Fabrikasının Karbon Ayak İzinin Değerlendirilmesi	-	-	100,2	-	-	-	173,83	-	-	7,452	15,88	0.017	297,343	(Başoğlu vd., 2021)
Tekstil Sektöründe Karbon Ayak İzi Hesaplanması	0,0022	-	0,014	-	0,000008	0,021	1,23	0,15	0,00014	0,0027	0,0009	0,0011	1,43	(Işık, 2023)

Çizelge 4.6. (Devamı) Karbon ayak izi konulu çalışmaların karşılaştırılması.

Nepal sağlık merkezinin karbon ayak izi: Dhulikhel Hastanesi üzerine bir çalışma	-	4.45 ¹	-	58,8 ¹	-	14.33 ¹	519,8 ¹	-	-	4.317 ¹	272,4 ¹	489.84 ¹	58,780 ^{1,3}	(Adhikari vd., 2023)
Konya İlinde Bulunan Atık Toplama Tesisindeki Ürünlerin Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi	4,921	-	0,16	-	0,0016	3,313	80,46	-	26,52	-	3,609	24,02	142,004	Bu çalışma (2024)

¹ 1000 kg CO₂=1 ton CO₂

² ISO 14001 standardına göre değerlendirilmiştir.

³ Hesaplama toplam karbon ayak izi yerine jeneratörden kaynaklı, elektrikten kaynaklı gibi toplam karbon ayak izi hesabı yapılmıştır (58,780 kg CO₂/yıl toplam jeneratör karbon ayak izi değeridir.).

Eğitim Sektörü (Üniversite Kampüsleri): Üniversite kampüslerinde, elektrik tüketimi genellikle en büyük bir paya sahip olurken, personel ulaşımı ve atık yönetimi de önemli emisyon kaynakları arasındadır. Bu nedenle, üniversitelerin çevresel etkilerini azaltmak için enerji verimliliği önlemlerini ve sürdürülebilir ulaşım politikalarını benimsemeleri kritik önem taşır.

Sağlık Sektörü (Hastaneler): Hastanelerde, jeneratör kullanımı ve elektrik tüketimi daha belirleyici olduğu söylenebilir. Ulaşım ve atık yönetimi gibi faktörlerin karbon ayak izi üzerinde önemli bir etkisini sayısal veriler vermiştir. Elektrik tüketimi genellikle büyük bir paya sahip olurken, sağlık kuruluşlarının jeneratör kullanımı ve ulaşım faaliyetleri de dikkate değerdir. Enerji verimliliği önlemleri ve ulaşımın optimize edilmesi, çevresel etkinin azaltılması için önemlidir.

Tekstil Sektörü (Tekstil Fabrikaları): Tekstil fabrikalarında, elektrik ve doğalgaz tüketimi genellikle ön plana çıkarak büyük bir paya sahip olduğu bilinmektedir. Fabrikaların ulaşım faaliyetleri ve atık yönetimi de dikkate alınmalıdır. Öncelikle enerji verimliliği önlemleri daha sonrasında atık azaltma stratejileri gibi sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi gerekmektedir.

Atık Tesisleri: Genellikle karmaşık birçok emisyon kaynağına sahiptir. Karbon ayak izini belirlemek için kullanılan metotlar, genellikle tesisin faaliyetlerini ve emisyonlarını farklı kapsamlarda sınıflandırmaktadır. Atık tesislerinin karbon ayak izi üzerindeki etkisi, genellikle tesisin büyüklüğü, işletme yöntemleri, atık türleri ve kullanılan teknolojiler gibi birçok değişkene bağlıdır. Atık tesislerinin çevresel etkilerini azaltmak için atık azaltma, geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı gibi sürdürülebilir uygulamaların benimsenmelidir. Her sektörde farklı işletme modelleri, üretim süreçleri ve emisyon kaynakları gibi faktörleri değişiklik gösterir ancak genel olarak sektörler için şunlar söylenebilir; üretimi olan firmalarda enerji kaynaklı (Elektrik, doğalgaz, buhar, jeneratörler) faktörlerin büyük oranda etki ettiği, atıkların toplanması dönüştürülmesi gibi faaliyetlerin olduğu firmalarda araç yakıtı ve atık kaynaklı etkinin görüldüğü söylenebilir. Hastanelerde oluşan medikal atıkların büyük oranda yakıt etkisine, atık su ve atık faktörlerine katkısının yüksek olduğu söylenilebilir. Atıkları kaynaktan azaltmak bu bağlamda büyük önem taşımaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsan faaliyetleriyle birlikte tüketim çılgınlığının çevreye olan etkileri günümüzde büyük oranda artmaktadır. Karbon ayak izi kavramı, insan faaliyetlerinin çevresel etkisini ölçmek için önemli bir metot haline gelmiştir.

Literatürdeki alışmalar, karbon ayak izinin tanımını, önemini, hesaplama kriterlerini ve ölçüm yöntemlerini ele almıştır. Benzer şekilde, atık yönetimi stratejileri ve sürdürülebilirlik kavramları da çevresel etkinin azaltılması ve kaynakların daha verimli kullanılması açısından önemlidir. Ancak literatürde, atık yönetimi ve karbon ayak izi arasındaki ilişkinin ve atık türlerinin karbon ayak izine olan katkısının belirlenmesine yönelik kapsamlı bir analiz bulunmamaktadır. Bu alışma, atık türlerinin karbon ayak izine etkisini belirlemeyi ve atık yönetimi stratejilerinin sürdürülebilirlik açısından nasıl iyileştirilebileceğini incelemeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda, karbon ayak izi kavramının anlaşılması ve değerlendirilmesine odaklanarak, çeşitli faaliyetlerin ve atık türlerinin karbon ayak izlerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Yapılan araştırmalara bakıldığında; benzin, dizel, doğalgaz gibi enerji kaynaklarının yanı sıra atık yönetimi süreçlerinin de karbon ayak izine önemli katkılarda bulunduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma, atık türlerinin ve faaliyetlerin karbon ayak izlerini belirlemek için kullanılan yöntemlerin etkinliğini değerlendirerek, sürdürülebilir atık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamıştır.

Atıkların oluşturulması, taşınması, işlenmesi ve bertarafı süreçlerinde kullanılan kaynaklar ve enerji tüketimi, sera gazı emisyonlarını artırarak çevresel etkiyi büyük ölçüde artırmaktadır. Atıkların oluşturulması aşamasında, üretim tesislerindeki faaliyetlerden kaynaklanan emisyonlar önemli bir rol oynamaktadır. Hammaddelerin işlenmesi, ürünlerin ambalajlanması ve diğer üretim süreçleri genellikle fosil yakıtların kullanımını gerektirir, bu da sera gazı emisyonlarını artırmaktadır. Atıkların taşınması sürecinde ise, nakliye araçlarının fosil yakıtlarla çalışması ve büyük atık miktarlarının uzak noktalara taşınması gibi faktörler karbon ayak izini artırmaktadır. Bu süreçte, nakliye araçlarının yol açtığı emisyonlar da göz ardı edilemez bir öneme

sahiptir. Atıkların işlenmesi ve geri dönüşümü, sürdürülebilirlik açısından önemli bir adımdır ancak bu süreçler de sera gazı emisyonlarına katkıda bulunmaktadır. Özellikle enerji yoğun süreçlerin kullanılması ve bazı geri dönüşüm yöntemlerinin sera gazı emisyonlarını artırması, atıkların karbon ayak izini etkileyen faktörler arasındadır.

Karbon ayak izine neden olan emisyonların hesaplanması ve raporlanması 3 kapsamda bakılmaktadır. Kapsam 1; tesis araçlarında yakıt tüketimi sonucu oluşan, ısınma kaynaklı doğalgaz ve yangın tüpleri kullanımı sonucu ortaya çıkan emisyonları kapsamaktadır. Kapsam 2; elektrik tüketimi kaynaklı sebep olunan emisyonları kapsamaktadır. Kapsam 3; servis aracı yakıt tüketimi, atık kamyonu ve atıkların neden olduğu diğer dolaylı emisyonlar olarak bilinmektedir.

Kapsam 1, benzin tüketimi kaynaklı karbon ayak izi değeri 4,921 ton CO₂e, dizel tüketimi kaynaklı karbon ayak izi değeri 3,313 ton CO₂e, yangın tüpünün neden olduğu karbon ayak izi miktarı ise 0,0016 ton CO₂e, doğalgaz tüketimi kaynaklı karbon ayak izi değeri 0,1592 ton CO₂e olarak bulunmuştur.

Kapsam 2 kaynaklı, elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi miktarı 80,46 ton CO₂e'dir. Kapsam 2 de elektrik harici başka bir kriter olmadığı için karşılaştırılma yapılmamıştır.

Kapsam 3 kaynaklı, servis araçlarının dizel kullanımı kaynaklı karbon ayak izi miktarı 3,609 ton CO₂e, atık kamyonu aracının benzin kullanımından kaynaklı karbon ayak izi değeri 26,52 ton CO₂e, atıklardan kaynaklanan karbon ayak izi miktarı 24,019 ton CO₂e'dir. Kapsam 3'te kullanılan personel(dizel) aracın karbon ayak izi 3,609 ton CO₂ ve tesise %7 etki ettiği bulunmuştur. Personel servisinin elektrikli araç kullanımında karbon ayak izi hesabı gerçekleştirilmiştir. Sonuca göre, elektrikli araç kullanımında karbon ayak izi değeri 1,718 ton CO₂ olarak bulunmuştur. Kapsam 3'e yüzdelik etkisinin ise %3'e düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda araç türünde elektrikli araç tercihi yapmak doğru olacaktır.

Atıklar, çevreye etkisiyle önemli bir faktördür ve karbon ayak izi üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir (Arıcı, 2018). Atıkların türüne bağlı olarak, karbon ayak izi üzerinde farklı derecelerde bir etkisi bulunmaktadır.

Özellikle, kâğıt ve karton gibi biyolojik olarak parçalanabilir malzemelerin imhası, atmosfere karbondioksit salınımına neden olmaktadır. Bu ürünlerin imhası sırasında, biyolojik olarak parçalanabilir olan karbon bileşikleri serbest bırakılır ve bu da sera gazı emisyonlarını artırır ve atmosfere karbondioksit salınımı meydana gelir dolayısıyla bu da karbon ayak izini artırmaktadır.

Plastikler, genellikle petrol türevlerinden üretildiği bilinmektedir. Üretim süreci sera gazı emisyonlarına yol açmaktadır. Bununla birlikte, plastiklerin imha edilmesi de karbon ayak izine etki eden önemli bir faktöre sahiptir. Plastiklerin çoğu, biyolojik olarak parçalanabilir değildir ve uzun süreler boyunca çevrede kaldığı bilinmektedir. Bu nedenle, plastik atıkların imhası genellikle yakma veya depolama gibi yöntemlerle gerçekleştirilir ve bu da atmosfere sera gazı emisyonlarının yayılmasına neden olmaktadır.

Karışık ambalajlar genellikle farklı malzemelerin birleşiminden oluşmaktadır ve bu malzemelerin imhası sırasında çeşitli kimyasal reaksiyonlar meydana gelmektedir. Bu reaksiyonlar sonucunda çeşitli sera gazları açığa çıkar ve bu da karbon ayak izini artırır. Dolayısıyla karışık ambalaj atıklarının da karbon ayak izine neden olmaktadır.

Sonuç olarak, atıkların türüne bağlı olarak karbon ayak izi üzerinde farklı etkileri bulunmaktadır. Bu nedenle, atık yönetimi stratejileri oluşturulurken, atıkların çevresel etkileri dikkate alınmalı ve karbon ayak izini azaltmaya yönelik tedbirler alınmalıdır.

Depolama alanlarına gönderilen atıkların çürümesi sonucu oluşan metan gazı emisyonları, karbon ayak izini artırarak çevresel etkiyi büyütür. Bu nedenlerle, atıkların karbon ayak izi açısından önemi ve etkisi göz ardı edilemez. Sürdürülebilir atık yönetimi stratejileri ve geri dönüşüm programları, atıkların oluşturulması, taşınması, işlenmesi ve bertarafı süreçlerindeki sera gazı emisyonlarını azaltmak için kritik bir rol oynamaktadır. Böylelikle, atık yönetimi alanında alınacak önlemlerle çevresel etki azaltılabilir ve iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir adım atılabilir.

Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 miktarları birlikte değerlendirildiğinde ise Kapsam 2'nin neden olduğu karbon ayak izi değerinin daha çok olduğu bulunmuştur. Tesisin öncelikli olarak bu kapsamda yer alan faktörler konusundan strateji oluşturması gerekmektedir. Kapsam 2'nin neden olduğu elektrik kullanımının azaltılması yönünde

önlemler alınmalıdır. Ekipmanların kullanımında gece-gündüz tarife kullanımına yönelik tasarrufa gidilmelidir. Tüketicimin en büyük nedenlerinden biri çok sayıda atık gelmesi ve ekipmanların çok çalıştırıldığı bir gerçek olup bu yönde bir plan yapılması gerekmektedir.

Kapsam 2 kaynaklı emisyon miktarlarını azaltmak için öneriler;

- Elektrik ile çalışan makinelerin planlanarak belirli saatlerde aktif çalışması sağlanabilir.
- Tesis ekipmanlarının bakımı düzenli kontrol edilmelidir.

Kapsam 3 kaynaklı emisyon miktarlarını azaltmak için öneriler;

- Atık toplama rotalarını optimize etme: Rotaları optimize etmek, kamyonların daha az mesafe kat etmesini sağlar ve böylece yakıt tüketimini ve emisyonları azaltır.
- Atık sınıflandırma ve geri dönüşüm: Şirket, atık sınıflandırma ve geri dönüşüm programları uygulayarak, atıkların daha etkili bir şekilde yönetilmesini ve geri dönüşüm oranlarının artmasını sağlayabilir.
- Paylaşımlı ulaşım kullanımı: Çalışanların servisine katılmak için paylaşımlı ulaşım sistemlerini teşvik etmek, tek başına seyahat eden araç sayısını azaltabilir ve emisyonları düşürebilir.
- Azaltma stratejileri: Şirket, ofis işlemlerinde dijital belgeleme ve iş süreçlerini optimize ederek kâğıt tüketimini azaltabilir ve atık miktarını düşürebilir.
- Eğitim programları: Çalışanlara atık azaltımı ve geri dönüşüm konularında eğitim programları düzenleyerek, atık oluşumunu dengeleyebilir.

Kapsamların (Kapsam 1, 2, 3) emisyonlarını minimize etmek için öneriler;

- Yangın tüplerinin düzenli kontrol edilmesi,
- Toplu taşıt kullanımı,

- Yakıt tüketiminde düşük emisyonlu araçlar veya enerji tasarruflu araçların (elektrikli) tercih edilmesi,
- Servis güzergahının kısa tutulması,
- Tesisde uzun süreli atıkların beklenmesine karşı alternatif merkezlere atıkların daha kısa sürede gönderilmesi,
- Tesis kapalı alana sahip olduğu için çatısına güneş panelleri yerleştirilebilir.



KAYNAKLAR

- Adhikari, B., Dangal, A., Pandey, S., Thapa, B., Joshi, A. ve Baral, B., 2023. Carbon footprint of the Nepalese healthcare system: A study of Dhulikhel Hospital. *Environmental Health Perspectives*, 12, 1366, 5-15.
- Altürk, B., 2009. Erken Kar Erimelerinin Fırat ve Dicle Havzasındaki Nehirlerin Akım Zamanına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Arıcı, R., 2018. Kâğıt-Karton Geri Dönüşüm Ürünlerinin Karbon Ayak İzlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aroonsrimorakot, S., Yuwareeb, C., Arunlertareeb, C., Hutajareornb, R. ve Buaditb T., 2013. Carbon Footprint of Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Salaya Campus. *Science direct APCBEE Procedia*, 5, 175-180.
- Atabey, T., 2013. Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Awanthi, M.G.G. ve Navaratne, C.M., 2018. Carbon Footprint of an Organization: A Tool for Monitoring Impacts on Global Warming, *Procedia Engineering*, 212, 729-735.
- Ayan, N., 2019. Muğla İlinde Yakıt Tüketimine Bağlı Karbon Ayak izi Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Başoğlu, Y., Göksu, T.T. ve Baran, M.F., 2021. Bir Tekstil Fabrikasının Karbon Ayak İzinin Değerlendirilmesi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 31, 146-150.
- Bayram, S., Oral, E. ve Öcal, M., 2012. İnşaat atıkları kavramının yasal düzenlemesi ve hazır beton tesisinde örnek uygulama, *NWSA Mühendislik Dergisi*, 7, 106-118.
- Binboğa, E. ve Ünal, V., 2018. Balıkçılıkta Karbon Ayak İzi: Bir Değerlendirme, *Marine Sciences Journal*, 15, 2, 65-75.
- Breyer, S., Mekhitarian, L., Rimez, B. ve Haut, B., 2017. Production of an alternative fuel by the co-pyrolysis of landfill recovered plastic wastes and used lubrication oils, *Waste Management*, 60, 363-374.
- Can, A. ve Baygüven, B., 2004. Sera Gazları Emisyon Envanteri Çalışma Grubu Taslak Raporu, TÜİK, Ankara.
- Ceyda, E. Ö. ve Ahmet, D., 2015. Düşük Karbon Ekonomisi ve Türkiye'nin Karbon Ayak İzi, *Hak-İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 4, 9, 198-215.

- Conway, T. M., Dalton, C., Loo, J. ve Benakoun, L., 2007. Developing Ecological Footprint Scenarios On University Campuses-A casestudy of the University of Toronto at Mississauga, International Journal of Sustainability in Higher Education, 9, 1, 4-20.
- Coşkun, S. ve Aydoğan, N.B., 2021. Tekstil Endüstrisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 25, 1, 28-35.
- Çerçi, M., 2021. İpcc Tier 1 ve Defra Metodları ile Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.
- Demirbaş, F., 2018. Geri Kazanım Tesisinde Karbon Ayak İzinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. ve Tanabe, K., 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- EPA, Environmental Protection Agency, 2002. Greenhouse gases and global warming potential values, In the inventory of U.S. greenhouse emissions and sinks: 1990-2000, 4-9, United States.
- EPA, Environmental Protection Agency, 2014. Greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2012, Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2012 (EPA 430-R-14-003), United States.
- Gençoğlu Korkmaz, G. ve Samancı, A., 2022. Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesine ait Binalar için Enerji Verimliliğini Artırmaya Yönelik Örnek Bir Çalışma, Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10, 2, 442-456.
- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., Van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. ve Johnson, C.A., 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. NY Cambridge University Press, New York.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume III: Reference Manual, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co Operation and Development, International Energy Agency, 1, 4-44, 62-98, Paris.
- IPCC, 2007. Climate change 2007: Synthesis report: Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report. Intergovernmental Panel on Climate change, Geneva, Switzerland.
- Işık, S., 2023. Tekstil Sektöründe Karbon Ayak İzi Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

- Kaypak, Ş., 2013. Ekolojik Ayak İzinden Çevre Barışına Bakmak, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 6, 1, 154-159.
- Khan, M.S., Mubeen, I., Caimeng, Y., Zhu, G., Khalid, A. ve Yan, M., 2022. Waste to energy incineration technology: Recent development under climate change scenarios, Waste Management and Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy, 40, 1708–1729.
- Kılıç, M., Dönmez, T. ve Adalı, S., 2021. Karayolu Ulaşımında Yakıt Tüketimine Bağlı Karbon Ayak İzi Değişimi: Çanakkale Örneği, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10, 2, 123-135.
- Larsen, N. H., Pettersen, J., Solli, C. ve Hertwich, E. G., 2011. Investigating the Carbon Footprint of a University The case of NTNU., Journal of Cleaner Production, 48, 39-47.
- Loyarte-López, E. B. ve M. Carlos Morla, J., 2020. Methodology for Carbon Footprint Calculation Towards Sustainable Innovation in Intangible Assets, Sustainability 2020, 12, 1629.
- Mendoza-Flores, R., Quintero-Ramírez, R. ve Ortiz I., 2019. The carbon footprint of a public university campus in Mexico City, Carbon Management, 10, 5, 501-511.
- Muslu, Y., 2000. Ekoloji ve Çevre Sorunları, Aktif Yayınevi, 223, 255-260, İstanbul.
- Noyan, E., 2022. İşletmelerde Sürdürülebilirlik Uygulamaları. Euroasia Journal of Social Sciences and Humanities, 9, 27, 19-28.
- Özçelik, G., 2017. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü'nün Enerji ve Karbon Ayak İzi Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Özer, F., 2019. Karabük'te Doğalgaz Kullanımının Hava Kirliliğinin Azaltılmasına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Özlem, B., 2013. Seçilen Bir Kağıt Fabrikasında Karbon Ayak İzi Belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, İTÜ, İstanbul.
- Pekin, M.A., 2006. Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pendik Belediyesi, 2016. Pendik ilçesi karbon ayak izi çalışması, Strateji Geliştirme Müdürlüğü, İstanbul.
- Rippon, S., 2014. University of Cape Town Carbon Footprint for 2013, University of Cape Town, South Africa.

- Seyhan, A. ve Çerçi, M., 2022. IPCC Tier 1 ve DEFRA Metotları ile Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin Yakıt ve Elektrik Tüketimi Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26, 3, 386-397.
- Sreng, R., 2016. Otomotiv Endüstrisinde Karbon ayak izi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- T.C. Resmi Gazete, Çevre Kanunu, 18132, 11.08.1983, 499.
- Toröz, A.S., 2015. Gemi Kaynaklı Atıkları Alan Bir Atık Kabul tesisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Turanlı, A., 2015. Estimation Of Carbon Footprint: A Case Study for Middle East Technical University. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Üreden, A., 2019. Sürdürülebilir Yaşam İçin Karbon Ayak İzi Çankırı Karatekin Üniversitesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Üreden, E. ve Özden, H., 2018. Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasında Yeni Yöntemler, Çevre Bilimleri Dergisi, 12, 1, 25-40.
- Vasquez, L., Iriarte, A., Almeida, M. ve Villalobos, P., 2015. Evaluation Off GreenhouseGas Emissions and Proposals for Their Reduction At A University Campus In Chile. , Journal of Cleaner Production, 108, 924-930.
- Wiedmann, T. ve Minx, J.C., 2008. A Definition of 'Carbon Footprint', Ecological Economics Research Trends'in İçinde, (Pertsova C.C., Ed.), Nova Science Publishers, Hauppauge NY, 1, 1-11, USA.
- WMO, Dünya Meteoroloji Örgütü, 2016. The Global Climate in 2011–2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
- WRI, Dünya Kaynakları Enstitüsü, 2015. Global Warming Potentia Values: The Greenhouse Gas Protocol, World Resources Institute, Washington.
- Yaka, İ.F., Koçer, A. ve Güngör, A., 2015. Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Karbon Ayak İzinin Tespiti, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 12, 3, 37-45.
- Zeydan, Ö., 2008. Zonguldak Bölgesi Sera Gazı Emisyon Miktarlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- URL-1 <<https://climatescience.org/tr/advanced-greenhouse-effect>>, Erişim Tarihi:12.01.2024.

- URL-2 <<https://www.eng.bilecikdemircelik.com.tr/bdcin-karbonsuzlasma-yolculugu-basladi/>>, Erişim Tarihi: 12.02.2024.
- URL-3 <<https://www.ankara.edu.tr/ankara-universitesi-teknokent-karbon-ayak-izini-hesapliyor/>>, Erişim Tarihi: 16.02.2024.
- URL-4 <<https://www.derluks.com.tr/wp-content/uploads/Derluks-Karbon-Ayakizi-Raporu.pdf>>, Erişim Tarihi: 10.01.2023.
- URL-5 <<https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2021>>, Erişim Tarihi: 12.02.2023.
- URL-6 <<https://theicct.org/publications/global-LCA-passenger-cars-jul2021>>, Erişim Tarihi: 13.03.2023.
- URL-7 <<https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklimelektrik-uretim-tuketim-emisyon-faktorleri>>, Erişim Tarihi: 10 Şubat 2023.
- URL-8 <<https://www.ishad.info>>, Erişim Tarihi: 20.02.2023.
- URL-9 <<https://www.igdas.istanbul/kaynaktan-eve-dogal-gaz/>>, Erişim Tarihi: 10.02.2023.
- URL-10 <https://www.pegasusyatirimciiliskileri.com/medium/image/pegasus-2020-sera-gazi-raporu_1154/view.aspx>, Erişim tarihi: 10.02.2023.
- URL-11 <<http://www.sisav.com.tr/>>, Erişim Tarihi: 04.01.2023.
- URL-12 <<https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>>, Erişim 24 Ocak 2023.
- URL-13 <<https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>>, Erişim tarihi: 25.12.2022.
- URL-14 <<https://www.footprintnetwork.org/>>, Erişim tarihi: 13.02.2023.
- URL-15 <<http://www.wwf.org.tr/?2340/IPCC5degerlendirmeraporuaciklandi/>>, Erişim Tarihi: 15.02.2023.
- URL-16 <<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri1990-2020-45862>>, Erişim Tarihi: 24.01.2023.
- URL-17 <<https://enerji.gov.tr/>>, Erişim Tarihi: 10.02.2023.
- URL-18 <<https://www.mfa.gov.tr/iklim-degisikligiyle-mucadelenin-onemi.tr.mfa->>, Erişim Tarihi:22.07.2022.
- URL-19 <<https://ghgprotocol.org/>>, Erişim tarihi: 04.03.2023.
- URL-20 <<https://www.oecd.org/dev/1923119.pdf>>, Erişim tarihi: 11.11.2022.

URL-21 <<https://www.epa.gov/recycle/recycling-basics-and-benefits>>, Erişim Tarihi:
12.11.2022.

URL-22 <https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en.>, Erişim Tarihi:
7.02.2023.

URL-23 <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>, Erişim Tarihi:
02.03.2023.



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Gökçenur TURGUT

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans: Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 2013- 2018

Yüksek Lisans: Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, 2021-2024

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Tirana Üniversitesi, Doğa Bilimleri Fakültesi (Tiran/ARNAVUTLUK)-Laboratuvar Stajı (2022)

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan ve Sunulan Bildiriler

1. Baştürk, E. ve Turgut, G., 2024. Atıkların Karbon Ayak İzi ile İlişkisi, EU 4th International Conference on Health, Engineering and Applied Sciences, Paris, Conference Book of Academy Global Conferences and Journals, 389-399.