

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TURİZM KONAKLAMA TESİSLERİNDE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM SÜREÇLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Handan ŞAHİN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

OCAK 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TURİZM KONAKLAMA TESİSLERİNDE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM SÜREÇLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Handan ŞAHİN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

OCAK 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TURİZM KONAKLAMA TESİSLERİNDE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM SÜREÇLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Handan ŞAHİN
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

OCAK 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TURİZM KONAKLAMA TESİSLERİNDE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM SÜREÇLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Handan ŞAHİN
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 08/01/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ: Prof. Dr. Gökhan CİVELEKOĞLU

Prof. Dr. Nevzat Özgü YİĞİT

Prof. Dr. Aslı Seyhan ÇİĞGIN

Doç. Dr. İ. Ethem KARADİREK

Dr. Öğr. Üyesi Meltem KAÇIKOÇ

ÖZET

TURİZM KONAKLAMA TESİSLERİNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM SÜREÇLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Handan ŞAHİN

Doktora Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gökhan Civelekoğlu

Ocak 2025; 95 sayfa

Türkiye’deki konaklama tesislerinin yatak kapasitesinin % 45’i Antalya’da yer almakta olup, bu tesislerin % 43’ü 5 yıldızlı konaklama tesisleridir. Turizm faaliyetleri, iklimle doğrudan ilişkili olup, iklim değişikliğine uyum süreçlerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, Antalya’da farklı konseptlerde faaliyet gösteren üç adet 5 yıldızlı turizm konaklama tesisinin karbon ve su ayak izi değerleri hesaplanmış, elde edilen sonuçların sürdürülebilirlik politikalarına katkı sağlaması amaçlanmıştır. Hesaplamalar, ISO 14046 ve ISO 14064 standartları temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Su ayak izi değerleri, iki farklı tesis için sırasıyla 992,8 L/geceleme ve 5.262,1 L/geceleme olarak belirlenmiş ve doğrudan su tüketiminin yaklaşık 2,5-3,3 katı olduğu gözlemlenmiştir. Karbon ayak izi hesaplamaları, farklı kategorilerdeki envanter kapsamına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Tüm kategorilerde yapılan hesaplamalarda karbon ayak izi 23,2–108,1 kg CO₂e/geceleme arasında değişiklik göstermektedir. Aynı kategorilerde elde edilen envantere dayalı hesaplamalarda ise karbon ayak izi değeri golf konseptli tesiste 62,2 kg CO₂e/geceleme, diğer iki tesiste ise ortalama 25,1 kg CO₂e/geceleme (23,1–26,9 kg CO₂e/geceleme) olarak bulunmuştur. Regresyon ve korelasyon analizleri, tesis özelliklerinin enerji ve su tüketimi üzerindeki dolaylı etkilerini ve bu tüketimlerin CO₂e emisyonlarına yansımalarını ortaya koymaktadır. Bu çalışma, turizm sektöründe enerji, su ve tedarik zinciri yönetiminin entegre bir yaklaşımla ele alınarak sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasında kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Antalya, İklim değişikliği, Karbon ayak izi, Su ayak izi, Sürdürülebilir turizm

JÜRİ: Prof. Dr. Gökhan CİVELEKOĞLU

Prof. Dr. Nevzat Özgü YİĞİT

Prof. Dr. Aslı Seyhan ÇİĞGİN

Doç. Dr. İ. Ethem KARADİREK

Dr. Öğr. Üyesi Meltem KAÇIKOÇ

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF CLIMATE CHANGE ADAPTATION PROCESSES IN TOURISM ACCOMMODATION FACILITIES

Handan ŞAHİN

PhD Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Gökhan CİVELEKOĞLU

January 2025; 95 pages

Approximately 45% of the bed capacity of accommodation facilities in Turkey is located in Antalya, and 43% of these facilities are 5-star hotels. Tourism activities are directly related to climate, and developing adaptation processes to climate change is of great importance. In this context, the carbon and water footprint values of three 5-star tourism accommodation facilities operating with different concepts in Antalya were calculated, aiming to contribute to sustainability policies based on the findings. The calculations were conducted in accordance with ISO 14046 and ISO 14064 standards. The water footprint values for two different facilities were determined as 992.8 L/overnight and 5,262.1 L/overnight, respectively, and it was observed that these values were approximately 2.5–3.3 times higher than direct water consumption. Carbon footprint calculations vary depending on the inventory scope across different categories. Carbon footprint values calculated across all categories ranged between 23.2–108.1 kg CO_{2e}/overnight. For calculations based on inventory obtained within the same categories, the carbon footprint value was determined as 62.2 kg CO_{2e}/overnight for the golf concept facility, while the average value for the other two facilities was 25.1 kg CO_{2e}/overnight (ranging between 23.1–26.9 kg CO_{2e}/overnight). Regression and correlation analyses revealed the indirect effects of facility characteristics on energy and water consumption and how these consumption patterns reflect on CO_{2e} emissions. This study highlights the critical role of addressing energy, water, and supply chain management with an integrated approach to achieve sustainability goals in the tourism sector.

KEYWORDS: Antalya, Climate change, Carbon footprint, Sustainable tourism, Water footprint.

COMMITTEE: Prof. Dr. Gökhan CİVELEKOĞLU

Prof. Dr. Nevzat YİĞİT

Prof. Dr. Aslı Seyhan ÇİĞGIN

Assoc. Prof. Dr. İ. Ethem KARADİREK

Asst. Prof. Dr. Meltem KAÇIKOÇ

ÖNSÖZ

Türkiye geneli konaklama yatak kapasitesinin yaklaşık yarısına sahip olan Antalya’da, 5 yıldızlı turizm konaklama tesisleri yoğun olarak hizmet vermektedir. Turizm birçok tüketim ürünün ve hizmetin birbiriyle etkileşim içerisinde olduğu karmaşık bir sektördür. Akdeniz bölgesinde en yoğun turizm faaliyetleri su arzı açısından en düşük dönemin yaşandığı yaz aylarında gerçekleşmektedir. Bu çalışmada, iklim değişikliğinden en çok etkilenmesi beklenen Akdeniz havzasında yer alan Türkiye ve Türkiye turizminin en önde gelen bölgesi olan Antalya ilinde turizm ve iklim değişikliği ilişkisinin belirlenmesine ve bölgesel ölçekte bütüncül planlamalara yön verecek nitelikte somut veri sağlanması amacıyla, karbon ayak izi ve su ayak izi kavramları kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Doktora eğitimim ve öğrenim sürecinde ve bu tez çalışmasının her aşamasında destek olan danışman hocam Prof. Dr. Gökhan Civelekoğlu’na, tüm çalışmalarımda yardım ve rehberlik eden Doç. Dr. İ. Ethem Karadirek’e, çevre mühendisliği eğitim ve öğrenim hayatımın en başından beri bilgi ve görüşlerine çok değer verdiğim, saygıdeğer hocam Prof. Dr. Bülent Topkaya’ya tüm destekleri için sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Doktora sürecinde desteğini hep hissettiğim, tez çalışmamın tamamlanmasında büyük katkıları bulunan sevgili arkadaşım Nagihan Ünlü Karataş’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Turizm Konaklama Tesislerinde İklim Değişikliğine Uyum Süreçlerinin Geliştirilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

08 / 01 / 2025

Handan ŞAHİN

İmzası

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Antalya’da Turizm	2
1.2. Karbon Ayak İzi	5
1.3. Su Ayak İzi	7
2. KAYNAK TARAMASI	10
2.1. Turizm Faaliyetlerinin Karbon Ayak İzi	10
2.2. Turizm Faaliyetlerinin Su Ayak İzi	18
2.3. Kaynak Taraması Özeti	23
3. MATERYAL VE METOT	26
3.1. Karbon Ayak İzinin Hesaplanması	26
3.1.1. Kategori 1: Doğrudan emisyonlar kaynakları	26
3.1.2. Kategori 2: İthal edilen enerji kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları	28
3.1.3. Kategori 3: Ulaşım kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları	29
3.1.4. Kategori 4: Kullanılan ürün ve hizmet kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları	32
3.1.5. Kategori 5: Üretilen/sunulan ürünlerin/hizmetlerin kullanımı ile ilişkili dolaylı emisyonlar	34
3.1.6. Kategori 6: Diğer kaynaklardan ortaya çıkan dolaylı sera gazı emisyonları	34
3.1.7. Karbon ayak izi hesaplamalarında kullanılan katsayılar	35
3.2. Su Ayak İzinin Hesaplanması	37
3.2.1. Mavi su ayak izi	38
3.2.2. Yeşil su ayak izi	38
3.2.3. Gri su ayak izi	39
3.2.4. Toplam su ayak izi	39
3.3. Regresyon ve Pearson Korelasyon Analizi	40

4. BULGULAR ve TARTIŞMA	42
4.1. Karbon Ayak İzinin Hesaplanması	42
4.1.1. Kategori 1: Doğrudan emisyonlar kaynakları.....	43
4.1.2. Kategori 2: İthal edilen enerji kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları	47
4.1.3. Kategori 3: Ulaşım kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları.....	48
4.1.4. Kategori 4: Kullanılan ürün ve hizmet kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları....	51
4.1.5. Kategori 6: Diğer kaynaklardan ortaya çıkan dolaylı sera gazı emisyonları	53
4.1.6. Toplam karbon ayak izi	53
4.2. Su Ayak İzinin Hesaplanması.....	61
4.2.1. Mavi su ayak izi.....	62
4.2.2. Yeşil su ayak izi.....	63
4.2.3. Gri su ayak izi.....	63
4.2.4. Toplam su ayak izi.....	64
4.3. Karbon Ayak İzi Regresyon ve Korelasyon Analizi	70
4.3.1. Tesis 1: Regresyon ve korelasyon analizi.....	70
4.3.2. Tesis 2: Regresyon ve korelasyon analizi.....	73
4.3.3. Tesis 3: Regresyon ve korelasyon analizi.....	77
4.3.4. Tesislerin birleşik verileriyle regresyon ve korelasyon analizi	80
4.3.5. Regresyon ve korelasyon bulgularının karşılaştırmalı değerlendirilmesi.....	83
5. SONUÇLAR.....	87
6. KAYNAKLAR.....	90
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
CF	: Karbon ayak izi (Carbon footprint)
CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbondioksit
CO _{2e}	: Karbondioksit eşdeğeri
CV	: Kalorifik değer (Calorific value)
EF	: Emisyon faktörü
FV	: Faaliyet verisi
g	: Gram
GWh	: Gigawatt saat
GWP	: Küresel ısınma potansiyeli (Global warming potential)
ha	: Hektar
HFC	: Hidroflorokarbon
kcal	: Kilokalori
kg	: Kilogram
kJ	: Kiloajoule
kWh	: Kilowatt saat
L	: Litre
m ³	: Metreküp
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
N ₂ O	: Nitröz oksit
NKD	: Net kalorifik değer
°C	: Derece santigrat
Q	: debi

P	: Fosfor
ppm	: parts per million
SF ₆	: Kükürt hekzaflorür
TJ	: terajoule
TL	: Türk Lirası
USD	: United States Dollars
WF	: Su ayak izi (Water footprint)

Kısaltmalar

AKM	: Askıda katı madde
ASAT	: Antalya Su ve Atıksu İdaresi
BKKR	: Bağlantı Kalite Kontrol Ruhsatı
DEFRA	: Department for Food, Environment and Rural Affairs
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change,
ISO	: International Standart of Organization
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
KTB	: Kültür ve Turizm Bakanlığı
MGM	: Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
TUSİAD	: Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği
EPA	: Environmental Protection Agency
WEF	: World Economic Forum
WTTC	: World Travel and Tourism Council

Bu tezde ondalık ayracı olarak virgül “,” kullanılmıştır.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. 2024 yılı turizm işletme belgeli konaklama tesisleri yatak sayısının illere göre dağılımı.....	3
Şekil 1.2. Antalya’da yer alan Turizm işletme belgeli konaklama tesislerinin türlerine göre dağılımı.....	4
Şekil 1.3. Turizm işletme belgeli tesisleri 2023 yılı geceleme sayılarının ilçelere göre dağılımı.....	4
Şekil 1.4. Antalya ili aylık geceleme sayıları (2021-2023) ve uzun yıllar ortalama yağış değerleri.....	5
Şekil 4.1. Eş kategorilere ait karbon ayak izi değerlerinin tesislere göre değişimi.....	56
Şekil 4.2. Eş kategorilerin envanterine ait emisyonların dağılımı (Tesis 1)	57
Şekil 4.3. Eş kategorilerin envanterine ait emisyonların dağılımı (Tesis 2)	57
Şekil 4.4. Eş kategorilerin envanterine ait emisyonların dağılımı (Tesis 3)	58
Şekil 4.5. Su ayak izi kaynakları	61
Şekil 4.6. Su ayak izi bileşenlerinin tesislere göre değişimi	65
Şekil 4.7. Tesis 1 su ayak izi bileşenlerinin dağılımı	66
Şekil 4.8. Tesis 3 su ayak izi bileşenlerinin dağılımı	66
Şekil 4.9. Bağımsız değişkenlerin CO ₂ emisyonları üzerindeki etkisi.....	72
Şekil 4.10. Bağımsız değişkenlerin CO ₂ emisyonları üzerindeki etkisi.....	75
Şekil 4.11. Bağımsız değişkenlerin CO ₂ emisyonları üzerindeki etkisi.....	78
Şekil 4.12. Bağımsız değişkenlerin CO ₂ emisyonları üzerindeki etkisi.....	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. 2023 yılı turizm işletme belgeli konaklama tesislerinin sayısı	3
Çizelge 2.1. Farklı çalışmalarda hesaplanan turizmin karbon ayak izi değerleri.....	23
Çizelge 2.2. Farklı çalışmalarda hesaplanan turizmin doğrudan ve dolaylı su ayak izi değerleri.....	24
Çizelge 3.1. Net kalorifik değerler	35
Çizelge 3.2. Küresel ısınma potansiyelleri.....	35
Çizelge 3.3. Sabit ve hareketli yakma kaynaklarına ait emisyon faktörleri.....	36
Çizelge 3.4. Antropojenik sistemlere ait emisyon faktörleri.....	36
Çizelge 3.5. Elektrik kullanım ve iletim dağıtım kaybı emisyon faktörleri.....	36
Çizelge 3.6. Personel ve ziyaretçilerin ulaşımına ait emisyon faktörleri	36
Çizelge 3.7. Ürünlerin taşınmasına ait emisyon faktörleri.....	37
Çizelge 3.8. İş seyahatlerine ait emisyon faktörleri	37
Çizelge 3.9. Atık bertarafı, atıksu ve su teminine ait emisyon faktörleri.....	37
Çizelge 4.1. Tesis özellikleri	42
Çizelge 4.2. Kategorilere göre envanter analizi	42
Çizelge 4.3. Tesislerin doğalgaz tüketim verileri.....	43
Çizelge 4.4. Jeneratörlerin yakıt tüketimleri	44
Çizelge 4.5. Sabit yakma kaynakları emisyon değerleri	44
Çizelge 4.6. Sabit yakma kaynakları geceleme başı emisyon değerleri.....	44
Çizelge 4.7. Hareketli yakma kaynakları faaliyet verileri.....	45
Çizelge 4.8. Hareketli yakma kaynakları emisyon değerleri.....	45
Çizelge 4.9. Hareketli yakma kaynakları geceleme başı emisyon değerleri	45
Çizelge 4.10. Sızıntı kaçak kaynaklarına ait faaliyet verileri.....	46
Çizelge 4.11. Sızıntı ve kaçak kaynaklı emisyonlar.....	46
Çizelge 4.12. Sızıntı ve kaçak kaynaklı geceleme başı emisyonlar	47
Çizelge 4.13. Elektrik tüketimi faaliyet verileri	47
Çizelge 4.14. Elektrik tüketimine bağlı emisyonlar	47
Çizelge 4.15. Elektrik tüketimine bağlı geceleme başı emisyonlar	48
Çizelge 4.16. Ürünlerin tesise taşınmasından kaynaklı emisyonlar.....	48
Çizelge 4.17. Ürünlerin tesise taşınmasından kaynaklı emisyonlar	49
Çizelge 4.18. Personel ulaşımı faaliyet verileri.....	49
Çizelge 4.19. Personel ulaşımından kaynaklı emisyonlar	49
Çizelge 4.20. Müşteri ve ziyaretçilerin ulaşımına ait faaliyet verileri	50
Çizelge 4.21. Müşteri ve ziyaretçilerin ulaşımı kaynaklı emisyonlar	50

Çizelge 4.22. İş seyahatlerinden kaynaklı emisyonlar	50
Çizelge 4.23. Satın alınan ürünlerden kaynaklı emisyonlar	51
Çizelge 4.24. Sermaye niteliğindeki varlıklardan kaynaklanan emisyonlar	51
Çizelge 4.25. Atık oluşum miktarlarına ait faaliyet verileri	52
Çizelge 4.26. Atıklarından bertarafından kaynaklı emisyonlar	52
Çizelge 4.27. Hizmet alımları kaynaklı emisyonlar	53
Çizelge 4.28. Diğer kaynaklardan ortaya çıkan dolaylı sera gazı emisyonları	53
Çizelge 4.29. Tesislere ait karbon ayak izi değerleri	54
Çizelge 4.30. Tesislere ait geceleme başı karbon ayak izi değerleri	55
Çizelge 4.31. Eş kategorilerin envanterine ait emisyonlar	56
Çizelge 4.32. Karbon ayak izi değerlerinin literatür çalışmaları ile karşılaştırılması	60
Çizelge 4.33. Tesis özellikleri	61
Çizelge 4.34. Şebekeden temin edilen su miktarı	62
Çizelge 4.35. Ambalajlı olarak temin edilen su miktarı	62
Çizelge 4.36. Mavi su ayak izi değerleri	63
Çizelge 4.37. Yeşil su ayak izi değerleri	63
Çizelge 4.38. Parametrelere ait yasal limit konsantrasyon değerleri	64
Çizelge 4.39. Atıksu analiz sonuçları ve gri su ayak izi değerleri	64
Çizelge 4.40. Toplam su ayak izi değerleri	65
Çizelge 4.41. Doğrudan su tüketimi değerlerinin literatür çalışmaları ile karşılaştırılması	68
Çizelge 4.42. Su ayak izi değerlerinin literatür çalışmaları ile karşılaştırılması	70
Çizelge 4.43. Değişkenler	70
Çizelge 4.44. Model Özeti	71
Çizelge 4.45. ANOVA tablosu	71
Çizelge 4.46. Regresyon katsayıları	71
Çizelge 4.47. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları	73
Çizelge 4.48. Model Özeti	74
Çizelge 4.49. ANOVA tablosu	74
Çizelge 4.50. Regresyon katsayıları	74
Çizelge 4.51. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları	76
Çizelge 4.52. Model Özeti	77
Çizelge 4.53. ANOVA tablosu	77
Çizelge 4.54. Regresyon katsayıları	78

Çizelge 4.55. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları	79
Çizelge 4.56. Model Özeti.....	80
Çizelge 4.57. ANOVA tablosu.....	80
Çizelge 4.58. Regresyon katsayıları	81
Çizelge 4.59. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları	82
Çizelge 4.60. Regresyon analizi ile elde edilen katsayılar, anlamlılık düzeyi ve bağımsız değişkenlerin R^2 değerleri	84
Çizelge 4.61. Bağımsız değişkenler ile CO ₂ arasındaki korelasyon sonuçları.....	85
Çizelge 4.62. Bağımsız değişkenlerin birbiriyle korelasyon sonuçları	85



1. GİRİŞ

İklim, çok uzun zaman içerisinde gerçekleşen ortalama hava koşullarını ve bir bölgenin atmosferik olaylarını ve bitki örtüsünü karakterize etmektedir (MGM 2015). İklim değişikliği ise, iklimin ortalama durumunda veya değişkenliğinde onlarca yıl ya da daha uzun süre boyunca gerçekleşen farklılıklar olarak tanımlanmaktadır (IPCC 2012; MGM 2015).

Yeryüzünden geri yansıyan uzun dalga boylu ışınların bir bölümü, bulutlarca ve atmosferdeki sera etkisini düzenleyen gazlarla (su buharı, karbondioksit, metan, diazotmonoksit, ozon vb.) soğurulmaktadır. Bu gazlara sera gazları adı verilmektedir. Sera etkisi dünya ısıl dengesi için gerekli olmakla birlikte, insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınan ilave gazlar, yerküreyi beklenenden daha fazla ısıtmaktadır. Bu durum küresel ısınma olarak adlandırılmaktadır. Fosil yakıtların tüketimi, arazi kullanımındaki değişiklikler, ormanların tahrip edilmesi ve endüstriyel süreçler gibi insan etkinlikleriyle atmosfere salınan sera gazı birikimindeki hızlı artışın doğal sera etkisini artırdığı kanıtlanmıştır. En önemli sera gazı olan karbondioksit atmosferde birikerek, sanayi öncesi dönemdeki 280 ppm seviyesinden, 2021 yılında 420 ppm'e (% 50 oranında) yükseltmiştir.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 1988 yılında bilimsel çıktılar ışığında iklim değişikliğiyle mücadele ve iklim değişikliğine uyum konularında karar vericilere yol göstermek üzere kurulmuştur. Ülkemizin de içinde olduğu bu yapı, bağımsız süreçlere göre çalışmalarını sürdürmekte ve 5-7 yılda bir sonuçları raporlamaktadır. IPCC'nin altındaki 1'inci Çalışma Grubu tarafından hazırlanan son rapor olan "İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temeli" isimli çalışma, 243 bilim insanı ve 195 ülke tarafından onaylanmıştır. Bu rapora göre, tüm bilimsel senaryolarda gezegende sıcaklığın 2030 yılına kadar 1,5 °C artacağı ve bu artışın 1,5 °C ile sınırlı kalması için acil harekete geçilmesi gerektiği belirtilmiştir. Aksi takdirde sıcaklıklardaki yükselişin 2 °C'yi bulacağı ve +0,5 °C'lik farkın, ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası ekosistemini 2-10 kat daha olumsuz etkileyeceği öngörülmektedir (IPCC 2021b).

Küresel ortalamalara bakıldığında gayri safi yurt içi hasılanın (GSYİH) % 10'undan fazlasını oluşturan turizm sektörünün, iklim değişikliğinin kaçınılmaz, olumsuz etkilerine uyum sağlamak ve buna hazırlanmak zorunda kalacağı öngörülmektedir. Bu etkiler arasında aşırı hava olayları, kıyı erozyonu, biyoçeşitlilik kaybı, altyapı ve mülklerin tahribi, kültürel ve doğal mirasın bozulmasının yanı sıra temel doğal kaynaklar üzerinde artan stres yer almaktadır (WTTC 2021).

Dünya Ekonomik Forumu, Küresel Rekabetçilik Endeksini turizm sektörüne uyarlamış ve sonuçlarını senelik hazırlanan "Seyahat ve Turizm Rekabetçilik Raporunda ortaya koymuştur. Endeks ile ülkelerdeki turizm sektörünün gelişimine ilişkin politikaların etkilerinin ölçülmesi amaçlanmaktadır. Endeks 14 ana bileşenden oluşmaktadır (TUSİAD 2012). Türkiye bu 14 bileşenden biri olan Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi sıralamasında; 2013 yılında 140 ülke arasında 95, 2015 yılında 141 ülke arasında 95, 2017 yılında 136 ülke arasında 112 ve 2019 yılında 140 ülke arasında 126. sırada yer almaktadır (WEF 2013, 2015, 2017, 2019). Türkiye'nin Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi sıralamasında dünya geneline göre oldukça alt sıralarda yer aldığı görülmektedir. Bu da çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliğine uyum

süreçleri ile ilgili bilimsel altyapıya sahip çalışmaların yapılması ve önlemlerin bir an önce hayata geçirilmesine ait gerekliliği ortaya koymaktadır.

En hızlı büyüyen ekonomik sektörlerden biri olan turizm sektörünün küresel ölçekteki toplam karbon emisyonundaki payı yaklaşık % 8 olarak ifade edilmektedir (UNEP 2019). Kültür ve Turizm Bakanlığı 2023 yılı bakanlık belgeli konaklama tesisi istatistikleri değerlendirildiğinde Türkiye genelinde işletme belgeli toplam 5228 tesis bulunmakta olup, bu tesislerin 889'u Antalya'da yer almaktadır. Antalya tesis sayısı ile Türkiye'de birinci sırada yer almaktadır. Antalya'da yer alan bakanlık belgeli tesislerin % 43'ü 5 yıldızlı konaklama tesisleridir (Anonim 1). Kültür ve Turizm Bakanlığı verilerine göre 2023 yılında Antalya ili Türkiye geneli turizm işletme belgeli konaklama tesislerinde gerçekleşen geceleme sayısında % 46,3 ile birinci sırada yer almaktadır (Anonim 2).

Turist sayısındaki yoğunluk yağışın en düşük olduğu yaz döneminde en üst seviyeye çıkmaktadır. Turizm faaliyetlerindeki artış ile birlikte enerji tüketimleri ve su kaynakları üzerindeki baskı artmaktadır. İklim değişikliğinin bir sonucu olarak sıcaklıklarda yaşanan artış, enerji ve su tüketimini de artırmaktadır. Bu durum iklim değişikliğine olumsuz etki etmekte ve bu etkileşim karşılıklı olarak devam etmektedir. Turizm faaliyetleri iklim ile doğrudan ilişkilidir. İklim değişikliğinin neden olacağı olumsuzluklar kadar turizm faaliyetlerinin iklim değişikliğine olan etkileri de büyük önem taşımaktadır.

Turizm sektöründe enerji ve su tüketiminin çevresel etkileri gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Mevcut literatürde, özellikle Akdeniz bölgesindeki tesislerin karbon ve su ayak izine yönelik kapsamlı analizler sınırlıdır. Bu çalışmada, Antalya'da yer alan farklı kategorilerdeki 5 yıldızlı turizm konaklama tesislerinde karbon ve su ayak izi değerleri hesaplanarak sürdürülebilirlik politikalarına katkı sağlanması amacıyla ve iklim değişikliğine uyum aşamasının etkin bir şekilde geliştirilmesi amaçlanmıştır. Hesaplamalarda ISO 14046 ve ISO 14064 standartları temel alınmıştır.

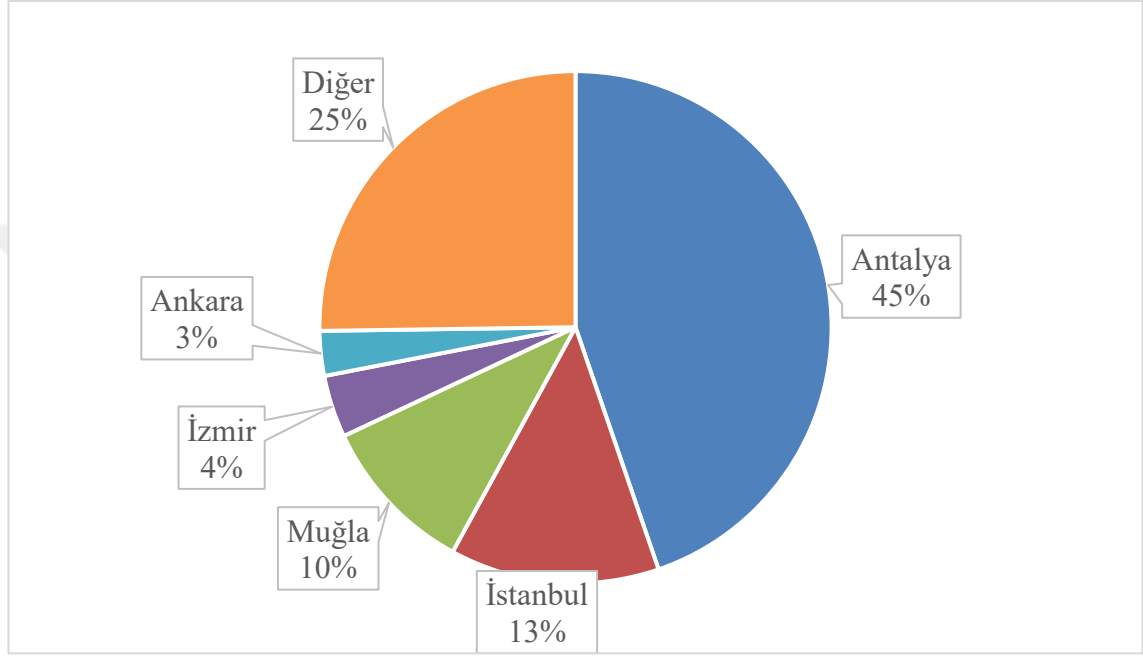
1.1. Antalya'da Turizm

Kültür ve Turizm Bakanlığı 2023 yılı bakanlık belgeli konaklama tesisi istatistikleri değerlendirildiğinde Türkiye genelinde işletme belgeli toplam 5228 tesis bulunmaktadır. Bu tesislerin 1145'i Akdeniz Bölgesinde yer almakta olup, Antalya'da 889 adet tesis bulunmaktadır. Akdeniz Bölgesi'nde yer alan tesis sayısı Türkiye geneli tesis sayısının yaklaşık % 22'sini oluşturmaktadır. Antalya ise Türkiye geneli tesis sayısının % 17'sini bulundurmakta olup Türkiye'de birinci sırada yer almaktadır. Akdeniz Bölgesindeki tesislerin ise yaklaşık % 78'i Antalya'da yer almaktadır (Anonim 1) (Çizelge 1.1).

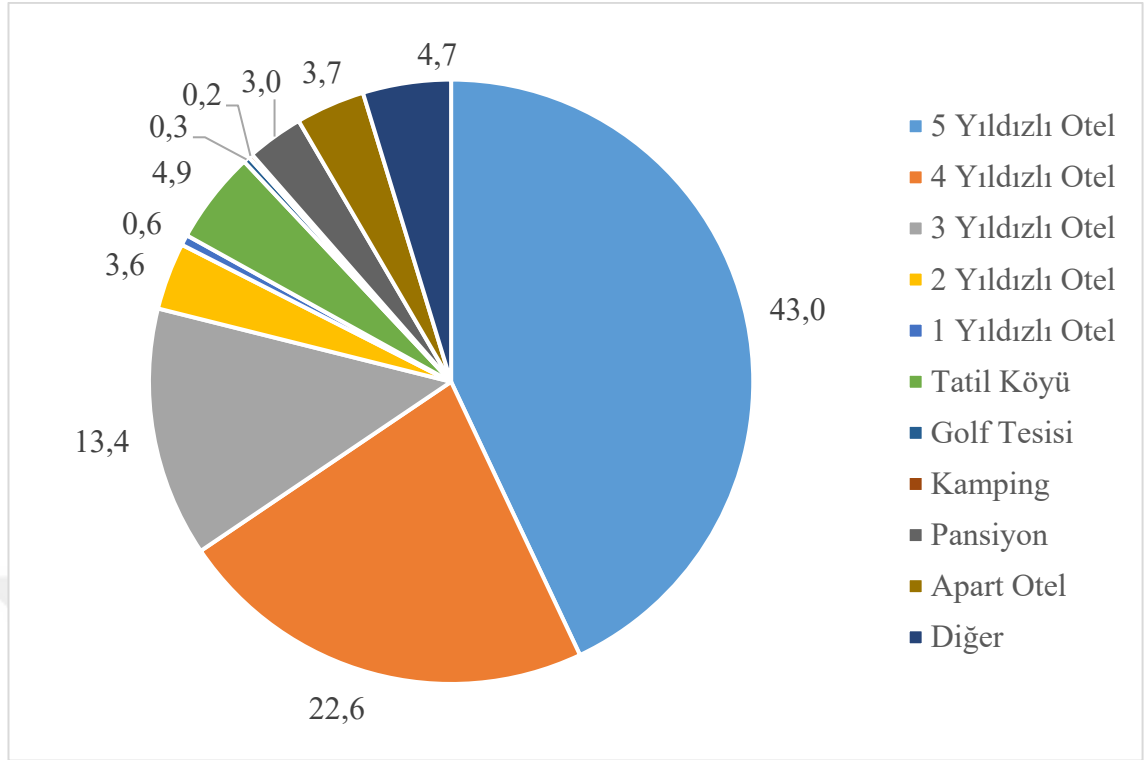
Turizm işletme belgeli tesislerin Türkiye geneli yatak kapasitesi 1.111.701'dir. Bunun yaklaşık % 47'si Akdeniz bölgesinde yer almaktadır. 524.959 olan Akdeniz bölgesi yatak kapasitesinin yaklaşık % 95'i Antalya'da bulunmaktadır. Antalya Türkiye yatak kapasitesinin % 45'ini bulundurarak birinci sırada yer almaktadır. (Şekil 1.1) (Anonim 1).

Çizelge 1.1. 2023 yılı turizm işletme belgeli konaklama tesislerinin sayısı(Anonim 1)

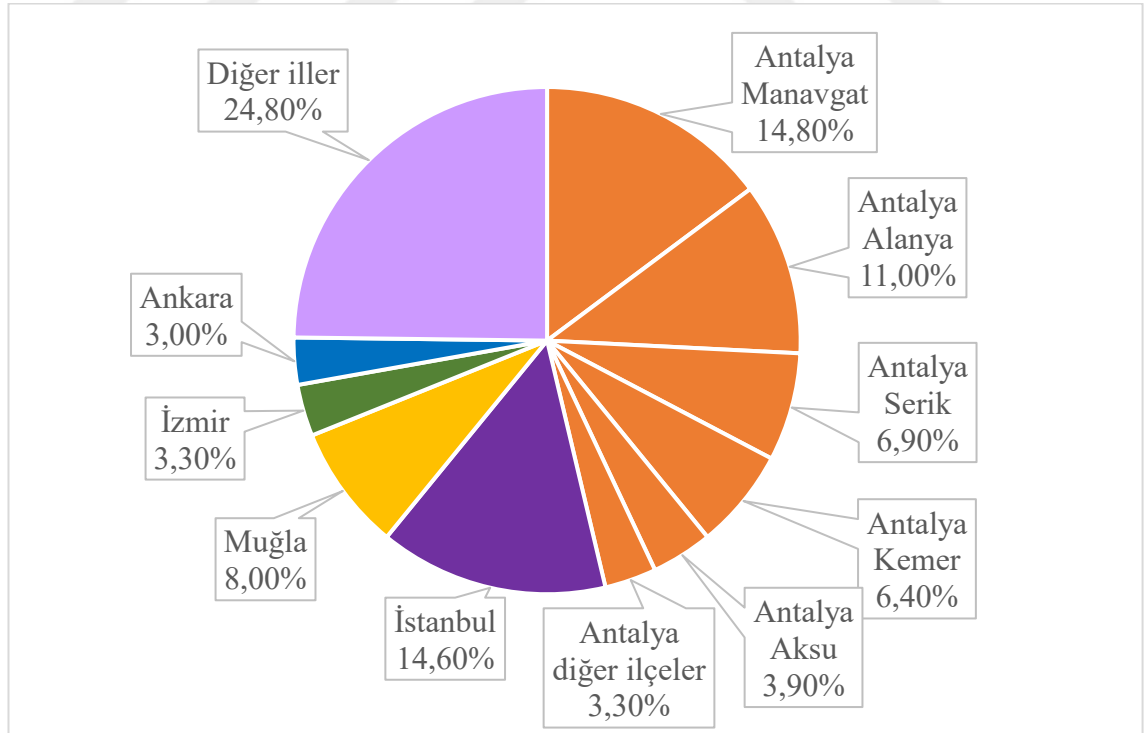
Bölge	Turizm İşletme Belgeli		
	Tesis	Oda	Yatak
Antalya	889	231.384	497.402
Akdeniz	1.145	244.962	524.959
Türkiye	5.228	530.648	1.111.701

**Şekil 1.1.** 2024 yılı turizm işletme belgeli konaklama tesisleri yatak sayısının illere göre dağılımı(Anonim 1)

Antalya'da bulunan işletme belgeli tesislerin % 43'ünü 5 yıldızlı konaklama tesisleri oluşturmaktadır. İkinci sırada yaklaşık %23 ile 4 yıldızlı konaklama tesisleri gelmektedir (Şekil 1.2) (Anonim 1). Türkiye geneli 2023 yılı geceleme sayıları turizm işletme belgeli konaklama tesislerinde 203.187.830'dur. 2023 yılında Türkiye geneli turizm işletme belgeli konaklama tesislerinde gerçekleşen geceleme sayıları değerlendirildiğinde Antalya ili % 46,3'lük paya sahiptir. İlçelere göre geceleme sayılarının dağılımı değerlendirildiğinde Antalya ili Manavgat ilçesinin 2023 yılı Türkiye turizm işletme belgeli tesisler geceleme sayısındaki payı % 14,8 ile birinci sırada yer almaktadır. Bunu % 14,6 ile İstanbul, % 11 ile Antalya ili Alanya ilçesi, % 8 ile Muğla takip etmektedir (Anonim 2) (Şekil 1.3).

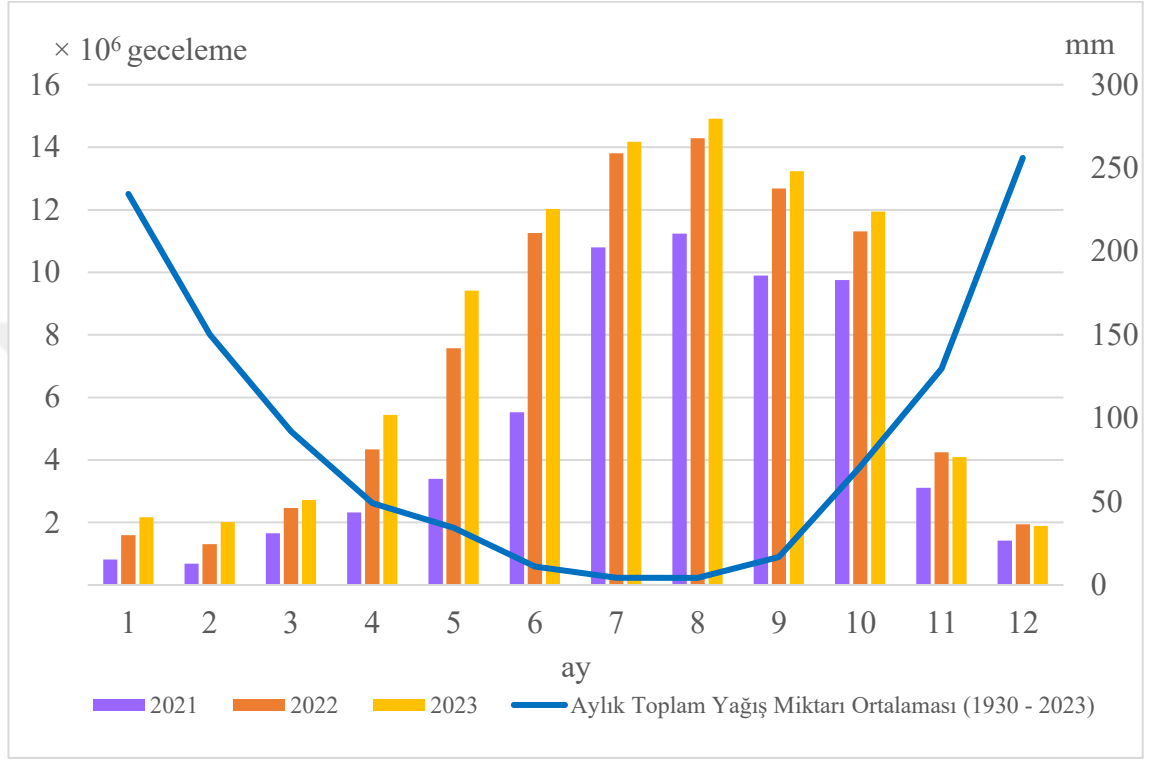


Şekil 1.2. Antalya'da yer alan Turizm işletme belgeli konaklama tesislerinin türlerine göre dağılımı(Anonim 1)



Şekil 1.3. Turizm işletme belgeli tesisleri 2023 yılı geceleme sayılarının ilçelere göre dağılımı(Anonim 2)

Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2023 yılı nüfus sayısı 2.696.249'dır (Anonim 3). Antalya ili 2021-2023 yılları arasında turizm işletme belgeli tesislerin aylık geceleme sayılarına bakıldığında özellikle turizm sezonunun yüksek olduğu nisan-eylül döneminde nüfusun 5,3 katı arttığı görülmektedir (Şekil 1.4). Uzun yıllar ortalama yağış değerlerinin düşük olduğu bu dönemde nüfusun artması su kaynaklarına olan baskının artmasına sebep olmaktadır.



Şekil 1.4. Antalya ili aylık geceleme sayıları (2021-2023) ve uzun yıllar ortalama yağış değerleri (Anonim 4 ; Anonim 5 ; Anonim 6 ; Anonim 7)

1.2. Karbon Ayak İzi

Karbon ayak izi, bir kişi, kuruluş, olay veya ürün tarafından doğrudan veya dolaylı olarak neden olunan toplam sera gazı emisyonlarıdır. Bir ürün veya hizmetin kullanım ömrünün her aşamasından (malzeme üretimi, imalat, kullanım ve kullanım ömrü sonu) kaynaklanan emisyonların toplanmasıyla hesaplanır. Bir ürünün kullanım ömrü veya yaşam döngüsü boyunca, karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitroz oksit (N₂O) gibi her biri atmosferde ısıyı daha fazla veya daha az tutma yeteneğine sahip farklı sera gazları yayılabilir. Her bir gazın küresel ısınma potansiyeli ile yapılan hesaplama sonucunda karbondioksit eşdeğeri (CO₂e) bulunur ve toplamı karbon ayak izi olarak ifade edilmektedir (Anonymous 2).

Sera gazları, su buharı, karbondioksit, metan ve azot oksit gibi atmosferdeki kızılötesi radyasyonu emebilen, ısıyı atmosferde tutan gazlardır. Bu sera etkisi, insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının küresel ısınmaya neden olduğu anlamına gelmektedir (Anonymous 1).

Sera gazı envanteri oluşturulurken ISO 14064 standardına belirlenen kategorilere göre envanter çalışması yapılmaktadır. Sera gazı envanteri altı kategoriden oluşmakta olup; kategoriler alt kategorileri ile birlikte aşağıda açıklanmıştır.

Kategori 1: Doğrudan sera gazı emisyonları ve uzaklaştırmaları (ISO 14064-1 Madde 5.2.2)

- Sabit yakma kaynaklı emisyonlar
- Hareketli yakma kaynaklı emisyonlar
- Endüstriyel süreçlerden kaynaklı sera gazı emisyonları
- Antropojenik sistemlerde sızıntı/kaçak kaynaklı emisyonlar,
- Arazi kullanımı, arazi kullanımındaki değişiklik ve ormancılık (LULUCF) faaliyetlerinden kaynaklanan doğrudan emisyonlar ve uzaklaştırmalar

Kategori 2: İthal edilen enerji kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları (ISO 14064-1 Madde 5.2.3)

- Kuruluş tarafından ithal edilene elektriğin dolaylı sera gazı emisyonları
- Fiziksel bir ağ vasıtası ile tüketilen elektrik hariç enerjinin (buhar, ısınma, soğutma ve basınçlı hava) üretimi ile ilgili dolaylı sera gazı emisyonları

Kategori 3: Ulaşım kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları; (ISO 14064-1 Madde 5.2.3)

- Ürünlerin (kuruluşa gelen) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar
- Ürünlerin (kuruluştan giden) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar
- Personelin işe gidiş gelişleri kaynaklı emisyonlar
- Müşteri ve ziyaretçi ulaşımı kaynaklı emisyonlar.
- İş seyahatleri kaynaklı emisyonlar

Kategori 4: Kuruluş tarafından kullanılan ürünler/hizmetler kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları (ISO 14064-1 Madde 5.2.3)

- Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul vb. kaynaklı emisyonlar.
- Sermaye niteliğindeki varlıklardan (taşınır & taşınmaz) kaynaklanan emisyonlar, kuruluş tarafından satın alınmış ve amorti edilmiş makine, teçhizat, bina vb. varlıklardan kaynaklanan emisyonlardır.
- Katı ve sıvı atıkların bertarafı (düzenli atık depolama, yakma, biyolojik arıtma veya geri dönüşüm süreçleri) kaynaklı emisyonlar
- Raporlama yapan kuruluş tarafından kiralanan ekipmanların kullanımı kaynaklı emisyonlar
- Danışmanlık, temizlik, bakım, kurye, bankacılık vb. hizmet alımlar kaynaklı emisyonlar

Kategori 5: Kuruluş tarafından üretilen/sunulan ürünlerin/hizmetlerin kullanımı ile ilişkili dolaylı sera gazı emisyonları (ISO 14064-1 Madde 5.2.3)

- Ürünlerin kullanım evresinden kaynaklanan emisyonlar veya uzaklaştırmalar
- Kuruluşun sahip olduğu varlıkların raporlama yılında kiralanması sonucunda ortaya çıkan emisyonlar
- Ürünün kullanım ömrünü tamamlamasından sonraki emisyonlar
- Yatırımlar kaynaklı emisyonlar

Kategori 6:Diğer kaynaklardan ortaya çıkan dolaylı sera gazı emisyonları (ISO 14064-1 Madde 5.2.3)

- Diğer kategoriler kapsamına girmeyen emisyonlar

1.3. Su Ayak İzi

Su ayak izi kavramı, geleneksel sektör bazlı su kullanım göstergelerine ek olarak tüketim bazlı bir su kullanım göstergesi elde etmek amacıyla 2002 yılında Hoekstra tarafından ortaya atılmıştır (Chapagain ve Hoekstra 2004).

Su kullanımına ilişkin veri tabanları geleneksel olarak su kullanımını evsel, tarımsal ve endüstriyel sektörlerin su çekimi olarak göstermektedir. Bir ülkedeki su talebinin değerlendirilmesinde genelde farklı sektörlerin su çekimleri kullanılır. Ancak bu, ülkedeki insanların tüketim şekillerine göre gerçekte ihtiyaç duyulan su miktarı hakkında pek bir bilgi vermemektedir. Gerçekte o ülkede tüketilen birçok mal başka ülkelerde üretilir, bu da nüfusun su talebinin sektörel su çekimlerinden çok daha yüksek olabileceği anlamına gelmektedir. Bunun tam tersi bir durum da söz konusu olabilir, o ülkede üretilen ürünler ihraç edilebilir (Chapagain ve Hoekstra 2004).

Su ayak izi, bir ülke içindeki tüketime ilişkin su kullanımını gösterirken, geleneksel göstergeler bir ülke içindeki üretime ilişkin su kullanımını gösterir. Geleneksel olarak, ulusal su kullanımı ekonominin çeşitli sektörleri için toplam tatlı su çekimi olarak ölçülmektedir. Buna karşılık, su ayak izi yalnızca söz konusu ülke içindeki tatlı su kullanımını değil, aynı zamanda ülke sınırları dışındaki tatlı su kullanımını da gösterir. Belirli bir ülkedeki insanlar tarafından tüketilen mal ve hizmetlerin üretimine katkıda bulunan her türlü tatlı su kullanımını ifade eder (Hoekstra ve Chapagain 2008).

Su ayak izi, yalnızca bir tüketicinin veya üreticinin doğrudan su kullanımını değil, aynı zamanda dolaylı su kullanımını da değerlendiren bir gösterge olarak tanımlanmaktadır. Bir ürünün su ayak izi, tüm tedarik zinciri boyunca ölçülen, ürünü üretmek için kullanılan tatlı su hacmidir. Toplam su ayak izi su tüketimini kaynağa ve kirlilik türüne göre coğrafi ve zamansal olarak belirlen çok boyutlu bir göstergedir (Hoekstra vd. 2011).

Su ayak izi mavi, yeşil ve gri olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır (Hoekstra ve Chapagain 2008). Yağmur suyu yeryüzüne ulaştıktan sonra buhar formunda yeşil su akışı ve sıvı formda mavi su akışı olarak ikiye ayrılır. Yeşil su akışı, kara ve su yüzeylerinden buharlaşan (üretken olmayan kısım) su ve bitkiler tarafından alındıktan

sonra terlemeyle atmosfere dönen su (üretken olan kısım) olmak üzere iki kısımdan oluşur. Mavi su ise yüzey ve yeraltı su akışı olarak karadan su sistemlerine doğru hareket eder (Falkenmark 2003). Üçüncü bir su kullanım biçimini de yani “kirlilik sonucu su kullanımı” dahil edilerek su ayak izi kavramı genişletilmiştir. Bu gri su ayak izi tanımlanmıştır (Hoekstra ve Chapagain 2008).

Mavi su ayak izi, bir ürünün tedarik zinciri boyunca mavi su kaynaklarının (yüzey ve yeraltı suyu) tüketimini ifade eder. 'Tüketim', bir su toplama alanındaki yeraltı suyu kütlesinden su kaybını ifade etmektedir. Bu, suyun buharlaşması, başka bir su toplama alanına veya denize geri dönmesi veya bir ürüne dahil edilmesiyle gerçekleşmektedir (Hoekstra vd. 2011).

Tüketim amaçlı su kullanımı, suyun yok olduğu anlamına gelmemektedir, çünkü su döngü içerisinde kalmaktadır. Su yenilenebilir bir kaynak olmakla birlikte kullanılabilirliği sınırlıdır. Belirli bir dönemde, yeraltı suyu rezervlerini dolduran ve bir nehirde akan su miktarı her zaman belirli bir miktarla sınırlıdır. Yeraltı ve yüzey suyu tarımsal, endüstriyel veya evsel amaçlar için kullanılabilir, ancak belirli bir dönemde mevcut olandan daha fazla su tüketilemez. Mavi su ayak izi, belirli bir dönemde tüketilen (aynı havza içinde hemen geri dönmeyen mevcut su miktarını ölçmektedir (Hoekstra vd. 2011).

Mavi su ayak izini değerlendirirken, farklı mavi su kaynakları arasında ayırım yapmak (çalışmanın kapsamına bağlı olarak) önemli olabilir. Veriler izin veriyorsa mavi yüzey suyu ayak izi, mavi yenilenebilir yeraltı suyu ayak izi şeklinde ayırım yapılabilir. Ancak uygulamada yetersiz veri sebebiyle ayırım yapmak çok zordur ve genellikle ayırım yapılmamaktadır (Hoekstra vd. 2009).

Toplam mavi su ayak izini kaynağa göre belirlerken, hasat edilen yağmur suyunun tüketim amaçlı kullanımını da açıkça ayırt etmek istenilebilir. Çoğunlukla, yağmur suyu hasadı, akışa dönüşecek olan yağmurun toplanması anlamına gelmektedir. Yerel akış toplamadan bahsedildiği sürece, çatılardan veya diğer sert yüzeylerden yağmur suyu hasadı durumunda veya yağmurun göletlere yönlendirilmesi durumunda, bu suyun tüketim amaçlı kullanımı mavi su ayak izi altında kategorize edilebilir. Toprağın su tutma kapasitesini artıracak önlemlerden veya yağmur suyunu tutacak yeşil çatılardan söz edildiğinde, bu suyun bitkisel üretim için tüketilmesi yeşil su ayak izinin kapsamına girmektedir (Hoekstra vd. 2011).

Yeşil su ayak izi, insanların yeşil su kullanımının bir göstergesidir. Yeşil su, yeraltı suyunu beslemeyen ve yüzey akışına geçmeyen, toprakta depolanan veya geçici olarak toprağın veya bitki örtüsünün üstünde kalan yağışı ifade eder. Sonunda yağışın bu kısmı buharlaşır veya bitkiler aracılığıyla terleme aracılığı ile atılır (Hoekstra vd. 2009). Yeşil su ayak izi, üretim süreci sırasında tüketilen yağmur suyu hacmidir. Tarımda yeşil su tüketimi, iklim, toprak ve ürün özelliklerine ilişkin girdi verilerine dayalı olarak buharlaşma ve terlemeyi tahmin etmeye uygun bir ürün modeli veya bir dizi ampirik formülle ölçülebilir veya tahmin edilebilir (Hoekstra vd. 2011).

Gri su ayak izi, üretim sürecinden kaynaklı tatlı su kirliliği derecesinin bir göstergesidir (Hoekstra vd. 2011). Gri su ayak izi, ortam su kalitesi standartlarını karşılayacak şekilde belirli bir kirlilik miktarını seyreltmek için gereken su hacmi olarak

tanımlanmaktadır (Hoekstra ve Chapagain 2008). Gri su ayak izi kirliliğin bir göstergesidir ve kirlilik ne kadar az olursa o kadar iyidir (Hoekstra vd. 2009).



2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Turizm Faaliyetlerinin Karbon Ayak İzi

Filimonau vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada Birleşik Krallık, Doorset'te yer alan Poole sahil kasabasında bulunan iki farklı konaklama tesisinin enerji ve karbon ayak izinin değerlendirilmesi için Yaşam Döngüsü Enerji Analizi (LCEA) uygulandığı belirtilmiştir. Sonuçların daha iyi karşılaştırılabilmesi için yapılan çalışmada, aynı kategoride, aynı bölgede bulunan, yıllık doluluk oranı ve oda sayısı benzer olan ve enerji üretim teknolojisi aynı olan iki tane 3 yıldızlı otel seçildiği belirtilmiştir. Otellerin enerji ve buna bağlı olarak çevresel performanslarının; sınıfına, kullanılan enerji türüne, otel misafirlerine sunulan hizmet ve tesisin türüne bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir. Yapılan çalışmada LCEA için SimaPro 7.1 yazılımı kullanıldığı, etki değerlendirmesi için Ecoinvent veri tabanı kullanıldığı belirtilmiştir. LCA için otellerden alınan enerji tüketim faturaları ve literatürde yer alan enerji tahmin verilerinin bu çalışmada veri olarak kullanıldığı belirtilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda yemek ve çamaşırhane (dış hizmet) hizmetleri dahil toplam enerji tüketimi, Otel 1 için 25,5 kWh/geceleme ve Otel 2 için 20,9 kWh/geceleme, buna bağlı sera gazı emisyonlarının ise sırasıyla 11,65 CO₂e/geceleme ve 8,25 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplandığı belirtilmiştir. Çalışmada yer alan tellerde HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme) için kullanılan enerji türünün elektrik olduğu, bunun yerine gaz kullanılması durumunda Otel 1 için bu operasyonlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının yaklaşık % 45 ve toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık % 40 azaltılacağı belirtilmiştir. Otel 2 için de bu değerlerin sırasıyla % 55 ve % 35 olacağı belirtilmiştir. Mevcutta otel işletmeleri tarafından LCEA ve/veya diğer yöntemler için bilgi ihtiyaçlarının tam olarak anlaşılmadığı, bu çalışma ile otel enerji faturalarından elde edilen sınırlı verilere bağımlılık ve turizmde gelecekteki çevresel değerlendirmeler için veri toplama ile ilgili sorunlar vurgulanmıştır. Belirli parametrelere sahip oteller için bazı temsili standartlar ve kıyaslamalar oluşturmak için farklı yıldız kategorileri, boyutları ve konumlarında bulunan oteller için daha fazla enerji ve karbon analizlerinin yapılması önerilmiştir.

Kuo vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada, Tayvan'daki üç popüler ada olan Penghu, Kinmen ve Green adalarına enerji tüketimi ve CO₂ emisyonlarının hesaplanmasına yönelik çalışma yapıldığı belirtilmiştir. Üç ada için turistlerin seyahat süreci ile ilgili envanterin, tabakalı rastgele dağıtılan anketler aracılığıyla elde edildiği belirtilmiştir. Çalışmanın iç turizme odaklandığı, anket ile turistlerin ulaşım, konaklama ve rekreasyon faaliyetlerine ilişkin verilerin toplandığı belirtilmiştir. Temel enerji kullanımı ile ilgili diğer ülkelerden elde edilen kişi başı enerji tüketim verilerinin kullanıldığı belirtilmiştir. Turist başına CO₂ emisyonun Penghu, Kinmen ve Green adalarında sırasıyla 34 kg/gün, 27,9 kg/gün ve 7,1 kg/gün olarak hesaplandığı belirtilmiştir. Enerji tüketiminde en büyük payın Penghu adasında % 67, Kinmen adasında % 65 ve Green adasında % 49 olmak üzere ulaşım sektöründen kaynaklandığı, aynı zamanda ada turizminde en büyük CO₂ emisyon oranında ulaşım sektöründen kaynaklandığı belirtilmiştir. Konaklama ve rekreasyon faaliyetleri için enerji kullanımının ulaşımdan daha düşük olduğu tahmin edilse de, bunlar göz ardı edilemeyecek seviyelerde olduğu, enerji tüketiminin % 16-33'üne ve CO₂ emisyonlarının % 17-26'sına denk geldiği belirtilmiştir. Hava taşımacılığının enerji tüketimindeki payının çok yüksek olduğu, bu sebeple de CO₂ ve NO_x emisyonlarının daha fazla olduğu, ulaşım türünün (örneğin uçak yerine gemi yolculuğu tercih edilerek) değiştirilerek

emisyolların azaltılması için yerel yönetimlerin etkili stratejiler geliştirmesi yönünde önerilerde bulunulmuştur.

Hu vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada Tayvan'ın New Taipei şehrinde bulunan beş yıldızlı, 198 odalı bir otelde PAS 2050'ye göre karbon ayak izi hesaplanmıştır. Hesaplamaların 1 Eylöl 2011 ve 31 Ağustos 2012 arasını kapsayan temel yıl için ve 1 Eylöl 2012 ve 31 Ağustos 2013 arasını kapsayan azaltma yılı için yapıldığı belirtilmiştir. Temel yıl için yapılan hesaplamalar sonucunda standart bir odada bir gecelik konaklamanın karbon ayak izinin 178,42 kg CO₂e olarak bulunduğu belirtilmiştir. 149,50 kg CO₂e ile elektrik tüketiminin toplamdaki payının yaklaşık % 84 olduğu belirtilmiştir. Doğalgaz kullanımından kaynaklı karbon ayak izi değeri 0,55 kg CO₂e/geceleme, su kullanımından kaynaklı karbon ayak izi değeri 2,44 kg CO₂e/geceleme, soğutucu gazlardan kaynaklı emisyon değeri 3,87 kg CO₂e/geceleme, atıksudan 0,64 kg CO₂e/geceleme, dış kaynaklı amaşırhane hizmetinden kaynaklı karbon ayak izi değeri 13,44 kg CO₂e/geceleme, atıkların bertarafından kaynaklı karbon ayak izi değeri 0,04 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplanmıştır. Satın alınan ürünlerin üretimi kaynaklı karbon ayak izi değeri 7,53 kg CO₂e/geceleme, bu ürünlerin taşınmasından kaynaklı karbon ayak izi değeri 0,41 kg CO₂e/geceleme olarak belirtilmiştir. Karbon emisyonun ana kaynağı olan elektriğin azaltılması için takip eden azaltma yılı boyunca aydınlatma ve iklimlendirme sistemleri için karbon azaltma önlemlerinin uygulandığı belirtilmiştir. Aydınlatmanın yeterli olduğu varsayımıyla ofislerde ve park alanında yaklaşık 200 gereksiz lambanın söküldüğü, ayrıca 154 halojen lambanın, diyotlarla değiştirildiğı, daha önce 24 saat çalışan klima santrallerinin düşük sezonda belirli katlarda kapatıldığı belirtilmiştir. Ayrıca satın alınan ürünlerde yerel ürün alım oranının artırıldığı ve gerekli olmayan ürünlerin satın alımının azaltıldığı belirtilmiştir. Bunun sonucunda temel yıl için hesaplanan 178,42 kg CO₂e/geceleme değerinin yaklaşık % 22 azalarak 139,28 kgCO₂e/oda-geceleme değeriine düştüğü belirtilmiştir.

Michailidou vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada Yunanistan'ın Chalkidiki bölgesindeki turizm faaliyetlerinin çevresel etkilerini değerlendirmek için Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) metodolojisi kullanılarak ikisi 5 yıldızlı, diğerleri 1, 2, 3 ve 4 yıldızlı olmak üzere toplam 6 otel için karbon ayak izi hesaplanmıştır. Karbon ayak izi hesabının yanında insan sağlığı, ekosistem kalitesi ve kaynak kullanımı ile ilgili de incelemelerin yapıldığı belirtilmiştir. Anket ve kayıtlar üzerinden elde edile ulaşım yöntemlerine göre de ulaşımaya ait emisyon hesaplamalarının yapıldığı belirtilmiştir. En yüksek karbon ayak izine sahip lüks otellerin Yeşil Anahtar (Green Key) ödölüne sahip olduklarının dikkat çekici olduğu belirtilmiştir. 5 yıldızlı otellerden birisi için karbon ayak izi değerinin ulaşım dahil 90,4 CO₂e/geceleme, ulaşım hariç 27 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplandığı belirtilmiştir. Havayolu ulaşımının toplam emisyonları 2,2-9 kat arasında arttırdığı, karayolu ulaşımının ise 1,2-2,5 arasında arttırdığı belirtilmiştir. Chalkidiki'deki turizm sektörünün karbon ayak izini azaltılması için özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji verimliliğı ve ulaşımada sürdürülebilir seçeneklerin teşvik edilmesinin büyük önem taşıdığı vurgulanmıştır.

Puig vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada İspanya'nın turistik bölgelerini en iyi temsil eden iki tane 2 yıldızlı, üç tane 3 yıldızlı, altı tane 4 yıldızlı ve üç tane 5 yıldızlı olmak üzere toplam 14 farklı kıyı oteli için karbon ayak izi hesaplaması yapılmıştır. Yapılan çalışmanın amacı ISO 14044 yönergelerine ve gereksinimlerine uygun olarak

LCA çerçevesi oluşturmak ve daha iyi çevresel performans için İspanyol sahil otelleri tarafından sağlanan konaklama hizmetlerinin envanter bilgisine katkı sağlamak olarak tanımlanmıştır. Karbon ayak izinin ISO 14067'ye göre ürün düzeyinde (ürün veya hizmetin yaşam döngüsü boyunca CO₂ eşdeğeri) veya ISO 14064'e göre kurumsal düzeyde (bir kurum için bir yıl boyunca CO₂ eşdeğeri emisyonların hesaplanması) hesaplanabileceği, yapılan çalışmada karbon ayak izi değerlendirmesinin, ürün veya hizmetin yaşam döngüsü boyunca CO₂ eşdeğer emisyonlarının hesaplanmasını esas alan ISO 14067'ye göre yapıldığı belirtilmiştir. Hesaplamalarda enerji, temizlik ürünleri ve atık üretim envanterlerinin dikkate alındığı, yiyecek üretimi ve dış kaynaklı çamaşırhane hizmetlerine ait veri bulunmadığından hesaplamalara dahil edilmediği belirtilmiştir. GaBi 6 yazılımı kullanılarak çevresel etki değerlendirmesinde CML 2001 metodolojisi kullanılarak karbon ayak izi hesaplamalarının yapıldığı belirtilmiştir. Sonuç olarak 2 yıldızlı oteller için karbon ayak izinin 23 kg CO₂e/geceleme ile en yüksek değere sahip olduğu, bunu 22 kg CO₂e/geceleme ile 5 yıldızlı ve 12 kg CO₂e/geceleme ile 4 yıldızlı otellerin izlediği belirtilmiştir. Elektrik tüketiminin 5 yıldızlı otellerde toplam sera gazı emisyonlarının % 50'sinden fazlasına karşılık geldiği belirtilmiştir. 4 yıldızlı otellerde toplam sera gazı emisyonundaki en büyük paya % 48 ile yakıt kullanımı sahipken diğer otel kategorilerinde elektrik tüketiminin en yüksek paya sahip olduğu belirtilmiştir. Temizlik ürünleri üretimi ve belediye atıklarının yönetimi ile ilişkili sera gazı emisyon değerlerinin sırasıyla % 6 ve % 18 ile 3 yıldızlı otellerde en yük paya sahip olduğu belirtilmiştir. Enerji kaynaklı sera gazı emisyonlarının yüksek olmasından dolayı enerji tasarrufu önlemlerinin benimsenmesi ve enerji kaynaklarının uygun bir şekilde yönetilmesinin sürdürülebilirlik açısından önemli olduğu vurgulanmıştır. Sürdürülebilir turizm hedeflerine ulaşılması için sürdürülebilirlik temel göstergelerin hesaplanması gerektiği, bunun için de İspanya'daki turizm sektörü tarafından sunulan diğer ürün/hizmetlere (turist taşımacılığı, yiyecek ve içecek, kültür-spor ve eğlence ve diğerleri gibi) ait daha fazla veri toplanması gerektiği belirtilmiştir.

Rico vd. (2019) tarafından yapılan çalışmanın temel amacı, sera gazı emisyonlarının ana kaynaklarını belirlemek ve azaltma stratejileri önermek için yıllık 30 milyon üzerinde ziyaretçinin geldiği Barselona'daki turizmin karbon ayak izinin hesaplanması olarak belirtilmiştir. Çalışmanın gelişi gidiş ulaşımı, konaklama, aktiviteler ve şehir içi ulaşım olmak üzere dört turizm faaliyet kategorisi için tüm yaşam döngüsünü içerdiği ve enerji tüketimlerine odaklandığı belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada, turistler ve günübirlikçiler olarak ifade edilen iki farklı profil tarafından üretilen CO₂ emisyonlarının belirlenmesinin amaçlandığı belirtilmiştir. Turistlerin ve günübirlikçilerin sayısının yarı yarıya olduğu kabul edilmiştir. Yapılan çalışmada Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) için ISO 14040:2006 metodolojisinin kullanıldığı, ayrıca GHG Protokolü, PAS 2070 ve ISO 14064-1:2006 standartlarının dikkate alındığı belirtilmiştir. Turizmin karbon ayak izinin Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 olmak üzere üç kapsamda incelediği belirtilmiştir. Kapsam 1, şehir sınırları içindeki doğrudan emisyonlar, Kapsam 2, elektrik tüketimiyle ilişkili dolaylı emisyonlar ve Kapsam 3 diğer dolaylı emisyonları olarak belirtilmiştir. Verilere ulaşamadığı için HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemi) sistemleri ile ilişkili kaçak emisyonların dikkate alınmadığı belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm verilerin, kamu kurum ve kuruluşları tarafından hazırlanan resmi rapor ve anketlerden elde edildiği belirtilmiştir. Tüketilen her yakıtın ve elektriğin yakılması ve üretilmesi yoluyla turizm hizmetlerinin (ulaşım, konaklama, cazibe merkezleri vb.) sağlanmasıyla ilişkili GHG emisyonlarının modellenmesi için veri

tabanlarının (Ecoinvent v3.2 ve DEFRA 2015) kullanıldığı belirtilmiştir. Sonuç olarak Barselona'daki turizmle ilişkili yıllık sera gazı emisyonlarının 9.578.359 ton CO₂e olarak hesaplandığı ve bunun 96,93 kg CO₂e/ziyaretçi-gün karbon ayak izini temsil ettiği belirtilmiştir. Konaklama yapan bir turist için ortalama karbon ayak izi değerinin 111,64 kg CO₂e/gün ve günübirlikçi için bu değer 43,04 kg CO₂e/gün olarak hesaplandığı belirtilmiştir. Sera gazı emisyonlarının kaynakları ile ilgili olarak, geliş ve gidiş taşımacılığının % 95,9 ile en yüksek paya sahip olduğu belirtilmiştir. Sera gazı emisyonlarında önemli azalmalar elde edilebilmesi için stratejik olarak ulaşım ve konaklamaya odaklanması gerektiği belirtilmiştir.

Perez vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada Kanarya Adaları'nda yer alan ikisi 5 yıldızlı, yedisi 4 yıldızlı ve üçü 3 yıldızlı olmak üzere toplam 12 otelin enerji ve su tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi değerleri Greenhouse Gas (GHG) Protocol kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamada elektrik ve fosil yakıt kullanımı ile deniz suyunu arıtılarak su temini ve dağıtımı kaynaklı emisyonların hesaplandığı belirtilmiştir. Çalışmada sulama ve yüzme havuzlarından kaynaklanan su tüketiminin hesaba katılmadığı belirtilmiştir. Ayrıca, ulaşım veya tedarik zinciri faaliyetleri gibi otel işletmeleriyle ilgili diğer dolaylı emisyonların da hesaplanmadığı belirtilmiştir. Kanarya Adaları'ndaki otellerin enerji ve su tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi değerleri, İspanya ana karası ile karşılaştırmalı olarak analiz edildiği belirtilmiştir. Çalışmada, Kanarya Adaları'nda ölçülen enerji tüketimi değerleri (kWh/geceleme) ve su tüketimi değerleri (L/geceleme), İspanya ana karasına ait emisyon katsayıları kullanılarak yeniden hesaplanmıştır. Bu şekilde her iki bölgenin elektrik üretiminde kullanılan kaynaklara bağlı emisyon yoğunluklarını karşılaştırıldığı belirtilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Kanarya Adaları'nda 5 yıldızlı otellerde enerji tüketimine bağlı karbon ayak izi, ortalama 38,3 kg CO₂/geceleme olarak hesaplanırken, bu değer İspanya ana karasında 20,5 kg CO₂/geceleme olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, 4 yıldızlı oteller için bu değerlerin sırasıyla 12,4 kg CO₂/kişi-gece ve 5,3 kg CO₂/geceleme; 3 yıldızlı oteller için ise 6,9 kg CO₂/geceleme ve 3,2 kg CO₂/geceleme olarak bulunduğu belirtilmiştir. Genel ağırlıklı ortalamaların ise Kanarya Adaları için 13,1 kg CO₂/geceleme, İspanya ana karası için ise CO₂/geceleme olarak hesaplandığı belirtilmiştir. Su tüketimine bağlı karbon ayak izi analizinde, Kanarya Adaları'ndaki otellerin su ihtiyaçlarının büyük ölçüde deniz suyu ters ozmoz ile sağlanması nedeniyle karbon ayak izlerinin daha yüksek olduğunun tespit edildiği belirtilmiştir. İspanya ana karasında su tüketimine bağlı karbon ayak izi 5 yıldızlı otellerde 0,41 kg CO₂/geceleme iken, Kanarya Adaları'nda bu değer merkezi arıtma kullanıldığında 3,68 CO₂/geceleme, özel arıtma kullanıldığında ise 2,03 kg CO₂/kişi-gece olarak hesaplanmıştır. Toplam karbon ayak izi değerlerinin 5 yıldızlı otellerde Kanarya Adaları için 40,3 - 41,9 kg CO₂/geceleme, İspanya ana karası için 20,9 kg CO₂/geceleme olarak bulunduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde, 4 ve 3 yıldızlı otellerde de Kanarya Adaları'ndaki karbon ayak izi değerlerinin İspanya ana karasına kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olduğu, bu farkın temel nedeninin Kanarya Adaları'nda elektrik üretiminde kullanılan fosil yakıtların yüksek karbon emisyon katsayıları olduğu belirtilmiştir. Kanarya Adaları'nda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırarak otellerin enerji ve su tüketiminden kaynaklanan karbon emisyonlarının azaltılabileceği belirtilmiştir.

Kitamura vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada Japonya Turizm Acentesi tarafından sağlanan “satın alma zamanlamasına ve ürünlere göre iç ve ulusal turizm tüketimi” turizm istatistikleri verilerine tüm Japonya için 2017 yılı turizmin karbon ayak izi hesaplamasının yapıldığı belirtilmiştir. Tedarik zincirinden geriye dönük olarak, ürün ve hizmetlerin yaşam döngüsü açısından kapsamlı bir değerlendirme yapıldığı, bu çalışmanın, turizm öncesi, hazırlık aşaması ve turizm sonrası aşamanın yanı sıra seyahat sırasında meydana gelen farklı aşamaları da dahil ederek LCA yönteminin kullanıldığı belirtilmiştir. Girdi çıktı yaklaşımı ile Çevre Analizi Envanter Veri Tabanı (IDEAv.2) tarafından her sektör için sağlanan doğrudan sera gazı emisyon yoğunluğu değerleri kullanılarak hesaplamaların yapıldığı belirtilmiştir. 2017 yılı turizm karbon ayak izi değerinin 136 milyon ton CO_{2e} olarak hesaplandığı, bunun Japonya Çevre Bakanlığı tarafından açıklanan 2017 yılı toplam sera gazı emisyon değeri olan 1292 milyon ton CO_{2e} değerinin yaklaşık % 10,5’ini oluşturduğu belirtilmiştir. Kategorilerin toplam turizm karbon ayak izindeki payının; ulaşım % 56,3, hediyelik eşya % 23,2, benzin % 16,9, konaklama % 9,8, yiyecek ve içecek % 7,5 ve diğer faaliyetler % 3,0 olarak hesaplandığı belirtilmiştir.

Li ve Zhang (2020) tarafından yapılan çalışmada Çin’in Jiangsu eyaletinde 2013-2017 yılları arasında karbon ayak izinin hesaplandığı belirtilmiştir. Turizm ile ilgili ulaşım, konaklama ve enerji tüketim verilerinin yerel istatistiklerden ve araştırmalardan, emisyon dönüşüm faktörlerinin literatürden temin edilerek hesaplamaların yapıldığı belirtilmiştir. Hesaplamalar değerlendirildiğinde 5 yıllık süreçte karbon ayak izi değerin arttığı, 5 yıllık karbon ayak izi değerinin toplam 155.353.261 ton olduğu, ulaşımın karbon ayak izinin toplamdaki payının yaklaşık % 60 olduğu belirtilmiştir. Ulaşımın karbon ayak izi değerlendirildiğinde uçakların karbon emisyonunun en yüksek olduğu, özellikle havayollarının indirimli satışları sebebiyle uçakla ulaşımın son yıllarda arttığı belirtilmiştir. Gıda tüketimine bağlı karbon ayak izinin toplamdaki payının yaklaşık %30, konaklama ve aktivitelerin sırasıyla % 8 ve % 2 olduğu belirtilmiştir. Karbon ayak izinin azaltılması için ulaşımında düşük karbon emisyonuna sahip toplu ulaşım araçlarının (tren, otobüs gibi) kullanımının teşvik edilmesi, elektrikli araçlar gibi yeni ulaşım türlerinin geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Otellerde enerji tasarrufu sağlanması için enerji tasarrufu sağlayan ekipmanların kullanılmasının teşvik edilmesi, yiyecek tüketiminde turistlerin daha az et ve et ürünleri tüketmeleri, daha fazla sebze ve meyve tüketimi ve daha az tek kullanımlık ürünlerin seçilmesi önerilmiştir. Ayrıca yemek pişirme faaliyetlerinde kömür yerine doğalgaz kullanımının ve temiz ve yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Karbon ayak izini düşürmek için aktivitelerin düşük karbonlu projeler olarak tasarlanması, turistlerin yürüyüş, bisiklet kullanımı gibi çevreye uyumlu aktivitelere yönlendirilmesi önerilmiştir.

Filimonau vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada Peru ve Brezilya’da farklı kategorilerde yer alan otellerde karbon ayak izi hesaplandığı ve çevresel etkilerinin değerlendirildiği belirtilmiştir. Peru ve Brezilya’da bulunan iki tane pansiyon (1-2 yıldızlı), iki tane 3 yıldızlı, bir tane 4 yıldızlı ve iki tane 5 yıldızlı otelin karbon ayak izi hesaplamalarının yapıldığı belirtilmiştir. Otel binalarının inşaat aşamasında kullanılan malzemeler, su tüketimleri, enerji ihtiyacı, atık oluşum miktarları ile ilgili veri tabanlarından elde edilen bilgiler ile model oluşturulduğu belirtilmiştir. Aynı şekilde tesis içerisinde kullanılan ekipman, mobilya, tuvalet malzemeleri ve temizlik sıvıları dahil olmak üzere ürünler ile ilgili envanterler oluşturulduğu ve otel operasyonlarının

analizinde kümülatif olarak 'tüketim malları' olarak ifade edildiği belirtilmiştir. Mevcut çalışmada gıda tedarik sürecinde verilere net olarak ulaşılamadığı için gıda tedarik değerlendirmesinin hesaplamalara dahil edilmediği, personelin ve misafirlerin ulaşım ile ilgili verilere ulaşılamadığından hesaplamalara dahil edilmediği belirtilmiştir. Ancak ulaşımın karbon ayak izinin önemli olduğu vurgulanmıştır. Çalışmanın, ISO 14040:2006/14044:2006 standartlarına uygun olarak yürütüldüğü, bir otel işletmesinin tüm, operasyonel ve operasyonel olmayan yaşam döngüsü aşamalarını dikkate alarak yani otel binası inşaatı için gerekli yapı malzemesinin imalatından başlayarak, 2017 yılı boyunca farklı kategorilerdeki tüketim ve faaliyetlerini hesaba katarak otellerin günlük operasyonlarını kapsayacak şekilde hesaplamaların yapıldığı belirtilmiştir. Karbon ayak izi değerlerinin otel türlerine göre değerlendirildiğinde; 5 yıldızlı otellerde 23,7 kg CO₂e/geceleme, 3 yıldızlı otellerde 13,5 kg CO₂e/geceleme ve pansiyonlarda 5,9 kg CO₂e/geceleme olarak bulunduğu belirtilmiştir. Tüketim mallarının toplam karbon ayak izi içerisindeki payının % 17, işletme aşamasındaki enerji kullanımına bağlı karbon ayak izinin % 23, atık kaynaklı karbon ayak izinin % 34, atık su ve su kullanımına bağlı karbon ayak izinin payının da her ikisi için % 1 olduğu belirtilmiştir.

Koiwanit ve Filimonau (2021) tarafından yapılan çalışmada Tayland, Ranong'daki ev tipi pansiyonlarda karbon ayak izi yaşam döngüsü enerji analizi yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada 12 adet ev tipi pansiyona ait enerji ve su tüketim faturalarında yer alan verilerin, ayrıca atık toplama makbuzlarından atık miktarları verilerin temin edildiği belirtilmiştir. Çamaşırhane hizmetinin dışarıdan karşılandığı belirtilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda ortalama 1,3 ton CO₂e/yıl karbon ayak izi değeri hesaplandığı, geceleme başı bu değer ortalama 0,32 kg CO₂e olduğu belirtilmiştir. Karbon ayak izine en büyük katkıyı elektrik tüketiminin yaptığı, ayrıca dışarıdan alınan çamaşırhane hizmetlerinin de karbon ayak izi değerlerini arttırdığı belirtilmiştir. Güneş panelleri gibi sürdürülebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılması, misafirlerin çevre dostu seçimler yapmaları için teşvik edilmesi ve enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanımının yaygınlaştırılması önerilmiştir.

Campos vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada İspanya'nın kuzeyindeki Cantabria bölgesinde bulunan popüler bir hac rotası olan Camino Lebaniego'ya yapılan hac ziyaretlerinin çevresel etkilerini değerlendirilmek amacıyla karbon ayak izi hesaplanmıştır. Pansiyon sahiplerine ve gelen ziyaretçilere anketler uygulanarak enerji tüketimi, su tüketimi, temizlik ürünleri kullanımı, atık miktarı ve yemek tercihleri gibi veriler toplandığı belirtilmiştir. Daha sonra LCA yazılım araçlarından emisyon faktörleri temin edilerek hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda 3 günlük dini ziyaret için 13,6 kg CO₂ eşdeğeri/FU değeri elde edilmiştir. FU, fonksiyonel birim "üç günde Camino Lebaniego rotasını tamamlayan bir hacı" olarak ifade edilmiştir. Yani bir ziyaretçinin 3 günlük karbon ayak izi eşdeğeri 13,6 kg olarak hesaplanmıştır. Konaklama ve sunulan hizmetlerden kaynaklı karbon ayak izinin, toplam karbon ayak izi değerinin % 71,47'ine karşılık geldiği, yiyecek ve atık yönetiminin payının ise sırasıyla % 17,08 ve % 11,45 olduğu belirtilmiştir. Çalışmada sadece bir pansiyona odaklanıldığı, daha fazla pansiyonun dahil edilmesi ve rota boyunca yapılabilecek eğlence aktivitelerinin değerlendirilmesiyle çalışmanın kapsamı genişletilebileceği belirtilmiştir.

Sakcharoen vd. (2024) tarafından Tayland'da ulaşım yöntemi ve deniz turizmine bağlı karbon ayak izinin değerlendirilmesi ve potansiyel karbon azaltım ve dengeleme programlarının belirlenmesi amacıyla 17,3 km² alana ve yaklaşık 5000 kişilik nüfusa

sahip Sichand Adası'nda çalışma yapılmıştır. 2016-2022 yılları arasında adaya yıllık 484.000 ile 523.000 ziyaretçi geldiği, bu ziyaretçilerin yaklaşık %70'inin Tayland'dan gelen yerli ziyaretçiler olduğu belirtilmiştir. 2023 yılında adada toplamda 640 odaya sahip 54 konaklama tesisi bulunduğu, bunların birçoğunun 10 odadan az ev tipi konaklama tesisi olduğu, en büyük konaklama tesisinin ise 56 odası bulunduğu belirtilmiştir. Öncelikle adadaki potansiyel varış noktaları ve seyahat rotaları belirlenerek karbon ayak izi değerlendirmesi yapılmıştır. Daha sonra sıcak noktalar belirlenerek sera gazı azaltımı için alınabilecek önlemler ve karbon dengeleme potansiyelleri belirlenmiştir. Kültür ve inanç tatili (1 gün), doğa tatili (1 gün), macera ve eğitim tatili (2 gün) olmak üzere 3 tip tatil rotası belirlenmiş ve sırasıyla 1, 2 ve 3. tip rota olarak değerlendirilmiştir. Ulaşım, konaklama, beslenme, rekreasyonel faaliyetler ve atık yönetimi için emisyon faktörleri kullanılarak karbon ayak izi hesabı yapılmıştır. Emisyon faktörleri Tayland Sera Gazı Yönetim Örgütü ve ilgili literatürden temin edildiği, verilerin ise turizm operatörleri ile yapılan anketler ve yerel ve ulusal kaynaklardan temin edildiği, turist aktivitelerindeki sezonsal farklılıkların hariç tutulduğu belirtilmiştir. Bu rota tipleri için karbon ayak izi değerleri sırasıyla kişi başı 9,9 kg CO₂, 10,5 kg CO₂, 26,2 kg CO₂ olarak hesaplanmıştır. 3. tip rotanın 2 gün olması sebebiyle karbon ayak izi değerinin daha yüksek çıktığı belirtilmiştir. Ulaşım kaynakları feribot, hızlı bot, motosiklet, 3 tekerli motor, kiralık araç ve otobüsler olarak belirtilmiş, yapılan hesaplamalarda en yüksek karbon ayak izi değerine 0,25-0,28 kg CO₂/kişi-km ile hızlı botun sahip olduğu, feribot için bu değer 0,05-0,06 kg CO₂/kişi-km aralığında olduğu belirtilmiştir. Konaklama tipine bağlı karbon ayak izi değerleri ev tipi konaklama için 3,1-3,4 kg CO₂/geceleme, 1-2 yıldızlı oteller için yaklaşık 6 CO₂/geceleme, 3-4 yıldızlı oteller için yaklaşık 8,5 CO₂/geceleme olarak bulunmuştur. Konaklama ve ulaşımda enerji verimliliğinin ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin artırılması önerilmiştir. Motorsuz ve düşük emisyonlu aktivitelerin teşvik edilmesi, atık yönetim sistemlerinin (kompost ve geri dönüşüm) iyileştirilmesi, mercan resifleri ve kıyı koruma gibi karbon dengeleme programlarının geliştirilmesi önerilmiştir.

Campos vd. (2024a) tarafından yapılan çalışmada Greentour adlı bir araç kullanılarak; İspanya ve Portekiz'in kıyı kesimleri ve dağlık bölgelerinde yer alan 65 tanesi hostel/kamp, 20 tanesi 2 yıldızlı otel, 89 tanesi 3 yıldızlı otel ve geriye kalanı 5 yıldızlı otel olmak üzere toplam 198 konaklama tesisinden anket yoluyla çevresel etkilerin belirlenmesi amacıyla verilerin temin edildiği, tüm envanterin temin edilebildiği 2 yıldızlı otel, 3 yıldızlı otel ve hostel olmak üzere üç farklı konaklama tesisinin bu çalışma için seçildiği belirtilmiştir. Yapılan anket çalışmasında enerji tüketimi, yakıt kullanımı, atık oluşumu, su kullanımı ve karbon emisyonlarına katkıda bulunan diğer operasyonel faktörler ile ilgili sorulara yer verildiği belirtilmiştir. Bu konaklama tesislerinde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi kullanılarak turizm faaliyetlerinin çevresel etkilerinin belirlenmesi ve çözüm önerileri geliştirilmesinin amaçlandığı belirtilmiştir. Tüm envanter temin edildikten sonra her tesis için karbon emisyonlarının hesaplandığı belirtilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda karbon ayak izi değerlerinin hostel için 4,68 kg CO₂e/geceleme, 2 yıldızlı otel için 5,94 kg CO₂e/geceleme, 3 yıldızlı otel için 6 kg CO₂e geceleme bulunduğu, 3 yıldızlı otelin karbon ayak izi değerinin en yüksek olduğu belirtilmiştir. Tüm konaklama tiplerinde fosil yakıt kullanımı ve elektrik tüketiminin çevresel etkilerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Turizm tesislerinin çevresel performansının iyileştirilmesinin önemi vurgulanmıştır. Enerji tüketiminin

azaltılması, yenilenebilir kaynaklara geçişin arttırılması ve atık yönetiminin daha efektif hale getirilmesi gibi stratejilerin geliştirilmesi önerilmiştir.

Tsutsumi vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada G20 ülkelerinde Covid-19 öncesi ve sonrası turizmin karbon ayak izi değerlendirilmiştir. Bu kapsamda turizm aktivitelerinin çevresel etkilerinin ilgili sektörlerdeki ekonomik faaliyetlerle bağlantısını kullanan Çok Bölgeli Girdi Çıktı analizinin (MRİO) kullandığı belirtilmiştir. Turizm uydu hesapları (TSA) ile turizmin mal ve hizmetler için ekonomik dağılımlarının detaylı verisinin sağlandığı belirtilmiştir. Emisyon kaynakları; ulaşım, konaklama, yiyecek ve içecek hizmetleri, hediyelik eşya ve diğer ilgili malların kullanımı olarak belirlenmiştir. Yerel ve uluslararası turizm faaliyetlerinin karbon ayak izi bu emisyon kaynaklarının ekonomik ilişkisi ile hesaplanmıştır. Turizmin küresel ölçekte sera gazı emisyonlarındaki payının % 8 olduğu, ulaşımdan kaynaklı karbon emisyonlarının özellikle hava ulaşımına bağlı emisyonların en büyük paya sahip olduğu belirtilmiştir. Diğer emisyon kaynaklarının (konaklama, yiyecek ve içecek ve ilgili ürünler) G20 ülkelerinin turizm pazarına ve altyapılarına göre değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Yerel turizm faaliyetlerine bağlı karbon emisyonlarının pandemiden dolayı 2020 yılında oldukça azaldığı ancak 2021 yılında iyileşmeye bağlı olarak arttığı, 2021'deki artışın ülkelere göre farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Pandemi döneminde uluslararası turizme bağlı karbon emisyonlarının yaklaşık % 70 azaldığı, bunun da küresel karbon emisyonunda % 6'lık azalışa neden olduğu belirtilmiştir. Uluslararası turizm faaliyetlerine bağlı karbon emisyonlarının ise seyahat kısıtlamalarından dolayı çok ciddi düzeyde azaldığı belirtilmiştir. Bazı ülkelerde pandemi sonrası sürdürülebilir turizm uygulamalarına verilen önemle birlikte pandemi öncesine göre azalışın devam ettiği belirtilmiştir. Paris Anlaşması doğrultusunda turizm kaynaklı emisyonların azaltılmasına yönelik olarak özellikle düşük karbon emisyonlu ulaşım seçeneklerinin arttırılması, konaklama tesislerinde enerji verimliliğinin arttırılması ve turistlerin sürdürülebilir tüketime odaklanması ile bilimsel temellere dayanan hedefler belirlenmesinin gerekliliği vurgulanmıştır.

Campos vd. (2024b) tarafından yapılan bu çalışmada İspanya'nın kuzeyinde yer alan Cantabria ve Akdeniz tarafında yer alan Catalonia bölgesinde yer alan, küçük ölçekli ve geleneksel turizmi temsil edecek şekilde biri hostel biri otel olmak üzere iki konaklama tesisi seçilerek geceleme başı karbon ayak izi hesaplanmıştır. Bu kapsamda iki tesisten de operasyonlarına yönelik bilgiler, enerji kaynakları, tüketimi ve kaynak kullanımları, atık oluşumları ile ilgili veriler temin edilmiştir. ISO 14040 yaşam döngüsü değerlendirme standardı kapsamında çevresel etkileri belirlenmiştir. Geleneksel turizmi temsil eden otel için geceleme başı karbon ayak izi yaklaşık 4,41 kg CO₂e olarak hesaplanırken, küçük ölçekli turizmi temsil eden hostel için bu değer 4,78 kg CO₂e olarak hesaplanmıştır. Enerji ve elektrik kullanımının etkisi otel için % 76,72, hostel için ise % 77,36 olarak belirtilmiş olup, her iki turizm tesisi için de en büyük paya sahip olduğu belirtilmiştir. Biyokütle kazanları, güneş enerjisi sistemleri alternatif enerji kaynakları ve ısıtma sistemlerine yönelerek çevresel etkilerin azaltılabileceği belirtilmiştir. Kamu yöneticileri tarafından sürdürülebilir turizmin geliştirilmesi için uygulanabilir yönergeler geliştirilerek turizm paydaşları ve konaklama tesisi sahiplerine sunulması gerektiği belirtilmiştir. Küçük ölçekli tesislerin ekonomik olarak daha az verimli olmalarına rağmen, yeşil uygulamalar konusunda daha sürdürülebilir olacağı, bu sayede farkındalık oluşturulmasına katkıda bulunulabileceği belirtilmiştir.

2.2. Turizm Faaliyetlerinin Su Ayak İzi

Gössling (2001) tarafından Tanzanya'nın Zanzibar adasında su fakiri olan bir bölge belirlenerek turizmin su tüketimi değerlendirilmesi için çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada su tüketimin su kaynaklarına olan baskısı ve bu baskının gelecek yıllarda artarak önemli su problemlerine neden olacağı belirtilmiştir. Turizmin yoğun olduğu sezonda turizm tesislerinde ortalama su tüketimi 685 L/kişi-gün (100-2000 L/kişi-gün) olarak belirtilmiştir. Kapasitesi daha düşük olan pansiyonlarda su tüketiminin 247,5 L/kişi-gün, yüksek kapasiteli otellerde ise 685 L/kişi-gün olduğu belirtilmiştir. Su tüketimi doğrudan ve dolaylı olarak iki şekilde değerlendirilmiştir. Duş, lavabo, tuvaletlerde kullanılan su doğrudan; temizlik, havuz, sulama, çamaşırhane ve restoran faaliyetlerinde kullanılan su ise dolaylı su tüketimi olarak değerlendirilmiştir. Yüksek kapasiteli otellerde dolaylı, düşük kapasiteli pansiyonlarda ise doğrudan su tüketiminin payının daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Sulama suyu kullanımı otellerde 465 L/kişi-gün, pansiyonlarda 37 L/kişi-gün olarak hesaplanmıştır. Özellikle sulama suyu kullanımının toplam su tüketiminde önemli bir yere sahip olduğu, yeşil alanlarda su ihtiyacı daha az olan bitkilerin kullanılarak sürdürülebilir su yönetimine katkı sağlanabileceği belirtilmiştir. Sulama suyu olarak; atıksuyun uygun şartları sağlayacak şekilde arıtılarak kullanılması, personel ve misafirlerin su kullanımı konusunda bilinçlendirilmesine yönelik çalışmalar yapılması, duş/musluk başlıklarının tüketimi azaltacak şekilde revize edilmesi önerilmiştir. İzinsiz ve kontrolsüz yer altı suyu kullanan tesisler olduğu, bunların tespit edilerek bedelli şekilde su kullanımının sağlanması gerektiği belirtilmiştir.

Schachtschneider (2002) tarafından Namibya'da yer alan farklı tipteki altı turizm tesisinde uygulanan su yönetim politikaları değerlendirilmiştir. Su yönetim politikalarının ülke genelinde iyileştirilmesi ve tüm sektörlerde uygulanması gerektiği, sürdürülebilir su yönetim çalışmalarının sağlanması için üç aşamalı kontrollerin sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Bunlardan biri su kıtlığı seviyelerinin belirlenerek denetimlerin yapılması amacıyla dış kontrol mekanizmalarının oluşturulması, diğeri su fiyatlandırmalarında düzenleme yapılması ve son olarak da bilinçlendirme çalışmalarının artırılarak sektör paydaşlarının etik yönden geliştirilmesi olarak ifade edilmiştir.

Warnken vd. (2005) tarafından Queensland, Avusturalya'da turizmin yoğun olduğu üç bölgede turizm tesislerinde enerji ve su tüketimi değerleri incelenmiştir. Ortalama su tüketimi on farklı turizm tesisinde 621 L/kişi-gün (390-1410 L/kişi-gün), dört farklı eko-tatil tesisinde 653 L/kişi-gün (390-1090 L/kişi-gün) olarak hesaplanmıştır. Yatırım aşamasında planlamanın önemli olduğu, yapıların tasarımı, yaşı ve boyutları gibi özelliklerinin enerji ve su tüketiminde önemli birer etken olduğu, turizm sektöründe sürdürülebilirliğin artırılması için, turizm paydaşlarının yeşil akreditasyon çalışmalarının ve bu konudaki katkılarının artırılması, gerektiği belirtilmiştir.

Rico-Amoros vd. (2009) tarafından Benidorm, İspanya'da yer alan Alicante sahilinde turizmde su tüketimini değerlendirilmiştir. Farklı tipteki tesislerde su tüketiminin 140- 600 L/kişi-gün aralığında farklılık gösterdiği, su tüketim miktarının apart ve tatil köylerinde oteller ve kamp alanlarına göre daha yüksek olduğu değerlendirilmiştir. Golf otelleri, havuzlu ve bahçeli ev, apart sayılarının artması ile su tüketimindeki artışa paralel olarak alt yapı hizmetleri maliyetinde de artış olduğu değerlendirilmiştir. Özellikle yoğun, yüksek katlı turistik yerleşimlerin kaynak

tüketiminde daha verimli olduğu ve yaygın, düşük yoğunluklu tatil köylerinin (golf sahaları ve özel yüzme havuzları içeren) daha yüksek çevresel etkiler yarattığını belirtilmiştir. Kaynak tüketiminin, turizmin yayılı olduğu bölgelerde yoğun turizm alanlarına göre daha yüksek olduğu, fazla yoğun turizm alanlarında sürdürülebilir su yönetimi çalışmalarının daha efektif sağlanabileceği belirtilmiştir.

Hof ve Schmitt (2011) tarafından İspanya'nın Mallorca Adasında bulunan Calvia'da turizmin su tüketimi arazi kullanım yoğunluğuna bağlı olarak incelenmiştir. 1995 yılında turizm gelişim politikaları kapsamında ortaya çıkan kaliteli turizm ifadesi ile birlikte yazlık ev, yat ve golf turizmi faaliyetlerinin arttığı, buna bağlı olarak arazi kullanım şeklinin değiştiği ve düşük yoğunluklu turizm alanlarda kitle turizmi ile birlikte artış yaşandığı belirtilmiştir. 1994-2008 yılları arasında tesislerin yatak kapasitesinde % 4,5'lik bir artış olurken, kaliteli turizm olarak ifade edilen yayılı turizm alanlarındaki nüfusun % 71,5 oranında arttığı değerlendirilmiştir. Düşük ve yüksek yoğunluklu turizm bölgelerinde altı farklı çalışma alanı belirlenerek su tüketim miktarları hesaplanmıştır. İç mekanlarda su tüketimi tüm alanlarda 142 L/kişi-gün kabul edilerek, sulama suyu ve havuz suyu miktarları değerlendirilmiştir. Kaliteli turizm alanı olarak belirlenen Sol de Mollarca'da su tüketimi bahçe sulamasında 930,9 L/kişi-gün, havuz için 108,2 L/kişi-gün, toplamda da 1181 L/kişi-gün, kitle turizminin yoğun olduğu Santa Posa'da ise bu değerlerin sırası ile 60,6 L/kişi-gün, 7,3 L/kişi-gün ve 210 L/kişi-gün olarak hesaplandığı belirtilmiştir. Kaliteli turizm bölgeleri olarak ifade edilen bireysel yazlık, yat ve golf turizm alanlarında özellikle özel havuz ve bahçe sulama faaliyetlerinin artması ile birlikte su tüketiminin yoğun turizm alanlarına göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Turizm politikaları belirlenirken su yönetiminin de planlamaya dahil edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Tortella ve Tirado (2011) tarafından İspanya, Mallorca Adası'nda turizm faaliyetlerine bağlı su kullanımı incelenmiştir. Balear Adaları içerisinde yer alan Mallorca'nın toplam oda ve yatak kapasitesindeki payı sırası ile %70 ve % 67 olarak belirtilmiştir. Mallorca Adası'na yıl içerisinde gelen 8,6 milyon turist düşük ve yüksek sezonlardaki oranları sırasıyla % 23,7 ve % 76,3 olarak belirtilmiştir. 196 otelden toplanan veriler yıldız sayısı ve bölgelerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. üç, dört ve beş yıldızlı otellerde ortalama su tüketimi sırası ile 541 L/kişi-gün, 548 L/kişi-gün ve 701 L/kişi gün olarak hesaplanırken, çalışma yapılan tüm tesislerin ortalama su tüketimi 541 L/kişi-gün (156-2425 L/kişi-gün) olarak hesaplandığı, yıldız sayısının artmasına bağlı olarak su tüketiminin de arttığı belirtilmiştir. Turizm faaliyetlerindeki artışla beraber çevresel etkilerinin de arttığı, özellikle su sıkıntısı çeken küçük ada ve kıyı bölgelerinde su kaynaklarına olan baskının daha da arttığı ve sürdürülebilir su yönetimi açısından bu durumun sorun oluşturduğu belirtilmiştir.

Yang vd. (2011) tarafından Çin, Yunnan'da bulunan Liming Vadisi'nde turizm sezonun yüksek olduğu 2005 yılı Mayıs-Ekim ayları boyunca su tüketimi su ayak izi kavramı ile birlikte değerlendirilmiştir. Doğrudan su tüketimi 144,1 L/kişi-gün olarak hesaplanırken bunun % 28'inin duşlarda, % 20,3'ünün tuvaletlerde, % 18,9'unun da çamaşırhanede, % 9,8'inin lavabolarda, % 2,2'sinin sulama ve temizlik faaliyetlerinde kullanımından kaynaklı olduğu belirtilmiştir. Ortalama gıda tüketim miktarı 2,236 gram, buna bağlı su ayak izi de 3.587,3 L/turist-gün olarak hesaplanmıştır. Kirletilen su için gri su ayak izi değeri 1.476,2 L/turist-gün olarak hesaplanmıştır. Toplam su tüketimi 5.207,6 L/turist-gün olarak hesaplanırken bunun % 68,9'unun gıdaların yetiştirilmesi ve

üretilemesinden, % 28,3'ünün kirletilen sudan ve % 2,8'inin doğrudan su kullanımından kaynaklı olduğu belirtilmiştir. Turistlerin bu bölgede geçirdikleri süre ortalama 2,8 gün kabul edilerek 12.290 turist için sezon boyu 0,18 milyon m³ su tüketildiği ve bunun da bu bölgede yaşayan nüfusun tarımsal ve evsel su kullanımına denk olduğu belirtilmiştir. Öncelikle su akışını azaltın ekipman kullanımı, bilinçlendirme çalışmalarının artırılarak turistlerin su tüketimi konusunda sorumluluğunun ve su yönetimi verimliliğinin artırılması ile doğrudan su tüketiminin azaltılması gerektiği belirtilmiştir. İkinci adımda su ihtiyacı az gıda ürünlerinin kullanılması ve gıda üretiminde ihtiyaç duyulan su konusunda turistlerin bilinçlendirilmesi önerilmiştir. Tarımsal faaliyetlerde suyun verimli kullanılması, suni gübre ve pestisit kullanımında bilinçli davranılmasına yönelik yöntemlerin artırılması önerilmiştir. Son olarak da oluşan kirletilen su miktarının azaltılması için atıksu arıtma tesislerinin kurulması önerilmiştir.

Gössling vd. (2012) tarafından turizmin su tüketimini farklı bölgelerdeki farklı tip konaklama tesislerinde doğrudan ve dolaylı olarak değerlendirilmiştir. Küresel olarak tüketilen suyun % 1'inin turizmde doğrudan su kullanımından kaynaklı olduğu ve buna bağlı olarak da yeteri kadar değerlendirilmediği, fakat daha fazla olan dolaylı su tüketiminin de dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Bu kapsamda su tüketim alanları; konaklama faaliyetleri, gıda ve yakıt tüketimi, aktiviteler ve altyapı faaliyetleri olmak üzere beş maddede değerlendirme yapılmış ve su tüketiminin 2000 L/kişi-gün ile 7500 L/kişi-gün arasında değiştiği belirtilmiştir. Yakıt kullanımı ve gıda tüketimine bağlı su ayak izi değerlerinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Sürdürülebilir teknolojilerin kullanılması için teşviklerin artırılması ve çevresel politikaların geliştirilmesi için çalışmalar yapılması ile sürdürülebilir su yönetiminin sağlanması gerektiği belirtilmiştir.

Hadjikakou vd. (2013) tarafından Akdeniz Bölgesi'nde farklı tatil tiplerine bağlı su tüketimi su ayak izi kavramı ile değerlendirilmiştir. Kurulan beş farklı senaryoda konaklamayla birlikte beslenme ve ulaşım tipleri de dikkate alınarak su tüketim miktarları hesaplanmıştır. Su ayak izi değerlerinin farklı tipine göre 5.790 L/kişi-gün ve 8.940 L/kişi-gün aralığında hesaplandığı belirtilmiştir. En yüksek su ayak izi değerinin 8.940 L/kişi-gün ile et yoğun beslenme ve golf oteli tatil tipi için hesaplandığı belirtilmiştir. Bunu 8.290 L/kişi-gün ile Suriye'de ev, 7.080 L/kişi-gün ile Kıbrıs'ta kamp, 5.790 L/kişi-gün ile Türkiye, Bodrum'da apart otel ve Yunanistan Mikanos'ta 4 yıldızlı otel tatil tiplerin takip ettiği belirtilmiştir. Toplam su ayak izinde beslenme şeklinin % 75 ile % 95 arasında, konaklama şeklinin ise % 1 ile % 7 arasında paya sahip olduğu belirtilmiştir. Su ayak izi kavramı kullanılarak turizmin dolaylı ve doğrudan su tüketiminin belirlenebileceği ve bunun hem küresel hem de bölgesel etkilerinin belirlenebileceği değerlendirilmiştir.

Cazcarro vd. (2014) tarafından su ayak izi kavramı kullanılarak İspanya'nın turizm faaliyetlerine bağlı su tüketimi hesaplanmıştır. Toplam su ayak izi 6,9 km³/yıl olarak hesaplanırken yerel ve yabancı turizmden kaynaklı faaliyetlere bağlı su ayak izi değerlerinin sırası ile 3,2 km³/yıl ve 3,7 km³/yıl olduğu belirtilmiştir. Turizm faaliyetlerine bağlı su ayak izi değerlerinin azaltılması için sulama suyu miktarlarının azaltılması bu amaçla da sulama teknolojilerinde verimliliğin artırılması önerilmiştir. Ayrıca su yönetim politikalarının teşvik ve vergiler ile birlikte desteklenerek geliştirilmesi ile su ayak izinin azaltılmasına yönelik çalışmaların artırılması önerilmiştir.

Becken (2014) tarafından 21 farklı ülkede turizmin su tüketim değerleri farklı tatil tiplerine göre incelenmiştir. AQUASTAT ve EarthCheck veri tabanlarının kullanılarak hesaplamaların gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda turizmin su tüketim değerinin 169 L/kişi-gün ile 981 L/kişi-gün arasında değiştiği farklı sonuçlar elde edilmiştir. Asya ülkelerinde turizm faaliyetleri için ortalama 900 L/kişi-gün olan su tüketim değerlerinin Avrupa ülkelerinde yaklaşık 200 L/kişi-gün olduğu, tesis tipinin yanında iklim şartlarının da su tüketimini de önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir. Turizmdeki su tüketim miktarının yerel halkın su tüketiminin yaklaşık 3-8 katı olduğu, endüstrisi gelişmiş ülkelerde su tüketiminin daha verimli olduğu belirtilmiştir. Su stresi yaşayan ülkelerin ileride önemli su sorunları yaşayabileceği, hem bölge hem de sezon bazlı farklılıkların belirlenerek uzun vadeli çalışmalar yapılması önerilmiştir.

Gössling (2015) tarafından Yunanistan, Rodos Adası'nda iki tane 5 yıldızlı ve bir tane 4 yıldızlı konaklama tesisinde doğrudan su tüketimi değerleri kullanım alanlarına göre, bu tesisler arasında yer alan 5 yıldızlı bir konaklama tesisinde de enerji ve gıda tüketimine bağlı dolaylı su tüketimi değerleri hesaplanmıştır. Doğrudan su tüketimi 5 yıldızlı otellerde 675 L/geceleme ve 338 L/geceleme, 4 yıldızlı otelde ise 234 L/geceleme olarak hesaplanmıştır. Dolaylı su tüketiminin de hesaplandığı 5 yıldızlı otelde ise ortalama su ayak izi değeri 6.575 L/geceleme olarak bulunmuştur. Sürdürülebilir su yönetim politikalarının geliştirilmesi amacıyla üç temel başlık ve bunların alt başlıklarında iyileştirme olanakları değerlendirilmiş ve uygulanmasına bağlı olarak su tüketiminin % 20 azaltılabileceği belirlenmiştir. Turizmde doğrudan su tüketimine ek olarak dolaylı su tüketiminin de değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Styles vd. (2015) tarafından turizm tesislerinde su yönetim uygulamaları verimlilik açısından karşılaştırılmış ve tesis tipine göre su tüketim miktarları değerlendirilmiştir. En verimli yöntemlere göre su tüketim değerleri her şey dahil konaklama tesislerinde 140 L/kişi-gün ve altında, pansiyonlarda 100 L/kişi-gün ve altında, yüksek profilli kamp alanlarında 94 L/kişi-gün ve altında, diğer kamp alanlarında ise 58 L/kişi-gün ve altında hesaplanmıştır. Su tasarrufuna yönelik kriterlerin Avrupa'da turizm faaliyetlerinde kullanılması ile yıllık 422 milyon m³ su tasarrufu sağlanabileceği belirtilmiştir.

Şahin (2018) tarafından yapılan çalışmada Antalya'da yer alan 5 yıldızlı bir konaklama tesisinde doğrudan ve dolaylı su tüketimi su ayak izi kavramı kullanılarak incelenmiştir. Doğrudan su tüketimi, şebeke suyu kullanımı, dolaylı su tüketimi ise yiyecek, içecek ve elektrik tüketimine bağlı olarak hesaplanmıştır. Her bir ürün için mavi, yeşil ve gri su ayak izi birim değerleri literatürden temin edilerek toplam tüketim verileri için su ayak izi bileşenlerinin değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak tesisin su ayak izi değeri ortalama 11.900 L/geceleme (10.881 L/geceleme-13.990 L/geceleme) olarak hesaplanmıştır. Yiyecek ve içecek tüketiminin su ayak izi değerleri sırasıyla 9.975 L/geceleme, 861 L/geceleme olarak hesaplanmış olup, bu değerlerin toplam su ayak izindeki payları sırasıyla % 84 ve % 7,2, olarak belirtilmiştir. Doğrudan su tüketiminin su ayak izindeki payı ise % 5,1 olarak belirtilmiştir.

Rico vd. (2020) tarafından çalışmada İspanya Benidorm'da yer alan ikisi 5 yıldızlı, dokuzu 4 yıldızlı ve on biri 3 yıldızlı olmak üzere 22 otelin 2005-2014 yılları arasındaki su tüketim verilerindeki değişimi değerlendirmiştir. Çalışmada, 2005-2014 yılları arasında otel su tüketiminde gözlemlenen azalmalar, otel kategorisi ve büyüklüğü

gibi faktörler çerçevesinde değerlendirilmiştir. 2005-2014 arasında Benidorm genelinde su tüketiminde % 11, otellerde ise % 6'lık bir azalma gözlemlendiği belirtilmiştir. Doğrudan su tüketimi 3 yıldızlı otellerde 200 L/kişi-gün, 4 ve 5 yıldızlı otellerde ise ortalama 276 L/kişi-gün olarak hesaplandığı belirtilmiştir. Otellerin % 68'inin su tasarruf cihazları (örneğin, düşük akışlı musluklar) kullandığı, % 64'ünün verimli sulama sistemleri (damla sulama) kullandığı ve yerel bitki türleri ile bahçe düzenlemesi yapan otellerde su tüketiminde önemli düşüşler sağlandığı belirtilmiştir. Çalışma ile su kıtlığı yaşayan turizm bölgelerinde sürdürülebilir su yönetimi politikalarının önemini vurgulandığı belirtilmiştir.

Lee vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada Çin'in turizm sektöründe su, enerji, gıda ilişkisi 2012-2017 yılları arasındaki veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Hesaplamaların çevresel genişletilmiş giriş-çıkış analizi (EEIO) ve turizm uydu hesaplarının (TSA) kullanılarak yapıldığı belirtilmiştir. Turizmin su ayak izi 2017 yılı için 19.195 milyon m³ olarak hesaplandığı, bunun 16.141 milyon m³'ünün yerli, 3.054 milyon m³'ünün yabancı turistlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Yabancı turist su tüketiminin 6.346 L/turist-gün, yerli turist su tüketiminin 1.616 L/turist-gün olarak hesaplandığı belirtilmiştir. Gıda tedarik grubunun toplam su ayak izinin %66'sını (12.653 milyon m³) oluşturduğu, bunun da % 38'inin tarımdan kaynaklandığı belirtilmiştir. 2017 yılında su tüketiminin 2012 yılına göre % 34 oranında arttığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda su ayak izini azaltmak için teknolojik inovasyon, politika müdahaleleri ve tedarik zinciri yönetimi, gıda tedarik zinciri ile su kaynakları arasındaki ilişkiye özel önem verilerek ve su kıtlığı çeken bölgeler için stratejik planlamalar önerilmiştir.

Yoon vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada İspanya Benidorm'da, oteller ve eğlence tesislerindeki su enerji bağlantısı (Water-Energy Nexus, WEN) analiz edilmiştir. Toplamda 32 otel üzerinde anket yapılmasının hedeflendiği, ancak 16 otelin anketlere katıldığı ve bu otellerden 12 tanesinin tam anlamıyla yanıt verdiği belirtilmiştir. Bu 12 otelin Benidorm'daki üç ve dört yıldızlı otellerin yatak kapasitesinin yaklaşık % 16'sını temsil ettiği belirtilmiştir. Otellerde restoranların büyüklüğü ve spa tesisleri gibi özellikler, yüksek su ve enerji tüketimiyle ilişkilendirilmiştir. Çalışma sonucunda 3 yıldızlı otellerde su tüketimi 225,4 L/geceleme, 4 yıldızlı oteller için 205,2 L/geceleme olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda turizm sektöründe su ve enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlayacak stratejiler geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Şahin vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada Antalya'daki farklı tip turizm konaklama tesislerinin doğrudan su tüketimi incelenmiştir. İki tatil köyü, sekizi 5 yıldızlı otel, sekizi 4 yıldızlı otel, biri müstakil apart otel ve biri apart otel olmak üzere toplam 20 tesisten su tüketim verileri elde edilmiştir. Antalya'nın turizm sektöründe önemli bir şehir olduğu, yaz aylarında su kaynakları üzerinde büyük bir baskı olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, doğrudan su tüketiminin (mutfak, çamaşırhane, odalar, havuz ve sulama gibi alanlar) tesis türüne, sezona ve kullanım alanlarına göre değişimini incelenmiştir. Doğrudan su tüketimi değerleri tatil köyleri için ortalama 1154 L/geceleme (1052-1209 L/geceleme), 5 yıldızlı oteller için 575 L/geceleme (458-810 L/geceleme), 4 yıldızlı oteller için 349 L/geceleme (240-459 L/geceleme), müstakil apart otel için ortalama 539 L/geceleme, apart otel için ortalama 103 L/geceleme olarak hesaplanmıştır. Tatil köyleri ve beş yıldızlı otellerde daha fazla havuz ve yeşil alan bulunması nedeniyle

su tüketimin yüksek olduğu belirtilmiştir. Doğrudan su tüketiminin dağılımı değerlendirilerek, sulama suyu % 42,4, duş ve tuvalet kullanımı % 22,9, mutfak % 19,6, çamaşırhane % 5,7, genel mekan % 5,3 ve havuz su kullanımının % 4,2'lük bir paya sahip olduğu belirtilmiştir. Turizm sektöründe doğrudan su tüketiminin yerel halkın günlük su tüketiminin yaklaşık 4-5 katına ulaştığı, özellikle yeşil alan büyüklüğü ve sulama yöntemine göre sulama suyu miktarının da en büyük paya sahip olduğu belirtilmiştir. Sulama suyu ihtiyacının, arıtılmış atık sulardan sağlanması ile su kaynakları üzerindeki baskının azaltılabileceği, stratejik su yönetimi planlarının geliştirilmesi ve turizm faaliyetlerinin ekonomik faydaları ile çevresel etkileri dengelenmesi gerektiği belirtilmiştir.

2.3. Kaynak Taraması Özeti

Turizmin karbon ayak izi ile ilgili literatür çalışmalarında yer karbon ayak izi değerlerinin özeti Çizelge 2.1'de sunulmuştur. Değerler bölgesel olarak farklılık göstermekle birlikte, hesaplama dahil edilen verilere göre de farklılıklar oluşmaktadır.

Çizelge 2.1. Farklı çalışmalarda hesaplanan turizmin karbon ayak izi değerleri

Ülke/Bölge	İl/Bölge	Tesis Tipi	Karbon Ayak İzi	Kaynak
Birleşik Krallık	Poole, Dorset	3 yıldızlı otel	11,65 kg CO ₂ e/geceleme	Filimonau vd. (2011)
		3 yıldızlı otel	8,25 kg CO ₂ e/geceleme	
Tayvan	Penghu Adası	-	34 kg CO ₂ e /gün-turist	Kuo vd. (2012)
	Kinmen Adası	-	27,9 kg CO ₂ e /gün-turist	
	Green Adası	-	7,1 kg CO ₂ e /gün-turist	
Tayvan	New Taipei	5 yıldızlı otel	178,42 kg CO ₂ e /oda-geceleme	Hu vd. (2015)
Yunanistan	Chalkidi	5 yıldızlı	90,4 kg CO ₂ e/geceleme (ulaşım dahil)	Michailidou vd. (2016)
			27 kg CO ₂ e/geceleme (ulaşım hariç)	
İspanya	Mallorca Girona	2 yıldızlı otel	23 kg CO ₂ e/geceleme	Puig vd. (2017)
	Mallorca Minorca Barcelona	4 yıldızlı otel	12 kg CO ₂ e/geceleme	
	Mallorca	5 yıldızlı otel	22 kg CO ₂ e/geceleme	
İspanya	Barselona	-	111,64 kg CO ₂ e /geceleme	Rico vd. (2019)
		-	43,04 kg CO ₂ e /gün-günübirlikçi	
İspanya	Kanarya Adaları	3 yıldızlı otel	6,9 kg CO ₂ e/geceleme	Perez vd. (2019)
		4 yıldızlı otel	12,4 kg CO ₂ e/geceleme	
		5 yıldızlı otel	38,3 kg CO ₂ e/geceleme	
	Anakara	3 yıldızlı otel	3,2 kg CO ₂ e/geceleme	
		4 yıldızlı otel	5,3 kg CO ₂ e/geceleme	
Japonya	-	-	20,5 kg CO ₂ e/geceleme	
Çin	Jiangsu	-	136*10 ⁶ ton CO ₂ e/yıl	Kitamura vd. (2020)
			155.353.261 ton CO ₂ e/5 yıl	Li ve Zhang (2020)
Peru Brezilya	Rio de Janeiro/ Brezilya Lima/Peru	Pansiyon	5,9 kg CO ₂ e/geceleme	Filimonau vd. (2021)
	Rio de Janeiro/ Brezilya Junín/Peru	3 yıldızlı otel	13,5 kg CO ₂ e/geceleme	
	Campinas/ Brezilya Lima/Peru	5 yıldızlı otel	23,7 kg CO ₂ e/geceleme	

(Devamı arkada)

Çizelge 2.1'in devamı

Ülke/Bölge	İl/Bölge	Tesis Tipi	Karbon Ayak İzi	Kaynak
Tayland	Ranong	Ev tipi pansiyon	0,32 kg CO ₂ e/geceleme	Koiwanit ve Filimonau (2021)
İspanya	Cantabria	-	13,6 kg CO ₂ e/3 gün	Campos vd. (2022)
Tayland	Sichand Adası	Ev tipi pansiyon	3,1-3,4 kg CO ₂ e/gün	Sakcharoen vd. (2024)
		1-2 yıldızlı otel	6 kg CO ₂ e/gün	
		3-4 yıldızlı otel	8,5 kg CO ₂ e/2gün	
İspanya ve Protekiz	-	Hostel	4,68 kg CO ₂ e/geceleme	Campos vd. (2024a)
		2 yıldızlı otel	5,94 kg CO ₂ e/geceleme	
		3 yıldızlı otel	6 kg CO ₂ e/geceleme	
İspanya	Cantabria	Hostel	4,78 kg CO ₂ e/geceleme	Campos vd. (2024b)
		Otel	4,41 kg CO ₂ e/geceleme	

Turizmde su tüketimi ile ilgili yapılan literatür çalışmalarında hesaplanan su tüketimi değerleri Çizelge 2.2'de özet olarak sunulmuştur.

Çizelge 2.2. Farklı çalışmalarda hesaplanan turizmin doğrudan ve dolaylı su ayak izi değerleri

Ülke/Bölge	İl/Bölge	Tesis/Tatil Tipi	Kişi Başı Su Tüketimi l/geceleme	Kaynak
Tanzanya	Zanzibar	Pansiyon	248	Gössling (2001)
		Otel	931	
Avusturalya	Queensland	4-5 yıldızlı otel	621 (390-1.410)	Warnken vd. (2005)
		Eko-resort (4-5 yıldızlı)	653 (390-1.090)	
		Karavan parkı	558 (307- 996)	
İspanya	Benidorm	1 yıldızlı otel	174	Rico-Amoros vd. (2009)
		2 yıldızlı otel	194	
		3 yıldızlı otel	287	
		4 yıldızlı otel	361	
İspanya	Mallorca	Yayıllı turizm alanları	1.181	Hof ve Schmitt (2011)
		Kitle turizmi alanları	210	
İspanya	Mallorca	Genel	541,6 (156,6-2.425,3)	Tortella ve Tirado (2011)
		3 yıldızlı otel	516	
		4 yıldızlı otel	548	
		5 yıldızlı otel	701	
Çin	Yunnan	Otel, Pansiyon	5207,6*	Yang vd. (2011)
Kıbrıs	Polis	Kamp	7080*	Hadjikakou vd. (2013)
Suriye	-	Ev	8290*	
Türkiye	Bodrum	2 yıldızlı apart	5790*	
Yunanistan	Mikanos	4 yıldızlı otel	5460*	
Kıbrıs	Baf	5 yıldızlı golf oteli	8940*	
Almanya			198	Becken (2014)
Avusturalya			332	
BAE			679	
Birleşik Krallık			178	
Çin			956	
Endonezya			860	
Fiji	-	-	716	
Filipinler			981	
Fransa			169	
Hindistan			830	
İspanya			188	
İtalya			264	
Jamaika			849	

(Devamı arkada)

Çizelge 2.2'nin devamı

Ülke/Bölge	İl/Bölge	Tesis/Tatil Tipi	Kişi Başı Su Tüketimi l/geceleme	Kaynak
Japonya			437	
Malezya			914	
Meksika			568	
Mısır	-	-	717	Becken (2014)
Singapur			530	
Sri Lanka			901	
Tayland			716	
Yeni Zellanda			295	
		4 yıldızlı otel	234	
Yunanistan	Rodos	5 yıldızlı otel	6.575 (4.600-12.000)*	Gössling (2015)
		5 yıldızlı otel	338	
		5 yıldızlı otel	675	
Türkiye	Antalya	5 yıldızlı otel	11.900 (10.881-13.990)*	Şahin (2018)
İspanya	Benidorm	3 yıldızlı otel	200	Rico vd. (2020)
		4-5 yıldızlı otel	276	
Çin	-	-	6.346 (yabancı)* 1.616 (yerli)*	Lee vd. (2021)
İspanya	Benidorm	3 yıldızlı otel	225,4	Yoon vd. (2022)
		4 yıldızlı otel	205,2	
Türkiye	Antalya	Apart	103	Şahin vd. (2024)

*Doğrudan ve dolaylı su tüketimini, toplam su ayak izi değeri olarak vermektedir.

Turizmde su tüketimi ile ilgili literatür incelendiğinde genel olarak doğrudan su tüketiminin değerlendirildiği, su ayak izi kavramı kullanılarak doğrudan ve dolaylı su ayak izi bileşenlerinin birlikte değerlendirildiği çalışmaların kısıtlı olduğu görülmektedir.

Turizmin karbon ayak izi ile ilgili yapılan kaynak taramasında, yapılan çalışmalarda genel olarak enerji tüketim miktarlarına ağırlık verildiği, özellikle diğer dolaylı ayak izi bileşenlerinin hesaplanması ile ilgili kısıtlı çalışmaların bulunduğu görülmektedir. Literatürde ilgili çalışmalar incelendiğinde işletme bazlı envanter kayıtlarındaki yeterli verilere ulaşılamaması nedeniyle gerçekçi hesaplamaların sınırlı kaldığı görülmüştür.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Karbon Ayak İzinin Hesaplanması

ISO 14064 standardı kapsamında emisyon hesaplaması 6 ana kategori ve bunların alt kategorilerine ayrılmıştır. Bu çalışmada yapılan hesaplamalar ISO 14064 standardına göre gerçekleştirilmiş olup, her bir kategori ve alt kategorisine ait hesaplama metotları açıklanmıştır (International Organization for Standardization 2018).

3.1.1. Kategori 1: Doğrudan emisyonlar kaynakları

Doğrudan emisyon kaynakları ISO 14064 standardına göre Kategori 1 olarak belirlenmiştir. Kategori 1 beş alt kategoriden oluşmakta olup, her bir alt kategoriye ait hesaplama metotları alt başlıklarda açıklanmıştır.

3.1.1.1. Kategori 1.1: Sabit yakma kaynaklı emisyonlar

Isıtıcılar, gaz türbinleri, boylerler, kojenerasyon/ trijenerasyon, jeneratörler gibi sabit ekipmanlarda yakıtların yakılmasının sonucu olarak gerçekleşen doğrudan emisyonların hesaplanmasına esas verileri oluşturmaktadır. Her bir sabit yakma kaynağı, her bir sabit yakma kaynağının kullandığı yakıt türü (mazot, benzin, doğalgaz), bu kaynakların yakıt tüketim miktarları tesislerden temin edilerek envanter analizi gerçekleştirilmiş ve hesaplamalar yapılmıştır. Tier 1 yöntemiyle yapılan hesaplama (3.1) bağıntısı temel alınarak yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri Çizelge 3.3'te, küresel ısınma potansiyelleri Çizelge 3.2 ve kalorifik değerler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

$$CF_{1.1} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{L}}{\text{yıl}} \right) \times \text{Yoğunluk} \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{L}} \times \left[\left(EF_{CO_2} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{CO_2} \right) + \left(EF_{CH_4} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{CH_4} \right) + \left(EF_{N_2O} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{N_2O} \right) \right] \times NKD \left(\frac{\text{TJ}}{\text{Gg}} \right) \times 10^{-6} \frac{\text{Gg}}{\text{kg}} \quad (3.1)$$

FV: Faaliyet verisi (L/yıl)

NKD: Net kalorifik değer (TJ/Gg)

EF: Emisyon faktörü (kg/TJ)

GWP: Küresel ısınma potansiyeli

CF_{1.1}: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

Doğalgaz tüketimine bağlı emisyon hesaplamalarında ısı değer verisi il bazında aylara göre dağıtım firması tarafından yayınlandığı için (3.2) bağıntısı kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Doğalgaz ısı değerleri dağıtıcı firma tarafından yayınlanan tablolardan temin edilmiştir (Anonim 8).

$$CF_{1.1DG} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = \sum_{n:1}^{12} \left[FV \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ay}} \right) \times CV \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3} \right) \times 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kcal}} \times 10^{-9} \frac{\text{TJ}}{\text{kJ}} \times \left[\left(EF_{CO_2} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{CO_2} \right) + \left(EF_{CH_4} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{CH_4} \right) + \left(EF_{N_2O} \times \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{N_2O} \right) \right] \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \right] \quad (3.2)$$

FV: Faaliyet verisi (m³/ay)

CV: Isıl değer (kcal/m³)

EF: Emisyon faktörü (kg/TJ)

GWP: Küresel ısınma potansiyeli

CF_{1.1DG}: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.1.2. Kategori 1.2: Hareketli yakma kaynaklı emisyonlar

Tesislere ait şirket araçları, tekne, helikopter vb. tüm hareketli yakma sistemlerinin ayrı ayrı belirtilmek üzere, yakıt tipi (mazot, benzin, doğalgaz vb.), tüketim miktarları temin edilerek envanter analizi gerçekleştirilmiştir. Tier 1 yöntemiyle yapılan hesaplamalar (3.3) bağıntısına göre yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri Çizelge 3.3'te, küresel ısınma potansiyelleri Çizelge 3.2 ve kalorifik değerler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

$$CF_{1.2} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{L}}{\text{yıl}} \right) \times Yoğunluk \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{L}} \times \left[\left(EF_{CO_2} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{CO_2} \right) + \left(EF_{CH_4} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{CH_4} \right) + \left(EF_{N_2O} \times \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{N_2O} \right) \right] \times NKD \left(\frac{\text{TJ}}{\text{Gg}} \right) \times 10^{-6} \frac{\text{Gg}}{\text{kg}} \quad (3.3)$$

FV: Faaliyet verisi (L/yıl)

NKD: Net kalorifik değer (TJ/Gg)

EF: Emisyon faktörü (kg/TJ)

GWP: Küresel ısınma potansiyeli

CF_{1.2}: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.1.3. Kategori 1.3: Endüstriyel süreçlerden kaynaklı emisyonlar

Turizm konaklama tesislerinde herhangi bir endüstriyel üretim süreci gerçekleştirilmediğinden bu kategoriye ait hesaplama yapılmamıştır.

3.1.1.4. Kategori 1.4: Antropojenik sistemlerde sızıntı/kaçak kaynaklı emisyonlar

Tesislerde bulunan klima, buzdolabı, chiller, su sebili vb. soğutucu gaz kullanan sistemler, yangın söndürme sistemine bağlı FM200 tank kapasiteleri, CO₂ içerikli yangın tüpleri ve kapasiteleri, gazlı akım kesicili trafolardaki SF₆ kapasiteleri ve hesap yılında

gerçekleştirilen gaz şarjlarına ait veriler temin edilerek envanter analizi gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar (3.4) bağıntısı temel alınarak yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri Çizelge 3.4'te, küresel ısınma potansiyelleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

$$CF_{1.4} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{kg}}{\text{yıl}} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \times EF(\%) \times GWP_G \quad (3.4)$$

FV: Faaliyet verisi (kg)

EF: Emisyon faktörü (%)

GWP_G: Küresel ısınma potansiyeli

Bazı soğutucu gazlar farklı hidroflorokarbonların belli oranlarda karışımından elde edildiğinden karışım oranı ve karışımındaki gazların küresel ısınma potansiyeline göre her bir soğutucu gaz için küresel ısınma potansiyelleri (3.5) bağıntısına göre hesaplanmıştır.

$$GWP_G = \sum(GWP \times a) \quad (3.5)$$

GWP_G: Karışımın küresel ısınma potansiyeli

GWP: Karışımı oluşturan gazların küresel ısınma potansiyeli

a: Karışımı oluşturan gazların karışımındaki oranı (%)

3.1.1.5. Kategori 1.5: Arazi kullanımı, arazi kullanımındaki değişiklik ve ormancılık (LULUCF) faaliyetlerinden kaynaklanan doğrudan emisyonlar

Tesislerde arazi kullanımına bağlı herhangi bir veriye ulaşılamadığından bu kategoride hesaplama yapılmamıştır.

3.1.2. Kategori 2: İthal edilen enerji kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları

Kuruluş tarafından ithal edilen enerji kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları ISO 14064 standardına göre Kategori 2 olarak belirlenmiştir. Kategori 2 iki alt kategoriden oluşmakta olup hesaplama metodları alt başlıklarda açıklanmıştır.

3.1.2.1. Kategori 2.1: Kuruluş tarafından ithal edilen elektriğin dolaylı sera gazı emisyonları

Tesis elektrik kullanımında kaynaklı sera gazı emisyonlarını ifade etmektedir. Tesislere ait elektrik tüketim verileri ve faturaları temin edilerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Emisyon faktörleri TEİAŞ Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistiklerinden temin edilerek hesaplamalarda kullanılmıştır. Tier 1 yöntemiyle yapılan hesaplamalar (3.6) bağıntısı temel alınarak yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri Çizelge 3.5'te, küresel ısınma potansiyelleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

$$CF_{2.1} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV(\text{kWh}) \times \left[EF_{CO_2e} \left(\frac{\text{kg}}{\text{GWh}} \right) \times GWP_{CO_2e} \right] \times 10^{-9} \frac{\text{GWh}}{\text{kWh}} \quad (3.6)$$

FV: Faaliyet verisi (kWh/yıl)

EF: Emisyon faktörü (kg/GWh)

GWP: Küresel ısınma potansiyeli

CF_{2.1}: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.2.2. Kategori 2.2: Fiziksel bir ağ vasıtası ile tüketilen elektrik hariç enerjinin ile ilgili dolaylı sera gazı emisyonları

Bu çalışmada envanter temin edilen tesislerin elektrik enerjisi hariç fiziksel bir ağ vasıtası ile başka bir enerji temin etmemesi sebebiyle bu kategoride hesaplama yapılmamıştır.

3.1.3. Kategori 3: Ulaşım kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları

Ulaşım kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları kuruluş sınırlarının dışında kalan taşımacılık ve ulaşım faaliyetlerinden kaynaklı emisyonları ifade etmektedir. Kategori 3 beş alt kategoriden oluşmakta olup, hesaplama metotları alt başlıklarda açıklanmıştır.

3.1.3.1. Kategori 3.1: Ürünlerin (kuruluşa gelen) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar

Tesislere gelen ürünlerin taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklı emisyonları kapsamaktadır. Tesislere gelen her bir ürünün geliş tarihi, miktarı, taşımayı yapan aracın tipi, aracın yakıt türü, satın alınan ürünlerin ağırlık bilgisi bulunanlarına ait miktarlar, satın alım yapılan firma verileri talep edilmiştir. Satın alımı yapılan firmaların tesislere uzaklıkları Google Earth Pro yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu kategorideki hesaplamalar iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Ağırlık verisine ulaşılamayan, mesafe verisine ulaşılan ürünlerin taşınmasından kaynaklı emisyon hesaplaması (3.7) bağıntısı ile, ürün ağırlığı ve taşınan mesafe verisine ulaşılan taşımacılık faaliyetlerinden kaynaklı emisyonlar (3.8) bağıntısı ile hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri Çizelge 3.7’de verilmiştir.

$$CF_{3.1} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{ton.km}}{\text{yıl}} \right) \times EF_{CO_2e} \left(\frac{\text{kg CO}_2e}{\text{ton.km}} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \quad (3.7)$$

FV: Faaliyet verisi (ton.km/yıl)

EF_{CO₂e}: Emisyon faktörü (kg CO₂e/ton.km)

CF_{3.1}: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

$$CF_{3.1} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{km}}{\text{yıl}} \right) \times EF_{CO_2e} \left(\frac{\text{kg CO}_2e}{\text{km}} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \quad (3.8)$$

FV: Faaliyet verisi (km/yıl)

EF_{CO₂e}: Emisyon faktörü (kg CO₂e/km)

CF_{3.1}: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.3.2. Kategori 3.2: Ürünlerin (kuruluştan giden) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar

Tesislerden giden ürünlerin taşımacılığına ait herhangi bir veriye ulaşılamadığından bu kategoride hesaplama yapılmamıştır.

3.1.3.3. Kategori 3.3: Personelin işe gidiş gelişleri kaynaklı emisyonlar

Tesislerde çalışan personelin taşımacılığı anlaşmalı olunan taşıma firmaları tarafından yapılmaktadır. Bu sebeple personelin işe gidiş gelişinden kaynaklı emisyonlar dolaylı emisyon kaynakları altında değerlendirilmiştir. Bu kategorideki hesaplamalar iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Taşıma firmasından yakıt türü ve tüketim verileri temin edilen tesislerde Çizelge 3.3'te yer alan hareketli yakma kaynaklarına ait emisyon faktörleri kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu verilerin temin edilemediği tesislerde ise servis araçların günlük toplam aldığı mesafe verileri temin edilerek Çizelge 3.6'da yer alan emisyon faktörleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 3.3'te yer alan emisyon faktörlerine göre yapılan hesaplama metodu (3.9) bağıntısında verilmiştir.

$$CF_{3.3} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{L}}{\text{yıl}} \right) \times \text{Yoğunluk} \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{L}} \times \left[\left(EF_{CO_2} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{CO_2} \right) + \left(EF_{CH_4} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{CH_4} \right) + \left(EF_{N_2O} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{N_2O} \right) \right] \times NKD \left(\frac{\text{TJ}}{\text{Gg}} \right) \times 10^{-6} \frac{\text{Gg}}{\text{kg}} \quad (3.9)$$

FV: Faaliyet verisi (L/yıl)

NKD: Net kalorifik değer (TJ/Gg)

EF: Emisyon faktörü (kg/TJ)

GWP: Küresel ısınma potansiyeli

CF_{3.3}: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

Çizelge 3.6'da yer alan emisyon faktörlerinin kullanılması ile yapılan hesaplama metodu (3.10) bağıntısında verilmiştir.

$$CF_{3.3} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{km}}{\text{yıl}} \right) \times EF_{CO_2e} \left(\frac{\text{kg CO}_2e}{\text{km}} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \quad (3.10)$$

FV: Faaliyet verisi (km/yıl)

EF_{CO₂e}: Emisyon faktörü (kg CO₂e/km)

CF_{3.3}: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.3.4. Kategori 3.4: Müşteri ve ziyaretçi ulaşımı kaynaklı emisyonlar

Müşteri ve/veya ziyaretçilerin tesislere geliş ve gidişine ait sera gazı emisyonlarını kapsamaktadır. Müşteri/ziyaretçilerin geldiği ve gittiği ülke/il, ulaşım şekli, yakıt türü ve tüketim miktarı, transfer şekli, transfer aracı yakıt türü ve tüketim miktarları, alınan mesafe bilgileri talep edilmiştir. Alınan mesafeye bağlı hesaplamalarda Çizelge 3.6'da yer alan emisyon faktörleri kullanılmıştır. Mesafe ve araç tipine bağlı emisyon hesaplama metodu (3.11) bağıntısında verilmiştir. Yakıt tüketimine bağlı yapılan hesaplamalar (3.12) bağıntısı temel alınarak yapılmıştır.

$$CF_{3.4} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{km}}{\text{yıl}} \right) \times EF_{CO_2e} \left(\frac{\text{kg CO}_2e}{\text{km}} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \quad (3.11)$$

FV: Faaliyet verisi (km/yıl)

EF_{CO_2e} : Emisyon faktörü (kg CO₂e/km)

$CF_{3.3}$: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

$$CF_{3.4} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{L}}{\text{yıl}} \right) \times \text{Yoğunluk} \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{L}} \times \left[\left(EF_{CO_2} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{CO_2} \right) + \left(EF_{CH_4} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{CH_4} \right) + \left(EF_{N_2O} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{N_2O} \right) \right] \times NKD \left(\frac{\text{TJ}}{\text{Gg}} \right) \times 10^{-6} \frac{\text{Gg}}{\text{kg}} \quad (3.12)$$

FV: Faaliyet verisi (L/yıl)

NKD: Net kalorifik değer (TJ/Gg)

EF: Emisyon faktörü (kg/TJ)

GWP: Küresel ısınma potansiyeli

$CF_{3.4}$: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.3.5. Kategori 3.5: İş seyahatleri kaynaklı emisyonlar

Tesis çalışanlarının iş seyahatlerinden kaynaklı sera gazı emisyonlarını kapsamaktadır. Çalışanların seyahatlerine ait ulaşım tipi ve gidiş geliş noktaları bilgileri temin edilerek envanter hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Temin edilen gidiş geliş noktasına göre uçuş mesafesi hesaplama aracı kullanılarak mesafe bilgileri kayıt altına alınmıştır (Anonymous 3). İş seyahatleri kaynaklı emisyon hesabı Çizelge 3.8'de yer alan emisyon faktörleri kullanılarak (3.13) bağıntısı ile yapılmıştır.

$$CF_{3.5} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{yolcu.km}}{\text{yıl}} \right) \times EF_{CO_2e} \left(\frac{\text{kg CO}_2e}{\text{yolcu.km}} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \quad (3.13)$$

FV: Faaliyet verisi (yolcu.km/yıl)

EF_{CO_2e} : Emisyon faktörü (kg CO₂e/yolcu.km)

CF_{3.5}: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.4. Kategori 4: Kullanılan ürün ve hizmet kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları

Kategori 4 beş alt kategoriden oluşmakta olup, hesaplama metotları alt başlıklarda açıklanmıştır.

3.1.4.1. Kategori 4.1: Satın alınan ürünlerden kaynaklı emisyonlar

Satın alınan ürünlerin imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul vb. kaynaklı emisyonlardır. Tesisler tarafından satın alımı gerçekleştirilen ürünlerin tamamına ait kayıtlar talep edilmiştir. Ürünlerin üretim süreçlerine ait emisyon faktörleri EPA (2021)'dan temin edilerek hesaplamalarda kullanılmıştır. Satın alınan ürünlerin imalatından kaynaklanan emisyonlar (3.14) bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$CF_{4.1} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{TL}}{\text{yıl}} \right) \times EF_{\text{CO}_2\text{e}} \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{USD}} \right) \times k \left(\frac{\text{USD}}{\text{TL}} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \quad (3.14)$$

FV: Faaliyet verisi (TL/yıl)

EF_{CO₂e}: Emisyon faktörü (kg CO₂e/USD)

k: kur (USD/TL)

CF_{4.1}: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.4.2. Kategori 4.2: Sermaye niteliğindeki varlıklardan kaynaklanan emisyonlar

Tesisler tarafından satın alınan taşınır ve taşınmaz demirbaşlardan kaynaklı emisyonları ifade etmektedir. Tesislerden hesaplama yılı içerisinde satın aldıkları demirbaşlara ait kayıtlar temin edilmiştir. Emisyon faktörü değerleri EPA (2021)'dan temin edilerek hesaplamalarda kullanılmıştır. Hesaplama yöntemleri kullanılan referansa göre (3.15) bağıntıları ile verilmiştir.

$$CF_{4.2} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{TL}}{\text{yıl}} \right) \times EF_{\text{CO}_2\text{e}} \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{USD}} \right) \times k \left(\frac{\text{USD}}{\text{TL}} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \quad (3.15)$$

FV: Faaliyet verisi (TL/yıl)

EF_{CO₂e}: Emisyon faktörü (kg CO₂e/USD)

k: kur (USD/TL)

CF_{4.2}: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.4.3. Kategori 4.3: Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar

Tesislerde oluşan katı ve sıvı atıkların bertarafından (düzenli atık depolama, yakma, biyolojik arıtma veya geri dönüşüm süreçleri) kaynaklı emisyonların hesaplanması amacıyla tesislerden hesaplama yılına ait atık beyanları, ambalaj ve geri

dönüştürülemeyen atık miktarları, su tüketim miktarları temin edilerek envanter analizi gerçekleştirilmiştir. Atık türüne göre atık miktarları belirlenerek Çizelge 3.9'da verilen emisyon faktörleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Katı atıklar için kullanılan hesaplama yöntemi (3.16) bağıntısı, atıksu için kullanılan hesaplama yöntemi (3.17) bağıntısı ile verilmiştir.

$$CF_{4.3atık} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{kg}}{\text{yıl}} \right) \times EF_{CO_2e} \left(\frac{\text{kg CO}_2e}{\text{ton atık}} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \quad (3.16)$$

FV: Faaliyet verisi (kg/yıl)

EF_{CO_2e} : Emisyon faktörü (kg CO₂e/ton atık)

$CF_{4.3atık}$: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

$$CF_{4.3atıksu} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} \right) \times EF \left(\frac{\text{kg CO}_2e}{\text{m}^3 \text{ atıksu}} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \quad (3.17)$$

FV: Faaliyet verisi (m³/yıl)

EF_{CO_2e} : Emisyon faktörü (kg CO₂e/m³ atıksu)

$CF_{4.3atıksu}$: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.4.4. Kategori 4.4: Kiralanan ekipmanların kullanımı kaynaklı emisyonlar

Kuruluş tarafından kiralanan ekipmanların kullanımından kaynaklı ekipmanları kapsamaktadır. Tesislerin kiralama maliyetlerine ait envanter kayıtları talep edilmiştir. Hesaplamalar EPA (2021)'dan temin edilen emisyon faktörleri kullanılarak (3.18) bağıntısı ile yapılmıştır.

$$CF_{4.4} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{TL}}{\text{yıl}} \right) \times EF_{CO_2e} \left(\frac{\text{kg CO}_2e}{\text{USD}} \right) \times k \left(\frac{\text{USD}}{\text{TL}} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \quad (3.18)$$

FV: Faaliyet verisi (TL/yıl)

EF_{CO_2e} : Emisyon faktörü (kg CO₂e/USD)

k: kur (USD/TL)

$CF_{4.4}$: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.4.5. Kategori 4.5: Danışmanlık, temizlik, bakım, kurye, bankacılık vb. hizmet alımlar kaynaklı emisyonlar

Tesislerin aldığı danışmanlık, bakım, taşeron firma vb. hizmet alımlarından kaynaklı emisyonları kapsamaktadır. Hizmet alımlarına ilişkin ödenen ücretler ile yapılan hesaplamalarda (3.19) bağıntısı ve EPA (2021)'dan temin edilen emisyon faktörleri, taşeron firmaların yakıt tüketimlerine ilişkin hesaplamalarda (3.20) bağıntısı ve Çizelge 3.3'te yer alan emisyon faktörleri kullanılmıştır.

$$CF_{4.5} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{TL}}{\text{yıl}} \right) \times EF_{\text{CO}_2\text{e}} \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{USD}} \right) \times k \left(\frac{\text{USD}}{\text{TL}} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{ton}}{\text{kg}} \quad (3.19)$$

FV: Faaliyet verisi (TL/yıl)

$EF_{\text{CO}_2\text{e}}$: Emisyon faktörü (kg CO₂e/USD)

k: kur (USD/TL)

$CF_{4.5}$: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

$$CF_{4.5} \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV \left(\frac{\text{L}}{\text{yıl}} \right) \times \text{Yoğunluk} \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right) \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{L}} \times \left[\left(EF_{\text{CO}_2} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{\text{CO}_2} \right) + \left(EF_{\text{CH}_4} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{\text{CH}_4} \right) + \left(EF_{\text{N}_2\text{O}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \times GWP_{\text{N}_2\text{O}} \right) \right] \times NKD \left(\frac{\text{TJ}}{\text{Gg}} \right) \times 10^{-6} \frac{\text{Gg}}{\text{kg}} \quad (3.20)$$

FV: Faaliyet verisi (L/yıl)

NKD: Net kalorifik değer (TJ/Gg)

EF: Emisyon faktörü (kg/TJ)

GWP: Küresel ısınma potansiyeli

$CF_{4.5}$: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.5. Kategori 5: Üretilen/sunulan ürünlerin/hizmetlerin kullanımı ile ilişkili dolaylı emisyonlar

Tesislerin ürettiği ya da sunduğu hizmetlerin kullanım evresinden kaynaklı emisyonları ifade etmektedir. Kategori 5 dört alt kategoriden oluşmakta olup bu kategoriler aşağıda belirtilmiştir. Tesislerde bu kategoriye ait geçmişe yönelik olarak envanter kaydı bulunmamasından dolayı bu kategoride hesaplama yapılmamıştır.

- Ürünlerin kullanım evresinden kaynaklanan emisyonlar veya uzaklaştırmalar,
- Kuruluşun sahip olduğu varlıkların raporlama yılında kiralanması sonucunda ortaya çıkan emisyonlar,
- Ürünün kullanım ömrünü tamamlamasından sonraki emisyonlar
- Yatırımlar kaynaklı emisyonlar

3.1.6. Kategori 6: Diğer kaynaklardan ortaya çıkan dolaylı sera gazı emisyonları

Diğer kategorilere girmeyen emisyonlar bu kategori altında sınıflandırılmaktadır. Tesis sınırlarında tüketilen elektriğin iletim ve dağıtım kayıplarından kaynaklı emisyonlar Kategori 6 başlığı altında değerlendirilmiştir. Hesaplamalar tesislerin elektrik tüketim verileri ve Çizelge 3.5'te yer alan iletim dağıtım kaybı emisyon faktörleri kullanılarak (3.21) bağıntısı ile gerçekleştirilmiştir.

$$CF_6 \left(\frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \right) = FV(\text{kWh}) \times \left[EF_{\text{CO}_2\text{e}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{GWh}} \right) \times GWP_{\text{CO}_2\text{e}} \right] \times 10^{-9} \frac{\text{GWh}}{\text{kWh}} \quad (3.21)$$

FV: Faaliyet verisi (kWh/yıl)

EF: Emisyon faktörü (kg/GWh)

GWP: Küresel ısınma potansiyeli

CF_{2.1}: Karbondioksit eşdeğeri (ton/yıl)

3.1.7. Karbon ayak izi hesaplamalarında kullanılan katsayılar

Karbon ayak izi hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörleri referansları ile birlikte Çizelge 3.3, Çizelge 3.4, Çizelge 3.5, Çizelge 3.7, Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9’da verilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan küresel ısınma potansiyeli değerleri Çizelge 3.2’de, net kalorifik değerler ise Çizelge 3.1’de referansları ile birlikte sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Net kalorifik değerler

Emisyon Kaynağı	Net Kalorifik Değer	Referans
	Tj/Gg	
Motorin	43	IPCC (2006a)
Benzin	44,3	

Çizelge 3.2. Küresel ısınma potansiyelleri

Emisyon Kaynağı	Küresel Isınma Potansiyeli	Referans
CO ₂	1	IPCC (2021a)
CH ₄	27,9	
N ₂ O	273	
R134A (HFC-134a)	1530	
R22 (HCFC-22)	1960	
R32(HFC-32)	771	
R404A (HFC-125/HFC143a/HFC134a-44/52/4)	4728	
R410A (HFC32/HFC125-50/50)	2255,5	
SF ₆	25200	
FM200 (HFC-227ea)	3600	
Fa236 (HFC-236fa)	8690	EPA (2016)
R600A (Isobutane)	3	

Çizelge 3.3. Sabit ve hareketli yakma kaynaklarına ait emisyon faktörleri

Emisyon Kaynağı		Emisyon Faktörü			Referans
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
		kg/Tj			
Sabit Yakma	Motorin	74.100	10,0	0,6	IPCC (2006b)
	Doğalgaz	56.100	5,0	0,1	
Hareketli Yakma	On-road araçlar	Motorin	74.100	3,9	IPCC (2006c)
		Benzin	69.300	25,0	
	Off-road araçlar	Motorin	74.100	4,2	
		Benzin	69.300	80,0	

Çizelge 3.4. Antropojenik sistemlere ait emisyon faktörleri

Emisyon Kaynağı	Emisyon Faktörü				Referans
	CO ₂	N ₂ O	HFCs	SF ₆	
		%			
Klimalar (Split VRF)	-	-	1	-	IPCC (2006d)
Soğuk Hava Odaları	-	-	7	-	
Soğutucu Üniteler	-	-	10	-	
Yangın Tüpleri	4	-	4	-	
Yangın Söndürme Sistemi	-	-	2	-	IPCC (2006e)
Trafoardaki Kesiciler	-	-	-	2,6	
Azotlu ve Üreli Gübre Kullanımı	20	1	-	-	IPCC (2006f)

Çizelge 3.5. Elektrik kullanım ve iletim dağıtım kaybı emisyon faktörleri

Emisyon Kaynağı	Emisyon faktörü		Referans
	CO ₂ e	ton/mwh	
Elektrik Kullanımı	0,439		Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2024)
Elektrik İletim Dağıtım Kaybı	0,04		

Çizelge 3.6. Personel ve ziyaretçilerin ulaşımına ait emisyon faktörleri

Emisyon Kaynağı		Emisyon Faktörleri			Referans
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
		kg/km			
Personelin ulaşımı	Motorin (Average car)	0,16815	0,000005	0,001672	(UK Government 2023b)
Ziyaretçilerin ulaşımı	Motorin (Medium car)	0,16548	0,000005	0,001672	
	Benzin (Medium car)	0,17751	0,000358	0,00032	

Çizelge 3.7. Ürünlerin taşınmasına ait emisyon faktörleri

Emisyon Kaynağı		Emisyon faktörleri			Birim	Referans
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
Tesis gelen ürünlerin taşınması	Mafsallı (3,5 - 33 ton) (ortalama)	0,75426	0,00012	0,01209	kg/km	(UK Government 2023a)
	Mafsalsız (3,5-7,5 ton) (ortalama)	0,48019	0,00011	0,00532		
	Van (>3,5 ton) (motorin)	0,22963	-	0,00165		
	Van (1,305-1,74 ton) (motorin)	0,17240	-	0,00165		
	Van (1,305-1,74 ton) (benzin)	0,19524	0,00027	0,00044		
	Van (>3,5 ton) (yakıt bilinmiyor)	0,57106	0,00003	0,00405	kg/ton.km	

Çizelge 3.8. İş seyahatlerine ait emisyon faktörleri

Emisyon Kaynağı		Emisyon Faktörleri			Referans
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
		kg/yolcu.km			
İş seyahatleri kapsamında gerçekleştirilen uçuşlar	Kısa mesafe	0,16055	0,0000112	0,00135	(UK Government 2023c)
	Uzun mesafe	0,22853	0,0000224	0,00192	

Çizelge 3.9. Atık bertarafı, atıksu ve su teminine ait emisyon faktörleri

Emisyon Kaynağı	Emisyon faktörü		Referans
	CO ₂	Birim	
Atıklar	21,281	kg/ton	(UK Government 2023d)
Atıksu	0,201	kg/m ³	
Water supply	0,177	kg/m ³	(UK Government 2023e)

3.2. Su Ayak İzinin Hesaplanması

Turizm konaklama tesisleri faaliyet sınırları içerisinde gerçekleştirilen tüm su kullanım ve atık su oluşum faaliyetleri belirlenerek ISO 14046 standardına göre su ayak izi bileşenleri ve kaynakları tanımlanmıştır (International Organization for

Standardization 2014). Tesislerin faaliyet sınırları belirlenerek verilerin tamlığı, doğruluğu, ulaşılabilir olması gibi faktörler göz önüne alınarak hesap yılı belirlenmiştir.

Su ayak izi bileşenleri olan mavi, yeşil ve gri su ayak izi kaynakları belirlenerek envanter çalışması ve analizi yapılmıştır. Her bir su ayak izi bileşeni ve toplam su ayak izi değerleri belirlenen yıl için hesaplanmıştır. Mavi, yeşil ve gri su ayak izi hesaplama metotları alt başlıklarda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.2.1. Mavi su ayak izi

Mavi su ayak izi tesislerin faaliyetleri sonucu tüketilen tatlı su kaynaklarının toplam hacmini ifade etmektedir. Tesislerde kullanılan tatlı su kaynakları şebekeden temin edilen su ve ambalajlı olarak temin edilen içme suyu olarak belirlenmiştir. Şebekeden temin edilen su tüketimi verileri su faturaları üzerinden kayıt altına alınmaktadır. Tesisten su faturaları temin edilmiş ve tüketim verileri metreküp olarak kayıt altına alınmıştır.

Tesislerde tüketilen içme suyu ambalajlı olarak satın alınmakta olup, ambalajlı su alım miktarlarına ait veriler tesislerden temin edilmiştir. Ambalaj hacimleri litre ve mililitre olarak farklılık göstermektedir. Aylık satın alım kayıtları hacim bilgisi ile birlikte adet olarak kayıt altına alınmaktadır. Hacim ve adet değerlerinin çarpılması ile metreküp dönüşümü yapılarak ambalajlı içme suyu tüketim verileri aylık olarak hesaplanmıştır.

Şebekeden temin edilen su ve ambalajlı olarak tüketilen içme suyu miktarları toplanarak yıllık mavi su ayak izi metreküp cinsinden hesaplanmıştır. Mavi su ayak izi hesaplama metodu (3.22) bağıntısı ile verilmiştir

$$WF_{blue} \left(\frac{m^3}{yıl} \right) = \text{Şebeke su tüketimi} \left(\frac{m^3}{yıl} \right) + \text{Ambalajlı su tüketimi} \left(\frac{m^3}{yıl} \right) \quad (3.22)$$

WF_{blue} : Mavi su ayak izi ($m^3/yıl$)

3.2.2. Yeşil su ayak izi

Yeşil su ayak izi üretim veya hizmette kullanılan suyun yağmurdan karşılanan kısmını ifade etmektedir. ISO 14046 standardına göre tesislerin sınırları içerisinde yer alan yeşil alan belirlenerek yıllık ortalama yağış değeri ile çarpılması ile yeşil su ayak izi hesaplaması yapılmaktadır. Bu kapsamda tesislerin sınırları içerisinde yer alan yeşil alan büyüklüğü talep edilmiştir. Yıllık ortalama yağış miktarı olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü, resmi istatistikler sayfasında yer alan 1.053,4 mm değeri hesaplamalarda kullanılmıştır (Anonim 7).

Ortalama yağış değeri milimetre birimi ile ifade edilmektedir. Bu değer metreye çevrilerek toplam yeşil alan değeri ile çarpılarak yeşil su ayak izi hesaplanmıştır. Yeşil su ayak izi hesaplanması (3.23) bağıntısına göre yapılmıştır.

$$WF_{green} = \text{Yeşil Alan} (m^2) \times \text{Yıllık ortalama yağış} (mm) \times 10^{-3} \frac{m}{mm} \quad (3.23)$$

WF_{green} : Yeşil su ayak izi ($m^3/yıl$)

3.2.3. Gri su ayak izi

Gri su ayak izi bir malın üretiminde veya bir hizmeti sunmak için belli bir su kalitesi kriterini sağlamak amacıyla su kaynaklarına (örneğin göl, akarsu, deniz suyu) doğrudan boşaltılan ya da dolaylı olarak karışan atık sulardaki kirletici derişiminin seyreltme yoluyla sınır değerlere düşürülmesi için gereken tatlı su miktarı olarak tanımlanmaktadır.

Gri su ayak izi hesabı yapılırken öncelikle atıksuda belirlenen her bir kirletici parametre için yıl içerisindeki tüm analizlere ait ortalaması bağıntı (3.24) kullanılarak hesaplanmıştır. Ortalama konsantrasyon değeri ile ortalama atıksu debisi çarpılarak kirlilik yükünün hesaplanması ve daha sonra kirletici parametrenin yasal limit konsantrasyonu ile alıcı ortam doğal konsantrasyonu farkına bölünmesi ile her bir parametre için gri su ayak izi değeri bağıntı (3.26) kullanılarak hesaplanmıştır. Tüm parametrelerin hesaplanan WF_p değerleri bağıntı (3.27)'de verildiği şekilde karşılaştırılarak maksimum WF_p belirlenerek gri su ayak izi değerleri elde edilmiştir.

$$C_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \quad (3.25)$$

C_i : Her analize ait konsantrasyon değeri (mg/L)

n : Analiz sayısı

C_{ort} : Ortalama kirletici konsantrasyonu (mg/L)

$$WF_p = \frac{C_{ort} \left(\frac{mg}{L} \right) \times Q \left(\frac{m^3}{gün} \right) \times 365 \left(\frac{gün}{yıl} \right)}{C_{max} \left(\frac{mg}{L} \right) - C_{nat} \left(\frac{mg}{L} \right)} \quad (3.26)$$

Q : Ortalama atıksu debisi ($m^3/gün$)

C : Kirletici konsantrasyonu (mg/L)

C_{max} : Kirletici konsantrasyonu yasal limit (mg/L)

C_{nat} : Alıcı ortam kirletici konsantrasyonu (mg/L)

WF_p : Parametreye bağlı gri su ayak izi ($m^3/yıl$)

$$WF_{grey} \left(\frac{m^3}{yıl} \right) = \max(WF_c) \quad (3.27)$$

3.2.4. Toplam su ayak izi

Mavi, yeşil ve gri su ayak izi hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler toplanarak hesap yılına ait toplam su ayak izi değeri bulunmaktadır. Hesaplamalarda (3.28) bağıntısı kullanılmıştır.

$$WF_{total} = WF_{blue} + WF_{green} + WF_{grey} \quad (3.28)$$

3.3. Regresyon ve Pearson Korelasyon Analizi

Bir değişkenin diğer değişkenler tarafından açıklanarak doğrusal bir model oluşturulmasına kısaca regresyon analizi denir. Bağımlı değişken olarak adlandırılan ve açıklanmak (modellenmek) istenen değişken bir takım açıklayıcı ya da bağımsız değişken ya da değişkenler tarafından doğrusal bir modelle ifade edilir. Kısaca regresyon analizi değişkenler arasındaki tek yönlü ilişkiyi analiz eder. Bir bağımsız değişkenin olduğu regresyona basit doğrusal regresyon, birden çok bağımsız değişkenin olduğu regresyona ise çoklu regresyon denir. Y bağımlı değişken ve X bağımsız değişkenler olmak üzere kitle regresyon denklemi (3.29) bağıntısı ile verilmiştir (Mert 2016).

$$Y = B + B_1 \times X_1 + B_2 \times X_2 + \dots + B_k \times X_k + \epsilon \quad (3.29)$$

Y: Bağımlı değişken (modelin açıklamaya çalıştığı değişken)

B: Sabit katsayı

$B_1, B_2, \dots, B_k$: Bağımsız değişkenlerin katsayıları

$X_1, X_2, \dots, X_k$: Bağımsız değişkenler

ϵ : Hata terimi

Bir regresyon modeli tahmini yapmak kitleden çekilen rassal örneklemden yararlanılarak B katsayılarını tahmin etmektir (Mert 2016). Bu çalışmada çoklu regresyon analizi gerçekleştirilmiş olup, genel denklem düzenlenerek bağıntı (3.30) ile verilmiştir.

$$CF = B + B_e \times X_e + B_d \times X_d + B_s \times X_s + \epsilon \quad (3.30)$$

CF: Karbon ayak izi

B: Sabit katsayı

B_e : Elektrik tüketimine ait katsayı

B_d : Doğalgaz tüketimine ait katsayı

B_s : Su tüketimine ait katsayı

X_e : Elektrik tüketim verisi

X_d : Doğalgaz tüketim verisi

X_s : Su tüketim verisi

ϵ : Hata terimi

İki sürekli rastlantı değişkeni arasındaki iki yönlü doğrusal bir ilişkinin yönünü ve büyüklüğünü veren Pearson korelasyon katsayısı, yaygın olarak kullanılan ilişki katsayılarından biridir. r ile gösterilen Pearson korelasyon katsayısı $-1 < r < 1$ aralığında değer almaktadır. Katsayının pozitif olması iki değişken arasında aynı yönde, negatif olması ise iki değişken arasında ters yönde ilişkinin olduğu anlamına gelmektedir (Mert 2016). İki sürekli değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi ölçer Pearson korelasyonu (3.31) bağıntısı ile hesaplanmaktadır (SPSS 2023).

$$r_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sqrt{C_{ii}C_{jj}}} \quad (3.31)$$

r_{ij} : İki değişken (i ve j) arasındaki korelasyon katsayısı

c_{ij} : i ve j değişkenleri arasındaki kovaryans

c_{ii} : i değişkeninin varyansı

c_{jj} : j değişkeninin varyansı

Tüm tesislerde ay bazında ulaşılabilen envanter kayıtları elektrik, doğalgaz ve su tüketimine aittir. Bu sebeple regresyon ve korelasyon analizleri elektrik, doğalgaz ve su tüketimine bağlı doğrudan ve dolaylı karbon ayak izi değerlerinin toplamı için gerçekleştirilmiştir. Elektrik tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi değeri, elektrik üretim emisyon faktörü ve elektrik dağıtım hattından bağlı tüketim noktası iletim dağıtım kayıpları emisyon faktörü için ayrı ayrı hesaplanarak toplam karbon ayak izi değerine dahil edilmiştir. Doğalgaz tüketimine bağlı emisyonlar tedarikçi firmanın Antalya iline ait ortalama ısı değerleri ve ilgili emisyon faktörleri kullanılarak ay bazında ayrı ayrı hesaplanarak toplam karbon ayak izine dahil edilmiştir. Su tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi, su temini ve oluşan atıksu bertarafı için ayrı ayrı hesaplanarak toplam karbon ayak izi değerlerine dahil edilmiştir. Her bir hesaplama tesislerin aylık verileri için yapılmış olup, nihai olarak elektrik, doğalgaz ve su tüketimine bağlı karbon ayak izi veri setleri oluşturulmuştur. Regresyon ve Pearson korelasyon analizleri SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) yazılımı kullanılarak her bir tesise ait veri seti için ayrı ayrı ve tüm tesislere ait veri setinin yer aldığı genel veri seti için gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Karbon Ayak İzinin Hesaplanması

ISO 14064 standardı kapsamında emisyon hesaplaması için Antalya ilinde yer alan 3 farklı konseptte 5 yıldızlı turizm konaklama tesisi belirlenmiştir. Bunlardan biri 5 yıldızlı golf oteli, biri 5 yıldızlı tatil oteli, biri 5 yıldızlı şehir oteli olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada tesisler numaralandırılarak verilerin analizi gerçekleştirilmiştir. Tesis özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tesis özellikleri

Özellik	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
Yıldız	5 yıldızlı golf oteli	5 yıldızlı otel	5 yıldızlı şehir oteli
Oda	553	837	471
Alan (ha)	110	11,2	10
Yeşil alan (ha)	78	3,2	3,5
Geceleme sayısı (geceleme/yıl)	281.176	442.614	235.355

Bu tesislerin 6 ana kategori ve bunların alt kategorilerinde emisyon kaynakları belirlenerek envanter talebi gerçekleştirilmiştir. Envanter temin edilebilen kategoriler Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Kategorilere bazında faaliyet verileri ve ISO 14064 standardına göre gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda elde edilen karbon ayak izi değerleri alt başlıklarda açıklanmıştır.

Çizelge 4.2. Kategorilere göre envanter analizi

Kategori	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
1.1 Sabit yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar	+	+	+
1.2 Hareketli yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar	+	+	+
1.4 Antropojenik sistemlerdeki sera gazlarının sızması/kaçak oluşumu kaynaklı doğrudan emisyonlar	+	+	+
2.1 İthal edilen elektrikten kaynaklanan dolaylı emisyonlar	+	+	+
3.1 Ürün (kuruluşa gelen) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.	+	+	-
3.3 Personelin işe gidiş gelişleri kaynaklı emisyonlar	+	+	+
3.4 Müşteriler ve ziyaretçilerin ulaşımı kaynaklı emisyonlar	-	+	-
3.5 İş seyahatleri kaynaklı emisyonlar	+	-	-

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.2'nin devamı

	Kategori	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
4.1	Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul vb. kaynaklı emisyonlar	+	+	-
4.2	Sermaye niteliğindeki varlıklardan kaynaklanan emisyonlar	+	+	-
4.3	Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar	+	+	+
4.4	Kiralanın ekipmanların (kuruluş tarafından) kullanımı kaynaklı emisyonlar	+	-	-
4.5	Danışmanlık, temizlik, bakım, kurye, bankacılık vb. hizmet alımları kaynaklı emisyonlar	+	+	+
6	Diğer kaynaklardan ortaya çıkan dolaylı sera gazı emisyonları	+	+	+

4.1.1. Kategori 1: Doğrudan emisyonlar kaynakları

4.1.1.1. Kategori 1.1: Sabit yakma kaynaklı emisyonlar

Tesislerde ısıtıcılar, gaz türbinleri, boylerler, kojenerasyon/ trijenerasyon ve mutfakta pişirme faaliyetleri için doğalgaz kullanılmaktadır. Doğalgaz tüketimine bağlı emisyon hesaplamalarında ısı değer verisi il bazında aylara göre dağıtım firması tarafından yayınlandığı için (3.2) bağıntısı kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Aylara göre doğalgaz tüketim verileri Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Tesislerin doğalgaz tüketim verileri

Ay	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
	Tüketim (m ³)		
Ocak	504.630	130.983	52.308
Şubat	448.732	12.496	57.922
Mart	470.745	116.379	47.208
Nisan	351.223	238.310	49.230
Mayıs	345.146	257.566	37.155
Haziran	237.409	238.193	24.111
Temmuz	287.533	217.753	17.338
Ağustos	300.429	226.976	16.322
Eylül	270.123	239.550	18.770
Ekim	366.010	226.073	28.001
Kasım	417.148	248.799	40.130
Aralık	496.701	233.365	38.383
Toplam	4.495.829	2.386.443	426.878

Tesislerde kullanılan jeneratörlerin yakıt tüketimleri sabit yakma kaynakları kategorisinde değerlendirilerek hesaplamalar (3.1) bağıntısına göre gerçekleştirilmiştir. Jeneratörlerin yakıt tüketimleri Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Jeneratörlerin yakıt tüketimleri

Yakıt	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
	Tüketim (L)		
Motorin	17.664	12.056	175

Yapılan hesaplamalar sonucunda sabit yakma kaynaklarına bağlı toplam emisyon değerleri Çizelge 4.5'te, geceleme başı emisyon değerleri Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Isıtma ve pişirme faaliyetlerine bağlı karbon ayak izi değerleri tüm tesislerde sabit yakma kaynaklı emisyonların % 99'dan fazlasını oluşturmaktadır.

Çizelge 4.5. Sabit yakma kaynakları emisyon değerleri

Emisyon kaynağı	Yakıt	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
		CO ₂ e ton		
Jeneratörler	Motorin	47,13	32,17	0,47
Isıtma ve Mutfak	Doğalgaz	9.788,72	5.248,21	937,89
Kategori 1.1 Toplam		9.835,86	5.280,38	938,36

Çizelge 4.6. Sabit yakma kaynakları geceleme başı emisyon değerleri

Emisyon kaynağı	Yakıt	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
		CO ₂ e kg/geceleme		
Jeneratörler	Motorin	0,168	0,073	0,002
Isıtma ve Mutfak	Doğalgaz	34,814	11,857	3,985
Kategori 1.1 Toplam		34,981	11,930	3,987

4.1.1.2. Kategori 1.2: Hareketli yakma kaynaklı emisyonlar

Tesislerin bünyesinde faaliyet gösteren şirket araçları (on-road) ve tesis saha bakım ve yeşil alan bakımında kullanılan diğer araçların (off-road) yakıt tüketimlerine bağlı oluşan emisyonlar kategori 1.2'de değerlendirilmiştir. Araçların yakıt tüketim miktarlarına ait faaliyet verileri Çizelge 4.7'de sunulmuştur. Hareketli yakma kaynaklarına bağlı emisyon hesaplamalarında (3.3) bağıntısı kullanılmıştır.

Çizelge 4.7. Hareketli yakma kaynakları faaliyet verileri

Emisyon Kaynağı	Yakıt	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
		Tüketim (L)		
On-road	Benzin	2.264,63	7.048,50	10.225,18
On-road	Motorin	94,00	2.821,71	5.573,56
Off-road	Benzin	18.500,00	1.733,17	-
Off-road	Motorin	32.623,79	0,89	-

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen hareketli yakma kaynaklarına ait toplam emisyon değerleri Çizelge 4.8’de geceleme başı emisyon değerleri Çizelge 4.9’da sunulmuştur. Tesis 1’in hareketli yakma kaynaklı emisyon değeri Tesis 2 için hesaplanan değerin 4,6 katı, Tesis 3 için hesaplanan değerin ise 3,7 katıdır. Tesis 1’in özellikle yeşil alan bakım faaliyetlerinde kullanılan off-road araçlar için hesaplanan emisyon değeri hareketli yakma kaynaklı emisyonların % 96,1’ini oluşturmaktadır. Tesis 2’de ise bu değer hareketli yakma kaynaklı emisyonların % 22,9’unu oluşturmaktadır. Tesis 3 için off-road araç verilerine ulaşılamadığından hesaplama yapılamamıştır. Tesislerin yeşil alan büyüklükleri kıyaslandığında Tesis 1’in yeşil alanı Tesis 2’nin 9,8 katı, Tesis 3’ün 11 katıdır. Yeşil alan büyüklüğünün artması ile yeşil alan bakım faaliyetlerine bağlı emisyon değerlerinin de arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.8. Hareketli yakma kaynakları emisyon değerleri

Emisyon Kaynağı	Yakıt	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
		CO ₂ e		
		ton		
On-road	Benzin	5,41	16,85	24,44
On-road	Motorin	0,25	7,60	15,02
Off-road	Benzin	44,16	4,14	-
Off-road	Motorin	95,79	3,14	-
Kategori 1.2 Toplam		145,61	31,73	39,46

Çizelge 4.9. Hareketli yakma kaynakları geceleme başı emisyon değerleri

Emisyon kaynağı	Yakıt	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
		CO ₂ e		
		kg/geceleme		
On-road	Benzin	0,019	0,038	0,104
On-road	Motorin	0,001	0,017	0,064
Off-road	Benzin	0,157	0,009	-
Off-road	Motorin	0,341	0,007	-
Kategori 1.2 Toplam		0,518	0,072	0,168

4.1.1.3. Kategori 1.4: Antropojenik sistemlerde sızıntı/kaçak kaynaklı emisyonlar

Tesislerde bulunan soğutma, yangın söndürme sistemleri, trafolardaki kesiciler ve gübre kullanımına bağlı olarak sızıntı ve kaçak hesaplamaları (3.4) bağıntısına göre gerçekleştirilmiştir. Her bir emisyon kaynağına ait sızıntı ve kaçak envanter analizi gerçekleştirilmiş olup, faaliyet verileri Çizelge 4.10’da sunulmuştur.

Çizelge 4.10. Sızıntı kaçak kaynaklarına ait faaliyet verileri

Emisyon Kaynağı	Sızıntı/Kaçak	Sera Gazı	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
			ton		
Trafolardaki kesiciler	Sızıntı	SF ₆	0,0124	0,0017	0,0005
	Sızıntı	HFC	0,9542	1,4610	2,3438
Soğutma sistemleri	Sızıntı	Isobutan	0,0001	0,0048	18,2780
	Sızıntı	Propane	-	0,0022	-
	Kaçak	HFC	0,4821	0,5804	0,0136
	Sızıntı	CO ₂	0,7850	1,1050	0,6900
Yangın tüpleri	Sızıntı	HFC	0,0120	0,0060	0,0160
	Kaçak	CO ₂	0,0450	0,5850	0,1200
	Kaçak	HFC	-	0,0060	-
Yangın söndürme sistemi	Sızıntı	HFC	0,5905	0,0940	0,0516
Azotlu gübre kullanımı		N ₂ O	0,9142	0,8564	0,0537
Üreli gübre kullanımı		CO ₂	0,6800	1,5000	0,1000

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen toplam emisyon değerleri Çizelge 4.11’de geceleme başı emisyon değerleri Çizelge 4.12’de sunulmuştur. Sızıntı kaçak kaynaklı emisyonlar değerlendirildiğinde Tesis 1 ve Tesis 2’de % 97,1, Tesis 3’te ise % 95,4 ile soğutma sistemlerinden kaynaklı sızıntı ve kaçak emisyonlarının en yüksek paya sahip olduğu görülmektedir. Bunu Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için sırasıyla % 2,3, % 2,6 ve % 4,3 ile yangın tüpleri ve yangın söndürme sistemlerinden kaynaklı emisyonlar takip etmektedir.

Çizelge 4.11. Sızıntı ve kaçak kaynaklı emisyonlar

Emisyon Kaynağı	Sızıntı/ Kaçak	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
		CO ₂ e ton		
Trafolardaki kesiciler	Sızıntı	8,13	1,12	0,30
Soğutma sistemleri	Sızıntı	53,64	84,56	184,27
	Kaçak	1.913,20	2.189,60	25,33
Yangın tüpleri	Sızıntı	4,20	1,43	5,59
	Kaçak	0,05	52,73	0,12
Yangın söndürme sistemi	Sızıntı	42,52	6,77	3,72
Azotlu gübre kullanımı		3,92	3,67	0,23
Üreli gübre kullanımı		0,50	1,10	0,07
Kategori 1.4 Toplam		2.026,16	2.340,97	219,63

Çizelge 4.12. Sızıntı ve kaçak kaynaklı geceleme başı emisyonlar

Emisyon Kaynağı	Sızıntı/ Kaçak	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
		CO ₂ e		
		kg geceleme		
Trafolardaki kesiciler	Sızıntı	0,0289	0,0025	0,0013
Soğutma sistemleri	Sızıntı	0,1908	0,1910	0,7829
	Kaçak	6,8043	4,9470	0,1076
Yangın tüpleri	Sızıntı	0,0149	0,0032	0,0237
	Kaçak	0,0002	0,1191	0,0005
Yangın söndürme sistemi	Sızıntı	0,1512	0,0153	0,0158
Azotlu gübre kullanımı		0,0139	0,0083	0,0010
Üreli gübre kullanımı		0,0018	0,0025	0,0003
Kategori 1.4 Toplam		7,2060	5,2890	0,9332

4.1.2. Kategori 2: İthal edilen enerji kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları**4.1.2.1. Kategori 2.1: Kuruluş tarafından ithal edilen elektriğin dolaylı sera gazı emisyonları**

Tesislerin elektrik kullanıma bağlı emisyon hesabı (3.6) bağıntısı kullanılarak yapılmıştır. Tesislerin elektrik kullanımına ait faaliyet verileri Çizelge 4.13'te sunulmuştur. Faaliyet verilerine ve TEİAŞ Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistiklerinden temin edilen emisyon faktörlerine göre yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen toplam emisyon değerleri Çizelge 4.14'te, geceleme başı emisyon değerleri Çizelge 4.15'te sunulmuştur.

Çizelge 4.13. Elektrik tüketimi faaliyet verileri

Emisyon Kaynağı	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
	kWh		
Elektrik Tüketimi	10.403.800,72	6.329.487,85	8.594.276,04

Çizelge 4.14. Elektrik tüketimine bağlı emisyonlar

Emisyon Kaynağı	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
	CO ₂ e		
	ton		
Elektrik Tüketimi	4.567,27	2.778,65	3.772,89

Çizelge 4.15. Elektrik tüketimine bağlı geceleme başı emisyonlar

	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
Emisyon Kaynağı	CO ₂ e		
	kg/geceleme		
Elektrik Tüketimi	16,24	6,28	16,03

4.1.3. Kategori 3: Ulaşım kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları**4.1.3.1. Kategori 3.1: Ürünlerin (kuruluşa gelen) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar**

Ürünlerin tesislere taşınmasından kaynaklı emisyon hesaplamaları için Tesis 1 ve Tesis 2'den veri temin edilebilmiştir. Tesis 3'ten veri temin edilememiştir. Tesis 1 için taşımada kullanılan araçların tipleri, tesise geliş mesafeleri ve sefer sayıları temin edilebilmiş olup, bu değerlerin çarpımından elde edilen faaliyet verileri Çizelge 4.16'da verilmiştir. Tesis 2 için ise ağırlık verisine ulaşılabilen ürünler için tesise geliş mesafesi ile ağırlık verisinin çarpımı, ağırlık verisine ulaşılabilen ürünler için ise tedarikçi sefer sayısı ve tesise olan taşıma mesafesi çarpımı hesaplamalarda kullanılmış olup veriler Çizelge 4.16'da sunulmuştur.

Çizelge 4.16. Ürünlerin tesise taşınmasından kaynaklı emisyonlar

Tesis	Araç Tipi	Faaliyet Verisi	
		Değer	Birim
Tesis 1	Mafsallı (3,5 - 33 ton) (ortalama)	30,00	km
	Van (>3,5 ton) (motorin)	157.933,10	km
	Van (1,305-1,74 ton motorin)	15.550,80	km
	Van (1,305-1,74 ton benzin)	32,00	km
	Mafsalsız (3,5-7,5 ton) (ortalama)	101.473,40	km
Tesis 2	Van (>3,5 ton) (yakıt bilinmiyor)	174.573,60	km
	Van (>3,5 ton) (yakıt bilinmiyor)	287.088,27	ton.km

Tesis 1 için yapılan hesaplamalar (3.7) bağıntısı kullanılarak ve Tesis 2 için yapılan hesaplamalar (3.7) ve (3.8) bağıntıları kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, ürünlerin tesise taşınmasından kaynaklı emisyon değerleri Çizelge 4.17'de sunulmuştur. Kategori 3.1 altında değerlendirilen ürünlerin tesise taşınmasından kaynaklı emisyon değeri Tesis 1 için 88,54 ton, Tesis 2 için 205,33 ton olarak hesaplanmıştır. Emisyon değerleri ürün çeşitliliğine, alım miktarına, tedarikçi firmanın tesise olan mesafesine göre farklılık göstermekle birlikte, temin edilen verilerin tamlığı da hesaplamalarda oldukça farklılıklar oluşmasına sebep olabilmektedir.

Çizelge 4.17. Ürünlerin tesise taşınmasından kaynaklı emisyonlar

Emisyon Kaynağı	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 1	Tesis 2
	CO ₂ e			
	ton		kg/geceleme	
Ürünlerin Tesise Taşınması	88,54	205,33	0,31	0,46

4.1.3.2. Kategori 3.3: Personelin işe gidiş gelişleri kaynaklı emisyonlar

Tesislerde çalışan personelin taşımacılığı anlaşmalı olunan taşıma firmaları tarafından yapılmaktadır. Tesisler anlaşmalı oldukları taşımacılık firmalarından tüketilen yakıt miktarı, tipi ve mesafe bilgilerini talep etmişlerdir. Tesis 1 ve Tesis 2 toplam yakıt miktarı verisini, Tesis 3 toplam mesafe verisini faaliyet verisi olarak iletmıştır. Faaliyet verileri Çizelge 4.18’de sunulmuştur.

Çizelge 4.18. Personel ulaşımı faaliyet verileri

Emisyon Kaynağı	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
	Motorin		Mesafe
	L		km
Servis araçları	404.027,7	424.860,0	613.200,0

Yakıt tüketimine bağlı emisyon hesaplamaları (3.9) bağıntısı kullanılarak, mesafe verisine bağlı emisyon hesabı (3.10) bağıntısı kullanılarak yapılmıştır. Personelin işe geliş gidişinden kaynaklı emisyon değerleri Çizelge 4.19’da sunulmuştur.

Çizelge 4.19. Personel ulaşımından kaynaklı emisyonlar

Emisyon Kaynağı	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
	CO ₂ e					
	ton			kg/geceleme		
Servis araçları	1.088,69	1.144,83	104,14	3,9	2,6	0,4

4.1.3.3. Kategori 3.4: Müşteri ve ziyaretçi ulaşımı kaynaklı emisyonlar

Müşteri ve ziyaretçilerin tesise geliş gidişinden kaynaklı emisyon hesabı için faaliyet verileri sadece Tesis 2’den temin edebilmiştir. Müşterilerin ulaşımı ile ilgili transfer firmasından yakıt tipi ve tüketim verileri temin edilmiştir. Tesisin aldığı danışmanlık hizmetleri ile ilgili yakıt tipi ve tüketim verileri danışman firmalardan temin edilmiş ve hesaplamalarda kullanılmıştır. Müşteri ve ziyaretçilerin emisyon hesabı yakıt tipi ve tüketim verileri temin edildiğinden (3.12) bağıntısı kullanılarak yapılmıştır. Faaliyet verileri Çizelge 4.20’de, hesaplanan emisyon değerleri Çizelge 4.21’de sunulmuştur.

Çizelge 4.20. Müşteri ve ziyaretçilerin ulaşımına ait faaliyet verileri

Emisyon Kaynağı	Yakıt	Tesis 2
		Faaliyet Verisi
		L
Danışmanlık hizmetleri ulaşım	Benzin	1.190,16
Danışmanlık hizmetleri ulaşım	Motorin	184.089,36
Müşterilerin transfer araçları ile ulaşımı	Motorin	4.741,00

Çizelge 4.21. Müşteri ve ziyaretçilerin ulaşımı kaynaklı emisyonlar

Emisyon Kaynağı	Tesis 2	
	CO ₂ e	
	ton	kg/geceleme
Danışmanlık hizmetleri ulaşım	2,8	0,006
Danışmanlık hizmetleri ulaşım	496,0	1,121
Müşterilerin transfer araçları ile ulaşımı	12,8	0,029
Toplam	511,7	1,156

4.1.3.4. Kategori 3.5: İş seyahatleri kaynaklı emisyonlar

Tesis çalışanlarının iş seyahatlerinden kaynaklı sera gazı emisyonlarını kapsamaktadır. Tesis 2 ve Tesis 3 iş seyahatleri gerçekleştirilmediğini belirtmişlerdir. İş seyahatlerinden kaynaklı emisyon hesabı için sadece Tesis 1'den veri temin edilebilmiştir. Çalışanların seyahatlerine ait ulaşım tipi ve gidiş geliş noktaları bilgileri temin edilerek envanter analizi gerçekleştirilmiştir. Kalkış ve varış noktaları arasındaki mesafeler belirlenmiştir. Daha sonra 3700 km altındaki mesafeler kısa mesafe uçuş, üzerindeki mesafeler uzun mesafe uçuş olarak sınıflandırılmıştır. Emisyon faktörleri kısa ve uzun uçuş için belirlenerek (3.13) bağıntısına göre hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Kısa ve uzun uçuş mesafeleri toplamı birbirine yakın olmasına rağmen uzun mesafe uçuş emisyon faktörünün daha yüksek olmasından dolayı uzun mesafe uçuşlardan kaynaklı emisyon salınımının daha yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. İş seyahatlerinden kaynaklı emisyonlar

Emisyon Kaynağı	Tesis 1		
	Mesafe	CO ₂ e	
	km	ton	kg/geceleme
Kısa mesafe uçuş	520.122,24	84,21	0,30
Uzun mesafe uçuş	534.346,64	123,15	0,44
Toplam	1.054.468,88	207,37	0,74

4.1.4. Kategori 4: Kullanılan ürün ve hizmet kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları

4.1.4.1. Kategori 4.1: Satın alınan ürünlerden kaynaklı emisyonlar

Satın alınan ürünlerin imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul vb. kaynaklı emisyonlardır. Tesisler tarafından satın alımı gerçekleştirilen ürünlerin tamamına ait kayıtlar talep edilmiştir. Tesis 1 ve Tesis 2’den satın alınan ürün çeşidi ve maliyet verilerini içeren envanter verileri temin edilebilmiştir. Turizm konaklama tesislerinde ürün yelpazesinin çok geniş olmasından dolayı ürün alım maliyetleri baz alınarak ve EPA emisyon faktörleri kullanılarak (3.14) bağıntısı ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Emisyon faktörleri USD maliyeti başına kg CO_{2e} olarak yayınlamaktadır. Buna göre hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda satın alınan ürünlerin imalatından kaynaklı emisyonlar Tesis 1 ve Tesis 2 için sırasıyla 11.178,09 ton CO_{2e} ve 9.078,74 ton CO_{2e} olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Satın alınan ürünlerden kaynaklı emisyonlar

Emisyon Kaynağı	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 1	Tesis 2
	CO _{2e}			
	ton		kg/geceleme	
Ürünlerin İmalatı	11.178,09	9.078,74	39,8	20,5

4.1.4.2. Kategori 4.2: Sermaye niteliğindeki varlıklardan kaynaklanan emisyonlar

Sermaye niteliğindeki varlıklardan (taşınır/taşınmaz) kaynaklanan emisyonlar ile ilgili tüm tesislerden veri talep edilmiş ancak sadece Tesis 1 ve Tesis 2’den envanter kayıtları temin edilebilmiştir. Hesaplamalar (3.15) bağıntısı kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, elde edilen emisyon değerleri Çizelge 4.24’te verilmiştir.

Çizelge 4.24. Sermaye niteliğindeki varlıklardan kaynaklanan emisyonlar

Emisyon Kaynağı	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 1	Tesis 2
	CO _{2e}			
	ton		kg/geceleme	
Sermaye Niteliğindeki Varlıklar	216,46	241,79	0,8	0,5

4.1.4.3. Kategori 4.3: Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar

Tesislerde oluşan atıklara ait envanter analizi için tesislerden atık beyanları ve su faturaları temin edilmiştir. Kullanılan suyun tamamının atıksuya dönüştüğü kabul edilmiştir. Atık oluşum miktarlarına ait faaliyet verileri dört ana başlık altında toplanarak Çizelge 4.25’te sunulmuştur.

Çizelge 4.25. Atık oluşum miktarlarına ait faaliyet verileri

Emisyon kaynağı	Birim	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
Tehlikeli atıklar		16.557	29.085	21.909
Ambalaj atıkları	kg	219.850	123.300	68.290
Karışık belediye atıkları		7.567.192	1.325.572	379.190
Atıksu	m ³	451.938	410.450	93.856

Atıkların bertarafından kaynaklı emisyon hesaplamaları (3.16) ve (3.17) bağıntıları ile yapılarak Çizelge 4.26’da sunulmuştur. Atıkların bertarafından kaynaklı emisyonların içerisinde atıksu kaynaklı emisyon değerleri Tesis 2 ve Tesis 3 için sırasıyla % 72,4 ve % 65,4 ile en büyük paya sahiptir. Tesis 1 için ise atıksu kaynaklı emisyon değeri atıkların bertarafından kaynaklı toplam emisyonların % 35,4’ünü oluşturmaktadır. Karışık belediye atıklarından kaynaklı emisyonlar Tesis 1 için toplamın % 62,6’sını oluştururken, Tesis 2 ve Tesis 3 için sırasıyla % 24,7 ve % 27,9’unu oluşturmaktadır.

Çizelge 4.26. Atıklarından bertarafından kaynaklı emisyonlar

Emisyon kaynağı	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
	CO ₂ e					
	ton			kg/geceleme		
Tehlikeli atıklar	0,35	0,62	0,47	0,001	0,001	0,002
Ambalaj atıkları	4,68	2,62	1,45	0,017	0,006	0,006
Karışık belediye atıkları	161,04	28,21	8,07	0,573	0,064	0,034
Atıksu	90,98	82,63	18,89	0,324	0,187	0,080
Kategori 4.3 Toplam	257,05	114,08	28,88	0,914	0,258	0,123

4.1.4.4. Kategori 4.4: Kiralanan ekipmanların kullanımı kaynaklı emisyonlar

Kuruluş tarafından kiralanen ekipmanların kullanımından kaynaklı ekipmanlar kategori 4.4 olarak değerlendirilmektedir. Tesislerin hepsinden veri talep edilmiş ancak sadece Tesis 1’den envanter kaydı temin edilebilmiştir. Bağıntı (3.18) ile yapılan hesaplamalar ile kiralanen ekipmanların kullanımı kaynaklı emisyon değeri Tesis 1 için 63,25 ton CO₂e olarak bulunmuştur.

4.1.4.5. Kategori 4.5: Hizmet alımları kaynaklı emisyonlar

Tesislerin danışmanlık, temizlik, bakım, kurye, bankacılık, taşeron vb. hizmet alımları kaynaklı emisyonlar bu kategoride değerlendirilmektedir. Tesis 1 ve Tesis 3 danışmanlık ve ilaçlama ile ilgili hizmet alımlarına ait maliyet verilerini envanter kaydı olarak iletmiştir. Tesis 2 ise taşeron firma işletmesinin yakıt tüketimlerini envanter verisi olarak iletmiştir. Hesaplamalar Tesis 1 ve Tesis 3 için (3.19) bağıntısı kullanılarak, Tesis 2 için (3.20) bağıntısı kullanılarak yapılmış olup, elde edilen emisyon değerleri Çizelge 4.27’de sunulmuştur.

Çizelge 4.27. Hizmet alımları kaynaklı emisyonlar

Emisyon kaynağı	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
	CO ₂ e					
	ton			kg/geceleme		
Hizmet alımları	303,65	3,53204	0,40728	1,080	0,008	0,002

4.1.5. Kategori 6: Diğer kaynaklardan ortaya çıkan dolaylı sera gazı emisyonları

Tesis sınırlarında tüketilen elektriğin iletim ve dağıtım kayıplarından kaynaklı emisyonlar Kategori 6 başlığı altında değerlendirilmiş olup, tesislerin elektrik tüketim verileri ve iletim dağıtım kaybına ait emisyon faktörleri kullanılarak (3.21) bağıntısı ile yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen emisyon değerleri Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Diğer kaynaklardan ortaya çıkan dolaylı sera gazı emisyonları

Emisyon Kaynağı	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
	CO ₂ e					
	ton			kg/geceleme		
Elektrik İletim Dağıtım Kaybı	416,15	253,18	343,77	1,48	0,57	1,46

4.1.6. Toplam karbon ayak izi

Turizm konaklama tesislerinde kategorilere göre hesaplanan toplam karbon ayak izi değerleri Çizelge 4.29’da, geceleme başı toplam karbon ayak izi değerleri Çizelge 4.30’da verilmiştir. Doğrudan emisyon kaynaklarını gösteren Kategori 1 ve enerji dolaylı emisyon kaynaklarını gösteren Kategori 2 için tüm tesislerden veri temin edilmiştir. Ancak diğer dolaylı emisyon kaynaklarının yer aldığı kategorilerin tamamı için tüm tesislerden veri temin edilememiştir.

Tüm tesislerden Kategori 1.1, Kategori 1.2, Kategori 1.4, Kategori 2.1, Kategori 3.3, Kategori 4.3 ve Kategori 6 için envanter temin edilebilmiştir. Bu kategorilerin toplamı Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için sırasıyla 62,21 kg CO₂e/geceleme, 26,98 kg CO₂e/geceleme ve 23,14 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.31). Tesis 2 ve Tesis 3 için hesaplanan geceleme başı karbon ayak izi değerleri birbirine yakın olsa da Tesis 1 için hesaplanan değer bu iki tesise nazaran oldukça yüksektir. Eş kategorilere ait hesaplanan karbon ayak izi değerlerinin tesislere göre değişimi Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.29. Tesislere ait karbon ayak izi değerleri

	Kategori	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
		CO ₂ e		
		ton		
1.1	Sabit yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar	9.835,9	5.280,4	938,4
1.2	Hareketli yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar	145,6	31,7	39,5
1.4	Antropojenik sistemlerdeki sera gazlarının sızması/kaçak oluşumu kaynaklı doğrudan emisyonlar	2.026,2	2.341,0	219,6
2.1	İthal edilen elektrikten kaynaklanan dolaylı emisyonlar	4.567,3	2.778,6	3.772,9
3.1	Ürün (kuruluşa gelen) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.	88,5	205,3	-
3.3	Personelin işe gidiş gelişleri kaynaklı emisyonlar	1.088,7	1.144,8	104,1
3.4	Müşteriler ve ziyaretçilerin ulaşımı kaynaklı emisyonlar	-	511,7	-
3.5	İş seyahatleri kaynaklı emisyonlar	207,4	-	-
4.1	Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul vb. kaynaklı emisyonlar	11.178,1	9.078,7	-
4.2	Sermaye niteliğindeki varlıklardan kaynaklanan emisyonlar	216,5	241,8	-
4.3	Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar	257,1	114,1	28,9
4.4	Kiralanın ekipmanların (kuruluş tarafından) kullanımı kaynaklı emisyonlar	63,3	-	-
4.5	Danışmanlık, temizlik, bakım, kurye, bankacılık vb. hizmet alımları kaynaklı emisyonlar	303,6	3,5	0,4
6	Diğer kaynaklardan ortaya çıkan dolaylı sera gazı emisyonları	416,2	253,2	343,8
Toplam		30.394,2	21.984,9	5.447,5

Çizelge 4.30. Tesislere ait geceleme başı karbon ayak izi değerleri

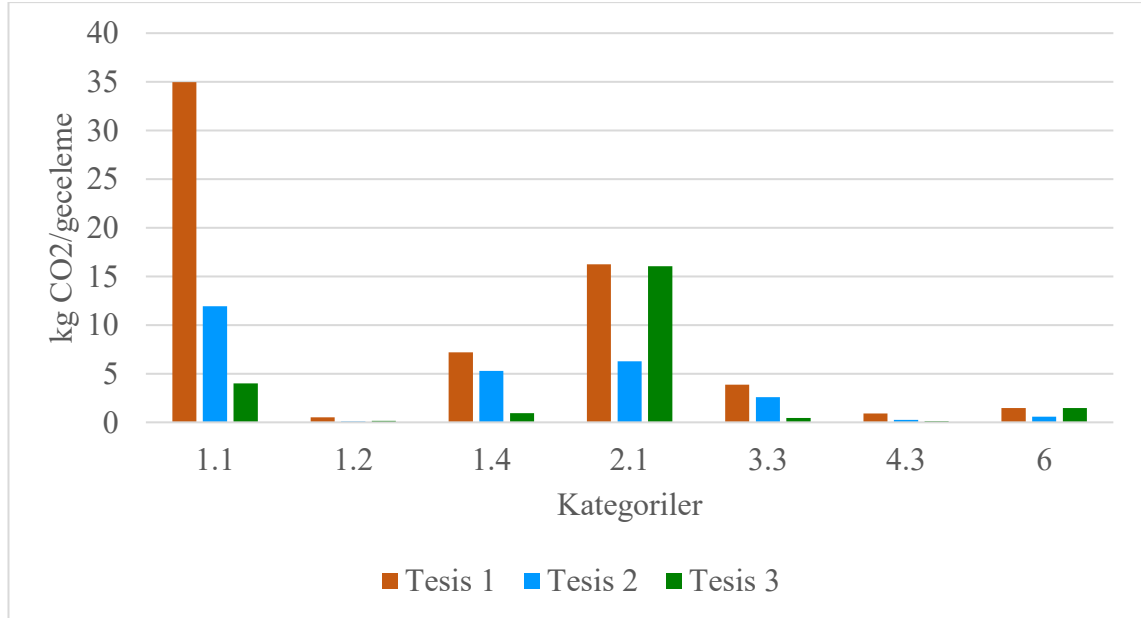
	Kategori	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
		CO ₂ e		
		kg/geceleme		
1.1	Sabit yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar	34,98	11,93	3,99
1.2	Hareketli yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar	0,52	0,07	0,17
1.4	Antropojenik sistemlerdeki sera gazlarının sızması/kaçak oluşumu kaynaklı doğrudan emisyonlar	7,21	5,29	0,93
2.1	İthal edilen elektrikten kaynaklanan dolaylı emisyonlar	16,24	6,28	16,03
3.1	Ürün (kuruluşa gelen) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.	0,31	0,46	-
3.3	Personelin işe gidiş gelişleri kaynaklı emisyonlar	3,87	2,59	0,44
3.4	Müşteriler ve ziyaretçilerin ulaşımı kaynaklı emisyonlar	-	1,16	-
3.5	İş seyahatleri kaynaklı emisyonlar	0,74	-	-
4.1	Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul vb. kaynaklı emisyonlar	39,75	20,51	-
4.2	Sermaye niteliğindeki varlıklardan kaynaklanan emisyonlar	0,77	0,55	-
4.3	Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar	0,91	0,26	0,12
4.4	Kiralanın ekipmanların (kuruluş tarafından) kullanımı kaynaklı emisyonlar	0,22	-	-
4.5	Danışmanlık, temizlik, bakım, kurye, bankacılık vb. hizmet alımları kaynaklı emisyonlar	1,08	0,01	0,00
6	Diğer kaynaklardan ortaya çıkan dolaylı sera gazı emisyonları	1,48	0,57	1,46
	Toplam	108,10	49,67	23,15

Eş kategorilerin dağılımı her bir tesis için Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir. Elektrik tüketiminden kaynaklı emisyonların geceleme başı değerleri incelendiğinde Tesis 1 ve Tesis 3'ün 16,24 kg CO₂e/geceleme ve 16,03 CO₂e/geceleme ile çok benzerlik gösterdiği görülmektedir (Çizelge 4.31). Elektrik temininden kaynaklı emisyonları gösteren Kategori 1.2 ve elektrik iletim dağıtım kayıplarına bağlı emisyonları gösteren Kategori 6'nın toplamdaki dağılımları incelendiğinde, bu iki kategorinin toplamı Tesis 1'de % 27,2, Tesis 2'de % 25,4 ile benzerlik gösterirken Tesis 3'te bu oran % 75,6 olarak hesaplanmıştır. Tesis 3'ün ana emisyon kaynağının elektrik kullanımına bağlı

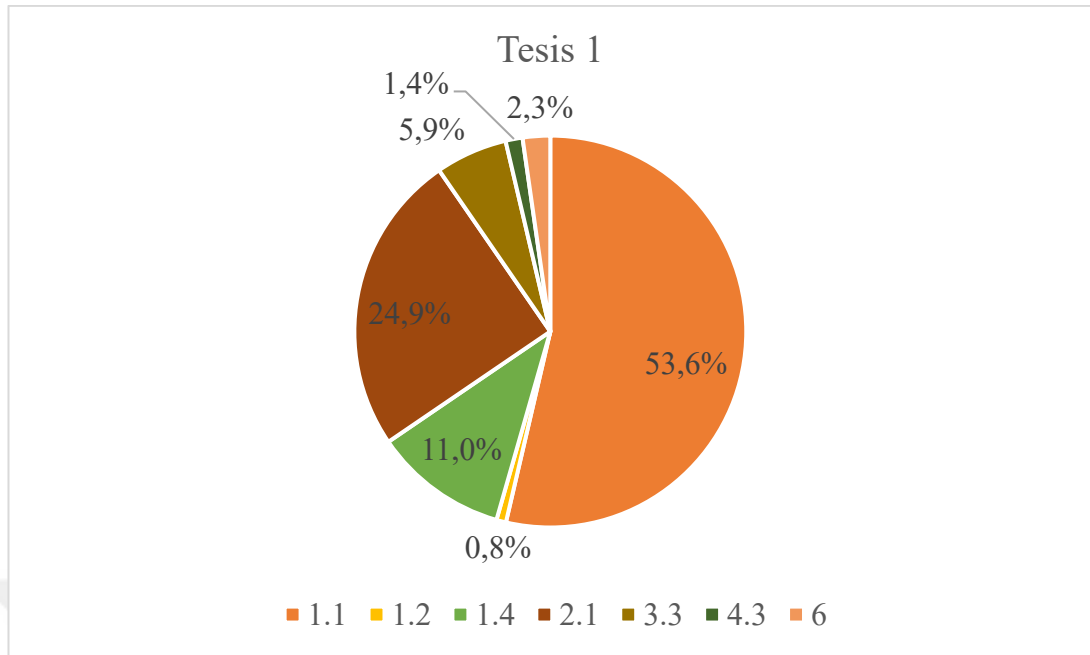
olduğunu göstermektedir. Her ne kadar geceleme başı elektrik tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi değerleri Tesis 1 ve Tesis 3 için benzerlik gösterse de toplamdaki payları oldukça farklıdır. Tesis 1 ve Tesis 2’de ise ana emisyon kaynağının % 53,6 ve % 44,2 ile sabit yakma kaynaklı emisyonlar olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.31. Eş kategorilerin envanterine ait emisyonlar

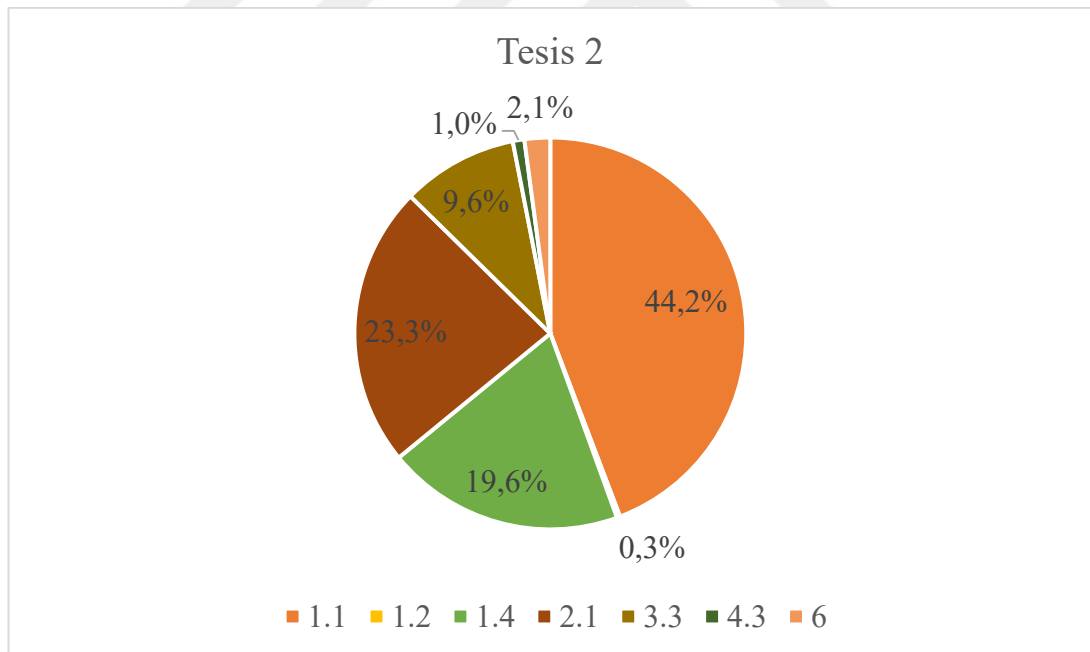
Kategori	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3
	CO ₂ e		
	kg/geceleme		
1.1 Sabit yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar	34,98	11,93	3,99
1.2 Hareketli yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar	0,52	0,07	0,17
1.4 Antropojenik sistemlerdeki sera gazlarının sızması/kaçak oluşumu kaynaklı doğrudan emisyonlar	7,21	5,29	0,93
2.1 İthal edilen elektrikten kaynaklanan dolaylı emisyonlar	16,24	6,28	16,03
3.3 Personelin işe gidiş gelişleri kaynaklı emisyonlar	3,87	2,59	0,44
4.3 Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar	0,91	0,26	0,12
6 Diğer kaynaklardan ortaya çıkan dolaylı sera gazı emisyonları	1,48	0,57	1,46
Toplam	65,21	26,98	23,14



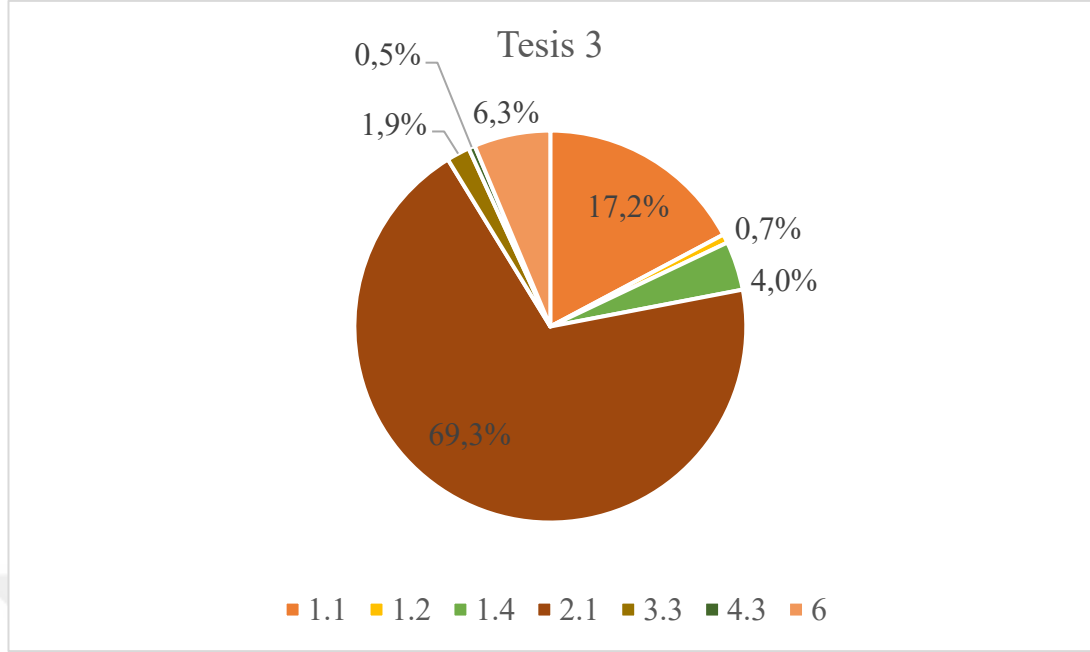
Şekil 4.1. Eş kategorilere ait karbon ayak izi değerlerinin tesislere göre değişimi



Şekil 4.2. Eş kategorilerin envanterine ait emisyonların dağılımı (Tesis 1)



Şekil 4.3. Eş kategorilerin envanterine ait emisyonların dağılımı (Tesis 2)



Şekil 4.4. Eş kategorilerin envanterine ait emisyonların dağılımı (Tesis 3)

Hu vd. (2015) tarafından Tayvan’da 5 yıldızlı bir otelde yapılan çalışmada elektrik tüketiminden kaynaklı emisyon miktarı 149,5 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada elektrik tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi değerleri Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için sırasıyla 16,24 CO₂e/geceleme, 6,28 CO₂e/geceleme ve 16,03 CO₂e/geceleme olarak hesaplanmıştır. Hu vd. (2015)’nin çalışmasında elde ettiği değer bu çalışmada Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için elde edilen değerlerin sırasıyla 9,2, 23,8 ve 9,3 katıdır. Hu vd. (2015) çalışmalarında doğalgaz tüketiminden kaynaklı emisyon değerini 0,55 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada ise Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için sırasıyla 38,81 kg CO₂e/geceleme, 11,86 kg CO₂e/geceleme ve 3,99 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplanmış olup, yine sırasıyla Hu vd. (2015)’nin çalışmalarında bulunduğu değerin 63,3, 21,6 ve 7,5 katıdır. Elektrik ve doğalgaz tüketiminde ters ilişki olduğu görülmektedir. Ancak toplam olarak değerlendirildiğinde dahi Hu vd. (2015) çalışmasında elde ettiği değer bu çalışmada elde edilen değerlerin çok üzerinde kalmaktadır. Aradaki bu büyük farklılık kullanılan emisyon faktöründen kaynaklı olabilir. Bölgesel olarak iklim koşullarındaki farklılık da elektrik tüketimini çok ciddi ölçüde etkilemektedir. Aynı zamanda bu durum tesislerin yapısal ve operasyonel farklılıklarından kaynaklı olabilir.

Hu vd. (2015) çalışmasında soğutucu gazlardan kaynaklı emisyon değeri 3,87 kg CO₂e/geceleme, bu çalışmada Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için bu değer sırasıyla 7 kg CO₂e/geceleme, 5,1 kg CO₂e/geceleme ve 0,9 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplanmıştır. Kullanılan ekipman ve gaz tipine göre bu değerlerde farklılık oluşması olağandır. Hu vd. (2015) çalışmasında atıksu kaynaklı emisyon 0,64 kg CO₂e/geceleme, bu çalışmada Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için sırasıyla bu değer 0,32 kg CO₂e/geceleme, 0,19 kg CO₂e/geceleme ve 0,08 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplanmış olup, çok daha düşüktür. Atıkların bertarafından kaynaklı emisyon değerleri Hu vd. (2015)’nin çalışmasında 0,04 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplanırken bu çalışmada Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için

sırasıyla 0,59 kg CO₂e/geceleme, 0,07 kg CO₂e/geceleme ve 0,04 kg CO₂e/geceleme bulunmuş olup, Tesis 3'ün değeri Hu vd. (2015)'nin çalışmasındaki değerle aynıdır.

Satın alınan ürünlerin imalatı ile ilgili emisyon değeri Hu vd. (2015)'nin çalışmasında 7,53 kg CO₂e/geceleme hesaplanırken bu çalışmada Tesis 1 için 39,5 kg CO₂e/geceleme Tesis 2 için ise 20,35 kg CO₂e/geceleme olarak bulunmuştur. Bu ürünlerin taşınmasından kaynaklı karbon ayak izi değeri Hu vd. (2015)'nin çalışmasında 0,41 kg CO₂e/geceleme olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada Tesis 1 için bulunan 0,32 5 kg CO₂e/geceleme ve Tesis 2 için bulunan 0,46 5 kg CO₂e/geceleme değerleri Hu vd. (2015)'nin çalışması ile benzerlik göstermektedir. Sonuç olarak Hu vd. (2015)'nin çalışmasında toplam karbon ayak izi değeri 178,42 kg CO₂e/geceleme hesaplanmış olup, bu çalışmada Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için sırasıyla 108,09 kg CO₂e/geceleme, 49,67 kg CO₂e/geceleme, 23,15 kg CO₂e/geceleme bulunmuştur. Bu çalışmada Hu vd. (2015)'nin çalışmasından farklı olarak, başka kategorilerde hesaplama yapılmış olmasına rağmen, karbon ayak izi değerleri daha düşük bulunmuştur. Bu farkın en önemli sebebi elektrik ve doğalgaz kullanımından kaynaklı değerlerdeki büyük farklılıktır. Özellikle Hu vd. (2015)'nin çalışmasında elektrik tüketimi toplam karbon ayak izi değerinin % 84 ile oldukça yüksek bir paya sahiptir.

Michailidou vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada Yunanistan'da 5 yıldızlı bir otel için karbon ayak izi değeri ziyaretçilerin tesise ulaşımı dahil 90,4 CO₂e/geceleme, ulaşım hariç 27 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada sadece Tesis 2 için ziyaretçilerin transfer araçlarına ilişkin verilere ulaşılmış ve hesaplamalara dahil edilmiştir. Ancak ziyaretçilerin geldikleri, şehir ya da ülkelere ait envanter temin edilemediğinden ulaşım kaynaklı emisyonun en büyük payına sahip kısım hesaplanamamıştır. Bu sebeple bu çalışmada elde edilen değerler Michailidou vd. (2016)'nin çalışmasında ulaşım hariç hesaplanan değer ile karşılaştırıldığında Tesis 3'ün toplam karbon ayak izi değeri 23,15 kg CO₂e/geceleme ile Michailidou vd. (2016)'nin çalışmasında elde ettiği değer ile benzerlik göstermektedir. Tesis 1'in karbon ayak izi değeri ise bunun 4 katı, Tesis 2 ise 2,8 katıdır.

Puig vd. (2017) tarafından İspanya'da yapılan çalışmada 5 yıldızlı bir tesis enerji, atık üretimi ve temizlik ürünlerine bağlı karbon ayak izi değeri 22 kg CO₂e/geceleme olarak bulunmuştur. Bu çalışmada yakıt (motorin, benzin), doğalgaz, elektrik kullanımı ve atık bertarafına bağlı karbon ayak izi değerleri Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için sırasıyla 54,1 kg CO₂e/geceleme, 19,1 kg CO₂e/geceleme ve 21,8 kg CO₂e/geceleme olarak bulunmuş olup, Tesis 2 ve Tesis 3 Puig vd. (2017)'nin çalışmasındaki değer ile benzerlik göstermekte iken, Tesis 1 2,5 katı değere sahiptir.

Rico vd. (2019) tarafından İspanya, Barselona'da anket ve resmi raporlara dayalı olarak temin edilen veriler ile bir günlük konaklama yapan turist için ortalama karbon ayak izi değeri 111,64 kg CO₂e/gün olarak hesaplanmıştır. Bu da, bu çalışmada Tesis 1 için elde edilen 108,09 kg CO₂e/geceleme değeri ile benzerlik göstermektedir. Rico vd. (2019)'ün elde ettiği değer Tesis 2 ve Tesis 3 için sırasıyla, 9,3 ve 4,3 katıdır.

Perez vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada 5 yıldızlı otel için elektrik ve fosil yakıt kullanımına bağlı olarak karbon ayak izi değeri Kanarya Adaları'nda 38,3 kg CO₂/geceleme olarak, İspanya ana karasında 20,5 kg CO₂/geceleme olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada elektrik ve yakıtların kullanımından kaynaklı emisyonlar

Tesis 1 için 53,2 kg CO₂e/geceleme, Tesis 2 için 18,9 kg CO₂e/geceleme ve Tesis 3 için 21,7 kg CO₂e/geceleme olarak bulunmuştur. Tesis 2 ve Tesis 3 İspanya anakarası için elde edilen değerler benzerlik gösterirken, Tesis 1 Kanarya Adaları için elde edilen değerinde bir değere sahiptir.

Filimonau vd. (2021) tarafından yapılan Peru ve Brezilya'da yapılan çalışmada atık oluşumu, kullanılan temizlik malzemeleri, su ve enerji tüketimleri, tesis yapım aşamasında kullanılan malzemelere bağlı karbon ayak izi değeri 5 yıldızlı oteller için 23,7 kg CO₂e/geceleme hesaplanmıştır. Gıda tedarik süreci, personel ve müşteri ulaşımına ait veriler temin edilemediğinden hesaplamalara dahil edilmediği belirtilmiştir. Bu çalışmada yakıt (motorin, benzin), doğalgaz, elektrik kullanımı ve atık bertarafına bağlı karbon ayak izi değerleri Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için sırasıyla 54,1 kg CO₂e/geceleme, 19,1 kg CO₂e/geceleme ve 21,8 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplanmıştır. Tesis 2 ve Tesis 3 Filimonau vd. (2021)'nin çalışmasında elde edilen değerler ile benzerlik gösterirken Tesis 1 çok daha yüksek bir değere sahiptir.

Literatürde bulunan ve yukarıda özetlenen çalışmalarda elde edilen sonuçlar bu çalışmada hesaplanan ilgili kategorilerle karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. Karbon ayak izi değerlerinin literatür çalışmaları ile karşılaştırılması

Literatür			Bu çalışma				
Yazar	Bölge	Kategori	Değer	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3	Kategori
			kg CO ₂ e/geceleme				
Rico vd. (2019)	İspanya/ Barselona	Konaklamalı Günübirlikçi	111,6 43,0	108,1	49,7	23,2	Toplam
Hu vd. (2015)	Tayvan	Elektrik Doğalgaz Soğutucu gazlar Atık, Ürün	162,5	98,8	44,3	21,0	Aynı kategoriler
Michailidou vd. (2016)	Yunanistan	Konaklama	27,0	65,2	27,0	23,1	Eş kategoriler toplamı
Perez vd. (2019)	İspanya/ Anakara Kanarya Adaları	Enerji	20,5 38,3	53,2	18,9	21,7	Enerji
Puig vd. (2017)	İspanya	Enerji Atık Temizlik ürünleri	22,0	54,1	19,1	21,8	Enerji Atık
Filimonau vd. (2021)	Peru ve Brezilya	Su, Enerji Temizlik ürünleri Yapım aşaması	23,7				

5 yıldızlı oteller için karbon ayak izi değeri İspanya Mallorca'da Puig vd. (2017) tarafından 22 kg CO₂e/geceleme, Perez vd. (2019) İspanya geneli için 20,5 kg CO₂e/geceleme, Kanarya adaları için 38,3 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplamışlardır. Rico vd. (2019) tesis tipinden bağımsız olarak Barselona'da geceleme başı karbon ayak

izi değerini 111,64 kg CO₂e/gün, gününbirlikçiler için ise 43,04 kg CO₂e/gün olarak hesaplamıştır. Aynı ülkede farklı bölgelerde farklı karbon ayak izi değerleri hesaplanmaktadır. Bu da hem hesaplama dahil edilen envanter, hem iklim koşulları hem de tesislerin yapısal ve operasyonel farklılıklarından kaynaklanabilmektedir.

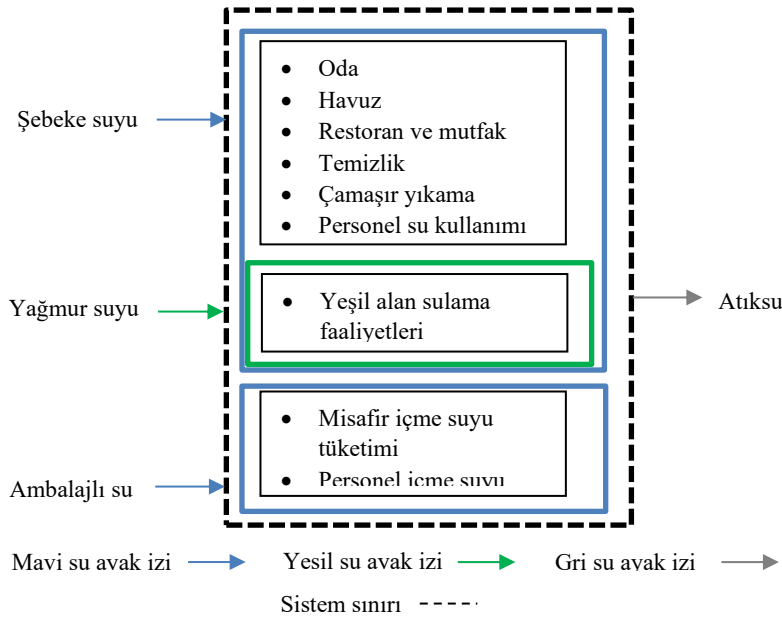
4.2. Su Ayak İzinin Hesaplanması

Karbon ayak izi hesaplaması yapılan 3 tesisten de veri talep edilmiş olup, veri temin edilen Tesis 1 ve Tesis 3 olarak adlandırılan turizm konaklama tesislerinin ISO 14046 standardına uygun olarak su ayak izi hesaplanmıştır. Tesis 2'den veri temin edilemediğinden su ayak izi hesaplaması yapılamamıştır. Tesis özellikleri Çizelge 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.33. Tesis özellikleri

Özellik	Tesis 1	Tesis 3
Yıldız	5 Yıldızlı Golf Oteli	5 Yıldızlı Şehir Oteli
Oda	553	471
Alan (ha)	110	10
Yeşil alan(ha)	78	3,5
Geceleme	281.176	235.355

Öncelikle tesis sınırlarında su ayak izi bileşenleri ve kapsamı açıklanmıştır. Mavi su ayak izi; işletmenin şebekeden ve ambalajlı olarak temin ettiği tatlı su kaynaklarını kapsamaktadır. Yeşil su ayak izi; yeşil alan ihtiyaç duyulan sulama suyunun yağmur suyundan karşılanan kısmını kapsamaktadır. Gri su ayak izi işletmede su tüketimi sonucu oluşan atıksuyun alıcı ortam standartlarına düşürülmesi için ihtiyaç duyulan seyrelme suyu miktarını kapsamaktadır. Sistem sınırını ve su ayak izi kaynaklarını gösteren temel akış Şekil 4.5'te sunulmuştur.



Şekil 4.5. Su ayak izi kaynakları

4.2.1. Mavi su ayak izi

Mavi su ayak izi tesis faaliyetleri sonucu tüketilen tatlı su kaynaklarının toplam hacmini ifade etmektedir. Tesislerde kullanılan tatlı su kaynakları şebekeden temin edilen su ve ambalajlı olarak temin edilen içme suyu olarak belirlenmiştir. Şebekeden temin edilen su tüketimi verileri su faturaları üzerinden kayıt altına alınmaktadır. Tesislerden su faturaları temin edilmiş ve tüketim verileri metreküp olarak kayıt altına alınmıştır. Şebekeden temin edilen su miktarları aylara göre Çizelge 4.34’te sunulmuştur.

Çizelge 4.34. Şebekeden temin edilen su miktarı

Ay	Tesis 1	Tesis 3
	Şebeke Suyu m ³	
Ocak	28.162	2.279
Şubat	30.701	4.222
Mart	32.653	6.066
Nisan	33.492	8.845
Mayıs	33.433	8.880
Haziran	37.285	9.942
Temmuz	50.394	9.338
Ağustos	45.553	10.783
Eylül	40.899	10.291
Ekim	41.906	8.627
Kasım	35.871	8.137
Aralık	39.723	6.446
Toplam	450.072	93.856

Tesislerde tüketilen içme suyu ambalajlı olarak temin edilmekte olup satın alınan ambalajlı su miktarlarına ait veriler tesislerden temin edilmiştir. Ambalaj hacimleri litre ve mililitre olarak farklılık göstermektedir. Aylık satın alım kayıtları hacim bilgisi ile birlikte adet olarak kayıt altına alınmaktadır. Hacim ve adet değerlerinin çarpılması ile metreküp dönüşümü yapılarak ambalajlı içme suyu tüketim verileri hesaplanmış olup Çizelge 4.35’te sunulmuştur.

Çizelge 4.35. Ambalajlı olarak temin edilen su miktarı

Tesis	Ambalajlı İçme Suyu m ³
Tesis 1	1.319,9
Tesis 3	595,4

Şebekeden temin edilen su ve ambalajlı olarak tüketilen içme suyu miktarları toplanarak yıllık mavi su ayak izi metreküp cinsinden hesaplanmıştır. Mavi su ayak izi hesaplaması (3.22) bağıntısına göre yapılarak elde edilen değerler Çizelge 4.36’da sunulmuştur.

Çizelge 4.36. Mavi su ayak izi değerleri

Kaynak	Tesis 1	Tesis 3	Tesis 1	Tesis 3	Tesis 1	Tesis 3
	Mavi Su Ayak İzi				Pay	
	m ³ /yıl		L/geceleme		%	
Şebeke Suyu	450.072	93.856	1.601	399	99,71	99,37
Ambalajlı İçme Suyu	1.320	595	5	3	0,29	0,63
Toplam	451.392	94.451	1.605	401	100,00	100,00

4.2.2. Yeşil su ayak izi

Yeşil su ayak izi üretim veya hizmette kullanılan suyun yağmurdan karşılanan kısmını ifade etmektedir. ISO 14046 standardına göre yeşil su ayak izi envanter çalışması yapılmıştır. Standartta göre tesis sınırları içerisinde yer alan yeşil alan belirlenerek yıllık ortalama yağış değeri ile çarpılması ile yeşil su ayak izi hesaplaması yapılmaktadır. Bu kapsamda tesis sınırları içerisinde yer alan yeşil alan büyüklükleri temin edilmiştir. Ortalama yağış değeri milimetre birimi ile ifade edilmektedir. Bu değer metreye çevrilerek toplam yeşil alan değeri ile çarpılarak yeşil su ayak izi hesaplanmıştır. Yeşil su ayak izi hesaplanması (3.23) bağıntısına göre yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen yeşil su ayak izi değerleri Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Yeşil su ayak izi değerleri

Tesis	Tesis 1	Tesis 3	Tesis 1	Tesis 3
	m ³ /yıl		L/geceleme	
Yeşil Su Ayak İzi	821.652	36.869	2.922,2	156,7

4.2.3. Gri su ayak izi

Tesislerde oluşan atıksular Antalya Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü (ASAT) Kanalizasyon şebekesine deşarj edilmektedir. 03.12.2014 tarih ve 26 sayılı Genel Kurul Kararı ile 24.12.2014 tarihinde yürürlüğe giren “Antalya Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği” gereği deşarj standartlarının uygunluğunun sağlanması ve takibinin yapılması amacıyla tesise ait Bağlantı Kalite Kontrol Ruhsatı (BKRR) bulunmaktadır. BKRR’de belirtilen ortalama atıksu debi değerleri hesaplamalarda kullanılmıştır. Ortalama atıksu debileri Tesis 1 için 1.313 m³/gün Tesis 3 için 387 m³/gün’dür.

ASAT Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği gereği kurum yetkilileri tarafından düzenli periyotlarda tesiste oluşan atıksuyun kanalizasyon şebekesi bağlantı noktasından numune alınarak ilgili mevzuatta yer alan kirletici parametrelerin analizi gerçekleştirilmekte ve raporlanmaktadır. ASAT Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği gereği belirlenen kirletici deşarj parametreleri maksimum konsantrasyon değerleri yasal limit değeri olarak hesaplamalarda kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan yasal limit konsantrasyon değerleri ASAT Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliğinden alınmış ve Çizelge 4.38’de sunulmuştur (ASAT 2014).

Çizelge 4.38. Parametrelere ait yasal limit konsantrasyon değerleri

Parametre	Yasal Limit Konsantrasyon Değeri
	mg/L
KOİ	1.500
AKM	500
Yağ-Gres	200
P (Toplam Fosfor)	10

Her iki tesis için yıl içerisinde iki defa numune alımı gerçekleştirilmiş ve raporlanmış olup parametrelere ait analiz sonuçları Çizelge 4.39’da sunulmuştur. Alınan numunelere ait analiz sonuçlarında yer alan kirletici parametreleri konsantrasyon değerlerine göre gri su ayak izi hesaplamaları yapılmıştır. Analizi gerçekleştirilen parametreler için ortalama kirletici konsantrasyon değerleri bağıntı (4.1) ile hesaplanmıştır. Alıcı ortam doğal konsantrasyon değerine ulaşamadığından kanalizasyon şebekesi konsantrasyon değeri sıfır olarak kabul edilerek hesaplamalarda kullanılmıştır. Tüm parametreler için gri su ayak izi (WF_p) değerleri bağıntı (3.26) kullanılarak hesaplanmıştır. Kirletici parametreler için hesaplanan gri su ayak izi değerleri karşılaştırılarak en yüksek hesaplanan değer gri su ayak izi değeri olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. Atıksu analiz sonuçları ve gri su ayak izi değerleri

Tesis	Parametre	C ₁	C ₂	C _{ort}	WF _p	Gri Su Ayak izi	
			mg/L		m ³ /yıl	L/geceleme	
Tesis 1	KOİ	736	557	646	206.522,6	206.522,6	734,5
	AKM	42	148	95	91.056,6		
	Yağ-Gres	56	69	62	148.805,6		
	P	5	-	2	114.299,9		
	KOİ	486	1.024	755	71.117,2	102.339,2	434,8
Tesis 3	AKM	202	484	343	96.900,9		
	Yağ-Gres	34	97	66	46.331,6		
	P	6	8	7	102.339,2		

Tesis 1 için KOİ’ye bağlı hesaplanan gri su ayak izi değeri 206.522,6 m³/yıl ile en yüksek değer olarak tespit edilmiştir. Tesis 3 için ise fosfora bağlı hesaplanan gri su ayak izi değeri 102.339,2 ile en yüksek değere sahip olup, gri su ayak izi olarak belirlenmiştir.

4.2.4. Toplam su ayak izi

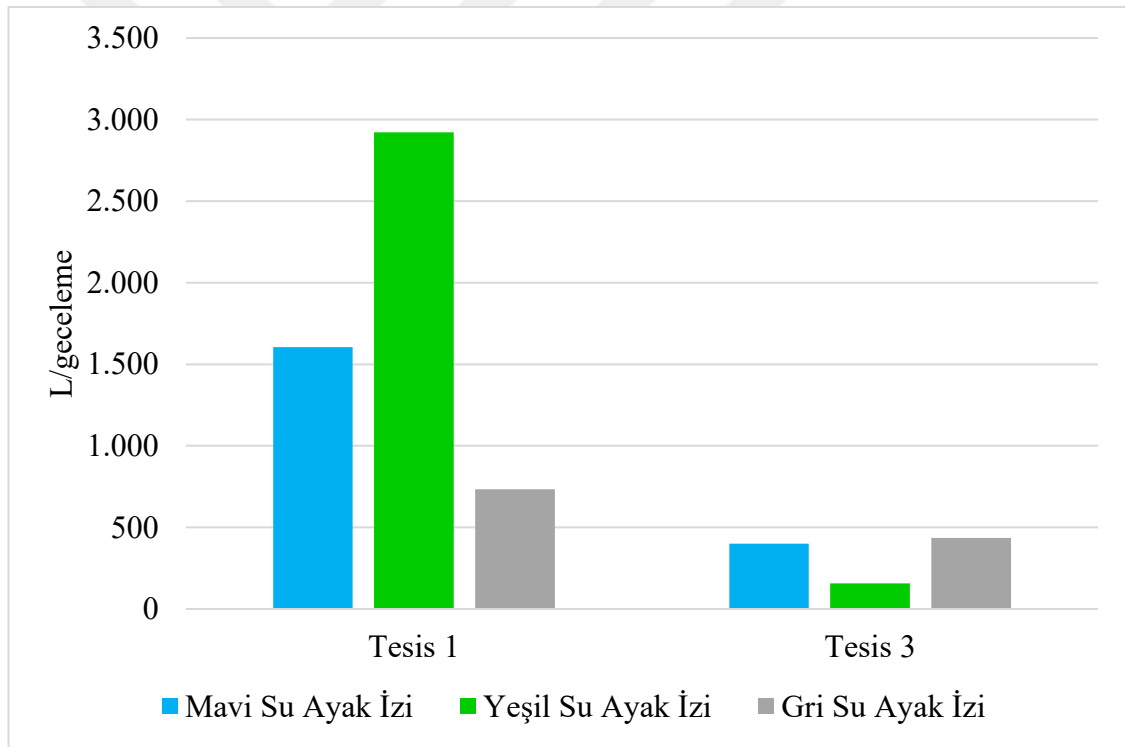
Mavi, yeşil ve gri su ayak izi hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler toplanarak hesap yılına ait toplam su ayak izi değeri bulunmuştur. Hesaplamalarda (3.28) bağıntısı kullanılmış olup elde edilen değerler Çizelge 4.40’ta sunulmuştur.

Toplam su ayak izi değerleri Tesis 1 ve Tesis 3 için sırasıyla 1.479.566,5 m³/yıl ve 233.659,6 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Tesis 1’in geceleme sayısı 281.176 ile tesis Tesis 3’ün geceleme sayısı ise 235.355 değerinin yaklaşık 1,2 katıdır. Oda sayıları karşılaştırıldığında Tesis 1 553 oda ile hizmet vermekte, Tesis 3 ise 471 oda ile hizmet

vermektedir. Tesis 1'in oda kapasitesi Tesis 3'ün oda kapasitesinin de yaklaşık 1,2 katıdır. Geceleme sayılarının ve oda kapasitelerinin birbirine yakın olmasına rağmen toplam su ayak izi değerlerinde oldukça büyük farklılık olduğu görülmektedir. Geceleme başı su ayak izi açısından değerlendirildiğinde Tesis 1'in toplam su ayak izi değeri 5.262,1 L/geceleme, Tesis 3'ün toplam su ayak izi değeri 992,8 L/geceleme olarak hesaplanmış olup, Tesis 1'in geceleme başına su ayak izi değeri Tesis 3'ün geceleme başı su ayak izi değerinin yaklaşık 5,3 katı olarak hesaplanmıştır. Su ayak izi bileşenlerinin tesislere göre değişimi Şekil 4.6'da verilmiştir.

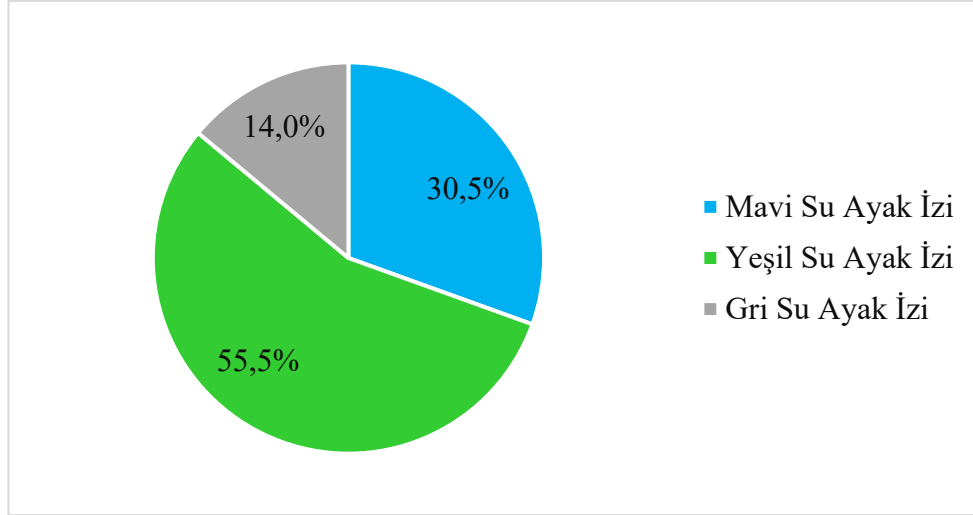
Çizelge 4.40. Toplam su ayak izi değerleri

Su Ayak İzi Bileşenleri	Tesis 1	Tesis 3	Tesis 1	Tesis 3	Tesis 1	Tesis 3
	m ³ /yıl		L/geceleme		%	
Mavi Su Ayak İzi	451.391,9	94.451,4	1.605,4	401,3	30,5	40,4
Yeşil Su Ayak İzi	821.652,0	36.869,0	2.922,2	156,7	55,5	15,8
Gri Su Ayak İzi	206.522,6	102.339,2	734,5	434,8	14,0	43,8
Toplam Su Ayak İzi	1.479.566,5	233.659,6	5.262,1	992,8	100,0	100,0



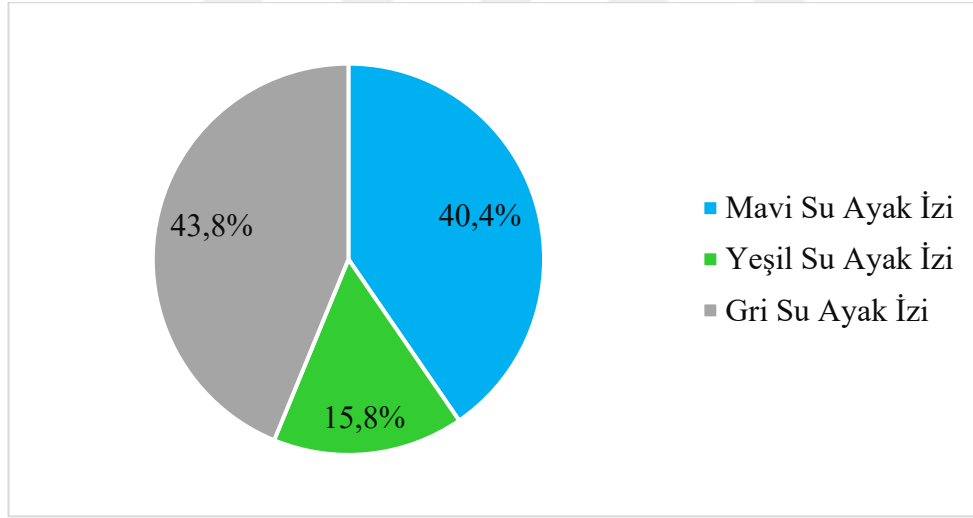
Şekil 4.6. Su ayak izi bileşenlerinin tesislere göre değişimi

Tesis 1 için hesaplanan su ayak izi bileşenlerinin dağılımı Şekil 4.7'de sunulmuştur. Yeşil alan büyüklüğüne bağlı olarak hesaplanan yeşil su ayak izi değeri toplam su ayak izinin yaklaşık % 55,5'ini oluşturmaktadır. Bunu % 30,5 ile mavi su ayak izi ve % 14 ile gri su ayak izi takip etmektedir.



Şekil 4.7. Tesis 1 su ayak izi bileşenlerinin dağılımı

Tesis 3 için hesaplanan su ayak izi bileşenlerinin dağılımı Şekil 4.8’de sunulmuştur. Gri su ayak izi toplam su ayak izi değerinin yaklaşık % 43,8’ini oluşturmaktadır. Bunu % 40,4 ile mavi su ayak izi ve % 15,8 ile yeşil su ayak izi takip etmektedir.



Şekil 4.8. Tesis 3 su ayak izi bileşenlerinin dağılımı

Literatürde turizm tesislerindeki kişi başı su tüketim değerleri bölgeye ve tesis tipine göre önemli farklılıklar göstermektedir. Aynı bölgede yapılan çalışmalarda dahi su tüketimi ile ilgili elde edilen verilerde büyük farklılıklar olduğu görülmektedir. Yapılan bu çalışmada doğrudan su tüketiminin göstergesi olan şebeke suyu tüketim değerleri Tesis 1 için 1.601 L/geceleme, Tesis 3 için ise 399 L/geceleme olarak bulunmuştur (Çizelge 4.36). Gössling (2001) tarafından doğrudan su tüketimini değerlendiren çalışmada pansiyonlarda kişi başı su tüketimi 248 L/geceleme, otellerde ise 931 L/geceleme olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında Tesis 1 doğrudan su tüketimi Gössling (2001) çalışmasında elde

edilen değerin yaklaşık 1,7 katıdır. Tesis 3 için elde edilen değer ise Gössling (2001) çalışmasında oteller için elde edilen değerlerin altında kalmaktadır.

Warnken vd. (2005) tarafından turizmde doğrudan su tüketiminin değerlendirildiği çalışmada, eko-tatil tesislerinde 653 L/geceleme, otellerde ise 621 L/geceleme olarak belirlenen değerler ile bu çalışmadaki değerler karşılaştırıldığında Tesis 1'e ait değerin Warnken vd. (2005) çalışmasında eko-tatil köyleri için elde edilen değerin yaklaşık 2,5 katı olduğu görülmektedir.

Becken (2014) tarafından farklı ülkelerdeki tesislerin doğrudan su tüketiminin değerlendirildiği çalışmada elde edilen değerlerin ortalamasının 585 L/geceleme (169 L/geceleme-981 L/geceleme) olduğu görülmektedir. Bu çalışmada ise Tesis 1 için elde edilen değer ise Becken (2014) tarafından yapılan çalışmada elde edilen maksimum değerin 1,6, ortalama değerin ise 2,7 katıdır. Tesis 3 için elde edilen değer Becken (2014) çalışmasındaki ortalama değerin altında kalmaktadır.

Akdeniz bölgesinde yer alan İspanya'nın farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarda; doğrudan su tüketimi Rico-Amoros vd. (2009) tarafından 4 yıldızlı otellerde 361 L/geceleme, Tortella ve Tirado (2011) tarafından ortalama 541,6 L/geceleme, 5 yıldızlı otellerde 701 L/geceleme olarak bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen değerlere göre Tesis 3'ün doğrudan su tüketimi Rico-Amoros vd. (2009)'un çalışmasında 4 yıldızlı oteller için elde ettiği verilerle benzerlik gösterirken, Tesis 1'in doğrudan su tüketimi Tortella ve Tirado (2011) çalışmasında 5 yıldızlı oteller için elde ettiği değerin yaklaşık 2,3 katıdır. İspanya'da Hof ve Schmitt (2011) tarafından yapılan çalışmada doğrudan su tüketimi yayılı turizm alanları için 1.181 L/geceleme, kitle turizmi alanları için ise 210 L/geceleme olarak hesaplanmıştır. Tesis 1 için hesaplanan 1.601 L/geceleme değeri yayılı turizm alanları için Hof ve Schmitt (2011)'in hesapladığı değerin üzerinde kalmaktadır. İspanya'da Rico vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada doğrudan su tüketimi değerleri 4 ve 5 yıldızlı oteller için ise 276 L/geceleme olarak bulunmuştur. Elde edilen değerler bu çalışmada her iki tesis için elde edilen değerlerin oldukça altında kalmaktadır. Tesis 3 için elde edilen değer Rico vd. (2020) çalışmasında 4-5 yıldızlı oteller için elde ettiği değerin 1,4 katı iken, Tesis 1 için bulunan değer 5,8 katıdır.

Gössling (2015) tarafından Yunanistan'da yapılan çalışmada 5 yıldızlı otel için doğrudan su tüketimi değeri 675 L/geceleme olarak hesaplanmış olup, Tesis 1 bu değerin 2,4 katı doğrudan su tüketimine sahiptir. Şahin vd. (2024) tarafından Antalya'da yapılan çalışmada ise tatil köyü için ortalama su tüketim değeri ortalama 1154 L/geceleme (1052-1209 L/geceleme), 5 yıldızlı oteller için 575 L/geceleme (458-810 L/geceleme) olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen değerlere göre Tesis 1 doğrudan su tüketimi Şahin vd. (2024)'in çalışmasında tatil köyü için elde edilen maksimum değerin üzerinde yer almaktadır. Tesis 3 doğrudan su tüketim değeri ise 5 yıldızlı oteller için elde edilen aralığa yakın bir değere sahiptir.

Doğrudan su tüketimi ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde 5 yıldızlı bir golf oteli olan Tesis 1'in su tüketimi değerleri literatürde elde edilen değerlerin üzerinde kalmaktadır. Bu da geniş yeşil alanı olan konaklama tesislerde doğrudan su tüketiminde sulama suyu kullanımının çok önemli bir paya sahip olduğunu göstermektedir.

Turizm konaklama tesislerinde doğrudan su tüketiminin incelendiği literatür çalışmalarındaki değerler ile bu çalışmada elde edilen veriler özet olarak Çizelge 4.41’de sunulmuştur. Tesis 1 için bu çalışmada elde edilen değer literatürde yapılan çalışmalarda elde edilen değerlerin 1,7 ile 5,8 katı aralığında değere sahiptir. Tesis 2 sadece Rico vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada elde edilen değer 1,4 katı bir değere sahipken, literatürde doğrudan su tüketimine yönelik elde edilen değerler Tesis 2 için bu çalışmada hesaplanan değer genel olarak 1,4 ile 2,3 katı değerlere sahiptir.

Çizelge 4.41. Doğrudan su tüketimi değerlerinin literatür çalışmaları ile karşılaştırılması

Literatür	Bölge	Tesis Tipi	Doğrudan Su Tüketimi	Bu Çalışma	
				Tesis 1	Tesis 2
				1601	399
L/geceleme					
Gössling (2001)	Tanzanya/ Zanzibar	Otel	931	X 1,7	/2,3
Warnken vd. (2005)	Avusturalya/ Queensland	4-5 yıldızlı otel	621	X 2,7	/1,6
		Eko-resort (4-5 yıldızlı)	653	X 2,5	/1,6
Rico-Amoros vd. (2009)	İspanya/ Benidorm	4 yıldızlı otel	361	-	≈
Hof ve Schmitt (2011)	İspanya/ Mallorca	Yayılı turizm alanları	1.181	X 1,3	-
Tortella ve Tirado (2011)	İspanya/ Mallorca	5 yıldızlı otel	701	X 2,3	/1,8
Becken (2014)	21 ülke	-	585	X 2,7	/1,5
Gössling (2015)	Yunanistan/ Rodos	5 yıldızlı otel	675	X 2,4	/1,7
Rico vd. (2020)	İspanya/ Benidorm	4-5 yıldızlı otel	276	X 5,8	X 1,4
Şahin vd. (2024)	Türkiye/ Antalya	5 yıldızlı otel	575	X 2,8	/1,4
		Tatil köyü	1.154	X 1,4	-

X: Bu çalışmada elde edilen verinin literatürde elde edilen verinin kaç katı olduğunu gösterir

≈: Bu çalışmada elde edilen verinin literatürde elde edilen veri ile yaklaşık değere sahip olduğunu gösterir

/: Literatürde elde edilen verinin bu çalışmada elde edilen verinin kaç katı olduğunu gösterir

Bu çalışmada ISO 14046 standardı kapsamında yapılan hesaplamalar ile toplam su ayak izi değerleri Tesis 1 için 5.262,1 L/geceleme, Tesis 2 için ise 992,8 L/geceleme olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.40). Elde edilen değerler turizm tesislerinde su ayak izi kavramının kullanıldığı literatür çalışmaları ile karşılaştırılmıştır.

Yang vd. (2011) tarafından Çin’de yapılan çalışmada doğrudan su tüketimi, gıda tedarikinden kaynaklı su ayak izi ve atıksu oluşumundan kaynaklı gri su ayak izi değerlerinin toplamı 5.207 L/geceleme olarak hesaplanmış ve hesaplanan su ayak izi değerinin % 68,9’unun gıda tedarik sürecinden kaynaklı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada su ayak izi değeri tedarik zincirini kapsamamakla beraber 5.262,1 L/geceleme olarak hesaplanmıştır. Bu değer her ne kadar Yang vd. (2011)’in çalışmasında elde ettiği değerle benzerlik gösterse de tedarik zincirinden kaynaklı dolaylı su tüketimi su ayak izinin hesaplamalara dahil edilmesi ile toplam su ayak izi değerlerinin ciddi oranda artacağı görülmektedir.

Hadjikakou vd. (2013) tarafından Akdeniz ülkelerinde yapılan çalışmada Kıbrıs'ta golf tipi ve et yoğun beslenme tatil tipi için su ayak izi değeri 8.940 L/kişi-gün olarak hesaplanmıştır. Türkiye, Bodrum'da bir apart otel için ise bu değer 5.790 L/kişi-gün olarak hesaplanmıştır. Tesis 1 ve Tesis 3 için hesaplanan değerler ile Hadjikakou vd. (2013) çalışması karşılaştırıldığında Tesis 1 için elde edilen değer apart otel için elde edilen değer ile benzerlik gösterse de tedarik zincirinin su ayak izi hesaplamalarına dahil edilmesi ile birlikte toplam su ayak izi değerinin Hadjikakou vd. (2013) çalışmasında yer alan golf tipi ve et yoğun beslenme için hesaplanan değer de üzerine çıkacağı düşünülmektedir. Tedarik zinciri ile ilgili su ayak izi değerlerinin toplam su ayak izine dahil edilmesi ile Tesis 3 için hesaplanan 992,8 L/geceleme değerinin de yine ciddi oranda artış göstereceği düşünülmektedir.

Gössling (2015) tarafından Yunanistan'da yapılan çalışmada 5 yıldızlı otel için enerji ve gıda tüketimine bağlı dolaylı su tüketimi değerleri dahil edilerek ortalama su ayak izi değeri 6.575 L/geceleme olarak hesaplanmıştır. Lee vd. (2021) tarafından su ayak izi kavramı kullanılarak doğrudan su tüketimi, enerji ve gıda tedarik zincirinden kaynaklı dolaylı su tüketiminin de dahil edildiği çalışmada yabancı turist su tüketiminin 6.346 L/turist-gün, yerli turist su tüketiminin 1,616 L/turist-gün olarak hesaplandığı belirtilmiştir. Bu çalışmalar tedarik zinciri ve enerji tüketiminden kaynaklı dolaylı su tüketiminin toplam su ayak izine dahil edilmesi ile gerçekte su ayak izinin ne kadar artacağını göstermektedir.

Şahin (2018) tarafından Antalya'da 5 yıldızlı bir konaklama tesisinde doğrudan su tüketimi, yiyecek içecek ve enerji tüketimine bağlı dolaylı su tüketiminin su ayak izi kavramı kullanılarak hesaplandığı çalışmada toplam su ayak izi değeri ortalama 11.900 L/geceleme (10.881 L/geceleme-13.990 L/geceleme) olarak bulunmuş ve yiyecek içecek tüketiminin toplamdaki payı % 84 olarak belirtilmiştir. Bu değer Tesis 1 için hesaplanan değer yaklaşık 2,3 katı, Tesis 3 için hesaplanan değer yaklaşık 12 katıdır.

ISO 14046 standardı enerji tüketimi ve tedarik zincirinden kaynaklı dolaylı su ayak izini hesaba katmamaktadır. Oysaki Hoekstra vd. (2011) tarafından belirtildiği gibi bir ürünün/hizmetin su ayak izi, tüm tedarik zinciri boyunca ölçülen, ürünü veya hizmeti üretmek/sunmak için kullanılan tatlı su hacmidir. Su ayak izi kavramı kullanılan ürün ve hizmetlerden kaynaklı olarak dolaylı su tüketimini de hesaba katan bir kavramdır. Mevcut durumda ISO 14046 standardının dolaylı su tüketimini değerlendirmekte zayıf kaldığı düşünülmektedir. Bu kapsamda enerji tüketimi ve tedarik zincirinden kaynaklı su ayak izi hesaplamalarının da standart kapsamına dahil edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Turizm konaklama tesislerinde su ayak izinin incelendiği literatür çalışmalarındaki değerler ile bu çalışmada elde edilen veriler özet olarak Çizelge 4.42'de sunulmuştur. Literatür çalışmalarında elde edilen veriler bu çalışmada Tesis 1 için elde edilen değer 1 ile 3,3 katı, Tesis 2 için elde edilen değer 1,6 ile 12 katı değerler sahiptir.

Çizelge 4.42. Su ayak izi değerlerinin literatür çalışmaları ile karşılaştırılması

Literatür	Bölge	Tesis Tipi	Su Ayak İzi	Bu Çalışma	
				Tesis 1	Tesis 2
				5.262,1	9.92,8
				L/geceleme	
Yang vd. (2011)	Çin/ Yunnan	Otel, Pansiyon	5.208	/1	/5,2
	Kıbrıs/Polis	Kamp	7.080	/1,3	/7,1
	Suriye	Ev	8.290	/1,6	/8,4
Hadjikakou vd. (2013)	Türkiye/ Bodrum	2 yıldızlı apart	5.790	/1,1	/5,8
	Yunanistan/ Mikanos	4 yıldızlı otel	5.460	/1	/5,5
	Kıbrıs/Baf	5 yıldızlı golf oteli	8.940	/1,7	/9
Gössling (2015)	Yunanistan/ Rodos	5 yıldızlı otel	6.575	/1,2	/6,6
Şahin (2018)	Türkiye/Antalya	5 yıldızlı otel	11.900	/2,3	/12
Lee vd. (2021)	Çin	-	6.346 (yabancı)	/1,2	/6,4
			1.616 (yerli)	/3,3	/1,6

/: Literatürde elde edilen verinin bu çalışmada elde edilen verinin kaç katı olduğunu gösterir

4.3. Karbon Ayak İzi Regresyon ve Korelasyon Analizi

Bu bölümde karbon ayak izine ilişkin regresyon ve korelasyon analizleri yer almaktadır. Karbon ayak izini etkileyen bağımsız değişkenler olarak su, doğalgaz ve elektrik tüketimi değerlendirilmiştir. Tüm analizlerde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait bilgiler Çizelge 4.43'te verilmiştir. Su ayak izi ise genel literatür bilgileri altında değerlendirilmiş, ancak istatistiksel analiz kapsamında yer almamıştır. Her bir tesisin veri setleri ayrı ayrı ve aynı zamanda tüm tesislerin veri setlerinin yer aldığı genel regresyon ve korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm analiz sonuçları alt başlıklarda ayrı ayrı açıklanmış olup, devamında analiz sonuçlarına ait tüm bulgular karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.43. Değişkenler

Girilen/Çıkarılan Değişkenler ^a			
Model	Girilen Değişken	Çıkarılan Değişken	Metot
1	Su, Doğalgaz, Elektrik ^b	-	Doğrudan Hesaplama

a. Bağımlı Değişken: CO₂

b. Tüm istenilen değişkenler girildi

4.3.1. Tesis 1: Regresyon ve korelasyon analizi

Tesis 1 için yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre, elektrik, doğalgaz ve su değişkenlerinin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi anlamlı bir şekilde belirlenmiştir. R² değeri (0,998), bağımsız değişkenlerin CO₂ emisyonlarındaki varyansın % 99,8'ini açıkladığını ve modelin yüksek bir açıklama gücüne sahip olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.44).

Çizelge 4.44. Model Özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Standart Sapma
1	0,9992 ^a	0,9984	0,9978	6,7023

a. Bağımsız değişkenler: Su, Doğalgaz, Elektrik

ANOVA analizi sonuçlarına göre, modelin genel anlamlılığı oldukça yüksektir (Çizelge 4.45). F değeri (1660,612), bağımsız değişkenlerin CO₂ emisyonlarındaki değişimi anlamlı bir şekilde açıkladığını doğrulamaktadır. Bu bulgu, modelin güvenilir bir regresyon analizi sunduğunu ve değişkenler arasındaki ilişkiyi güçlü bir şekilde temsil ettiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, p değeri (p<0,001), modelin genel anlamlılık seviyesinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 4.45. ANOVA tablosu

ANOVA ^a					
Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (df)	Ortalama Kare	F	Anlamlılık (p)
1 Regresyon	223.790,0	3,0	74.596,7	1.660,6	0,000 ^b
Artık	359,4	8,0	44,9		
Toplam	224.149,3	11,0			

a. Bağımlı değişken: CO₂

b. Bağımsız değişkenler: Su, Doğalgaz, Elektrik

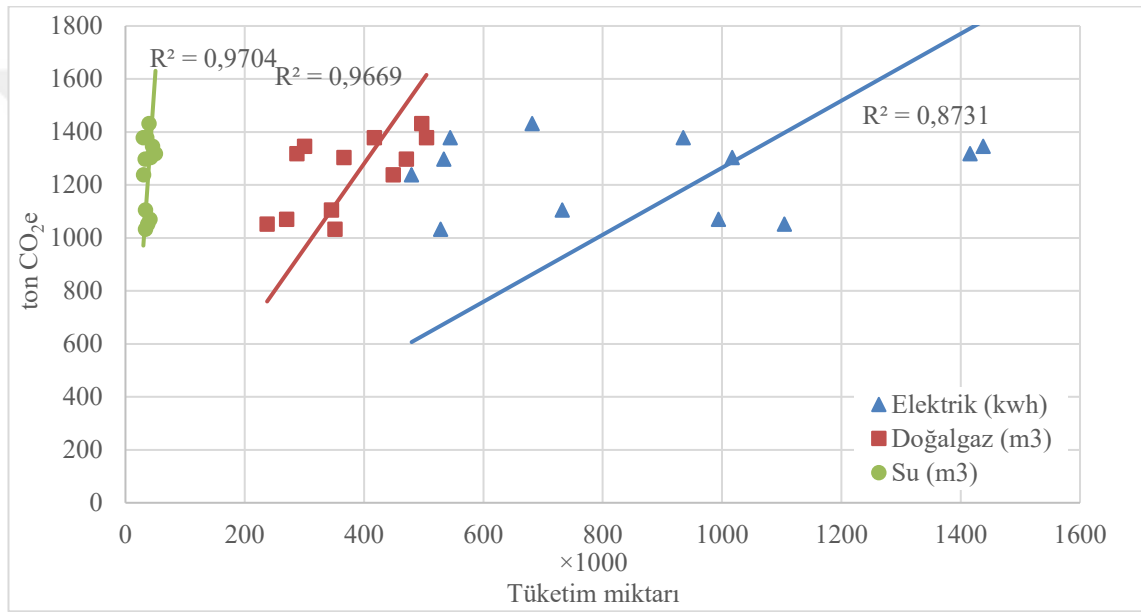
Her bir bağımsız değişkenin CO₂ üzerindeki etkisi incelenmiştir (Çizelge 4.46). Elektrik tüketiminin katsayısı 0,00047 olarak bulunmuştur. Bu elektrik tüketimindeki bir birim artışın CO₂ emisyonlarında 0,00047 birimlik bir artışa yol açtığını göstermektedir. P değeri anlamlıdır (p<0,01). Doğalgaz tüketiminin katsayısı (0,00224) olarak bulunmuştur. Doğalgaz tüketimindeki bir birimlik artış, CO₂ emisyonlarında 0,00224 birimlik bir artışa yol açmaktadır sonuç anlamlıdır (p<0,01). Su tüketiminin katsayısı 0,00045 olarak bulunmuştur. Su tüketimi ile CO₂ arasında pozitif bir ilişki olsa da bu değişkenin p değeri 0,560 olduğundan anlamlı olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlara göre, elektrik ve doğalgaz tüketimi CO₂ üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir, ancak su tüketiminin etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Çizelge 4.46. Regresyon katsayıları

Katsayılar ^a					
Model	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar		Anlamlılık (p)
	B	Standart Hata	Beta	t	
(Sabit)	-20,163	22,335		-0,903	0,393
1 Elektrik	0,00047	0	1,114	28,495	0
Doğalgaz	0,00224	0	1,443	67,783	0
Su	0,00045	0,001	0,02	0,608	0,56

a. Bağımlı değişken: CO₂

Şekil 4.9’da verilen grafikte regresyon analizine ilişkin alt kırılımlar, her bir değişkenin CO₂ emisyonlarına olan katkısını daha net ortaya koymaktadır. Elektrik tüketimine ilişkin R² değeri 0,8731, elektrik tüketiminin CO₂ emisyonlarındaki değişimi % 87,31 oranında açıkladığını göstermektedir. Elektrik kullanımına ilişkin regresyon katsayısı 0,00047 (p<0,001) bu değişkenin pozitif ve güçlü etkisini desteklemektedir. Doğalgaz tüketimi için 0,9669 olan R² değeri, doğalgaz tüketiminin CO₂ emisyonlarını % 96,69 oranında açıkladığını göstermektedir. Bu durum, doğalgaz değişkenine ait yüksek regresyon katsayısı (0,00224, p<0,001) ile uyumludur. Doğalgaz tüketimi, diğer değişkenlere kıyasla emisyonlar üzerinde daha belirgin bir artışa neden olmaktadır. Su tüketimi R² değeri 0,9704 olarak bulunmuştur. Ancak standartlaştırılmış katsayısı oldukça düşük ve p> 0,05 olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (B = 0,00045, p= 0,560). Bu durum, su tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin diğer değişkenlere göre sınırlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.9. Bağımsız değişkenlerin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi

Pearson korelasyon analizi, değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü ve yönünü anlamak için kullanılmıştır. Pearson korelasyon analizi sonuçları Çizelge 4.47’de verilmiştir.

Elektrik ve CO₂ (r = 0,085, p = 0,794): Elektrik tüketimi ile CO₂ emisyonları arasında pozitif bir korelasyon görülse de, bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05). Bu durum, elektrik tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin doğrudan ve güçlü bir ilişki göstermediğini, ancak regresyon analizi sonucunda elektrik tüketiminin etkisinin anlamlı olduğu dikkate alınarak, dolaylı etkilerinin olabileceğini düşündürmektedir.

Doğalgaz ve CO₂ (r = 0,624, p = 0,030): Doğalgaz tüketimi ile CO₂ emisyonları arasında orta düzeyde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır (p<0,05). Bu doğalgaz tüketiminin CO₂ emisyonlarına anlamlı bir katkı yaptığını ve bu etkinin önemli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.47. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

		Elektrik	Doğalgaz	Su	CO ₂
Elektrik	Pearson Korelasyonu (r)	1	-0,725**	0,894**	0,085
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)		0,008	0	0,794
	N	12	12	12	12
Doğalgaz	Pearson Korelasyonu (r)	0-,725**	1	-0,569	0,624*
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)	0,008		0,054	0,03
	N	12	12	12	12
Su	Pearson Korelasyonu (r)	0,894**	-0,569	1	0,195
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)	0	0,054		0,545
	N	12	12	12	12
CO ₂	Pearson Korelasyonu (r)	0,085	0,624*	0,195	1
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)	0,794	0,03	0,545	
	N	12	12	12	12

** 0,01 düzeyinde (2-yönlü) korelasyon anlamlıdır.

* 0,05 düzeyinde (2-yönlü) korelasyon anlamlıdır.

Su ve CO₂ (r= 0,195, p= 0,545): Su tüketimi ile CO₂ emisyonları arasında çok zayıf bir pozitif ilişki vardır, ancak bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05). Su tüketiminin CO₂ emisyonlarına olan etkisi, diğer değişkenlere kıyasla oldukça düşük seviyededir.

Elektrik ve Doğalgaz (r=-0,725, p=0,008): Elektrik ve doğalgaz tüketimi arasında güçlü ve negatif bir ilişki bulunmaktadır (p<0,01). Bu sonuç, bu iki değişkenin birbirini dengelediğini, yani birinin tüketimindeki artışın diğerinde bir azalma ile ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Elektrik ve Su (r= 0,894, p<0,001): Elektrik ve su tüketimi arasında çok güçlü ve pozitif bir ilişki bulunmaktadır (p<0,01). Bu durum, elektrik ve su tüketiminin birbiriyle uyumlu olduğunu ve genelde birlikte arttığını göstermektedir.

Doğalgaz ve Su (r=-0,569, p=0,054): Doğalgaz ve su tüketimi arasında orta düzeyde negatif bir ilişki bulunmaktadır, ancak bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05). Yine de, bu negatif korelasyon, doğalgaz tüketimindeki artışın su tüketiminde azalma ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak Pearson korelasyon analizi, doğalgaz tüketiminin CO₂ emisyonları ile anlamlı bir ilişkisi olduğunu, ancak diğer değişkenler olan elektrik ve su tüketimlerinin CO₂ ile olan ilişkilerinin daha zayıf olduğunu göstermektedir. Ayrıca, elektrik ve su tüketimi arasında güçlü bir pozitif ilişki, Elektrik ve Doğalgaz tüketimi arasında ise güçlü bir negatif ilişki dikkat çekmektedir. Bu bulgular, enerji kullanım modellerinin birbirleriyle nasıl etkileşimde olduğunu anlamak ve enerji yönetimi politikalarını optimize etmek için önemli ipuçları sunmaktadır.

4.3.2. Tesis 2: Regresyon ve korelasyon analizi

Tesis 2 için yapılan regresyon analizi sonuçları CO₂ emisyonlarının elektrik, doğalgaz ve su tüketimi ile güçlü bir ilişki içinde olduğunu göstermektedir. Regresyon

modeli genel olarak anlamlı bulunmuş olup, R^2 değeri 0,9996 ile yüksek bir değerle açıklayıcılık düzeyinin çok yüksek olduğunu göstermektedir. Elektrik, doğalgaz ve su tüketimi değişkenlerinin birlikte ele alındığı bu model, CO_2 emisyonlarındaki değişimin % 99,96'sını açıkladığını göstermektedir (Çizelge 4.48). ANOVA analizi, modelin genel olarak istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu göstermektedir ($F=7147,978$, $p<0,001$). Bu sonuç, bağımsız değişkenler olan su, doğalgaz ve elektrik tüketiminin birlikte bağımlı değişken olan CO_2 emisyonları üzerindeki etkisinin anlamlı olduğunu doğrulamaktadır (Çizelge 4.49).

Çizelge 4.48. Model Özeti

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standart Sapma
1	0,9998 ^a	0,9996	0,9995	6,6789

a. Bağımsız değişkenler: Su, Doğalgaz, Elektrik

Çizelge 4.49. ANOVA tablosu

Model	ANOVA ^a				
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (df)	Ortalama Kare	F	Anlamlılık (p)
1	Regresyon	956553,79	3	318851,27	7147,98
	Artık	356,858	8	44,607	0,000 ^b
	Toplam	956910,65	11		

a. Bağımlı değişken: CO_2

b. Bağımsız değişkenler: Su, Doğalgaz, Elektrik

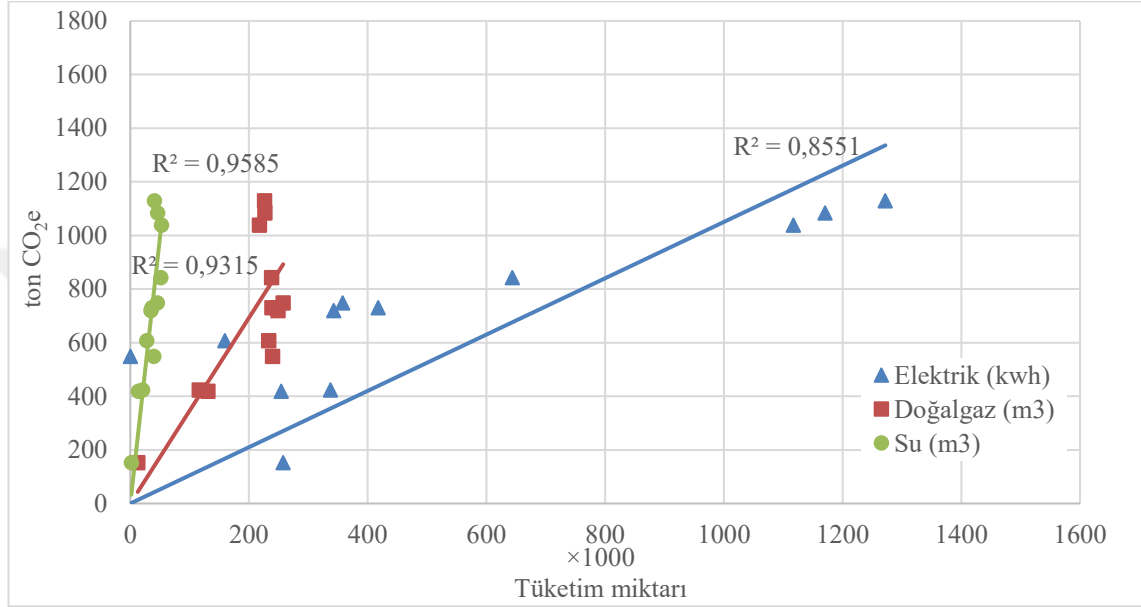
Regresyon katsayılarının analizi, bağımlı değişken olan CO_2 emisyonları ile bağımsız değişkenler arasında anlamlı ilişkiler olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.50). Standartlaştırılmamış katsayılar (B), bağımsız değişkenlerin her bir birimindeki artışın CO_2 üzerindeki etkisini yansıtmaktadır. Elektrik tüketimi katsayısı 0,000487 ile bağımlı değişken üzerinde en yüksek pozitif etkiye sahip olup, bu değişkenin etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,001$). Benzer şekilde, doğalgaz tüketiminin etkisi de pozitif olup ($B= 0,002235$), bu değişkenin de CO_2 emisyonları üzerindeki etkisi anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). Ancak su tüketimi katsayısı 0,0000787 ile çok düşük bir katsayıya sahiptir ve bu değişkenin CO_2 emisyonları üzerindeki etkisi anlamlı bulunmamıştır ($p=0,821$).

Çizelge 4.50. Regresyon katsayıları

Model		Katsayılar ^a			t	Anlamlılık (p)
		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırıl mış Katsayılar		
		B	Standart Hata			
1	(Sabit)	-1,096	6,151		-0,178	0,863
	Elektrik	0,000487	0	0,704	73,995	0
	Doğalgaz	0,002235	0	0,559	36,143	0
	Su	0,0000787	0	0,004	0,233	0,821

a. Bağımlı değişken: CO_2

Şekil 4.10'da verilen grafikte regresyon analizine ilişkin alt kırılımlar, her bir bağımsız değişkenin CO₂ emisyonlarına olan katkısının açıklayıcılık düzeylerinin ve etkilerinin farklılaştığını göstermektedir. Elektrik tüketimine ilişkin R² değeri 0,8551, elektrik tüketiminin CO₂ emisyonlarındaki değişimi % 85,51 oranında açıkladığını göstermektedir. Elektrik tüketimi için regresyon katsayısı 0,000487 olarak hesaplanmıştır ve p<0,001 düzeyinde anlamlıdır. Bu durum, elektrik tüketiminin CO₂ emisyonlarına olan etkisinin düşük düzeyde ancak istatistiksel olarak oldukça güçlü bir şekilde anlamlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.10. Bağımsız değişkenlerin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi

Elektrik tüketiminin düşük katsayısı, birim artışının emisyon üzerinde sınırlı bir etki yaptığını, ancak yüksek toplam tüketim nedeniyle toplamda önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Doğalgaz tüketiminin R² değeri 0,9315 ile açıklama gücü açısından elektriğe göre daha yüksek bir düzeye sahiptir. Regresyon katsayısı 0,002235 ile doğalgazın CO₂ emisyonlarına daha yüksek bir katkı yaptığını göstermektedir. p<0,001 düzeyindeki anlamlılık, doğalgazın CO₂ emisyonlarının önemli bir belirleyicisi olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Yüksek regresyon katsayısı, doğalgaz tüketimindeki birim artışların CO₂ emisyonlarında ciddi bir artışa neden olduğunu vurgulamaktadır. Su tüketimi için 0,9585 olan R² değeri su kullanımının CO₂ emisyonlarındaki değişimi % 95,85 oranında açıkladığını göstermektedir. Ancak, su için regresyon katsayısı (B=7,86997×10⁻⁵) oldukça düşük bulunmuş ve p=0,821 ile istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Bu, su tüketiminin CO₂ emisyonlarına etkisinin istatistiksel olarak zayıf olduğunu ve modele anlamlı bir katkı sağlamadığını ortaya koymaktadır. Yüksek R² değeri, su tüketiminin CO₂ emisyonları ile birlikte varyans göstermesine rağmen, doğrudan nedensel bir etkiye sahip olmadığını düşündürmektedir. Elde edilen sonuçlar, elektrik ve doğalgaz tüketiminin CO₂ emisyonlarına güçlü bir katkı sağladığını, özellikle doğalgazın hem yüksek katsayı hem de açıklama gücü ile öne çıktığını göstermektedir. Su tüketimi ise yüksek R² değerine rağmen anlamlı bir katsayı sunmamış ve doğrudan etkili bir faktör olarak değerlendirilememiştir. Bu bulgular, enerji yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik

politikalarının özellikle doğalgaz ve elektrik tüketimine odaklanması gerektiğini, su tüketiminin ise dolaylı bir rol oynayabileceğini işaret etmektedir.

Pearson korelasyon analizi, değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü ve yönünü anlamak için kullanılmıştır. Pearson korelasyon analizi sonuçları Çizelge 4.51’de verilmiştir.

Çizelge 4.51. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

		Elektrik	Doğalgaz	Su	CO ₂
Elektrik	Pearson Korelasyonu (r)	1	0,234	0,539	0,837**
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)		0,465	0,07	0,001
	N	12	12	12	12
Doğalgaz	Pearson Korelasyonu (r)	0,234	1	0,856**	0,727**
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)	0,465		0	0,007
	N	12	12	12	12
Su	Pearson Korelasyonu (r)	0,539	0,856**	1	0,863**
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)	0,07	0		0
	N	12	12	12	12
CO ₂	Pearson Korelasyonu (r)	0,837**	0,727**	0,863**	1
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)	0,001	0,007	0	
	N	12	12	12	12

** 0,01 düzeyinde (2-yönlü) korelasyon anlamlıdır.

Elektrik ve CO₂ (r=0,837, p = 0,001): Elektrik tüketimi ile CO₂ emisyonları arasında güçlü ve pozitif bir bulunmaktadır. Bu, elektrik tüketimindeki artışın CO₂ emisyonlarını anlamlı bir şekilde artırdığını göstermektedir (p<0,01). Elektrik tüketimindeki artış, CO₂ emisyonlarında da belirgin bir artışa neden olmaktadır.

Doğalgaz ve CO₂ (r=0,727,p=0,007): Doğalgaz tüketimi CO₂ emisyonları ile pozitif ve anlamlı bir ilişkiye sahiptir (p<0,01). Bu ilişki de güçlüdür, ancak elektrik ile CO₂ arasındaki ilişkiye kıyasla daha düşük bir doğruluk payına sahiptir. Bu durum, doğalgaz tüketiminin CO₂ emisyonlarına etkisinin daha sınırlı olduğunu ancak yine de önemli bir belirleyici olduğunu işaret etmektedir.

Su ve CO₂ (r=0,863, p=0,000): Su tüketimi CO₂ emisyonları ile çok güçlü ve pozitif bir ilişki göstermektedir ve p<0,01 düzeyinde anlamlıdır. Su tüketimi ile CO₂ arasındaki korelasyon, diğer iki değişkene kıyasla en yüksek değere sahiptir. Ancak, regresyon analizinde su tüketiminin CO₂ üzerindeki doğrudan etkisinin anlamlı olmadığı göz önünde bulundurulduğunda, bu ilişkinin dolaylı veya ortak varyasyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Elektrik ve Doğalgaz (r=0,234, p=0,465): Elektrik ile doğalgaz tüketimi arasındaki ilişki zayıftır ve istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05). Bu durum, elektrik ve doğalgaz tüketiminin birbirinden bağımsız şekilde değiştiğini ve aralarında doğrudan bir ilişki olmadığını göstermektedir.

Elektrik ve Su (r=0,539, p=0,070): Elektrik ile su tüketimi arasındaki ilişki orta düzeyde olup anlamlı değildir (p>0,05).

Doğalgaz ve Su ($r=0,856, p=0,000$): Doğalgaz ile su tüketimi arasında güçlü ve pozitif bir ilişki vardır ve $p<0,01$ düzeyinde anlamlıdır. Bu ilişki, iki değişkenin birlikte artış veya azalış eğilimi gösterdiğini işaret etmektedir.

Sonuç olarak elektrik ve doğalgaz tüketimi CO₂ emisyonları üzerinde güçlü ve doğrudan etkiler sergilerken, su tüketimi ile CO₂ arasındaki yüksek korelasyon, dolaylı bir ilişkiye veya ortak bir kaynağa işaret etmektedir. Ayrıca, doğalgaz ile su tüketimi arasındaki güçlü korelasyon, bu iki değişkenin birlikte hareket etme eğiliminde olduğunu göstermekte ve su tüketiminin doğalgaz tüketimi ile bağdaştırılabilecek etkilerinin olduğunu göstermektedir.

4.3.3. Tesis 3: Regresyon ve korelasyon analizi

Tesis 3 için yapılan regresyon analizi sonuçları CO₂ emisyonlarının elektrik, doğalgaz ve su tüketimi ile güçlü bir ilişki içinde olduğunu göstermektedir. R² değeri 0,9998 olarak bulunmuş olup, bu değer, bağımsız değişkenlerin modele dahil edilmesiyle CO₂ emisyonlarındaki değişimin % 99,98'inin açıklanabildiğini göstermektedir (Çizelge 4.52). Bu yüksek açıklayıcılık oranı, modelin genel olarak güçlü bir tahmin yeteneğine sahip olduğunu işaret etmektedir. ANOVA analizi, modelin genel olarak istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu göstermektedir ($F=22772,499$, $p<0,001$). Bu sonuç, bağımsız değişkenler olan su, doğalgaz ve elektrik tüketiminin birlikte bağımlı değişken olan CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin anlamlı olduğunu doğrulamaktadır (Çizelge 4.53).

Çizelge 4.52. Model Özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Standart Sapma
1	0,9999 ^a	0,9998	0,9998	0,6477

a. Bağımsız değişkenler: Su, Doğalgaz, Elektrik

Çizelge 4.53. ANOVA tablosu

ANOVA ^a					
Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (df)	Ortalama Kare	F	Anlamlılık (p)
1 Regresyon	28657,36	3	9552,453	22772,5	0,000 ^b
Artık	3,356	8	0,419		
Toplam	28660,71	11			

a. Bağımlı değişken: CO₂

b. Bağımsız değişkenler: Su, Doğalgaz, Elektrik

Regresyon katsayılarının analizi, bağımsız değişkenler olan elektrik, doğalgaz ve su tüketiminin, bağımlı değişken olan CO₂ emisyonları üzerindeki etkilerini değerlendirmektedir (Çizelge 4.54). Standartlaştırılmamış katsayılar (B), her bir bağımsız değişkenin bir birimlik artışının bağımlı değişken üzerinde yarattığı doğrudan etkiyi ifade etmektedir. Elektrik tüketimi katsayısı 0,00048 ile CO₂ emisyonları üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir ($p<0,001$). Benzer şekilde, doğalgaz tüketiminin katsayısı 0,00213 ile pozitif ve anlamlı bir etki göstermektedir ($p<0,001$). Bununla birlikte, su

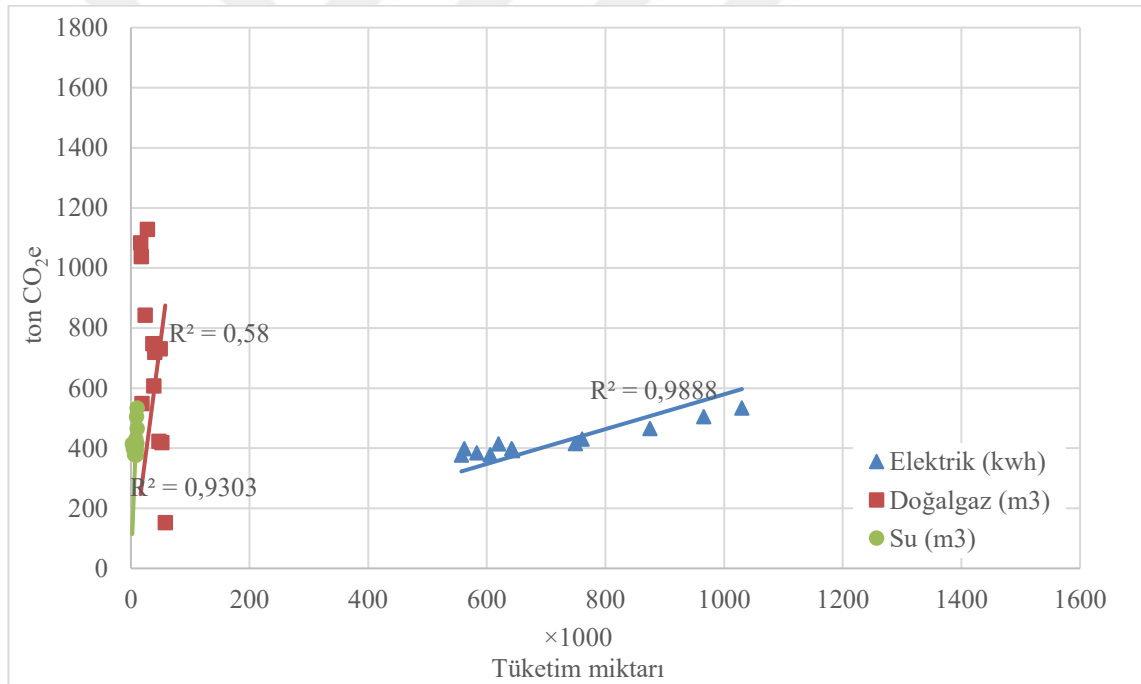
tüketiminin katsayısı $-0,00014$ ile CO_2 emisyonları üzerinde negatif bir etki gösterse de bu etki istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,365$).

Çizelge 4.54. Regresyon katsayıları

Model	Katsayılar ^a			t	Anlamlılık (p)
	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar		
	B	Standart Hata	Beta		
(Sabit)	5,606	4,546		1,233	0,253
1 Elektrik	0,00048	0	1,523	150,149	0
Doğalgaz	0,00213	0	0,603	45,167	0
Su	-0,00014	0	-0,007	-0,96	0,365

a. Bağımlı değişken: CO_2

Şekil 4.11’de verilen grafikte regresyon analizine ilişkin alt kırılımlar, her bir değişkenin CO_2 emisyonlarına olan katkısını göstermektedir.



Şekil 4.11. Bağımsız değişkenlerin CO_2 emisyonları üzerindeki etkisi

Elektrik tüketimi ile CO_2 emisyonları arasındaki ilişki çok güçlüdür ($R^2=0,9888$). R^2 değeri, elektrik tüketiminin CO_2 emisyonlarındaki değişimin % 98,88’ini açıkladığını göstermektedir. Elektrik tüketimi regresyon katsayısı 0,00048 ($p<0,001$) bu değişkenin karbon ayak izi üzerindeki etkisinin birim bazında sınırlı olduğunu ancak toplam tüketimdeki artışların büyük katkısı olacağını göstermektedir. Doğalgaz tüketimi için R^2 değeri 0,58 olarak bulunmuş olup, doğalgaz tüketimi ile CO_2 emisyonları arasındaki ilişki orta düzeydedir. R^2 değeri, doğalgaz tüketiminin CO_2 emisyonlarındaki değişimin % 58’ini açıkladığını göstermektedir. Elektrik tüketimiyle karşılaştırıldığında, doğalgazın

açıklayıcılığı daha düşüktür. 0,00213 olan regresyon katsayısı, elektrik tüketiminin regresyon katsayısından daha büyüktür, bu da doğalgaz tüketiminin karbon ayak izi üzerinde birim başına daha fazla etkili olduğunu göstermektedir. Su tüketimi için R^2 değeri 0,9303 olup, bu değişkenin CO₂ emisyonları arasındaki ilişki güçlüdür ve R^2 değeri, bu değişkenin CO₂ emisyonlarındaki değişimin % 93,03'ünü açıkladığını göstermektedir. Ancak regresyon katsayısı -0,00014 ($p=0,365$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu da su tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin dolaylı olduğunu göstermektedir.

Pearson korelasyon analizi, değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü ve yönünü anlamak için kullanılmıştır. Pearson korelasyon analizi sonuçları Çizelge 4.55'te verilmiştir.

Çizelge 4.55. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

		Elektrik	Doğalgaz	Su	CO ₂
Elektrik	Pearson Korelasyonu (r)	1	-0,912**	0,657*	0,968**
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)		0	0,02	0
	N	12	12	12	12
Doğalgaz	Pearson Korelasyonu (r)	-0,912**	1	-0,820**	-0,781**
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)	0		0,001	0,003
	N	12	12	12	12
Su	Pearson Korelasyonu (r)	0,657*	-0,820**	1	0,499
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)	0,02	0,001		0,098
	N	12	12	12	12
CO ₂	Pearson Korelasyonu (r)	0,968**	-0,781**	0,499	1
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)	0	0,003	0,098	
	N	12	12	12	12

** 0,01 düzeyinde (2-yönlü) korelasyon anlamlıdır.

* 0,05 düzeyinde (2-yönlü) korelasyon anlamlıdır.

Elektrik ve CO₂ ($r=0,968$, $p = 0,000$): Elektrik tüketimi ile CO₂ emisyonları arasında çok güçlü bir pozitif ilişki bulunmaktadır. Bu durum, elektrik tüketimindeki artışların doğrudan CO₂ emisyonlarının artışına yol açtığını göstermektedir ($p<0,01$).

Doğalgaz ve CO₂ ($r=-0,781$, $p=0,003$): Doğalgaz tüketimi CO₂ emisyonları ile negatif ve güçlü bir ilişki bulunmaktadır ve anlamlı bir ilişkiye sahiptir ($p<0,01$). Bu ilişki doğalgaz tüketiminin artışının CO₂ emisyonlarını azalttığını göstermektedir.

Su ve CO₂ ($r=0,499$, $p=0,098$): Su tüketimi CO₂ emisyonları ile orta düzeyde ve pozitif bir ilişki göstermektedir ancak istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu, su tüketiminin CO₂ emisyonları üzerinde dolaylı veya sınırlı bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Elektrik ve Doğalgaz ($r=-0,912$, $p=0,000$): Elektrik ile doğalgaz tüketimi arasındaki negatif ve çok güçlü bir ilişki bulunmaktadır. . Bu durum, bu iki enerji kaynağının birbirini ikame eden kaynaklar olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Elektrik ve Su ($r=0,657$, $p=0,02$): Elektrik ile su tüketimi arasında pozitif ve orta düzeyde bir ilişki vardır ve anlamlıdır ($p<0,05$).

Doğalgaz ve Su ($r=-0,820$, $p=0,001$): Doğalgaz ile su tüketimi arasında güçlü ve negatif bir ilişki vardır ve $p<0,01$ düzeyinde anlamlıdır. Bu durum, doğalgaz tüketimi arttıkça su tüketiminin azaldığını göstermektedir.

Pearson korelasyon analizinden elde edilen bulgular, CO₂ emisyonlarının enerji tüketimiyle olan doğrudan ilişkisini güçlü bir şekilde desteklemektedir. Elektrik tüketimi modelin en etkili değişkeni olarak öne çıkmaktadır. Su tüketimi dolaylı bir ilişki sergilemektedir.

4.3.4. Tesislerin birleşik verileriyle regresyon ve korelasyon analizi

Tüm tesislerin elektrik, su ve doğalgaz tüketim verileri kullanılarak “genel” regresyon ve korelasyon analizleri yapılmıştır. Yapılan regresyon analizinde, modelin R² değeri 0,99974 bulunmuş olup, modelin CO₂ emisyonlarını %99,974 oranında açıkladığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.56). Bu oldukça yüksek bir değer olup, modelin veri setini mükemmel bir şekilde açıklayabildiğini ve bağımsız değişkenlerin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini çok güçlü bir şekilde yansıttığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.56. Model Özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Standart Sapma
1	0,99987 ^a	0,99974	0,99971	6,66056

a. Bağımsız değişkenler: Su, Doğalgaz, Elektrik

ANOVA analizi sonuçları, modelin anlamlı olduğunu ve bağımsız değişkenlerin CO₂ emisyonlarına etkisinin istatistiksel olarak açıkladığını göstermektedir (Çizelge 4.57). F değeri 40516,721 ve p değeri 0,00000 ile bu regresyon modelinin oldukça anlamlı ve güvenilir olduğunu göstermektedir ($p<0,01$). Model, su, elektrik ve doğalgaz tüketimindeki artışların CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini güçlü bir biçimde yansıtmaktadır.

Çizelge 4.57. ANOVA tablosu

ANOVA ^a					
Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (df)	Ortalama Kare	F	Anlamlılık (p)
1 Regresyon	5392334,9	3	1797444,967	40516,721	0,000 ^b
Artık	1419,617	32	44,363		
Toplam	5393754,517	35			

a. Bağımlı değişken: CO₂

b. Bağımsız değişkenler: Su, Doğalgaz, Elektrik

Regresyon katsayıları analizi, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini değerlendirmektedir (Çizelge 4.58). Elektrik tüketimi katsayısı

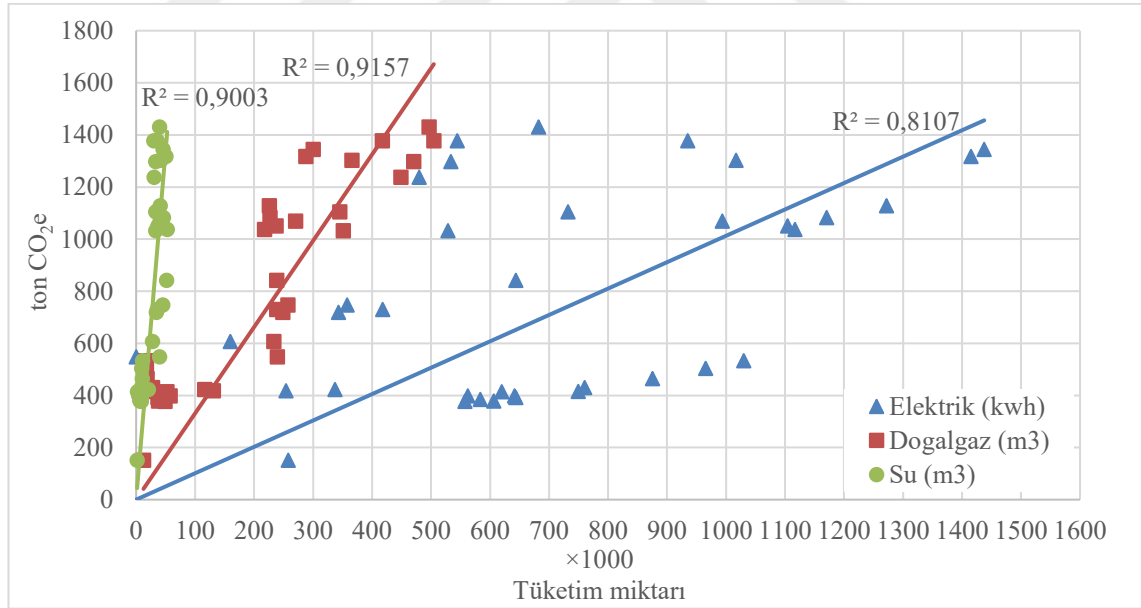
0,00047 bulunmuş olup, elektrik tüketimindeki bir birim artışın CO₂ emisyonlarını 0,00047 birim artırdığını göstermektedir. Doğalgaz tüketiminin katsayısı 0,00219 ile elektrik tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinden daha büyük bir etkiye sahiptir. Su tüketimi katsayısı 0,00031 olup, su tüketimi ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin daha zayıf olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.58. Regresyon katsayıları

Model	Katsayılar ^a			t	Anlamlılık (p)
	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar		
	B	Standart Hata	Beta		
(Sabit)	4,48115	2,85965		1,567	0,127
1 Elektrik	0,00047	0	0,41975	132,766	0
Doğalgaz	0,00219	0,00001	0,8679	193,712	0
Su	0,00031	0,00011	0,01291	2,73	0,01022

a. Bağımlı değişken: CO₂

Şekil 4.12’de verilen grafikte regresyon analizine ilişkin alt kırılımlar, her bir değişkenin CO₂ emisyonlarına olan etkisini göstermektedir.



Şekil 4.12. Bağımsız değişkenlerin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi

Elektrik tüketimi R² değeri 0,8107 ile elektrik tüketiminin CO₂ emisyonlarını % 81,07 oranında açıkladığını göstermektedir. Elektrik tüketimi arttıkça, CO₂ emisyonları önemli ölçüde artacağı görülmektedir. Elektrik tüketimi için B katsayısı 0,00047, elektrik tüketimindeki artışın CO₂ emisyonlarını küçük ama anlamlı bir şekilde artırdığını göstermektedir. R² değeri 0,9157 ile doğalgaz, tüketimi CO₂ emisyonlarını % 91,57 oranında açıklamaktadır. Bu, doğalgaz tüketiminin karbon ayak izine etkisinin yüksek

olduğunu göstermektedir. B katsayısı 0,00219 ile elektrik tüketiminin regresyon katsayısından daha büyüktür, bu da doğalgaz tüketiminin karbon ayak izi üzerinde birim başına daha fazla etkili olduğunu göstermektedir. Su tüketiminin 0,9003 olan R^2 değeri, su tüketiminin CO₂ emisyonlarını % 90,03 oranında açıkladığını göstermektedir. Ancak regresyon katsayısı 0,00031, su tüketiminin doğrudan etkisinin daha düşük olduğunu, dolaylı yollarla önemli bir etki yarattığını göstermektedir. Pearson korelasyon analizi, değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü ve yönünü anlamak için kullanılmıştır. Pearson korelasyon analizi sonuçları Çizelge 4.59’da verilmiştir.

Çizelge 4.59. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

		Elektrik	Doğalgaz	Su	CO ₂
Elektrik	Pearson Korelasyonu (r)	1	0,068	0,328	0,483**
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)		0,692	0,051	0,003
	N	36	36	36	36
Doğalgaz	Pearson Korelasyonu (r)	0,068	1	0,745**	0,906**
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)	0,692		0	0
	N	36	36	36	36
Su	Pearson Korelasyonu (r)	0,328	0,745**	1	0,797**
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)	0,051	0		0
	N	36	36	36	36
CO ₂	Pearson Korelasyonu (r)	0,483**	0,906**	0,797**	1
	Anlamlılık (2-yönlü) (p)	0,003	0	0	
	N	36	36	36	36

** 0,01 düzeyinde (2-yönlü) korelasyon anlamlıdır.

Elektrik ve CO₂ ($r = 0,483$, $p = 0,003$): Elektrik tüketimi ile CO₂ emisyonları arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki bulunmuştur. $r = 0,483$ değeri, elektrik tüketimindeki artışın CO₂ emisyonlarını artırma eğiliminde olduğunu fakat bu etkinin orta derecede olduğunu göstermektedir. p değeri 0,003, bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu doğrulamaktadır.

Doğalgaz ve CO₂ ($r = 0,906$, $p = 0,000$): Doğalgaz ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişki çok güçlü bir pozitif korelasyon göstermektedir. $r = 0,906$ değeri, doğalgaz tüketimindeki artışın CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. p değeri 0,000, bu ilişkinin çok anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Su ve CO₂ ($r = 0,797$, $p = 0,000$): Su tüketimi ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin de güçlü olduğu görülmektedir. $r = 0,797$ değeri, su tüketiminin CO₂ emisyonlarına dolaylı bir etki yaptığını ve güçlü bir ilişki oluşturduğunu göstermektedir. p değeri 0,000, bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmektedir.

Elektrik ve Doğalgaz ($r = 0,068$, $p = 0,692$): Elektrik ve doğalgaz tüketimi arasında çok zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir. Bu düşük korelasyon, bu iki enerji türünün birbirlerinden bağımsız olarak değiştiğini ve birinin artışının diğerini etkileyip etkilemediğinin belirgin olmadığını göstermektedir. p değeri 0,692 ise bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmektedir. Yani, elektrik ve doğalgaz tüketimi arasındaki ilişki tesadüfi olabilir ve modelde bu iki değişkenin birbiriyle güçlü bir etkileşimi olmadığı sonucuna varılabilir.

Elektrik ve Su ($r=0,328$, $p=0,051$): Elektrik ve su tüketimi arasında orta düzeyde bir ilişki vardır. Bu, elektrik ve su tüketiminin birlikte artma eğiliminde olduğunu fakat bu ilişkinin çok güçlü olmadığını ifade etmektedir. p değeri 0,051, bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını sınırda olduğunu göstermektedir. P değeri anlamlılık seviyesi olan 0,05'e çok yakın olduğundan, su ve elektrik tüketiminin daha fazla veri ile güçlü bir ilişki gösterebileceği düşünülmektedir.

Doğalgaz ve Su ($r=0,745$, $p=0,000$): $r=0,745$ değeri, doğalgaz ve su tüketimi arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu göstermektedir. p değeri 0,000, bu ilişkinin istatistiksel olarak çok anlamlı olduğunu ve doğalgaz ve su tüketimi arasında güçlü bir doğrusal ilişki olduğunu ortaya koymaktadır.

Elektrik ve doğalgaz tüketimi arasında çok zayıf bir ilişki bulunurken, su ve doğalgaz tüketimi arasında güçlü bir ilişki vardır. Bu, su kullanımı ve doğalgaz tüketiminin birbirini etkileyebileceği ya da aynı çevresel faktörlerin her ikisini de artırabileceğini gösteriyor olabilir. Elektrik ve su arasında orta düzeyde bir ilişki bulunması, su tüketiminin dolaylı olarak enerji kullanımını etkileyebileceği anlamına gelebilir, ancak bu ilişkinin güçlü olmadığını ve daha fazla veriye ihtiyaç duyulabileceğini göstermektedir.

4.3.5. Regresyon ve korelasyon bulgularının karşılaştırmalı değerlendirilmesi

Tesislerin enerji tüketimi (elektrik ve doğalgaz) ve su kullanımı verilerinin karbon ayak izi (CO_2) ile olan ilişkisini anlamaya yönelik kapsamlı regresyon ve korelasyon analizleri yapılmıştır. Ayrıca, tesis özelinde yapılan analizlere ek olarak, bütün tesislerin verilerinin birleştirilmesiyle oluşturulan “Genel” veri seti üzerinden yapılan analizlerle ortak bir perspektif sunulması amaçlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, hem her bir tesisin “Genel” veri setiyle karşılaştırılması hem de tesislerin kendi aralarındaki farklılıkların öne çıkarılması amaçlanmıştır.

Analiz yapılan tesislerin fiziksel ve operasyonel özellikleri çeşitlilik göstermekte olup, kaynak tüketim desenlerini ve dolayısıyla CO_2 emisyonlarını büyük ölçüde etkilemektedir. Regresyon analizi sonucunda elde edilen katsayılar, bağımsız değişkenlerin R^2 değerleri ve anlamlılık (p) düzeyleri Çizelge 4.60'ta verilmiştir.

Elektrik tüketimi, tüm tesislerde CO_2 emisyonları üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir ($p<0,001$). Tüm tesislerin verilerinin birleştirilmesiyle oluşturulan genel analizde, doğalgazın CO_2 üzerindeki etkisi belirgin şekilde güçlüdür ($R^2=0,9157$, $p<0,001$). Su kullanımı, tesis özelinde yapılan analizlerde genellikle anlamlı bir etki yaratmamışken, “Genel” veri setinde CO_2 üzerinde anlamlı bir etki göstermiştir ($p=0,01$, $R^2=0,9003$).

Tesis özelinde yapılan analizler tesis özellikleri ile birlikte değerlendirildiğinde; Tesis 1, 5 yıldızlı golf oteli olup geniş yeşil alana (78 ha) ve alan bazında diğer tesislerle karşılaştırıldığında düşük geceleme oranına sahiptir (281.176). Özellikle elektrik kullanımının CO_2 üzerindeki etkisi güçlüdür ($R^2=0,8731$), ancak doğalgaz tüketimi CO_2 emisyonlarına en yüksek katkıyı sağlamaktadır ($R^2=0,9669$). Su tüketimi ise CO_2 üzerinde anlamlı bir etki göstermemiştir ($p=0,560$).

Çizelge 4.60. Regresyon analizi ile elde edilen katsayılar, anlamlılık düzeyi ve bağımsız değişkenlerin R^2 değerleri

Tesis	Değişken	Katsayı (B)	Anlamlılık (p)*	R ²	
Tesis 1	Sabit Terim	-20,163000	0,393		
	Elektrik	0,000470	0,000	0,8731	
	Doğalgaz	0,002240	0,000	0,9669	
	Su	0,000450	0,560	0,9704	
Tesis 2	Sabit Terim	-1,096000	0,863		
	Elektrik	0,000487	0,000	0,8551	
	Doğalgaz	0,002235	0,000	0,9315	
	Su	0,000079	0,821	0,9585	
Tesis 3	Sabit Terim	5,606000	0,253		
	Elektrik	0,000480	0,000	0,9888	
	Doğalgaz	0,002130	0,000	0,5800	
	Su	-0,000140	0,365	0,9303	
Genel	Sabit Terim	4,481150	0,127		
	Elektrik	0,000470	0,000	0,8107	
	Doğalgaz	0,002190	0,000	0,9157	
	Su	0,000310	0,010	0,9003	
*p<0,01	Güçlü anlamlılık	0,01≤p≤0,05	Anlamlı	p>0,05	Anlamlı değil

Tesis 2, 5 yıldızlı otel olup, yüksek oda kapasitesi (837) ve en yüksek geceleme oranına sahiptir (442.614). Bu durum, tesisin enerji ve su tüketimini artırmıştır. Elektrik tüketimi, CO₂ emisyonlarına önemli bir katkı yaparken ($R^2= 0,8551$), doğalgaz tüketimi en yüksek katkıyı sağlamaktadır ($R^2= 0,9315$). Su tüketiminin etkisi burada da düşük kalmıştır ($p=0,821$).

Tesis 3, 5 yıldızlı şehir oteli niteliğinde olup, sınırlı bir alana (10 ha) ve düşük yeşil alan oranına sahiptir (3,5 ha). Elektrik tüketimi, CO₂ üzerindeki en güçlü etkiyi yaratmıştır ($R^2= 0,9888$), bu da tesisin enerji yoğun yapısını göstermektedir. Doğalgaz tüketimi ise diğer tesislere kıyasla daha düşük bir katkıya sahiptir ($R^2= 0,580$). Su tüketiminin CO₂ üzerindeki etkisi negatif yönde ancak anlamlı değildir ($p=0,365$).

Pearson korelasyon analizi ile bağımsız değişkenlerin CO₂ ve birbirleriyle olan ilişkileri değerlendirilmiştir. Bağımsız değişkenler ile CO₂ arası korelasyon sonuçları Çizelge 4.61’de verilmiştir. Tesis 3’te elektrik kullanımı ve CO₂ arasında çok güçlü bir pozitif korelasyon bulunmuştur ($r=0,968$, $p<0,001$). Genel veri setinde bu ilişki düşük düzeyde olsa da anlamlıdır ($r=0,483$, $p=0,003$).

Tesis 1 ve Tesis 2’de doğalgazın CO₂ üzerindeki etkisi belirgin şekilde güçlüdür ($p<0,001$). Doğalgaz kullanımı, genel veri setinde en güçlü korelasyona sahiptir ($r=0,906$, $p<0,001$). Su kullanımı, tesis özelinde yapılan analizlerde anlamlı bir ilişki göstermemiştir. Ancak, genel veri setinde su tüketiminin CO₂ üzerindeki etkisi anlamlıdır ($p=0,010$, $R^2=0,9003$), bu da genel değerlendirmenin önemini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.61. Bağımsız değişkenler ile CO₂ arasındaki korelasyon sonuçları

Tesis	Bağımsız Değişken	CO ₂		İlişki
		r	p	
Tesis 1	Elektrik	0,085	0,794	$r > 0,7$ Güçlü ve pozitif
	Doğalgaz	0,624	0,030	$0,3 \leq r \leq 0,7$ Orta ve pozitif
	Su	0,195	0,545	$r < 0,3$ Zayıf ve pozitif
Tesis 2	Elektrik	0,837	0,001	$r > -0,3$ Zayıf ve negatif
	Doğalgaz	0,727	0,007	$-0,7 \leq r \leq -0,3$ Orta ve negatif
	Su	0,863	0,000	$r < -0,7$ Güçlü ve negatif
Tesis 3	Elektrik	0,968	0,000	Anlamlılık
	Doğalgaz	-0,781	0,003	
	Su	0,499	0,098	
Genel	Elektrik	0,483	0,003	$p < 0,01$ Güçlü Anlamlılık
	Doğalgaz	0,906	0,000	$0,01 \leq p \leq 0,05$ Anlamlı
	Su	0,797	0,000	$p > 0,05$ Anlamlı Değil

Bağımsız değişkenler arası korelasyon sonuçları Çizelge 4.62’de verilmiştir. Tesis 1’de elektrik ve su kullanımı arasında güçlü bir pozitif korelasyon ($r=0,894$, $p<0,001$) bulunurken, Tesis 3’te doğalgaz ve su kullanımı arasında negatif bir korelasyon ($r=-0,820$, $p=0,001$) gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.62. Bağımsız değişkenlerin birbiriyle korelasyon sonuçları

Tesis	Bağımsız Değişken	Bağımsız Değişken	r	p	İlişki
Tesis 1	Elektrik	Doğalgaz	-0,725	0,008	$r > 0,7$ Güçlü ve pozitif
	Elektrik	Su	0,894	0,000	$0,3 \leq r \leq 0,7$ Orta ve pozitif
	Doğalgaz	Su	-0,569	0,054	$r < 0,3$ Zayıf ve pozitif
Tesis 2	Elektrik	Doğalgaz	0,234	0,465	$r > -0,3$ Zayıf ve negatif
	Elektrik	Su	0,539	0,070	$-0,7 \leq r \leq -0,3$ Orta ve negatif
	Doğalgaz	Su	0,856	0,000	$r < -0,7$ Güçlü ve negatif
Tesis 3	Elektrik	Doğalgaz	-0,912	0,000	Anlamlılık
	Elektrik	Su	0,657	0,020	
	Doğalgaz	Su	-0,820	0,001	
Genel	Elektrik	Doğalgaz	0,068	0,692	$p < 0,01$ Güçlü Anlamlılık
	Elektrik	Su	0,328	0,051	$0,01 \leq p \leq 0,05$ Anlamlı
	Doğalgaz	Su	0,745	0,000	$p > 0,05$ Anlamlı Değil

“Genel” veri seti analizleri, tesis özelinde yapılan analizler ile karşılaştırıldığında, enerji ve su tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini daha dengeli bir şekilde göstermektedir. Elektrik ve doğalgaz tüketiminin CO₂ emisyonlarına olan etkisi, tesis özelinde yapılan analizlerde gözlemlenen trendlerle uyumludur. Tesis özelinde yapılan analizler karşılaştırıldığında; Tesis 3, elektrik tüketimiyle CO₂ emisyonlarına en fazla

katkıyı sağlarken, doğalgaz kullanımıyla bu ilişki daha zayıf kalmıştır. Tesis 1 ve Tesis 2, doğalgaz tüketimiyle CO₂ arasında güçlü ilişkilere sahiptir, bu da bu tesislerde doğalgazın yönetim stratejilerindeki kritik rolünü işaret etmektedir.

Genel anlamda neden sonuç ilişkileri tesis özellikleri ile birlikte değerlendirildiğinde;

Tesis 1'in geniş yeşil alanı, enerji tüketim desenlerini dolaylı olarak etkilemiştir. Diğer tesislerin alanlarına göre sahip olduğu düşük geceleme oranı ile birlikte değerlendirildiğinde, tesisin toplam enerji ve su tüketiminin görece düşük olduğu ve bu durumun CO₂ emisyonlarına yansıdığı gözlemlenmiştir. Tesis 3'ün sınırlı yeşil alanı ve şehir oteli yapısı, elektrik tüketiminde yoğunlaşmaya ve CO₂ emisyonlarının artmasına neden olmuştur. Tesis 2, en yüksek oda kapasitesi ve geceleme oranına sahip olmasına rağmen, elektrik ve doğalgaz kullanımının verimliliği sayesinde CO₂ emisyonlarını görece dengede tutmayı başarmıştır.

Elektirik tüketimi ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin Tesis 3'te en güçlü olduğu gözlemlenmiştir ($R^2=0,9888$). Bu, tesisin operasyonel yapısının elektrik tüketimi yoğunluğunu ortaya koymaktadır. Genel veri setinde elektrik tüketimi ile CO₂ arasındaki ilişki anlamlı ancak daha düşük bir seviyededir ($R^2=0,8107$). Doğalgaz tüketimi, Tesis 1 ve Tesis 2'de CO₂ emisyonlarına en yüksek katkıyı sağlamıştır. Bu durum, her iki tesisin doğalgazı daha yoğun bir şekilde kullanmasından kaynaklanmaktadır. Genel veri setinde doğalgazın CO₂ üzerindeki etkisi belirgin şekilde güçlüdür ($R^2=0,9157$, $p<0,001$), bu da doğalgaz tüketimi yönetiminin önemini vurgulamaktadır. Su tüketiminin CO₂ üzerindeki etkisi tesis özelinde yapılan analizlerde anlamlı bulunmamışken, genel veri setinde bu ilişkinin anlamlı hale gelmesi ($p=0,010$, $R^2=0,9003$), toplu değerlendirmenin avantajını göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada veri temin edilebilen tüm envantere bağlı karbon ayak izi değerleri Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için sırasıyla 108,1 kg CO₂e/geceleme, 49,7 kg CO₂e/geceleme ve 23,2 kg CO₂e/geceleme olarak hesaplanmıştır. Turizm konaklama tesislerinden özellikle dolaylı emisyon kaynaklarının tamamından aynı şekilde veri temin edilememesinden dolayı emisyon değerlerinde büyük farklılıklar görülmektedir. Tüm tesislerden veri temin edilebilen doğrudan emisyon kaynakları olarak ifade edilen Kategori 1 kendi içerisinde değerlendirildiğinde sabit yakma kaynaklı emisyonların (Kategori 1.1) Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3 için sırası ile % 82, % 69 ve % 78 ile en büyük paya sahip olduğu görülmektedir. Bunu sızıntı ve kaçak kaynaklı Kategori 1.4 emisyonları izlemektedir.

5 yıldızlı konaklama tesislerinde eş kategorilere ait envantere bağlı karbon ayak izi değeri geceleme başına 23,14 kg CO₂e/geceleme-62,21 kg CO₂e/geceleme aralığında hesaplanmıştır. Aynı tip olarak sınıflandırılrsa dahi konaklama tesislerin kendi içerisindeki yapısal ve operasyonel farklılıklarına bağlı olarak bu değerlerin oldukça değişme eğiliminde olduğu görülmektedir. Oda kapasitesi ve geceleme sayılarında önemli farklılıklar olsa da yeşil alan büyüklükleri açısından benzer özellik gösteren Tesis 2 ve Tesis 3’de eş kategoriler için karbon ayak izi değerleri sırasıyla 26,98 CO₂e/geceleme ve 23,14 CO₂e/geceleme olarak hesaplanmıştır. İki tesisin yeşil alan büyüklüğünün benzerliği üzerinden yola çıkarak bu çalışma kapsamında değerlendirilen 5 yıldızlı oteller için karbon ayak izi ortalaması 25,06 kg CO₂e/geceleme olarak belirtilebilir. Ancak golf otellerinde durumun oldukça farklı olabileceği görülmektedir. Bir golf oteli olan Tesis 1 hem su ayak izi hem de karbon ayak izi için elde edilen değerlerle yeşil alan büyüklüğünün enerji ve su tüketimine olan etkisini önemli bir şekilde göstermektedir.

Akdeniz bölgesinde yer alan ülke/bölgelerde yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde, bu çalışmada 5 yıldızlı oteller için elde edilen ortalama 25,06 kg CO₂e/geceleme değeri her ne kadar literatür ile benzerlik gösterse de tesislerin temin ettiği ürünlerin imalatı, tesise taşınması ve misafirlerin ulaşımıyla ilişkili emisyonların hesaplamalara dahil edilmesi ile birlikte gerçekte elde edilecek karbon ayak izi değerlerinin oldukça farklılık göstereceği düşünülmektedir. Ürün tedariklerini içeren hesaplamaların yapıldığı Tesis 1 ve Tesis 2’de tedarik edilen ürünlerin imalatı ile ilişkili emisyonların hesaplanabilen tüm envantere bağlı elde edilen karbon ayak izi değerindeki payı sırası ile % 36,8 ve % 41,3 olarak bulunmuştur. Bu durum aslında dolaylı emisyon hesaplamalarında tedarik zincirinin ne kadar önemli bir etken olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada ISO 14046 standardı kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde Tesis 1 için su ayak izi değeri 5.262,1 L/geceleme, Tesis 3’ün toplam su ayak izi değeri 992,8 L/geceleme olarak hesaplanmıştır. Tesis 1’in geceleme başı su ayak izi değeri Tesis 3’ün yaklaşık 5,3 katıdır. Tesis 1’in mavi su ayak izi değeri Tesis 3’ün yaklaşık 4 katı, yeşil su ayak izi değeri 18,7 katı, gri su ayak izi değeri ise 1,7 katıdır. Tesis 1’in mavi ve yeşil su ayak izinin yeşil alan büyüklüğüyle doğrudan bağlantılı olduğu görülmektedir. Benzer yeşil alan büyüklüklerine sahip iki aynı tip tesiste tedarik edilen ürünlerden kaynaklı su ayak izi hem ürünün tedarik edildiği bölgeye hem de miktarına göre büyük farklılıklar oluşturabilir. Tedarik zincirinin de dahil edilmesi ile birlikte özellikle mavi ve yeşil su ayak izindeki dağılımın değişkenlik gösterebileceği düşünülmektedir. Bu durum tüm su ayak izi bileşenlerinin toplamdaki dağılımını etkileyecektir. ISO 14046 standardı

her ne kadar su ayak izi değerlerinin hesaplanmasında yol gösterici bir kılavuz olarak kullanılsa da mevcutta dolaylı su tüketimini göstermekte zayıf kaldığı düşünülmektedir. Tüm tedarik zinciri boyunca ölçülen, ürünü veya hizmeti üretmek/sunmak için kullanılan tatlı su hacmini gösteren su ayak izi kavramının daha efektif olarak kullanılması ve daha iyi karşılaştırılabilir veriler sunması için ISO 14046 standardının tedarik zincirini ve enerji tüketimini de hesaba katacak şekilde geliştirilmesi ve iyileştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Tesislerin yeşil alan varlığı her ne kadar sürdürülebilirlik çalışmaları ve çevresel faydaları ile ön plana çıksa da karbon ayak izi ve su ayak izi değerlerinin düşürülmesi için, bu alanların bakım faaliyetlerinde enerji ve su yoğun kullanımlarının önüne geçilmesi gerektiği görülmektedir. İklim koşullarına uygun ve su ihtiyacı düşük bitki deseni seçilmesi, sulama sistemlerinde verimliliğin artırılması ile su ayak izi değerlerinin düşürülmesi planlanmalıdır. Aynı zamanda saha bakım faaliyetlerinde kullanılan enerji miktarlarının düşürülmesi, saha aydınlatmalarına bağlı enerji tüketiminin azaltılması için güneş enerjisi ile çalışan bakım araçlarının ve aydınlatma sistemlerinin kullanılması sürdürülebilirlik çalışmalarına dahil edilmelidir.

Yapılan regresyon ve korelasyon analizleri sonucunda elde edilen sonuçlar tesis özelliklerinin enerji ve su tüketimi üzerindeki dolaylı etkilerini ve bu tüketim desenlerinin CO₂ emisyonlarına nasıl yansıdığını göstermektedir. Elektrik tüketiminde verimliliği artıracak ve yenilenebilir enerji kullanımını teşvik edecek stratejilerin, CO₂ emisyonlarını azaltmada kritik rol oynayacağı düşünülmektedir. Doğalgaz tüketimi, özellikle Tesis 1 ve Tesis 2'de CO₂ emisyonlarının ana belirleyicisidir. Tesislerin enerji kullanım desenine göre kaynak kullanımını optimize edilmesi için tesislerin kendi içerisinde de politikalar geliştirmesi gerektiği düşünülmektedir. Su tüketiminin CO₂ üzerindeki etkisi tesislerin özelinde düşük olmasına rağmen, genel analizler bu ilişkiyi ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, su yönetimine yönelik entegre stratejiler geliştirilmeli, böylece su kaynaklarına olan baskının azaltılması sağlanmalı, hem su ayak izi hem de karbon ayak izi değerlerinin düşürülmesi amaçlanmalıdır. Sonuç olarak, tesislerin çevresel etkilerini minimize etmek ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için fiziksel ve operasyonel özelliklerin enerji ve su tüketimi üzerindeki etkileri dikkate alınmalıdır. Yapılan regresyon ve korelasyon analizleri, sürdürülebilirlik politikaları oluştururken kapsamlı ve bütüncül yaklaşımların önemini vurgulamaktadır.

Hem karbon ayak izi hem su ayak izi için yapılan hesaplamalarda tedarik zinciri, ulaşım ve enerji teminine bağlı ayak izi değerlerinin hesaplanmasının toplam ayak izini ne kadar önemli ölçüde etkilediği yapılan çalışma ile ortaya konulmuştur. Bu çalışma literatürde yapılan çalışmalar ile birlikte değerlendirildiğinde ayak izi değerlerinin bölgesel, iklimsel, tesis tipi, operasyonel farklılıklar, envanter içeriği ve hesaplamalarda kullanılan katsayılar ile ne kadar farklılık gösterebileceği görülmektedir.

Yapılan bu çalışmada karşılaşılan en büyük zorluklardan birisi karbon ayak izi hesaplanması için gereken envanter kayıtlarına ulaşılması olmuştur. Turizm konaklama tesislerinde hem doğrudan hem de dolaylı karbon ayak izinin birlikte değerlendirilebilmesi için tesislerin envanter kayıtlarının hesaplama yöntemlerine entegre edilmesi gerekmektedir. Temin edilen envantere göre kullanılan emisyon faktörleri ve hesaplama yöntemleri değişiklik gösterebilmektedir. Bu durum hesaplanan emisyon

değerlerinde farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Emisyon faktörlerinin standardize edilmesinin karşılaştırılabilir verilerin ve hesaplama sonuçlarının elde edilmesi için oldukça önemli olduğu görülmektedir. Sürdürülebilir turizm politikalarının uygulanabilmesi, bu kapsamda oluşturulacak ve geliştirilecek politikaların belirlenebilmesi için standardize edilmiş izleme sistemlerinin kurulması gerekmektedir. Ülkemizde sürdürülebilirlik ile ilgili bazı çalışmalar yapılmakta olsa da, sadece izlemeyi değil, tesislerin karşılaştırılabilir veriler elde etmesi sağlanmalı ve buna yönelik çalışmalara ağırlık verilmelidir.



6. KAYNAKLAR

- Anonim 1: <https://yigm.ktb.gov.tr/TR-201140/yillik-istatistikler.html> [Son erişim tarihi: 02.11.2024]
- Anonim 2: <https://yigm.ktb.gov.tr/TR-201126/yillik-bultenler.html> [Son erişim tarihi: 02.11.2024]
- Anonim 3: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> [Son erişim tarihi: 10.11.2024]
- Anonim 4: <https://yigm.ktb.gov.tr/TR-258193/2020.html> [Son erişim tarihi: 10.11.2024]
- Anonim 5: <https://yigm.ktb.gov.tr/TR-311438/2022.html> [Son erişim tarihi: 10.11.2024]
- Anonim 6: <https://yigm.ktb.gov.tr/TR-339337/2023.html> [Son erişim tarihi: 10.11.2024]
- Anonim 7: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ANTALYA> [Son erişim tarihi: 10.11.2024]
- Anonim 8: <https://portal.enerya.com.tr/OrtalamaIsilDegerKKatsayisi/index.xhtml?city=07> [Son erişim tarihi: 07.06.2024]
- Anonymous 1: IPCC. <https://www.ipcc.ch/> [Son erişim tarihi: 20.07.2023]
- Anonymous 2: Carbon Footprint Factsheet. <https://css.umich.edu/publications/factsheets/sustainability-indicators/carbon-footprint-factsheet> [Son erişim tarihi: 20.06.2024]
- Anonymous 3: Air Miles Calculator. <https://www.airmilescalculator.com/> [Son erişim tarihi: 04.04.2024]
- ASAT. 2014. Atıksuların kanalizasyon şebekesine deşarj yönetmeliğı.
- Becken, S. 2014. Water equity – contrasting tourism water use with that of the local community. *Water Resources and Industry*, 7-8: 9-22.
- Campos, C., Dias, A. C., Quinteiro, P., Gutiérrez, D., Villanueva-Rey, P., Gallego, M., Oliveira, S., Laso, J., Albertí, J., Bala, A., Fullana-i-Palmer, P., Melón, L., Fullana, M., Sazdovski, I., Roca, M., Xifre, R., Margallo, M. ve Aldaco, R. 2024a. Assessing the environmental impacts of three different types of accommodations in Portugal and Spain by using an LCA approach. *Science of the Total Environment*, 927: 12.
- Campos, C., Gutiérrez, D., Dias, A. C., Quinteiro, P., Herrero, A., Gallego, M., Villanueva-Rey, P., Laso, J., Albertí, J., Fullana-i-Palmer, P., Bala, A., Melón, L., Fullana, M., Sazdovski, I., Roca, M., Xifré, R., Margallo, M. ve Aldaco, R. 2024b. 'Small-scale' tourism versus traditional tourism: Which will be the new key to achieve the desired sustainable tourism? *Science of the Total Environment*, 912: 11.
- Campos, C., Laso, J., Cristóbal, J., Albertí, J., Bala, A., Fullana, M., Fullana-i-Palmer, P., Margallo, M. ve Aldaco, R. 2022. Towards more sustainable tourism under a carbon footprint approach: The Camino Lebaniego case study. *Journal of Cleaner Production*, 369 (2022) 133222.

- Cazcarro, I., Hoekstra, A. Y. ve Chóliz, J. S. 2014. The water footprint of tourism in Spain. *Tourism Management*, 40: 90-101.
- Chapagain, A. K. ve Hoekstra, A. Y. 2004. Water footprints of nations. Delft, The Netherlands.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. 2024. Türkiye elektrik üretimi ve elektrik tüketim noktası emisyon faktörleri bilgi formu.
- EPA. 2016. U.S. Environmental Protection Agency. Significant New Alternatives Policy. Transitioning to low-GWP alternatives in domestic refrigeration.
- EPA. 2021. U.S. Environmental Protection Agency. Supply chain greenhouse gas emission factors (v1.2): CO₂e per USD for 2017 NAICS Titles.,
- Falkenmark, M. 2003. Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges. *The Royal Society*: 2037-2049.
- Filimonau, V., Dickinson, J., Robbins, D. ve Huijbregts, M. A. J. 2011. Reviewing the carbon footprint analysis of hotels: Life cycle energy analysis (LCEA) as a holistic method for carbon impact appraisal of tourist accommodation. *Journal of Cleaner Production*, 19: 1917-1930.
- Filimonau, V., Santa Rosa, M., Franca, L. S., Creus, A. C., Ribeiro, G. M., Molnarova, J., Piumatti, R. G., Valsasina, L. ve Safaei, A. 2021. Environmental and carbon footprint of tourist accommodation: A comparative study of popular hotel categories in Brazil and Peru. *Journal of Cleaner Production*, 328(2021): 12.
- Gössling, S. 2001. The consequences of tourism for sustainable water use on a tropical island: Zanzibar. *Journal of Environmental Management*, 61: 179-191.
- Gössling, S. 2015. New performance indicators for water management in tourism. *Tourism Management*, 46: 233-244.
- Gössling, S., Peeters, P., Hall, C. M., Ceron, J., Dubois, G. ve Scott, D. 2012. Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review. *Tourism Management*, 33: 1-15.
- Hadjikakou, M., Chenoweth, J. ve Miller, G. 2013. Estimating the direct and indirect water use of tourism in the eastern mediterranean. *Journal of Environmental Management*, 114: 548-556.
- Hoekstra, A. Y. ve Chapagain, A. K. 2008. Globalization of Water. Sharing The Planet's Freshwater Resources. Blackwell Publishing
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. ve Mekonnen, M. M. 2009. Water footprint manual, state of the art 2009. Enschede, The Netherlands.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. ve Mekonnen, M. M. 2011. The water footprint assessment manual, setting the global standard. Earthscan, London, Washington.
- Hof, A. ve Schmitt, T. 2011. Urban and tourist land use patterns and water consumption: Evidence from mallorca, balearic islands. *Land Use Policy*, 28: 792-804.
- Hu, A. H., Huang, C. Y., Chen, C. F., Kuo, C. H. ve Hsu, C. W. 2015. Assessing carbon footprint in the life cycle of accommodation services: the case of an international

tourist hotel. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 22: 313-323.

International Organization for Standardization. 2014. Environmental management – Water footprint – Principles, requirements and guidelines (ISO 14046:2014).

International Organization for Standardization. 2018. ISO 14064-1: Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals (2nd ed.). Geneva, Switzerland.

IPCC. 2006a. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, Chapter 1: Introduction Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.

IPCC. 2006b. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, Chapter 2: Stationary combustion Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.

IPCC. 2006c. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, Chapter 3: Mobile Combustion Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.

IPCC. 2006d. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3: Industrial processes and product use, Chapter 7: Emissions of fluorinated substitutes for ozone depleting substances Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.

IPCC. 2006e. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3: Industrial processes and product use, Chapter 8: Other product manufacture and use Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.

IPCC. 2006f. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, forestry and other land use, Chapter 11: N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.

IPCC. 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge, UK and New York, USA.

IPCC. 2021a. AR6 WGI Chapter 7 supplementary material.

IPCC. 2021b. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel

- on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. . C. U. Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kitamura, Y., Ichisugi, Y., Karkour, S. ve Itsubo, N. 2020. Carbon footprint evaluation based on tourist consumption toward sustainable tourism in Japan. *Sustainability*, 12: 23.
- Koiwanit, J. ve Filimonau, V. 2021. Carbon footprint assessment of home-stays in Thailand. *Resources, Conservation & Recycling*, 164: 105123.
- Kuo, N. W., Lin, C. Y., Chen, P. H. ve Chen, Y. W. 2012. An inventory of the energy use and carbon dioxide emissions from island tourism based on a life cycle assessment approach. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 31: 459-465.
- Lee, L.-C., Wang, Y. ve Zuo, J. 2021. The nexus of water-energy-food in China's tourism industry. *Resources, Conservation & Recycling*, 164.
- Li, Y. ve Zhang, L. 2020. Ecological efficiency management of tourism scenic spots based on carbon footprint analysis. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 15: 550-554.
- Mert, M. 2016. SPSS, STATA Yatay Kesit Veri Analizi Bilgisayar Uygulamaları. Detay Yayıncılık, Ankara
- MGM. 2015. Yeni senaryolar ile Türkiye iklim projeksiyonları ve iklim değişikliği. Ankara.
- Michailidou, A. V., Vlachokostas, C., Moussiopoulos, N. ve Maleka, D. 2016. Life cycle thinking used for assessing the environmental impacts of tourism activity for a Greek tourism destination. *Journal of Cleaner Production*, 111: 499–510.
- Perez, F., Chinarro, D., Mouhaffel, A., Martin, R. ve Otin, M. 2019. Comparative study of carbon footprint of energy and water in hotels of Canary Islands regarding mainland Spain. *Environment Development And Sustainability*, 21: 1763-1780.
- Puig, R., Kilic, E., Navarro, A., Alberti, J., Chacon, L. ve Fullana-I-Palmer, P. 2017. Inventory analysis and carbon footprint of coastland-hotel services: A Spanish case study. *Science of the Total Environment*, 595: 244-254.
- Rico-Amoros, A. M., Olcina-Cantos, J. ve Saurí, D. 2009. Tourist land use patterns and water demand: Evidence from the western mediterranean. *Land Use Policy*, 26: 493-501.
- Rico, A., Martinez-Blanco, J., Montlleo, M., Rodriguez, G., Tavares, N., Arias, A. ve Oliver-Sola, J. 2019. Carbon footprint of tourism in Barcelona. *Tourism Management*, 70: 491-504.
- Rico, A., Olcina, J., Baños, C., Garcia, X. ve Sauri, D. 2020. Declining water consumption in the hotel industry of mass tourism resorts: contrasting evidence for Benidorm, Spain. *Current Issues in Tourism*, 23: 770–783.

- Sakcharoen, T., Niyommaneerat, W. ve Silalertruksa, T. 2024. Towards low-carbon travel trips through carbon footprint: A case study of marine tourism in Sichang Island, Thailand. *Cleaner Engineering and Technology*, 23: 11.
- Schachtschneider, K. 2002. Building new WDM regulations for the namibian tourism sector on factors influencing current water-management practices at the enterprise level. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27: 859-864.
- SPSS. 2023. Pearson correlation (bivariate correlations algorithms).
- Styles, D., Schoenberger, H. ve Galvez-Martos, J. L. 2015. Water management in the european hospitality sector: Best practice, performance benchmarks and improvement potential. *Tourism Management*, 46: 187-202.
- Şahin, H. (2018). Su ayak izi kavramının sürdürülebilir su yönetimi çalışmalarında kullanılması. Yüksek lisans tezi. Akdeniz Üniversitesi, 173 s.
- Şahin, H., Topkaya, B. ve Civelekoğlu, G. 2024. Antalya Bölgesindeki Konaklama Tesislerinde Doğrudan Su Kullanımının İncelenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 12(1): 217–229.
- Tortella, B. D. ve Tirado, D. 2011. Hotel water consumption at a seasonal mass tourist destination. The case of the Island of Mallorca. *Journal of Environmental Management*, 92: 2568-2579.
- Tsutsumi, A., Furukawa, R., Kitamura, Y. ve Itsubo, N. 2024. G20 Tourism carbon footprint and COVID-19 impact. *Sustainability*, 16(5): 43.
- TUSİAD. 2012. Sürdürülebilir Turizm. TUSİAD-T/2012-09/531, İstanbul.
- UK Government. 2023a. Greenhouse gas reporting: Conversion factors 2023: full set, freighting goods.
- UK Government. 2023b. Greenhouse gas reporting: Conversion factors 2023: full set, passenger vehicles.
- UK Government. 2023c. Greenhouse gas reporting: Conversion factors 2023: full set, business travel-air.
- UK Government. 2023d. Greenhouse gas reporting: Conversion factors 2023: full set, waste disposal.
- UK Government. 2023e. Greenhouse gas reporting: Conversion factors 2023: full set, water supply.
- Warnken, J., Bradley, M. ve Guilding, C. 2005. Eco-Resorts vs. mainstream accommodation providers: An investigation of the viability of benchmarking environmental performance. *Tourism Management*, 26: 367-379.
- WEF. 2013. The travel & tourism competitiveness report. Geneva.
- WEF. 2015. The Travel & Tourism Competitiveness Report. Geneva.
- WEF. 2017. The travel & tourism competitiveness report. Geneva.
- WEF. 2019. The travel & tourism competitiveness report. Geneva.
- WTTC. 2021. A net zero roadmap for travel & tourism proposing a new target framework for the travel & tourism sector. London.

- Yang, M., Hens, L., De Wulf, R. ve Ou, X. 2011. Measuring tourist's water footprint in a mountain destination of northwest Yunnan, China. *Journal of Mountain Science*, 8: 682-693.
- Yoon, H., Sauri, D. ve Rico, A. 2022. The water-energy nexus in hotels and tereational activities of a mass tourism resort: The case of Benidorm. *Current Issues in Tourism*, 25(24): 592-610.



ÖZGEÇMİŞ

Handan ŞAHİN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2018-2025	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans 2011-2018	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2005-2010	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Çevre Yüksek Mühendisi 2022-Devam Ediyor	Noventech Çevre Teknolojileri AR-GE ve Danışmanlık Ltd. Şti.
---	--

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Şahin, H., Topkaya, B., Civelekoğlu, G. 2024. Antalya Bölgesindeki Konaklama Tesislerinde Doğrudan Su Kullanımının İncelenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 12(1): 217-229

2- Yilmaz, U. O., Kaya, G., Sahin, H., Meon, G., Topkaya, B. 2017. Coping with Water Scarcity in Mena Region: Contribution of the Academic World. Fresenius Environmental Bulletin, 26(1): 439-444.

3- Şahin, H., Atabarut, T., Topkaya, B. 2014. Water Footprint as Desicion Support Tool for Sustainable Water Management in the Mediterranean Region. Fresenius Environmental Bulletin, 23(12a): 3123-3130.

4- Atabarut, T., Şahin, H., Topkaya, B. 2014. Water Resources in the Middle East: Proposals for Sustainable Development of the Region. Fresenius Environmental Bulletin, 23(12): 3077-3083.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Şahin, H., Karadirek, İ.E., Topkaya B. 2018. Maintaining Agricultural Water Security in MENA Region. Water Perspectives in Emerging Countries - Water Scarcity: Risks and Solutions, 24-27 April, pp.12-23, Susa, Tunusia.

2- Şahin, H., Topkaya B. 2017. Integrated Management of Water Resources in Transboundary, Euphrates-Tigris (ET) Basin. Water Perspectives in Emerging Countries - Water Use in MENA Countries 2017, 3-8 November, pp. 50-60, Marrakech, Morocco.

3- Şahin, H., Topkaya B. 2017. Proposals for Good Governance of Water Resources in Mediterranean Sea Basin - Response of The Scientific World. Proceedings of the Regional Workshop - Solutions to Water Challenges in MENA Region. 25-30 April, pp. 2-9, Cairo, Egypt.