

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YÜKSEK HIZLI TREN KAYNAKLI (YHT) TOPLU TAŞIMA KARBON AYAK İZİ
KESTİRİMİ; BİLECİK YHT GARI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURAK KARSLI

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. HASAN YAMIK

BİLECİK, 2025

10692439

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YÜKSEK HIZLI TREN KAYNAKLI (YHT) TOPLU TAŞIMA KARBON AYAK İZİ
KESTİRİMİ; BİLECİK YHT GARI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURAK KARSLI

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. HASAN YAMIK

BİLECİK, 2025

1069243

BEYAN

Yüksek Hızlı Tren Kaynaklı (Yht) Toplu Taşıma Karbon Ayak İzi Kestirimi; Bilecik Yht Garı Örneği adlı yüksek lisans hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.		
DESTEK ALINMIŞTIR	<input type="checkbox"/>	DESTEK ALINMAMIŞTIR
X		
Destek alındı ise;		
Destekleyen kurum;		
Desteğin Türü	Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)		
2- TÜBİTAK		
Diğer;.....		
ETİK KURUL onayı var ise;		
ETİK KURUL karar tarih/sayı:/.....	

BURAK KARSLI

Tarih

.../.../ 2025

İmza

ÖNSÖZ

“Bilecik Yüksek Hızlı Tren Garı Kaynaklı Toplu Taşıma Karbon Ayak İzi Kestirimi” isimli Yüksek Lisans tez çalışmamda, konu tespitinden kaynakça kısmına dek desteğini, değerlendirmelerini ve katkılarını esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Hasan YAMIK’a teşekkürü borç bilirim. Kıymetli tavsiyeleri ile tezime son şekli vermeme yardımında bulunan Prof. Dr. Ahmet Fevzi SAVAŞ’a ve Prof. Dr. Can HAŞİMOĞLU’na şükranlarımı sunarım.

Bilecik YHT Garına ait ihtiyacım olan verileri tarafımla paylaşan Yücel ERÖZ’e ve Bakım Müdürüm Serdar CEYLAN’a, hem yüksek lisansın ders aşaması hemde tez aşamasında beni destekleyen annem ve babama bir de bu süreçlerin tamamında beni yalnız bırakmayan dünyevi diğer yüklerimi taşımama yardımcı olan destekleyen sevgili eşim Zeynep KARSLI ile oğullarım Furkan Ömer ve Ali’ye teşekkür ederim.

BURAK KARSLI

2025

ÖZET

YÜKSEK HIZLI TREN KAYNAKLI (YHT) TOPLU TAŞIMA KARBON AYAK İZİ KESTİRİMİ; BİLECİK YHT GARI ÖRNEĞİ

Demiryolu ulaşımının, Sanayi Devrimi sonrasında Buharlı Lokomotifler ile toplu ulaşımın bir parçası olması akabinde, fosil yakıt kullanımının gelişen teknoloji ile birlikte yerini önce dizel lokomotiflere şimdilerdeyse yerini Katener (Elektrik) hatlı ve Sinyalli yolların yapımıyla Elektrikli setler almıştır. Ülkemiz özelinde kullanımı, farklı hat güzergahları ve de aktarma olanakları gün geçtikçe artan gerek hızı gerekse kullanılan tren setlerinin (vagonlarının) ergonomik olması, gibi avantajları sebebiyle de tercih edilirliliği artmakta olan Yüksek Hızlı Tren hatları ilk olarak Ankara – Eskişehir hat kesiminde kullanıma açılmıştır. Ankara – İstanbul Yüksek Hızlı Tren hattı ise ülkemizde yapımına başlanana II. Güzergâh olmuştur. Güzergaha ait imalatları, İnönü- Köseköy (II. Etap) projesi kapsamında, Bilecik ili özelinde yatırım ve yapım işlerinin tamamlanması sonrasında mevcut şehirlerarası yolcu taşımacılığı yöntemlerine alternatif olan projenin, Bilecik ilinde imalatı yapılan, Bilecik Yüksek Hızlı Tren Garı irdelenmiştir. Demiryolu ulaşımının çevreci boyutunun incelenmesinden sonra, Bilecik ilinde kurulu bulunan Yüksek Hızlı Tren garında, mevcut idari, teknik ve hizmetli personelin yanı sıra yolcu sayısı kaynaklı Hızlı Tren Garında meydana gelen Karbon Emisyonları, IPCC (Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli), TS EN IS 14064, yaklaşımları da irdelendikten sonra, GHG (Sera Gazı Protokolü) kapsamında hesaplanmıştır. GHG Metodolojisi Scope(Kapsam) 1, Scope II ve Scope III – Ulaştırma kaynaklı emisyonlar hesaplanmıştır. 2022 yılı Ocak – Aralık dönemindeki toplam Karbon Ayak İzi, 740,68 tonCO_{2e}, yolcu başına oranı; 3,35 kişi kg CO_{2e}, 2023 yılı Ocak – Aralık dönemindeki toplam Karbon Ayak İzi, 768,02 tonCO_{2e} toplam emisyonun yolcu başına oranı; 2,89 kişi kg CO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Scope III kapsamında yıldan yıla (Ocak – Ağustos Dönemi İçin) yolcu kaynaklı oluşan dolaylı emisyonların oranları ise 2024 yılında %27 – 2023 yılında %23 – 2022 yılında %19 olarak değişim göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Hızlı Tren, Tren Garı, Karbon ayak izi, Karbon Emisyonları, GHG Metodolojisi

ABSTRACT

HIGH-SPEED TRAIN (HST) PUBLIC TRANSPORT CARBON FOOTPRINT ESTIMATION; THE CASE OF BİLECİK HST STATION

Railway transportation became a part of public transportation with Steam Locomotives after the Industrial Revolution, Due to developing technology, use of fossil fuels was reduced, Firstly it was replaced by diesel locomotives. Secondly replaced by Electric Sets with the construction of Catenary (Electric) lines and Signal roads High Speed Train lines were first put into service on the Ankara – Eskişehir line section. HST is becoming increasingly popular in our country due to their usage and different line routes and because of transfer opportunities, speed and ergonomic train sets (wagons), After the first stage of HST, the second route is Ankara- Istanbul line has been started to be built in our country. The constructions of the route, within the scope of İnönü - Köseköy (Stage II) project, after the completion of the investment and construction works in Bilecik province, the Bilecik High Speed Train Station, which is an alternative to the current intercity passenger transportation methods, has been examined. After examining the green size of railway transportation. Caused by the High Speed Train Station in Bilecik province, the Carbon Emissions occurring including the current administrative, technical and service personnel as well as passenger numbers, were calculated within the scopes of GHG (Greenhouse Gas Protocol) after studied the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), TS EN IS 14064, approaches. GHG Methodology Scope 1, Scope II and Scope III – Emissions from transportation are worked. Total Carbon Footprint for the period of January – December 2022, 740.68 tonsCO₂e, per passenger rate; 3.35 person kg CO₂e, and the total Carbon Footprint for the January – December period of 2023 was calculated as 768.02 tonCO₂e, the rate of total emissions per passenger was; 2.89 person kg CO₂e. In addition, The rates of indirect emissions from passengers within Scope III has changed from year to year as (The calculated period is January - August) , 27% in 2024, 23% in 2023 and 19% in 2022.

Keywords : High Speed Train, Train Station, Carbon Footprint, Carbon Emissions, GHG Methodology

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	xiii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

DEMİRYOLLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ

1. Demiryollarının Tarihsel Gelişimi	7
1.1 Ülkemizde Demiryolları	8
1.2 Yüksek Hızlı Demiryolu Hatları.....	10
1.2.1 Türkiye'nin Yüksek Hızlı Demiryolu Hatları	10
1.2.2 Yüksek Hızlı Tren Garları	12

İKİNCİ BÖLÜM

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TERMİNOLOJİSİ

2. Küresel İklim Değişikliği ve Terminolojisi	13
2.1 İklim Değişikliği Farkındalığına Genel Bakış.....	13
2.2 İklim Değişikliğine Karşın Alınan Uluslararası Önlemler	14
2.2.1 Montreal Protokolü.....	14
2.2.2 İlk İklim Değişikliği Konferansı ve IPCC'nin Kurulması	15
2.2.3 Birleşmiş Milletler I. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi	17
2.2.4 Kyoto Protokolü	18

2.2.5 Paris Anlaşması	20
2.2.6 Kigali Protokolü	20
2.3 Ayak İzi Ailesinin Temel Bileşenlerinin İncelenmesi.....	22
2.3.1 Ekolojik Ayak İzi (EAI)	22
2.3.2 Su Ayak İzi (SAİ).....	23
2.3.3 Karbon Ayak İzi (KAI)	25
2.4 Karbon Ayak İzi Hesaplama Metotları.....	26
2.4.1 IPCC Metodolojisi	27
2.4.2 Sera Gazı Protokolü (Greenhouse Gas Protocol- GHG Protokolü)	28
2.4.3 TS EN ISO 14064.....	29

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DEMİRYOLLARI ULAŞIM TÜRÜNÜN SERA GAZI EMİSYONLARI YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

3. Demiryolları Ulaşım Türünün Sera Gazı Emisyonları Yönünden İncelenmesi.....	31
--	----

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BİLECİK YÜKSEK HIZLI TREN GARI

4. Bilecik Yüksek Hızlı Tren Garı.....	41
4.1 Bilecik YHT Gar Veri Analizi.....	43
4.2 Sera Gazı Emisyon Hesaplamasında Kullanılacak Veriler	45
4.2.1 IPCC Basic Search (Temel Arama).....	46
4.2.2 Doğalgaz Tüketim Verileri.....	50
4.2.3 Elektrik Tüketim Verileri	51
4.2.4 Su Tüketim Verileri.....	52
4.2.5 Jeneratör Tüketim Verileri	52
4.2.6 Ulaşım Kaynaklı Emisyon Verileri	54

BEŞİNCİ BÖLÜM

BULGULAR

5. Bulgular	60
5.1 Sera Gazı Emisyon Değerlerinin Analizi	65
5.1.1 Doğalgaz Tüketimi Kaynaklı Emisyon Değerlerinin Analizi	66
5.1.2 Elektrik Tüketimi Kaynaklı Emisyon Değerlerinin Analizi.....	67
5.1.3 Su Tüketimi Kaynaklı Emisyon Değerlerinin Analizi	68
5.1.4 Jeneratör Kaynaklı Emisyon Değerlerinin Analizi.....	69
5.1.5 Ulaşım Kaynaklı Emisyon Değerlerinin Analizi.....	69
5.2 Bilecik YHT Gar Karbon Ayak İzi Analizi	71
SONUÇ VE ÖNERİLER	76
KAYNAKÇA.....	83

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Yht İşletmecilik Özeti.....	7
Tablo 1.2. Demiryollarının Güncel Hat Durumu.....	9
Tablo 1.3. Yapımı Tamamlanan YHD Ağları.....	11
Tablo 1.4. Yapımı / Proje Aşaması Devam Eden YHD Ağları	11
Tablo 2.1. Kyoto Protokolü Ek B- Emisyon Sınırlandırma yada Azaltım Taahhüdü Oranı	18
Tablo 2.2. Ürün ve Sanal Su Ayak İzleri.....	23
Tablo 2.3. Ülkelerin Yıllık Karbon Salınımı	25
Tablo 3.1. Toplam Maliyet Oranları	32
Tablo 4.1. Bilecik YHT Gar Emisyon Kaynakları.....	43
Tablo 4.2. Bilecik YHT Gar Emisyon Kaynakları.....	44
Tablo 4.3. Bilecik YHT Gar Personel Sayıları.....	43
Tablo 4.4. Doğalgaz Emisyonu Veri Kaynakları	45
Tablo 4.5. Elektrik Emisyonu Veri Kaynakları.....	45
Tablo 4.6. Su Tüketimi Kaynaklı Emisyon Veri Kaynakları.....	45
Tablo 4.7. Jeneratör Emisyonu Veri Kaynakları	46
Tablo 4.8. Ulaşım Kaynaklı Emisyon Veri Kaynakları	46
Tablo 4.9. Bilecik YHT Gar Yolcu Sayıları	54
Tablo 4.10. Araç Yakıt Oranı	55
Tablo 4.11. Yolcu Araç Dağılımı / Temmuz 2022	55
Tablo 4.12. Personel Araç Dağılımı (Aylık) / Temmuz 2022	55
Tablo 4.13. Hesaplamaya Esas Ulaşım Verileri / Temmuz 2022	55
Tablo 5.1. 2024 Yılı Yolcu Verileri	60
Tablo 5.2. 2023 Yılı Yolcu Verileri	61
Tablo 5.3. 2022 Yılı Yolcu Verileri	61

Tablo 5.4. Doğalgaz Tüketim Verileri 2023 Yılı.....	62
Tablo 5.5. Jeneratör Tüketim Verileri 2023 Yılı	63
Tablo 5.6. Elektrik Tüketim Verileri 2023 Yılı.....	63
Tablo 5.7. Benzinli Otomobil Kaynaklı 2023 Yılı.....	64
Tablo 5.8. Su Tüketim Verileri 2023 Yılı.....	64
Tablo 5.9. 3 Yıllık Karbon Ayak İzi Değerleri.....	71
Tablo 5.10. 3 Yıllık Karbon Ayak İzi Değerleri.....	71

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1. 1927 Yılı Demiryolları Haritası	8
Şekil 1.2. 1936 Yılı Demiryolları Haritası	9
Şekil 2.1. Güney Atlantik 2020 – 2050 Resif Değişimleri.....	17
Şekil 2.2. Küresel Ayak İzi Ağı.....	22
Şekil 2.3. Ülkeler Bazında Kişi Başı Su Ayak İzi	23
Şekil 2.4. IPCC Tier Ağacı.....	27
Şekil 2.5. Karbon Ayak İzi Hesaplamalarında Doğrudan ve Dolaylı Emisyonlar	28
Şekil 2.6. 14060 Standart Ailesi	30
Şekil 3.1. Kilometre Başına Düşen Ortalama Co ₂ Emisyonu	31
Şekil 3.2. Fuxing Cr400bf Kargo Taşımacılığına Uyarlanan (a) İç Kısmı, (b) Kapıları	34
Şekil 3.3. Vagon Üstü Güneş Panelleri	37
Şekil 3.4. İstasyon Tipleri - ÇİN	40
Şekil 4.1. Bilecik YHT Gar	41
Şekil 4.2. Bilecik YHT Gar B Blok	41
Şekil 4.3. Bilecik YHT Gar Mimari Form	42
Şekil 4.4. IPCC Basic Search Ana Sayfası.....	46
Şekil 4.5. IPCC Kataloğu.....	47
Şekil 4.6. Sera Gazları.....	47
Şekil 4.7. Emisyon Faktörü Öğrenilecek Yakıt.....	47
Şekil 4.8. Veri Kaynağı	48
Şekil 4.9. Veri Tipi	48
Şekil 4.10. Veri Ülkesinin Bulunduğu Bölge Seçimi.....	48
Şekil 4.11. Veri Ülkesi Seçimi	48
Şekil 4.12 Emisyon Faktör Verileri (Sayfa Sol Kısım).....	49

Şekil 4.13. Veri Kaynağı (Sayfa Sağ Kısım).....	49
Şekil 4.14. Hesaplamaya Esas Km Verisi	56
Şekil 6.1. Bilecik YHT Gar Güneş Paneli Hesaplama-Batı Ciheti	76
Şekil 6.2. Bilecik YHT Gar Güneş Paneli Konum-Batı Ciheti	77
Şekil 6.3. Bilecik YHT Gar Güneş Paneli Hesaplama-Doğu Ciheti	77
Şekil 6.4. Bilecik YHT Gar Güneş Paneli Konum-Doğu Ciheti.....	77

GRAFİKLER LİSTESİ

	Sayfa
Grafik 1. Taşımacılık Türleri Arasında Yolcu Taşıma Oranları.....	1
Grafik 2. YHT Ağlarının Ülke Yüz Ölçümüne Oranı, Km ² Ye Düşen Hat Oranı.....	2
Grafik 3. Ülkeler Geneline YHT Hızları	3
Grafik 2.1. Yıllara Göre Sera Gazları Oranı	16
Grafik 2.2. Kyoto Protokolü Kapsamında, G20 Ülkeleri Karbon Salınımlarının Değişimleri	19
Grafik 2.3 Kyoto Protokolü Kapsamında Karbon Salınım Değişimleri	19
Grafik 2.4. Yıllara Göre ODS	21
Grafik 2.5. Yıllara Göre ODS	21
Grafik 2.6. Sektörler Bazında Küresel Su Ayak İzi.....	24
Grafik 2.7. Ülkelerin Su Ayak İzi Göstergeleri	25
Grafik 3.1. Ulaştırma Türlerinin GHG Emisyonları	31
Grafik 3.2. Karbon Emisyonu Yüksek 5 Makine	34
Grafik 3.3. Karbon Emisyonu Yüksek 5 Malzeme	35
Grafik 3.4. İnşaat Aşamaları Yıllık Ortalama Karbon Ayak İzi Oranları	36
Grafik 3.5. Ulaşım Türleri Ve Min – Max Emisyon Değerleri	37
Grafik 3.6. YHT'ye Olan İlgi Aralığı.....	38
Grafik 5.1. Yolcu Sayısının Yıllara Göre Değişimi	65
Grafik 5.2. Doğalgaz Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Yıllara Göre Değişim.....	66
Grafik 5.3. Ortalama Sıcaklık Eğrileri	66
Grafik 5.4. Elektrik Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının 3 Yıllık Değişimi	67
Grafik 5.5. Yolcu Sayıları 3 Yıllık Değişimi.....	67
Grafik 5.6. Ağustos 2024 Sıcaklık Değişimi	68
Grafik 5.7. Su Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının 3 Yıllık Değişimi.....	68
Grafik 5.8. Jeneratör Kullanımı Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının 3 Yıllık Değerleri	69

Grafik 5.9. 2022 Yılı Ulaştırma Kaynaklı Emisyon Değerleri	69
Grafik 5.10. 2023 Yılı Ulaştırma Kaynaklı Emisyon Değerleri.....	70
Grafik 5.11. 2024 Yılı Ulaştırma Kaynaklı Emisyon Değerleri.....	70
Grafik 5.12. 2022 Yılı Karbon Ayak İzi Oranı – Emisyon Kaynaklarına Göre	72
Grafik 5.13. 2023 Yılı Karbon Ayak İzi Oranı – Emisyon Kaynaklarına Göre	72
Grafik 5.14. 2024 Yılı Karbon Ayak İzi Oranı – Emisyon Kaynaklarına Göre	73
Grafik 5.15. 3 Yıllık Karbon Ayak İzi Toplamı.....	73
Grafik 5.16. Karbon Ayak İzi Toplamına Oranı – 3 Yıllık.....	74
Grafik 6.1. Bilecik Yht Gar – Bozüyük Arası Hat Eğim Grafiği	78
Grafik 6.2. Bilecik YHT Gar Karbon Ayak İzi Oranları – Türe göre.....	79
Grafik 6.3. Bilecik Yht Garda Toplu Taşıma Doluluk Kapasiteleri	80
Grafik 6.4. Yıllık Araç Başına Düşen Emisyon	80

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

Φ : Phi- Demir Çubuk (Donatı) Çapı

d : Yoğunluk

96/48/EC Avrupa direktifleri: Trans Avrupa Demiryolu Ağları

AB : Avrupa Birliği

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

Aerosol: Katı ya da sıvı bir şekilde bulunan maddeleri gaz olarak yayılımının sağlanmasıdır.

AR 6 : Assesment Report 6 (IPCC nin dönemsel Değerlendirme Raporlarından 6.)

AR-GE: Araştırma Geliştirme

ATG : Ankara Tren Garı

AYM : Avrupa Yeşil Mutabakatı

BC : Black Carbon (Karbon Siyahı -Ağır Petrol Ürünlerinin eksik yanması sonucu ortaya çıkan madde)

BMİDÇS: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)

BEV : Elektrikli Araçlar

BOTAŞ: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi

°C : Santigrat Derece

C : Karbon

CFC : Kloroflorokarbon

CH₄ : Metan

CO : Karbon Monoksit

CO₂ : Karbon Dioksit

CO_{2eş} : Sera Gazlarının eş değer karbondioksit oranı

COP 21: BMİDÇS' ye taraf olan ülkelerin 21. Toplantısı

COP 27: BMİDÇS' ye taraf olan ülkelerin 27. Toplantısı

CEN : European Committee for Standardization (Avrupa Standartlar Komitesi)

CTFP : Belirli seviyedeki girdiler ile çıktı düzeyini açıklayan ekonomik verimliliği karbon temelli açıklayan bir ölçüdür.

ÇŞİDB: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı

DEFRA: İngiltere Çevre Gıda ve Tarım Bakanlığı (Karbon Ayak İzi hesap yöntemlerinden biri aynı zamanda)

Dizel Makine : Demiryollarında kullanılan Dizel Yakıtlı Lokomotif veya İş Makineleri

DSÖ : Dünya Sağlık Örgütü

EF : Emisyon Faktörü

EFDB : Emission Factor DataBase (Emisyon Faktörü Veri Tabanı)

EN : European Norm (Avrupa Normu)

E_{tc}o₂eş: Toplam Karbon Dioksit Eş değeri Emisyon Miktarı

GAR : İstasyon

G 20 : Dünyanın En Büyük 19 ekonomisi ve Avrupa Birliği Komisyonundan oluşan Örgüt

GHG : Greenhouse Gas (Sera Gazı)

GHG Prtocol : Sera Gazı Protokolü

GWP : Global Warming Potential (Küresel Isınma Potansiyeli)

H₂O : Su

HCFC: Hidrokloroflorokarbon

HFC : Hidroflorokarbon

HL : Hyperloop (Hız yuvarı)

HS : High Speed (Hızlı Tren)

HST : High Speed Train (Yüksek Hızlı Tren)

Fit For 55: Avrupa Birliğinin 2023 yılına dek net sera gazı emisyonlarını en az %55 azaltma hedefini ifade eder.

GISS : Goddard Uzay Çalışmaları Enstitüsü

ICEV : İçten Yanmalı Motorlar

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)

ISO : International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilatı)

İ&DK : İletim ve Dağıtım Kayıpları

KAI : Karbon Ayak İzi

Katener Otosu: Demiryolu Havai Hat Bakım Makinesi

KIP : Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)

KV : Kullanım Verisi

LAP : Local Air Pollution (Yerel Hava Kirliliği)

LNB : Büyük Dar Gövdeli Uçaklar

LPG : Liquid Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)

LWB : Büyük Geniş Gövdeli Uçaklar

Maglev tip : Mıknatıs kümeleri ile yönetilen sürtünme kuvvetinin olmadığı demiryolu tipi

N₂O : Nitröz Oksit

NO_x : Nitrik Oksit

NKD : Net Kalorifik Değer

O₃ : Ozon

ODS : Ozone Depleting Substance (Ozon Tabakasını İncelten Maddeler- OTİM)

OKY : Oksitlenen Karbon Yüzdesi

OTİM: Ozon Tabakasını İncelten Maddeler

PHEV: Plug-in Hibrit (Şarj edilebilir Hibrit)

PFC : Perflorokarbonları

PJ : peta-joule = 10¹⁵ joule

PM₁ : Partikül Madde- Çapı 1 mikrondan küçük olan

PM_{2.5} : Partikül Madde- Çapı 2,5 mikrondan küçük olan

PM₁₀ : Partikül Madde- Çapı 10 mikrondan küçük olan

PPB : Parts Per Billion – Milyarda Bir

RCP : Geleceğe Yönelik Sera Gazı Tahminleri – IPCC

SF₆ : Sülfür Hekzaflorür

Scope : Karbon Emisyon Hesaplama Kapsamları (Scope 1,2,3 olarak ifade edilir.)

Shinkansen : Yeni Ana Hat (Japonca: YHT)

TBMM: Türkiye Büyük Millet Meclisi

TCDD: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları

TGV : Train À Grande Vitesse (YHT)

THM : Trans Hızlı Maglev

Tier : Karbon Emisyon Hesaplama Kapsamları (Tier 1,2,3 olarak ifade edilir.)

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

TJ : terajoule = 10¹² joule

TS : Türk Standardı

UIC : Uluslararası Demiryolları Birliği

UNEP: Birleşmiş Milletler Çevre

VIP : Very Important Person (Çok Önemli Kişi)

WBCSD: World Business Council for Sustainable Development (Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi)

WMO : Dünya Meteoroloji Örgütü

WRI : World Resources Institute (Dünya Kaynakları Enstitüsü)

YHD : Yüksek Hızlı Demiryolları

YHT : Yüksek Hızlı Tren

GİRİŞ

Taşımacılık tarihsel olarak insanın yaşamıyla başlamıştır denebilir. İlk taşımacılığın tarihi net olarak bilinmemekle birlikte insanın atları, develeri vb. ni evcilleştirilmesiyle birlikte ilk taşımacılık örneklerinin Milattan Önce ortaya çıkmış olduğu söylenebilir.

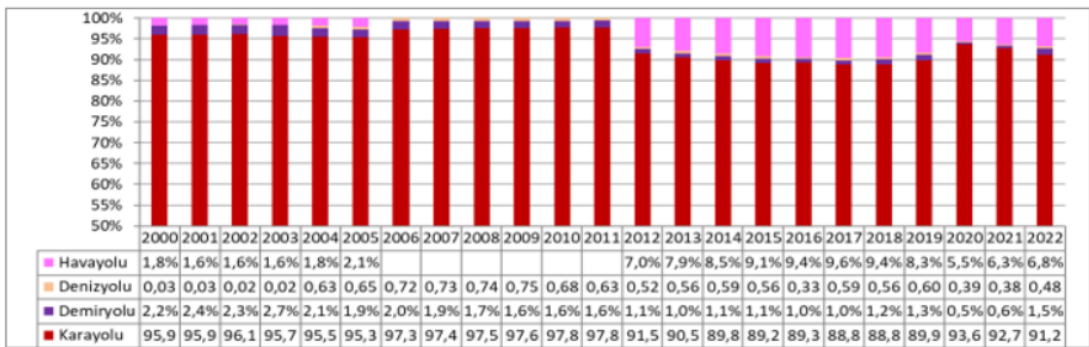
Taşımacılık türleri ise, İnsanoğlunun çağlar boyu süren bilimsel maratonu neticesinde ortaya çıkmıştır. Ancak bunlarında isimlerinden (Karayolu, Havayolu, Denizyolu) anlaşılacağı üzere doğanın bizlere sunduğu imkanlar olduğu aşikardır.

Demiryolunda doğal yollara ek olarak taşıta (Tren, Lokomotif vb.) kılavuzluk yapan raylar sebebiyle ilk yatırım maliyeti meydana gelmektedir. Havayolu ve Denizyolunda kullanılan yollar tabii yollar olup, günümüz Karayolları teknolojisi de Demiryolları gibi ilk yatırım maliyeti içermektedir.

Gerek ülkemiz gerekse de Dünya için bu ulaşım türünün öneminin bir diğer önemli göstergesi ise, Tarihteki ilk hareketli film 28 Aralık 1895 tarihinde, Auguste ve Louis Lumière kardeşler tarafından Paris’te Salon Indian Du Grand Café’de, “L’Arrivée d’un Train À la Ciotat -Bir Trenin La Ciotat Garına Varışı” isimli yapıttır. (ÜÜ, 2024)

Ülkemizde ise ilk olarak Osmanlı İmparatorluğunda,1856 yılında İzmir – Aydın demiryolu hattı projesi ile raylar ferş edilmeye “serilmeye” başlamıştır.

Cumhuriyetin ilk yıllarında altın çağını yaşayan Demiryolları, 1923 yılında toplam hat uzunluğu 4112 kilometre iken, 1938 yılına gelindiğinde 2815 kilometre yeni demiryolu hattı yapımı ile toplamda 6927 km uzunluğa erişmiştir. (TCDD Vakfı, 2024) Demiryolu yatırımları 2000 li yılların başlarıyla tekrar başlamış ve Ankara – Eskişehir Yüksek Hızlı Tren hattı ise yolcu taşımacılığındaki ilk “Yüksek Hızlı Tren” deneyimimiz olmuştur. Ülkemizde taşımacılık türlerinin oransal durumu ise:

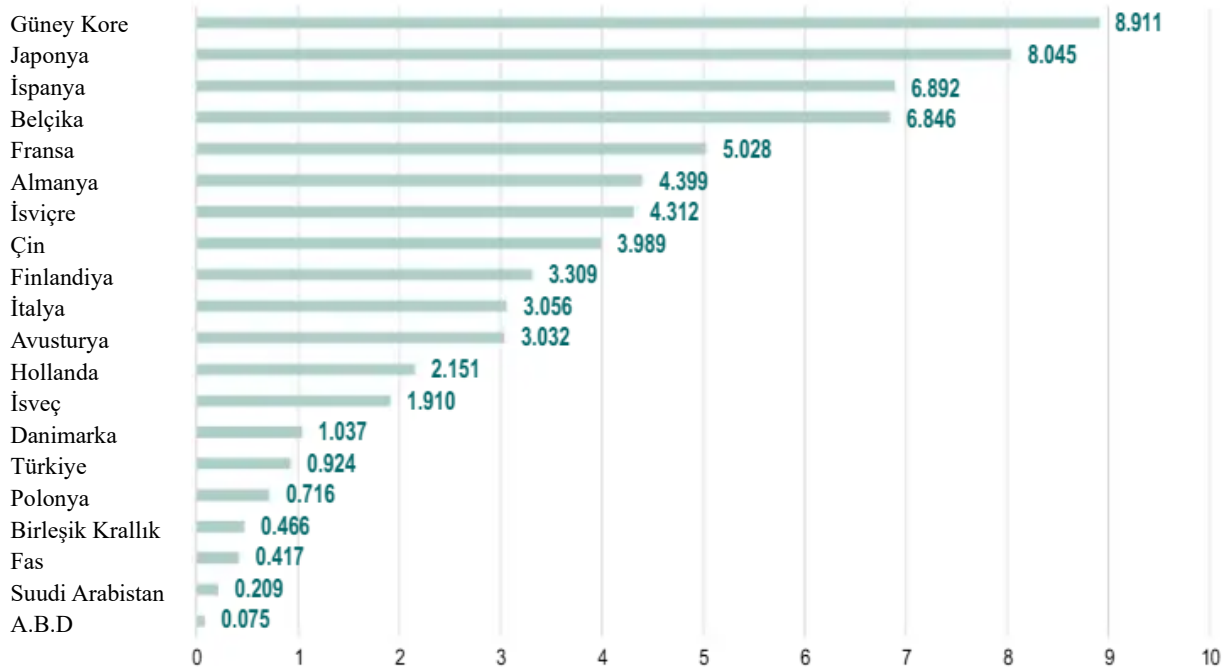


Grafik 1. Taşımacılık Türleri arasında Yolcu Taşıma Oranları

Kaynak: (ÇŞİB, 2023)

Tablodan da anlaşılacağı üzere Demiryollarının kullanımı, 2000–2007 aralığında nispeten az değişkenlik göstermiş, 2007- 2016 aralığında azalmıştır. Bu süreçte sabit kalma ve azalmanın önemli bir etkeni ise Ankara – İstanbul YHT yapımı sebebiyle Haydarpaşa Garı kalkışlı seferlerin (Başkent Ekspresi, Doğu Ekspresi vb.) sonlandırılmasının yanı sıra, İstanbul şehir içi Banliyö hatlarının modernizasyonu kapsamında Marmaray seferlerine ara verilmesi olarak yorumlanabilir.

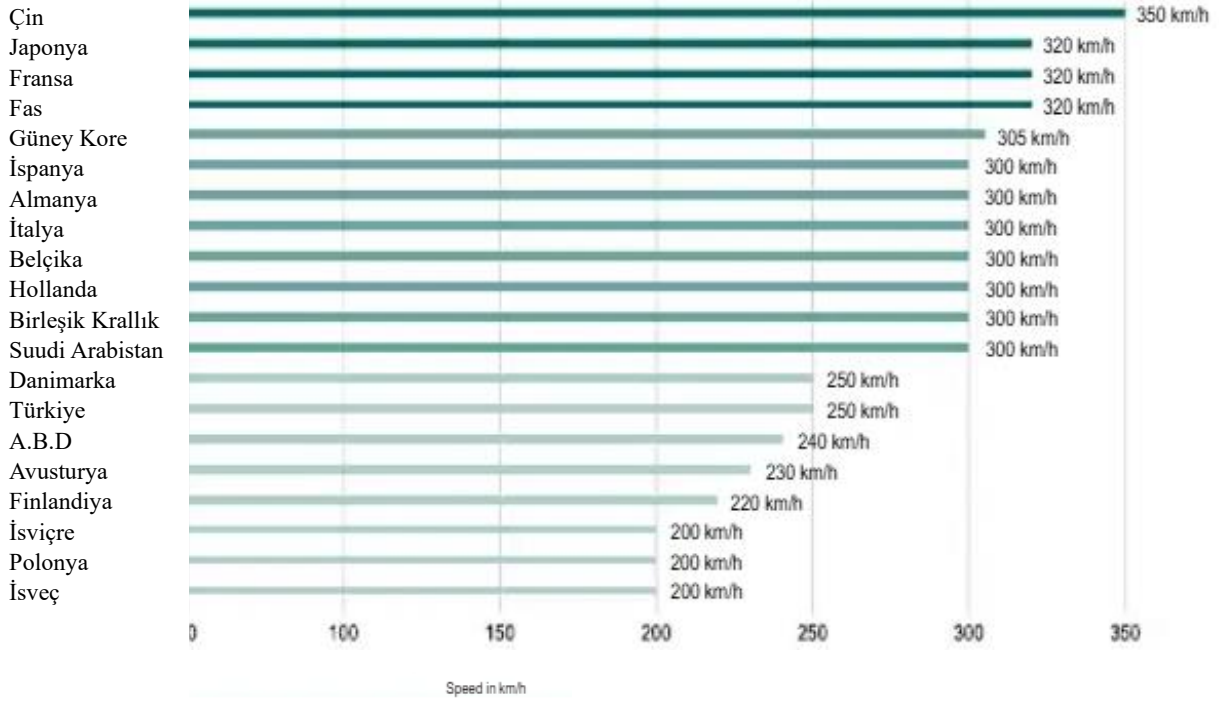
2016 – 2019 aralığında tamamlanan hatlar sebebiyle Demiryolu Kullanım oranı artmış sonraki dönemde ortaya çıkan Pandemi etkisiyle 2020 – 2021 yılları arasında azalmış olsa da pandemi etkisinin ortadan kalkmasıyla 2021 – 2022 döneminde yolcu sayısı tekrar artmaya başlamıştır.



Grafik 2. YHT Ağlarının ülke yüz ölçümüne oranı, km² ye düşen hat oranı

Kaynak: (UIC, 2021)

Ülkelerin sahip oldukları Yüksek Hızlı Tren Hatlarının, yüz ölçümü büyüklüğüne oranları yüksek olanlar, hızlı tren teknolojisine diğer ülkelere kıyasla erken sahip olmalarından ötürü Ar-Ge faaliyetleriyle, YHT hızı olarak bir adım öndedirler.



Grafik 3. Ülkeler genelinde YHT hızları

Kaynak: (UIC, 2021)

Dünya üzerinde en yüksek YHT ağına sahip ülkede yine Çin Halk Cumhuriyetidir. Hız konusunda ilk önemli atılım Japonya'dan gelmiş olsa da günümüzde en hızlı YHT işletmeciliği Çin Halk Cumhuriyeti'nde gerçekleşmektedir. Aynı zamanda Eskişehir – İstanbul YHT hat kesimi de Çin Devlet Demiryollarının içinde bulunduğu konsorsiyum tarafından gerçekleştirilmiştir.

Yüksek Hızlı Trenlerin ortaya çıkmasında önemli etkenlerden biride çevreci olmasıdır. Ulaştırma türlerinin içerisinde yolcu kapasitesi ve havai hat bakımından en büyük avantaja sahip yöntemdir. (UIC, 2016) YHT hatlarının diğer avantajlarından bahsedilecek olursa beklenmedik gecikme sürelerinin kısalığı, yolculara sunulan ikramların çeşitliliği kişisel otomobillere oranla kısa seyahat süreleri, havayolu ve diğer demiryolu hatlarına entegrasyon kolaylığı tercih edilme faktörleri arasındadır. (Güler,2013)

Küreselleşen dünya ve sınırları kalkan ekonomik hayat ta önemli bir alternatif olarak görülmekte olan YHT diğer ulaşım türlerine; sürdürülebilirlik, enerji tasarrufu gibi avantajlara sahiptir. Ayrıca en çok kullanılan taşımacılık türü olan Karayollarına kıyasla, gereken arazi hacmi, yatırım maliyeti ve diğer tüm ulaşım türlerine oranla kaza olasılığı en düşük Ulaşım yöntemi olması tercih sebeplerinden bazılarıdır. (İnan ve Demir, 2017)

Demiryollarının yolcu kapasitesinin artmasında önemli etkenlerden biri de çağın gereklerine uygun, yenilikçi ve sürdürülebilir gar yatırımlarından geçmektedir. Bu kapsamda yapımı gerçekleşen Bilecik Yüksek Hızlı Tren (YHT) Garının yolcu (Personel sayıları da dahil edilecektir.) kaynaklı karbon emisyonları incelenecektir.

Karbon emisyonları basit olarak her türlü faaliyet sonucu açığa çıkan Karbonu ifade etmektedir. Bu durum özellikle Sanayi devrimi sonucu fosil yakıtların kullanımı neticesinde ortaya çıkmış ve de zamanla atmosferde biriken gazların küresel iklim değişikliğine neden olduğu anlaşılmasının ardından bu alandaki araştırmalar da gün geçtikçe artmaktadır.

Karbon Emisyonları ise, gelişen teknolojiye bağlı olarak, tüm sektörlerde faaliyet gösteren hemen her işletmede Enerjiye ihtiyaç duyulduğundan ötürü karşımıza çıkan, geçmişi hesaplama yöntemleri eski olmayan yeni bir problem türüdür.

Bu minvalde, deniz suyu seviyesinde 1901 – 2010 yılları arasında 19 cm artış gerçekleşmiş, 1880-2012 yılları arasında Dünya Geneli Ortalama Sıcaklıkta ise 0,85 santigrat derece yükseldiği tespit edilmiştir. (Erdoğan, 2020).

İlk olarak 1950li yıllarda Gilbert Plass farklı atmosfer tabakalarının bulunduğu bir modelleme çalışması oluşturdu ve bununla CO₂ miktarı arttıkça ısınmanın arttığı görüldü. Hans Suess ise aynı yıllarda atmosferdeki CO₂ seviyesinin arttığına yönelik çalışmaları oldu ve Roger Revelle artan CO₂ miktarlarının okyanuslarca giderilemeyeceğini kanıtladı. (Wikipedia,2023)

1987 yılındaysa Montreal Protokolü gerçekleşmiş ve kloroflorokarbonların (CFC'ler) ve diğer halojenli bileşiklerin tüketimini kontrollü bir şekilde azaltılmasını ve Ozon tabakasını korumayı amaçlamıştır. (Bromberg vd., 2019)

Goddard Uzay Çalışmaları Enstitüsü (GISS) II. Modelini kullanan ve 3 boyutlu bir iklim modeli oluşturan ve toplam 100 yıl veri alınımı devam edecek çalışmalarında, 1958'den 1988 yılına kadar yapılan CO₂, CH₄, H₂O, kloroflorokarbonlar (CFC'ler) ve stratosferik aerosollerdeki değişim sonuçları incelenmiş ve 80 lerin sonu ile 90'larda ABD nin güneydoğusu ve Avrupa kıtasının büyük kısmında ileri derecede ısınmanın gerçekleşeceğine dair sonuçlar bulmuşlardır. (Hansen ve ark., 1988)

Araştırmalarının ardından, James Hansen ABD Kongresindeki konuşmasında küresel iklim değişikliği hakkındaki uyarılarını sıralamıştır ki bu konuşma küresel ısınmanın ilk sesi olarak kimi otoritelerce değerlendirilmektedir. (Bloomberg, 2024)

1988 de Dünya Meteoroloji Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından IPCC (Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli) kurulmuştur. IPCC nin amacı iklim değişikliklerine dair araştırmalar yapmak değil, insan kaynaklı iklim değişikliği riskinin bilimsel temellerini, olası etkilerini, uyum ve azaltma seçeneklerini anlamak ve bunlarla ilgili bilimsel, teknik ve sosyoekonomik bilgileri doğrultusunda raporlar hazırlamaktır. (IPCC, 2024)

IPCC nin 5-7 yıl arasında hazırlamış olduğu dönem raporlarında da yine İklim Değişikliği konusunda güncel gelişmeler takip edilmektedir. Araştırma Raporlarında, geleceğe dair öngörüler bilimsel araştırmalar temelinde yayınlanır. 2013 yılında IPCC, Küresel ısınmanın, biri dışında tüm yeni IPCC modellemelerinde sanayi devrimi öncesi döneme nazaran 1,5°C'yi, iki yeni modelleme baz alındığıdaysa 2°C'yi aşacağı belirtilmektedir. (İPM,2013)

IPCC nin kurulması akabinde, BM öncülüğünde Karbon emisyonlarını kontrol altına almayı amaçlayan bir dizi protokol ve anlaşma hazırlanmıştır (Kyoto Protokolü, Paris Anlaşması vb.) Bu anlaşmaların hepsinin ortak amacı insan kaynaklı Karbon emisyonlarını azaltmak ve sera gazlarını kontrol altına almaktır. Bu amaçla da açığa çıkan karbon emisyonlarını farklı hesaplama yöntemleriyle belirleme ihtiyacı doğduğundan, IPCC ve GHG yaklaşımları, TSE EN ISO 14064, PAS 2050 vb. metodoloji yöntemleri ortaya çıkmıştır.

Ulaştırma türlerinin Global ölçekte sebep olduğu emisyon oranı %20 olduğundan (Assman ve Sieber, 2005) fosil yakıt yoğun ulaşım türleri olan kişisel araçlar ve de uçaklar yerine önemli bir alternatif olacak YHT'lere öncelik verilmelidir. (Kamga ve Yazıcı, 2014)

GHG Emisyonlarını azaltmak için gündelik hayatın ve dolayısıyla şehirlerin minimize edilip kişi başına düşen otomobil kullanımı gibi faaliyetleri indirgeyip altyapı imali ve dolayısıyla da emisyonların azaltılması konusunda Kompakt Şehir araştırmaları da yapılmaktadır. (Ewing ve Cervero, 2010)

YHT hatlarına GHG (Sera Gazları; CO₂, CH₄, N₂O, Hidroflorokarbonlar (HFC) gibi uzaya yansıyan ısının yeryüzüne geri dönmesini sağlayan gazlar) emisyonları açısından bakıldığında, işletme açısından kârlı bir yöntem olduğu gibi kişi başına düşen emisyon oranları da oldukça düşüktür. Ankara – Eskişehir ile Ankara – Konya hattı arası YHT'lerin 2017 yılı itibarıyla toplam 24,3 ktCO₂ ölçüsündeki emisyonlardan tasarruf edildiği tespit edilmiştir. (Dalkıç vd., 2017)

Yüksek Hızlı Tren yatırımları incelenirken bunun bir bütüne ulaşım şeklinde görülüp genel ve doğru bir çevre, potansiyel, yolcu gibi farklı türlerin değerlendirilmesi yapılmalıdır. (Romero vd., 2021)

Bu çalışmada da Bilecik Yüksek Hızlı Tren Garında, gerek yolcu gerekse de personel sayıları belirlenip, temin edilen fosil yakıtlar (doğalgaz, mazot vb.), kullanılan enerji (Elektrik) ve su ile ortalama bir yolcunun Şehir merkezinden YHT Garına geldiği mesafedeki kullanmış olduğu taşıt türüne göre ortaya çıkarılan Karbon emisyonları hesaplanıp sonrasında bu gazları düşürücü faktörler (Yeşil alan, alternatif enerji kaynakları vb.) hesaplamaaya dahil edilerek, Garın Karbon ayak izi bulunmaya çalışılacaktır.

Bunun sonrasında ise kullanım ve yolcu sayısına bağlı çıkarımlar ile Karbon ayak izini azaltıcı önlem ve tedbirler değerlendirilecektir.

BİRİNCİ BÖLÜM

DEMİRYOLLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Günümüzde demiryolları genel olarak birbirine paralel serilmiş iki ray ve bunların üzerinden yük, tren vb. geçtiği esnada rijit bir şekilde tutmak ve gelen yükleri iletmek için raylara dik olarak yerleştirilen ve nizami şekilde sabitleyen traversler (beton, ahşap vb.), traverslerin konumunun sabitlenmesi için altına özel gereksinimli balast ve subbalastın serilmesiyle alt ve üst yapısı oluşmaktadır.

Anthony Coulls a göre ise demiryolları doğrusal güzergahları bir taşıma biçimidir ve diğer her şey ayrıntıdır. (Coulls vd., 1999)

Demiryolları tarih sahnesinde ilk olarak Mısır Piramitlerinin inşasında gözükmüş, sonrasında Romalılar atlarının çektiği arabaların tekerlerinin gidebileceği oyuklukta yollar inşa etmiş, ilk lokomotif bulunana dek ise madenlerde demiryolları kullanılmaya başlanmıştır.

Sanayi devriminin de etkisiyle ilk buharlı lokomotif Trevithick ve Andrew Vivian tarafından 1807 yılında yapılmasının ardından, İngiltere de 1820 lerde Demiryollarında yolcu ve yük taşımacılığında kullanılmaya başlanmıştır. (Gebremeskel, 2024)

Dünyada ilk hızlı Tren Japonya da 1964 yılında hayata geçirilmiş bilinen adıyla Bullet Train yerel adıyla ise Tokaido Şinkansen hattı olarak tanımlanmaktadır. (Nippon, 2014) Avrupada ise trenlerin yüksek hızlara erişmesi, 1981 yılında Fransanın TGV “Fransızca Hızlı Tren” setleriyle mümkün olmuştur. Fransayı başta Almanya olmak üzere diğer Avrupa ülkeleri İspanya, Belçika, İngiltere takip etmiştir. (Pektaş, 2018)

Hızlı Tren hatlarının uzunluğu olarak ülkemizde, yapımı tamamlanan 2.032 km YHT ağı mevcuttur. YHT hatlarının yıllara göre değişimi TCDD Taşımacılık kurumunun istatistikleri dikkate alındığında aşağıdaki gibidir.

Tablo 1.1. YHT İşletmecilik Özeti

YHT	2019	2020	2021	2022	2023
Hat Uzunluğu (km)	1.213	1.213	1.213	1.241	2.032
Tren Seti Mevcudu	19	26	31	31	31
Toplam Kapasite (Koltuk)	8.250	11.657	14.072	14.072	14.072
Tren-km	7.098.898	3.605.668	4.898.895	8.387.578	10.736.372
Koltuk-km (1.000.000)	3.094	1.149	1.937	3.852	4.991
Yolcu Sayısı (Adet)	8.273.807	2.833.040	4.376.427	9.363.553	11.864.973
Yolcu-km (1.000.000)	2.678	941	1.507	3.244	4.165

Kaynak: (TCDD Taşımacılık, 2023)

1.1 Ülkemizde Demiryolları

Osmanlı döneminde Avrupa daki gelişmeleri takiben bugünkü Türkiye sınırları içerisindeki ilk demiryolu projesi, İzmir-Aydın güzergahı olup tarihler 23 Eylül 1856'yı göstermekteydi. Hattın imalat ve yapımının, demiryolunun geçtiği coğrafyada yaşayan insanların hayatlarına da farklı yönlerden etkileri olmuştur. (UAB, 2017)

Demiryolu taşımacılığı, Cumhuriyet döneminde bir devlet politikası haline gelmiş ve bu dönemdeki en büyük isimlerinden biri de TCDD'nin kurucu Genel Müdürü Behiç ERKİN dir. Kurtuluş Savaşındaki katkısının yanı sıra Devlet Adamlığı profili de örnekler içeren Erkin, Mustafa Kemal ATATÜRK' ün 15 Şubat 1921 tarihindeki özel treninin son sürat gitmesi isteğini, hattın izin verdiği en yüksek sürat buna uygun değil, tren deray edebilir diyip kabul etmeyen bir karakterdi aynı zamanda. (Birsin, 2011)

Büyük Millet Meclisi Başkanı Mustafa Kemal'in 15 Şubat 1921'de bindiği özel trenin son sürat gitmesi isteğini, hattın kabiliyeti buna müsait değildir tren raydan çıkabilir diyerek aslında bize Genel Müdürlük görevinden ne anladığını, nasıl yapılması gerektiğini anlatmıştır

Ülkemizdeki demiryolu hatlarının yurdun dört bir yanını sarması Onuncu yıl marşına da konu olmuş ve bu durum 1950 li yıllara kadar devam etmiştir.



Şekil 1.1. 1927 Yılı Demiryolları Haritası

Kaynak: (Cumhuriyet,01.06.1936)



Şekil 1.2. 1936 Yılı Demiryolları Haritası

Kaynak: (Cumhuriyet, 01.06.1936)

1950 ve 2000 arasındaki dönemde demiryollarına önem verilmemiş bunda Soğuk Savaş dönemi düşünceleri de etkili olmuştur bunun sonucunda da demiryolları için Ülkemiz bazında gerileme – duraklama dönemi yaşanmıştır. 2000’li yıllara gelindiğinde demiryollarına gereken önem tekrar verilmiş ve yatırımlar bu dönemde artarak devam etmiştir.

Ülkemizde gerçekleşen, yapımı ve yapım süreci devam eden demiryolu hatları incelendiğinde ise 2002 – 2023 yılları arasında Toplam demiryolu hat uzunluğu %27 artarak, 10.948 km’den 13.919 km ye yükselmiştir.

Tablo 1.2. Demiryollarının güncel hat durumu

	Konvansiyonel (Anahatlar)	Konvansiyonel (İltisak Hatları + İstasyon Yolları)	Konvansiyonel Hat Toplamı	Hızlı Tren Hatları	Toplam Hat Uzunluğu
2002	8.671	2.277	10.948	-	10.948
2003	8.697	2.262	10.959	-	10.959
2004	8.697	2.271	10.968	-	10.968
2005	8.697	2.276	10.973	-	10.973
2006	8.697	2.287	10.984	-	10.984
2007	8.697	2.294	10.991	-	10.991
2008	8.699	2.306	11.005	-	11.005
2009	8.686	2.322	11.008	397	11.405
2010	8.722	2.330	11.052	888	11.940
2011	8.770	2.342	11.112	888	12.000
2012	8.770	2.350	11.120	888	12.008
2013	8.846	2.363	11.209	888	12.097
2014	8.903	2.369	11.272	1.213	12.485
2015	8.947	2.372	11.319	1.213	12.532
2016	8.947	2.372	11.319	1.213	12.532
2017	9.023	2.372	11.395	1.213	12.608
2018	9.131	2.396	11.527	1.213	12.740
2019	9.194	2.396	11.590	1.213	12.803
2020	9.194	2.396	11.590	1.213	12.803
2021	9.158	2.432	11.590	1.432	13.022
2022	9.235	2.433	11.668	1.460	13.128
2023 Kasım	9.235	2.433	11.668	2.251	13.919

Kaynak: (UAB, 2023)

1.2 Yüksek Hızlı Demiryolu Hatları

Uluslararası Demiryolları Birliğinin (UIC) tanımlamalarına bakıldığında; Hız sınıflarına göre, İmali ve inşası yeni yapılan bir hattın Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) sınıfına girebilmesi için 250 km/h hıza izin veriyor olması gereklidir. Ancak farklı gereksinimleri karşılamak koşuluyla sinyalizasyon, elektrifikasyon, kumanda merkezi vb. olması ve hattın iyileştirilmesi (96/48/EC Avrupa direktiflerine uygun olarak) halinde de 200 km/h hızlı altyapılara sahip hatlar da YHD olarak tanımlanabilmektedir.

1964 Olimpiyat oyunlarının açılış gününde, yerel adıyla Tokaido Shinkansen olan hat Tokyo ile Osakayı birbirine bağlayan hat, Yüksek Hızlı Demiryollarında toplu taşıma amacı olarak düzenli hale getiren ilk ülke Japonya olup trenlerinin hızı 210 km/h bulmuştur. Bugün ise Osakaya bağlı hatlar 300km/h hıza sahiptir.

2027 Yılında Maglev YHT hatlarında Nagoya – Tokyo bağlantısının 500 km/h hızla taşımacılık yapılması yani işletmeye açılması planlanmaktadır. Ülkeler arasındaki Demiryolu yarışında öne geçen Japonya’da bunun bir neticesi olarak Toshiba gibi teknoloji şirketleri tüm dünyaya bu alanda teknoloji ihraç etmektedir.

Avrupa’da ise ilk toplu taşıma amaçlı hızlı demiryolları Paris – Lyon arasına inşa 1981 yılında edilmiştir. Bu hattın ilk işletme altındaki hızı ise 270 km/h tir. Bugünde Avrupa da Fransa, İspanya’dan sonra en geniş YHD hatlarına sahip ikinci ülkedir. Avrupa’da da bunun devamı olarak önce Fransa sonrasında ise Almanya Hızlı Tren hatlarına yönelmiştir.

Günümüzde ise konvansiyonel hızlı tren hatlarında en hızlı hat Çinde Pekin-Şangay arasında 350 km/h hız ile işletilirken, 2004 yılında hizmete açılan Şangay Maglev Hattı 430 km/h hız ile ticari taşımacılığın yapıldığı en hızlı demiryoludur (Maglev tip – Mıknatıs kümeleri ile yönetilen sürtünme kuvvetinin olmadığı demiryolu tipi).

1.2.1 Türkiye’nin Yüksek Hızlı Demiryolu Hatları

TCDD, yapılan yüksek hızlı demiryollarının adı için 2009 yılında bir anket düzenlemiş ve bu ankette en çok oy alan isimler ("Türk Yıldızı", "Kardelen", "Çelik Kanat" vb.) arasından, Yüksek Hızlı Tren adının seçildiği belirtilmiştir. (TRT, 2009)

YHT hatlarının yapıldığı, Avrupa da 6. ülke, Dünyada ise 8. Ülke konumunda olan Türkiye, 2009 da Ankara – Eskişehir illeri arasında hizmete başlamış olup sonrasında, 2012 yılında Ankara- Konya hattı ve 2014 yılında Ankara – İstanbul hattı hizmete açılmış ve son olarakta Ankara- Sivas hattı 2023 yılında hizmete girmiştir.

Ülkemizdeki YHD (Yüksek Hızlı Demiryolu) ağları nüfus dağılımı olarak incelendiğinde, Büyükşehirleri özellikle en büyük Büyükşehirlerimiz olan İstanbul ve Ankara illerini kapsamaktadır. Nüfusun büyük çoğunluğuna hitap eden, fiyat olarak ise devlet desteğinin bulunmasından ötürü bilet ücretlerinin nispeten uygun olması sağlanmaktadır. İmalatı devam eden hatlar da dahil edildiğinde ülkenin batısı ile doğusunu birbirine bağlayan ve Konya – Karaman hattı ile güney kesimlere doğru uzanan yapısı ile İzmir ve Bursa hatlarının bitmesiyle de alternatifli güzergahlara ulaşacak olan YHD projeleri Karayolu taşımacılığına ciddi alternatif olma eğilimi göstermektedir.

Ülke genelinde hizmete açılan Hızlı tren hatları incelendiğinde ise, Ankara merkezli olarak ülkenin batısında İstanbul doğusundaysa Sivas gibi 2 büyük şehir bağlantısı ve ara durak olarak güzergâh üstü batıda Eskişehir, Bilecik, Kocaeli doğuda ise Kırıkkale, Yozgat gibi iller olup seyahat süresi en fazla 4,5 saattir. Bu açıdan düşünüldüğünde de yolcu eğilimlerinin 200 km ile 600 km uzaklığındaki mesafeler için Hızlı Trenleri tercih ettikleri gözlemlenmiştir. (Tübitak,1998)

Yapımı tamamlanan, devam eden veya Proje aşamasındaki Hızlı Tren imalatları:

Tablo 1.3. Yapımı tamamlanan YHD ağları

<i>Hat Kesimi</i>	<i>Hat Uzunluğu(km)</i>	<i>En Yüksek Hız</i>	<i>Açılış Tarihi</i>
Ankara – Eskişehir	282,429	250 km/h	13.03.2009
Polatlı – Konya	212,000	**300 km/	23.08.2011
Eskişehir- İstanbul	279,658	250 km/h	25.07.2014
Konya- Karaman	102,000	200 km/h	08.01.2022
Ankara- Sivas	405,000	250 km/h	26.04.2023
Toplam	1.281,087 km toplam İşletmede olan hat uzunluğu		
*** Ankara (Polatlı) – Konya hattında yalnızca deneme sürüşleri 300 km/h da yapılmıştır.			

Kaynak: (TCDD,2024)

Tablo 1.4. Yapımı / Proje aşaması devam eden YHD ağları (TCDD,2024)

<i>Hat Kesimi</i>	<i>Hat Uzunluğu(km)</i>	<i>Planlanan En Yüksek Hız</i>	<i>Planlanan Açılış Tarihi / Bitirme Oranı</i>
Ankara – İzmir HT	624	200 km/h	%55 tamamlanma
Halkalı – Kapıkule HT	229	200 km/h	%65 tamamlanma
Bandırma – Osmaniye HT	201	200 km/h	%98,66 tamamlanma
Mersin-Gaziantep HT	303	160 – 200 km/h	67 km tamamlanmıştır.
Karaman – Ulukışla HT	135	200 km/h	%66 tamamlanma
Toplam	1.492 km toplam Yapımı / Proje aşaması devam eden hat uzunluğu		
HT: Hızlı Tren \leq 200 km/h			

Kaynak: (TCDD,2024)

** Tablo 1.3 ile 1.4 ün farklı toplam değerler içermesinin sebebi bazı kesimlerin tek bazı kesimlerin çift hat olmasıdır.

1.2.2 Yüksek Hızlı Tren Garları

Dünya genelinde kabul görmüş olan YHD ağının yapımı ve inşa edilmesine bağlı olarak, gelişen moderniteye uygun, rekabetçi ulaştırma sektörünün dinamiklerinin dikkate alındığı yolcuların yalnızca trenlere binmek – inmek için gelmediği farklı ihtiyaçlarına da cevap bulabileceği imkanlara sahip Hızlı Tren Garlarının yapımı da geleneksel Gar anlayışının dışına çıkılmasını gerektirmiştir.

Bu sebeplerle yapımına YHT hatlarıyla başlanan, Hızlı Tren Garları ortaya çıkmıştır. Bu garlardan en büyük olanı 29 Ekim 2016 yılında açılan, Ankara Tren Garı (ATG) dır.

Aynı zamanda ATG bir Alışveriş Merkezi Konsepti Şeklinde inşa edilmiştir. 50.000 yolcuya aynı anda hizmet verme kapasitesine sahip olan Gar, 12 adet Yüksek Hızlı Trenin bekleyebileceği 6 hattın ve 3 perondan oluşmakta ve toplam 194.460 m² kullanım alanına sahiptir. Ayrıca TCDD'nin ilk yap – işlet – devret projesidir.

Ankara il sınırlarındaki bir diğer Gar ise Etimesgut ilçesindeki Eryaman YHT Gar;

2 kattan oluşmakta ve toplam 8.042 m² kullanım alanına sahip, 1 YHT ve 1 adette konvansiyonel perona sahip olan gar 15 Mart 2018 tarihinde kullanıma açılmıştır.

Ankara ilindeki 3. Gar olan Polatlı YHT Gar ise;

I. Etap YHD projesi kapsamında yapılmış olup 16.02.2010 tarihinde ilk açılan YHT gar olmuştur.1200 m² kapalı alana sahip olan garda 2 adet yolcu peronu mevcuttur. Günlük ortalama 1000 yolcuya hizmet vermektedir.

YHT Projeleri kapsamında Ankara İl Sınırlarında olmayan garlardan Bozüyük YHT Gar ise;

II. Etap YHD projesi kapsamında yapılmış olup 24.07.2014 tarihinde açılan YHT gar 5.000 m² kapalı alana sahip olan garda 2 adet yolcu peronu mevcuttur. Günlük 5.000 yolcuya hizmet verme kapasitesine sahip olan Garda 5 hat (5. Hat, Yüksek Hızlı Trenlerin kullanmadığı bu hatta bakım – onarım kuşağında çalışan ve sonrasında park yapılması gerekli Kar Küreme Makinesi, Katener Bakım Otosu, Yol Muayene Makineleri vb.) bulunmaktadır.

YHT Projeleri kapsamında Ankara İl Sınırlarında olmayan garlardan Bilecik YHT Gar ise; 01.06.2015 tarihinde kullanıma açılan Gar, 5342 m² kapalı alana sahip Garın hizmet kapasitesi günlük 44.000 kişidir.

İKİNCİ BÖLÜM

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ve TERMİNOLOJİSİ

Küresel İklim Değişikliğinin zaman içinde kavranması, İklim Değişikliğine karşın Uluslararası toplumca gerçekleşen girişimler ve bu kapsamda alınan kararlar ile Sera Gazı Emisyonlarının hesaplanma yöntemleri irdelenecektir.

2.1 İklim Değişikliği Farkındalığına Genel Bakış

Sanayi Devrimi sonrası fosil yakıtların kullanımı, teknolojinin gün geçtikçe ilerlemesi ve her aşama kaydetmesinde de enerjiye daha çok ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Yeni yakıt ihtiyaçlarını karşılamak adına artan yakıt tüketimi sonrasında yeryüzünün ve atmosferin, insanoğlu tarafından daha önce görülmemiş şekilde **emisyonlara** maruz kalması neticesinde ortaya çıkan durum, İklim değişikliği kavramının da ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır.

Atmosferdeki artan emisyon değerleriyle doğru orantılı olarak güneşten yansıyan ışınların, atmosferde biriken artık gazların etkisiyle sıcaklıkta adeta sera etkisi oluşmaktadır. Bunun sonucunda yeryüzünün ortalama sıcaklığının artmasına bağlı olarak buzulların erimesi ve daha birçok etkiye neden olan duruma, genel manada Küresel Isınma, atmosferde meydana gelen ısınma kaynaklı etkilere ise İklim Değişikliği tanımı yapılmaktadır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine (BMİDÇS) göreyle İklim değişikliğinin tanımı: Atmosferdeki bileşiklerin insani aktiviteler sebebiyle meydana gelen ve farklı zaman dilimleri üzerinde doğal iklim değişikliklerine ek olarak ortaya çıkan iklimin değişimine denir.

20.yüzyılın sonları ve 21.yüzyılın başlarına varıncaya dek bilim adamları insani aktivitelerin (büyük kısmı fosil yakıtlar kaynaklı) iklimin değişim periyoduna etkisi olduğuna dair ipuçları elde ettiler. 21.yüzyılın ikinci on yılındaysa artık dünya çapında bir fikir birliği oluşmuştu. (Pan, 2024)

Bu noktada, İklim değişikliği araştırmaları kapsamında önemli bir yeri olan Sera gazlarını tanımlamak gerekirse, Güneşten Dünyamıza gelen ısının atmosferden uzaya yansımaları gereken bir kısmı H₂O, CO₂, CH₄ gibi sera gazları tarafından tutulur. Küresel yüzey sıcaklıkları ortalama olarak 14 °C de bu şekilde sabitlenir. Atmosferde bulunan sera gazlarının artması ise yansımaları gerekli daha fazla ısının atmosferde tutulmasına sebep olmaktadır.

Sera gazları genel itibariyle; Su buharı (H₂O), Karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Nitröz Oksit (N₂O), Ozon (O₃), Kloroflorokarbonlar (CFC'ler), Hidroflorokarbonlar (HCFC'leri ve HFC'leri içerir) dır.

17.Yüzyılın ortaları yani I. Sanayi devriminden sonra hız kazanan antropojenik aktivitelerin sera gazlarını önemli derecede arttıran etkileri ile en kritik sera gazlarından CO₂`in atmosferde bulunma oranı 280 ppm (parts per million – milyonda bir) den- 407,96 ppm e kritik bir artışı 21.yy. da kaydedilmiştir.

Diğer önemli Sera gazlarından CH₄ oranı ise aynı dönemde 715 ppb (parts per billion – milyarda bir) den- 1.859 ppb e çıktığı, N₂O oranı ise 270 ppb den – 330 ppb ye çıktığı tespit edilmiştir. (MGM, 2024)

Ülkemizde iklim değişikliği risklerine karşın çabalarının tek çatı altında toplanması, uluslararası platformlarda temsiliyet ve gerekli görüşmeleri gerçekleştirme ve bu konudaki iletişimi ve farkındalığı geliştirmek ve de Türkiye Cumhuriyeti'nin 130.kuruluş yılındaki (2053) hedefimiz sıfır “0” emisyonudur. Ancak bu halkımızın bilinçlendirilmesi ve sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla gerekli çalışmaların daha sağlıklı yürütülmesi adına, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 29 Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanlığı kararnamesi ile Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak yeniden isimlendirilmiştir. (ÇŞİDB, 2021)

2.2 İklim Değişikliğine Karşın Alınan Uluslararası Önlemler

Bu bölümde, Karbon emisyonlarının Uluslararası anlaşılabilirliği irdelenerek bu noktada gerçekleşen protokoller, sözleşmeler ve anlaşmalar incelenip hem ilgili mevzuatlar taranacak hem hesaplanma yöntemlerinin ortaya çıkışı hem de uygulanmış olduğu tezler incelenip araştırılacaktır.

2.2.1 Montreal Protokolü

Ozon tabakası, Oksijen atomunun allotropu yani 3 moleküllü halinden oluşan kararsız bir gazdır. Kararsız olmasından ötürü Ozon gazı “O₃” dahilinde bulunan bir oksijen atomunu kolaylıkla diğer gazlara verebilir. Erken dönem araştırmacılarının araştırmalarında da bu durum Aerosol kullanımının her yıl %10 artması karşısında ozon tabakasında 90'larda %10, 2014'te ise %40 lık bir bozulmayla karşı karşıya kalacağını öngörmüştür. (Stolarski ve Cicerone,1974)

Bu ve benzeri araştırmalar neticesinde, Ozon tabakasındaki çözünme ilk olarak 1976'da BM Çevre Programı (UNEP) de tartışılmış, sonrasında UNEP ve Dünya Meteoroloji Örgütü

(WMO) tarafından Ozon tabakasının sürekli takibi adına Ozon Tabakası Koordinasyon Komitesi (CCOL) 1977’de kurulmuştur. Ozon Tabakasını İncelten Maddeler (OTİM) ve Ozon tabakası hakkındaki tartışmalar süreç içinde devam edip, 1985 yılında Viyana Sözleşmesi ile neticelenmiştir. Viyana Sözleşmesi kapsamındaki OTİM’e ilişkin bu maddeleri üretme ve kullanma konusundaki kısıtlamaları hayata geçirmek adına 1987 de Montreal Protokolü kabul edilmiş ve ülkemizde bu protokole 19 Aralık 1991’de tüm maddeleri kabul ederek taraf olmuştur. (TUOB, 2024)

2.2.2 İlk İklim Değişikliği Konferansı ve IPCC’nin Kurulması

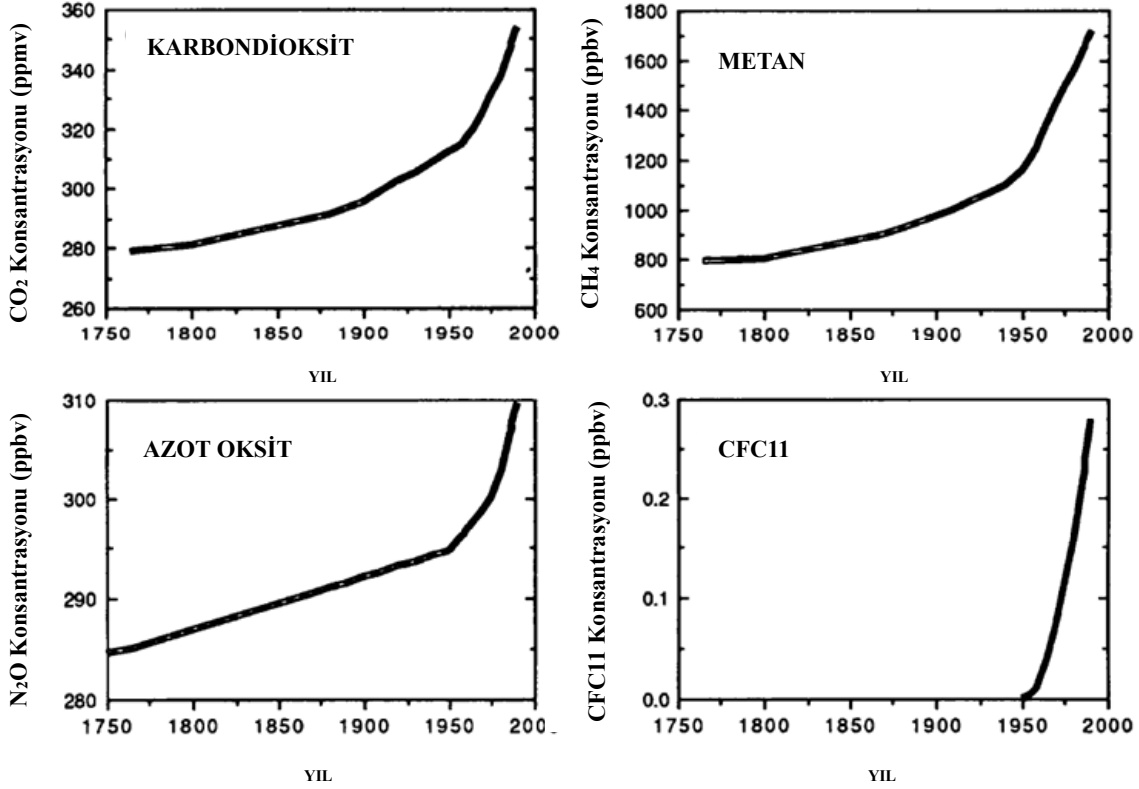
İlk kez 1896 da S.Arrhenius tarafından öngörülen 70’lerin sonlarındaysa WMO tarafından önem verilen atmosferdeki CO₂ yoğunluğu nedeniyle iklimsel değişikliğe ilişkin 1979 yılında WMO tarafından I.İklim Değişikliği Konferansı gerçekleşmiş ve Küresel farkındalığın oluşması sonrasında, 1987 yılında Kanada’da gerçekleşen Toronto Konferansında Karbon emisyonlarına ilişkin kararlar alınmıştır. Bu kararlardan en önemlisi bu emisyon değerlerinin 2005 yılına dek %20 azaltılması hedefidir. (Türkeş, 2001)

IPCC’nin hazırlamış olduğu raporları ise iklim değişikliğine yönelik karbon emisyonlarının azaltılması ve sera gazı kullanımı açılarından, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kapsamında yapılan oturumlara çok önemli bilimsel veriler sunmaktadır.

IPCC’nin çalışma mekanizmasında araştırma yapmak, emisyon verilerini izlemek vb. bulunmamaktadır. Kurumun asli görevleri arasında, literatüre yeni giren makaleleri ve tezleri altyapı olarak kullanıp bunların üzerinden mevcut ya da beklenen durumlar üzerinden analizler ve değerlendirmelerde bulunmaktadır.

IPCC raporları kapsamında sayıları binleri, on binleri bulan Bilim insanları karşılık beklemeden güncel yayınları takip ederek IPCC’ye katkıda bulunmaktadır. Bu kapsamlarda IPCC ortalama olarak 6 yılda bir değerlendirme raporları hazırlamaktadır ve kurum ilk raporunu 1990’da hazırlamıştır.

Kurum 1990 yılındaki ilk araştırma raporunda genel olarak, küresel ısınmanın hızını tahmin etmeye yönelik modellemelerde ve araştırmalarda bulunmuştur.



Grafik 2.1. Yıllara Göre Sera Gazları Oranı

Kaynak: (IPCC, 1990)

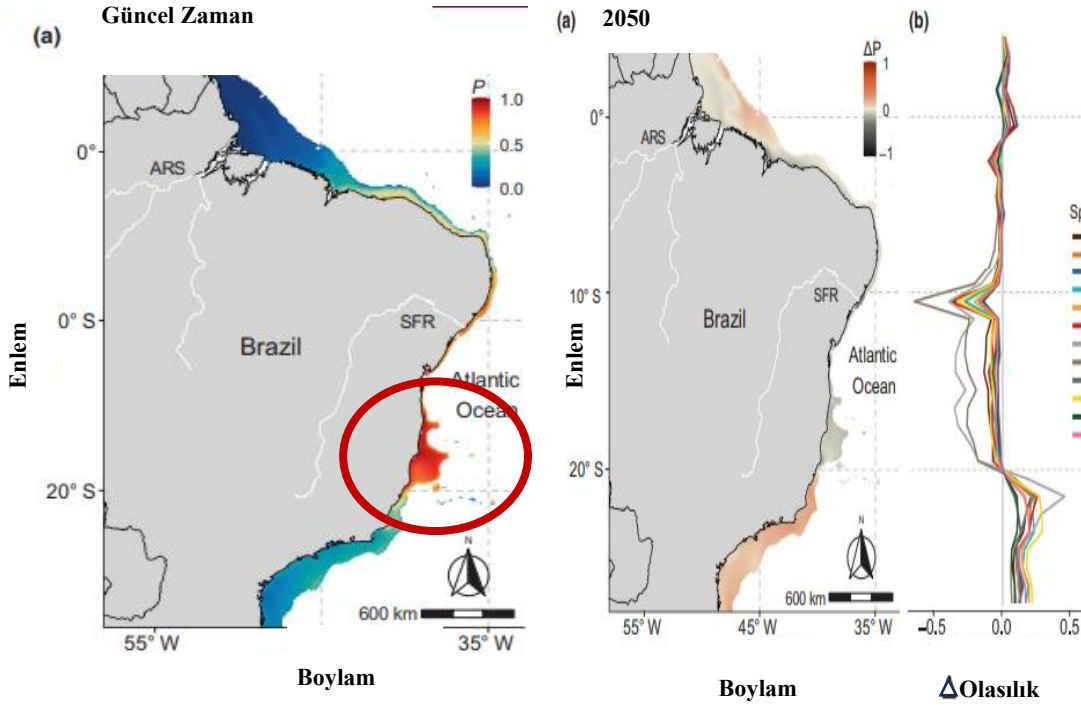
IPCC nin ilk raporunda belirtilen grafik incelendiğinde ise Karbondioksit ve metan konsantrasyonları, insani faaliyetler sebebiyle 18.yüzyıldan sonra parabolik olarak arttığı Nitroz oksit(N₂O) konsantrasyonlarının ise, 1950'lerden sonra kuvvetli şekilde yükseldiğini CFC'lerin ise 1950'lere kadar atmosferde dahi olmadığını göstermektedir.

IPCC raporlarının tarihleri, 1990, 1992(Ek rapor), 1995, 2001, 2007, 2014, 2022 olmak üzere bugüne kadar 6 rapor yayınlamıştır.

6. Değerlendirme Raporunda IPCC, Ülkelerin iklim kriziyle nasıl başa çıkabileceğine dair raporda, geçmişte harekete geçilmemesi nedeniyle son derece tehlikeli ısınmayı önleme penceresinin önemli ölçüde daraldığı konusunda uyarmıştır. Dünyanın, 2020'den itibaren 500 giga ton karbondioksit emisyonu oluşması durumunda sıcaklık artışlarını 1,5°C'de tutma şansının yüzde 50 olduğu vurgulanmıştır. (Vaughan, 2022)

IPCC 60. Oturumunu ise İstanbul'da gerçekleştirmiştir. Bu oturumda yeni Seçilmiş olan Başkan, Başkan yardımcıları, Eş başkanlar, üye hükümetler ve gözlemci kuruluşlar ile 7. Değerlendirme raporuna ilişkin planlamalar gerçekleştirilmiştir.

Güneybatı Atlantik resiflerinin, iklim odaklı mercan dağılımındaki tropikalleşmeyi gösteren çalışmada modelleme, IPCC tarafından 2050 ve 2100 yılları arasında RCP 6 sera gazı artış senaryosuna göre yapılmış ve bu araştırma sonucunda;



Şekil 2.1. Güney Atlantik 2020 – 2050 Resif değişimleri

Kaynak: (Martello vd., 2024)

2050 li yıllarda, Güney Atlantik'teki en zengin resif kaynağı olan Abrolhos da (9°S ile 20°S arasında) çok önemli düşüşlerin gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. (Martello vd., 2024)

2.2.3 Birleşmiş Milletler I. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

Birleşmiş Milletler I. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ise, 9 Mayıs 1992 tarihinde BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, “atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmayı başarmak” nihai hedefiyle kabul edilmiştir. Rio’da 1992 yılında üye ülkelerin imzasına açılmıştır. Türkiye’de bu sözleşmeye 2004 yılında 189. Ülke olarak taraf olmuştur. Günümüzde 197 ülke bu sözleşmeye taraftır.

BMİDÇS, küresel iklim değişikliği ile mücadele kapsamında bir milat olarak görülse de sözleşmenin süreç olarak belirli bir kısıtı olmaması ve rica – temenni nitelikli bir yazılı metin olmasından ötürü küresel ısınmaya maruz kalan ülkeler olmak üzere farklı taraflarca eleştiriye maruz kalmıştır. Ancak Üçüncü taraflar konferansı sırasında Kyoto Protokolünün imzaya

açılmış olması da Küresel ısınma ve iklim değişikliği bağlamında başka bir dönüm noktasıdır. (Efe,2023)

2.2.4 Kyoto Protokolü

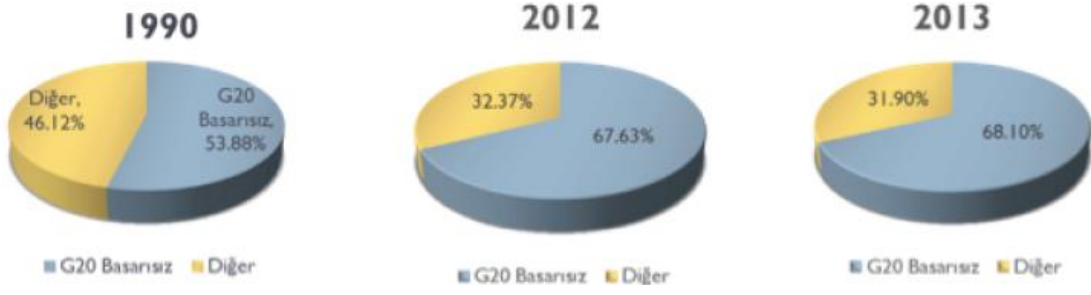
Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin, Aralık 1997’de 3. Taraflar Konferansında (COP 3) kabul edilen Protokol ismini müzakerelerin yapıldığı Kyoto (Japonya) şehrinden almaktadır. Protokol Rusya’nın da katılması sonrası küresel Karbon Salınımının, 1990 yılının %55’ine sahip taraf ülkeler düzeyine çıktığından 90 gün sonra, Şubat 2005 yılında yürürlüğe girmiş ve Protokol 2008 – 2012 yılları aralığında, CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HFC’ler ve PFC’lerin emisyon miktarlarını azaltmak eğer bunu yapamıyorlarsa da Karbon Ticareti Mekanizmasıyla emisyon paylarını arttırmalarına yönelik bir sözleşmedir.

Tablo 2.1. Kyoto Protokolü Ek B- Emisyon sınırlandırma ya da azaltım taahhüdü oranı

Avustralya	108	
Avusturya	92	
Belçika	92	
Bulgaristan*	92	
Kanada	94	
Hrvatistan*	95	
Çek Cumhuriyeti	92	Hollanda 92
Danimarka	92	Yeni Zelanda 100
Estonya*	92	Norveç 101
Avrupa Topluluğu	92	Polonya* 94
Finlandiya	92	Portekiz 92
Fransa	92	Romanya* 92
Almanya	92	Rusya Federasyonu 100
Yunanistan	92	Slovakya* 92
Macaristan*	94	Slovenya* 92
İzlanda	110	İspanya 92
İrlanda	92	İsveç 92
İtalya	92	İsviçre 92
Japonya	94	Ukrayna* 100
Letonya*	92	Büyük Britanya Birleşik Krallığı ve Kuzey İrlanda 92
Lihtenştayn	92	Amerika Birleşik Devletleri 93
Litvanya*	92	
Lüksemburg	92	
Monako	92	

*Piyasa ekonomisine geçiş sürecinde olan ülkeler.

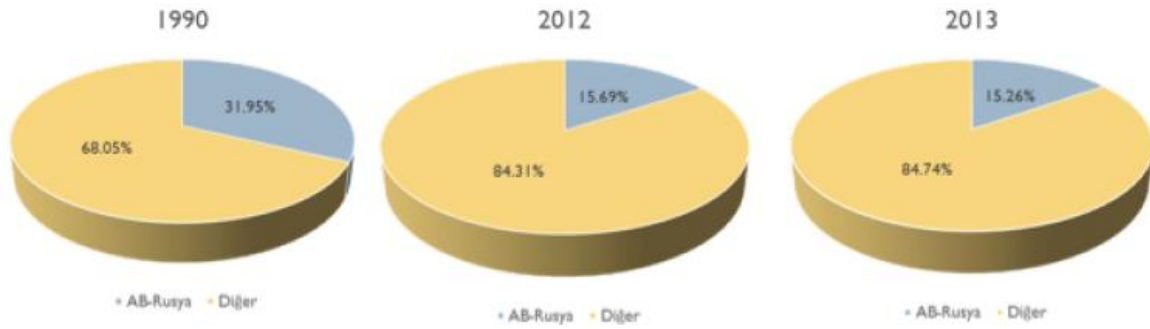
Kaynak: (ÇOB, 1998)



Grafik 2.2. Kyoto Protokolü Kapsamında, G20 Ülkeleri karbon salınımlarının değişimleri

Kaynak: (Çömert vd., 2015)

Grafik 2.2 incelenecek olursa, G20 ülkeleri Kyoto Protokolüne taraf olmasına rağmen karbon azaltımı taahhüdüne uymayan ülkeler 1990 yılında tüm ülkeler arasında %53,88 emisyonu sebep olurken, 2012 yılında bu oran %67,63 ve 2013 yılında %68,10 değerine yükselmiştir.



Grafik 2.3. Kyoto Protokolü Kapsamında karbon salınım değişimleri

Kaynak: (Çömert vd., 2015)

Protokol kapsamında ortaya konan hedefler, Grafik 2.3 üzerinden analiz edilecek olursa; ülke bazında değişken olmakla birlikte AB ülkeleri ortalama %8'lik azaltım taahhüdünde bulunmuştur. AB & Rusya 1990'da Dünya karbon salınımının %31,95'i bu ülkeler kaynaklı iken 2012 yılında bu oran %15,69'a, 2013 yılında da %15,26 ya düşmüş ancak bunun yanında karbon emisyon azaltımına gitmeyen ülkeler %53,88'den, %67,63 oranına yükseldiği anlaşılmıştır.

Kyoto Protokolünün I. Taahhüt döneminin sona ermesinin ardından, 7-8 Aralık 2012'de Doha'da (KATAR) BMİDÇS 18. Taraflar Konferansı ve Kyoto Protokolü 8.Taraflar gerçekleşmiştir. Kyoto Protokolünün devamı yönünde kararlar alınması sonrasında 2013 yılından 2020 yılına kadar devam etmesi planlanan II. Taahhüt döneminin başlaması kabul edilmiştir. Ancak 28 Ekim 2020 itibarıyla, 147 tarafça kabul edilmesinin ardından Kyoto

Protokolü /Doha Değişikliği 'nin yürürlüğe girmesi için 144 kabul belgesi eşiğine ulaşmıştır. Bu sebeple 31 Aralık 2020'de Doha değişikliği yürürlüğe girmiştir. (UNFCCC, 2024)

Ülkemizse Kyoto Protokolü hazırlandığından BMİÇDS 'ye taraf olmadığından, EK-I Taraflarının sayısallaştırılmış sera gazı emisyon sınırlamalarının veya azaltım yükümlülükleri tanımlanmamıştır. Bu sebeple de Ülkemizin, Kyoto Protokolünün II. Taahhüt dönemine ilişkin (2012 – 2020) herhangi bir yükümlülüğü bulunmamaktadır.(İklim, 2024) Doha değişikliğinin yürürlüğe girebilmesi için yeter taraf ülke sayısı ancak 28 Ekim 2020 de tamamlanmış ve 31 Aralık 2020 de yürürlüğe girmiş ve Ülkelerin Karbon Salınımıyla ilgili taahhüt dönemi de bu süreçte bitecek olmasından, 2020 yılından sonrası için Paris Anlaşması devreye girecek olmasından ötürü de Kyoto Protokolü / Doha Değişikliği (II. Taahhüt Dönemi) bir nevi kağıt üstünde kalmış bir değişiklik olmuştur.

2.2.5 Paris Anlaşması

Fransa'nın Paris şehrinde, BMİDÇS kapsamında COP 21'de, 2020 sonrasında (Kyoto protokolünün ardından) ülkeler ve hükümetler arasında İklim Değişikliği esaslarına ilişkin anlaşma 12 Aralık 2015'de kabul edilmiş ve 21-22 Nisan 2016'da New York BM Genel Merkezinde imzaya açılmış, anlaşmanın yürürlüğe girmesinin ise en az 55 ülke ve bu ülkelerin global sera gazı oranı %55 oranı yakalandığı tarih olan 4 Kasım 2016'da yürürlüğe girmiştir. Ülkemizde anlaşmayı, 22 Nisan 2016 tarihinde, 2030 yılı için %21 artıştan azalım katkı beyanı ile imzalamış, COP 27 de bu hedef %41 olarak güncellenmiştir ve 2053 yılında net sıfır emisyon hedefi ilan edilerek 7 Ekim 2021 tarihinde iç hukuk yollarında onaylanmış ve 10 Kasım 2021 de anlaşmaya taraf olmuştur. (MFA, 2024)

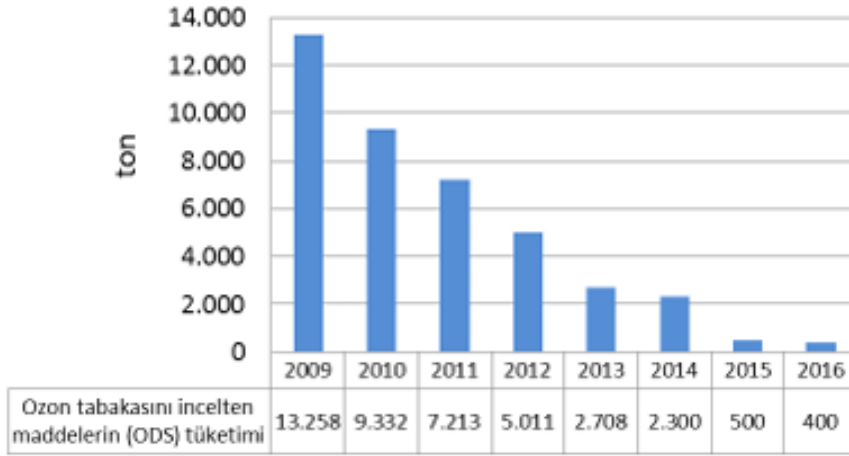
Paris Anlaşmasının hedeflerinden bazıları ise;

- Sanayi Devrimi sonrası küresel sıcaklığın 2 °C hatta, 1,5 °C ile sabit tutulması
- Fosil yakıtlardan, yenilenebilir enerjiye geçişin sağlanması

2.2.6 Kigali Protokolü

10-15 Ekim 2016 tarihleri arasında, Montreal Protokolü taraflarının, 28. Toplantısında, Montreal Protokolünden sonra CFC ve HCFC'lere alternatif olarak kullanılan ve Ozon Tabakasına Zararı Olan Bileşenlere (ODS) karşı Montreal Protokolü sonrası ivedi ihtiyaçlar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle ODS'ler düşük maliyeti sebebiyle tercih edilmiş olsalar da küresel ısınma potansiyeli (GWP) değerleri yüksektir. 2100 yılına kadar yaklaşık 0,5 °C'lik küresel ısınma etkisini tersine çevirmek için, ODS gazlarının kullanımını 2050 yılına değin %80- 85 oranında azaltma kararı alınmıştır. (UNEP, 2022) Montreal Protokolünün / Kigali

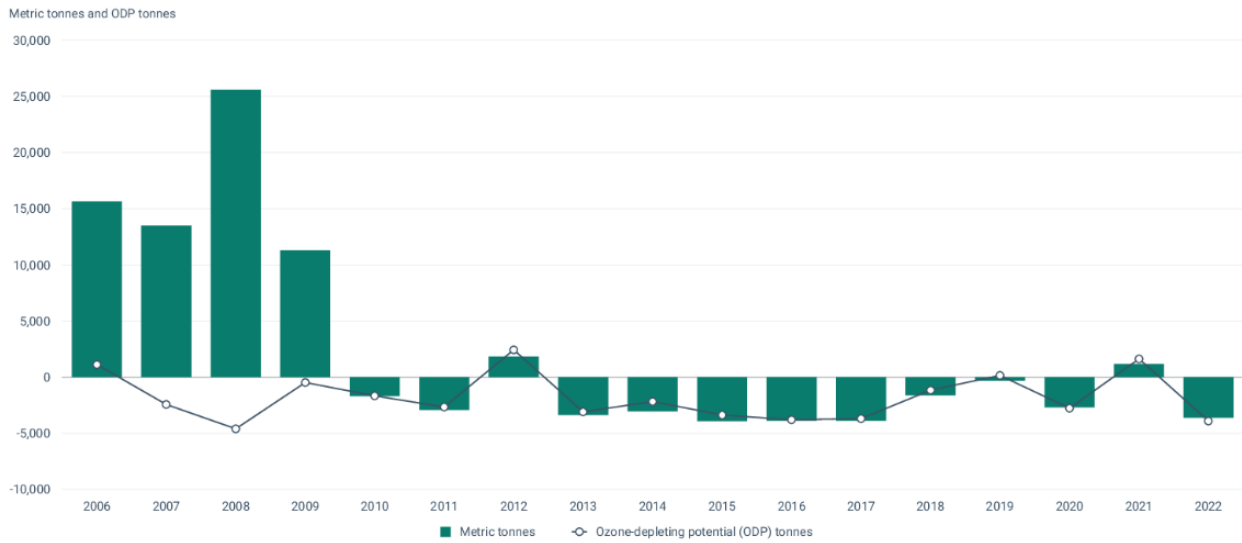
Değişikliğinin iç hukukta onaylanma süreci 4 Mart 2021 tarihinde TBMM'ce onayın ardından, 11 Mart 2021 tarihi itibarıyla de Ülkemizde yürürlüktedir.



Grafik 2.4. Yıllara Göre ODS

Kaynak: (ÇŞB, 2016)

Ülkemizde 2009 ve 2016 yılları arasında, Ozon Tabakasını İnceltici Maddelerin (ODS) kullanımını %97 oranında azalmıştır.



Grafik 2.5. Yıllara Göre ODS

Kaynak: (EEA, 2023)

Avrupa Birliği ülkeleri ise Montreal Protokolü kapsamında ODS kullanım oranlarını azaltmış ve bazı yıllarda (2010,2011,2013,2014,2015,2016,2017,2018,2019,2020,2022) bu maddelerin ithalatı ve imhası üretim miktarlarını geçmiş. Bu sayede de sebep olunan ODS miktarları negatif olarak hesaplanmıştır.

Küresel ısınma konusunda Fikir birliğinin oluşmasında öncülük eden ve kabul görmesini sağlayan sera gazı verilerinin ve ODS verilerinin yanı sıra insanın kendi faaliyetleri akabinde doğada bırakmış olduğu tahribata yönelik hesaplamalar, insanın uğraşısı olduğu alanlarla ilişkilendirilmiş ve farklı “Ayak İzi “kavramları ortaya çıkmıştır.

Ortaya çıkan Ayak İzi kavramlarına, Footprint Family yani Ayak izi Ailesi gibi tanımlamalarda yapılmaktadır. Belli bir alana yönelik çalışmalarda, karbon, su ve ekolojik ayak izleri gibi faktörlerin hesaplanması gereklidir. (Sobanjo, 2024)

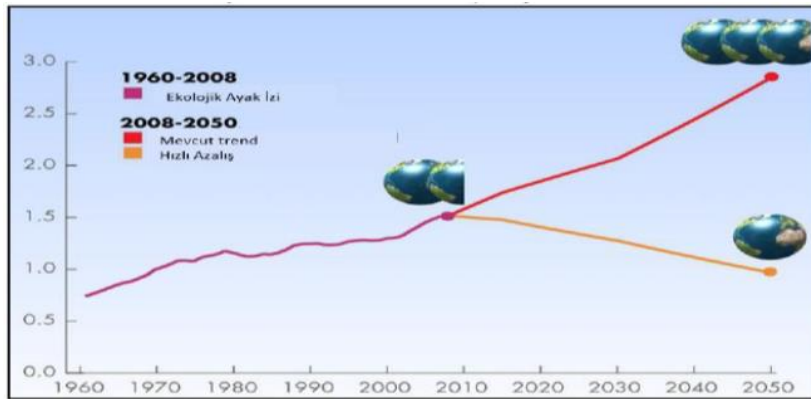
Dünyanın ekonomi açısından en dinamik alanlarından olan, İnci Nehri Deltasının (Çin’deki İnci Nehrinin Çin’in güneydoğusunda, Güney Çin Denizi’ne aktığı bölgeyi çevreleyen alçak bir bölge , Wikipedia, 2024) sürdürülebilir kalkınması ve kalıcı refah artışı maksadıyla, insan aktivitelerinin bölgedeki etkilerini ölçmek maksadıyla, Ekolojik, Karbon ve Su Ayak İzlerini içeren 3 boyutlu modellemeler yapmışlardır. (Li & Hu, 2021)

2.3 Ayak İzi Ailesinin Temel Bileşenlerinin İncelenmesi

2.3.1 Ekolojik Ayak İzi (EAI)

Ekolojik Ayak İzi (Ecological Footprint): Doğal kaynakların yok olmamaları ve verimli olarak üretkenliklerine devam etmeleri için en az gerekli olan biyolojik ortamı hesaplamak amacıyla kullanılmaktadır. Prof. William Rees, Dr. Mathis ve arkadaşları bu ifadeyi ilk ortaya atmışlardır.

Ekolojik ayak izinde herhangi bir yerleşkede yaşayan bireylerin belli bir periyotta (ay, yıl vb.) harcamış olduğu kaynakların, ortaya çıkartmış oldukları emisyonların ve de bertaraf edilmesi gerekli atıkların çözünümü için gerekli aktif biyolojik çevre hesaplanmaktadır. (Haberl, 2001)



Şekil 2.2. Küresel Ayak İzi Ağı

Kaynak: (Şimşek ve Bursal, 2019)

Şekil 2.2’de gösterilmek istenen, Küresel Ekolojik ayak izi, 2010’lu yıllarda 1,5 Dünya ekosistemi kadardı.

2.3.2 Su Ayak İzi (SAİ)

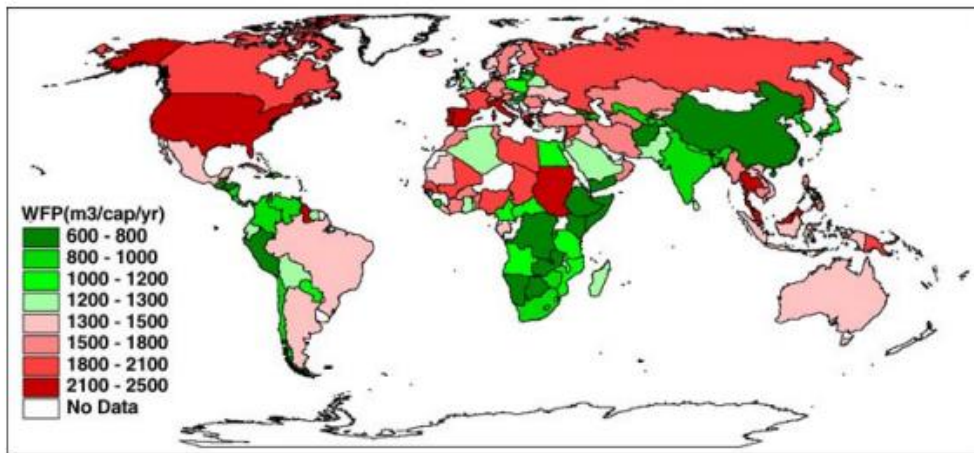
Su Ayak İzi(Water Foot Print, WFT): Su kullanma miktarına bağlı üretim kaynaklı parametreler yerine harcama miktarına bağlı yeni bir ifade olarak kullanılmıştır. (Hoekstra ve Hung, 2002) Tablo 2.2’de ise günlük hayatta kullanılan ürünlerin üretimi için gerçekleşen su ayak izi miktarları belirtilmiştir.

Tablo 2.2. Ürün ve Sanal Su ayak İzleri

Ürün	Sanal Su Ayak İzi	Birim
Pet Şişe (Adet)	5,3	Litre / Adet
Ekmek (Adet)	1.625	Litre / Adet
Pirinç (kg)	2.497	Litre/kg
Patates (kg)	287	Litre/kg
Şeker (kg)	920	Litre/kg
Domates (kg)	214	Litre/kg
Koyun Eti (kg)	10.412	Litre/kg
Tavuk Eti (kg)	4.325	Litre/kg
Kahve (kg)	18.900	Litre/kg
Çay (kg)	8.860	Litre/kg
Kağıt (Paket)	2.550	Litre/paket

Kaynak: (HSE, 2023)

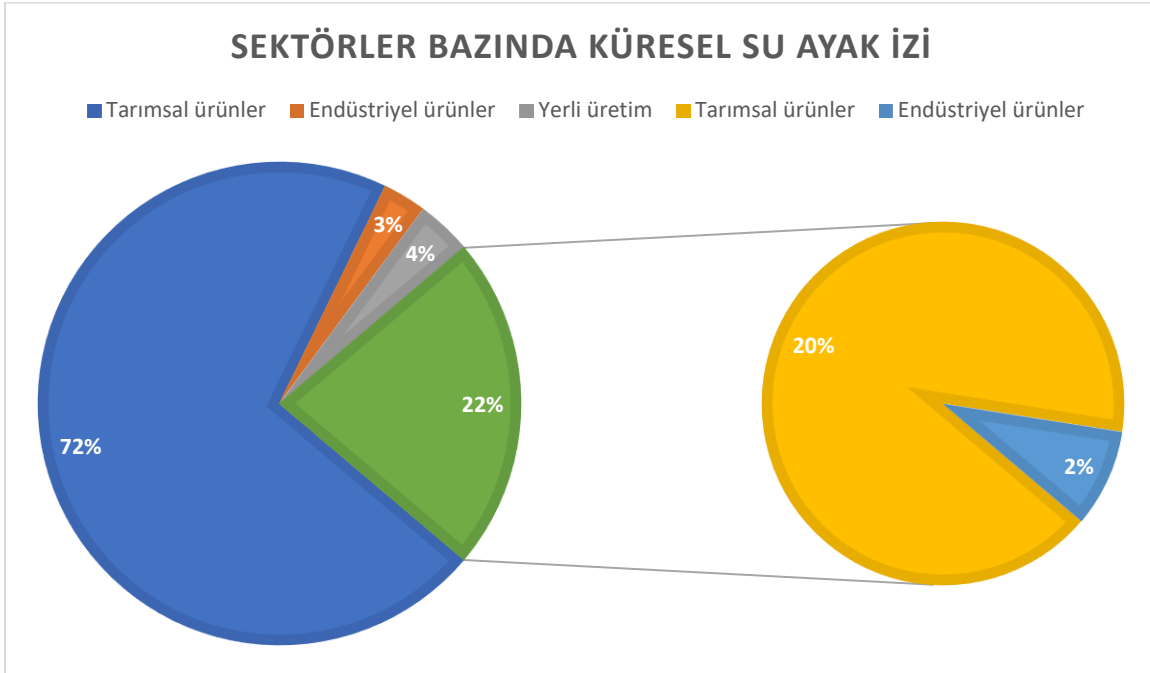
Su ayak izi kavramı herhangi bir ülkede toplam sarf edilen mal ve hizmetin üretiminde kullanılan tatlı su miktarıdır. Ancak günümüz dünyasında herhangi bir malın üretildiği ve tüketildiği ülke aynı olmadığından bu kavramda, yerel suyun harcanması ve sınır dışındaki tatlı suyun harcanması olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2.3. Ülkeler bazında Kişi başı Su Ayak izi

Kaynak: (Hoekstra ve Chapagain 2007)

(Şekil 2.3’ te **Kırmızı Renk**, Global su ayak izi ortalaması üstünü, **Yeşil Renk** ise ortalamamın altını simgeler.)



Grafik 2.6. Sektörler bazında küresel su ayak izi

Kaynak: (Mekonnen ve Hoekstra, 2011)

İç Su Ayak İzi Oranı %78 - Tarımsal ürünler, Endüstriyel ürünler, Yerli üretim

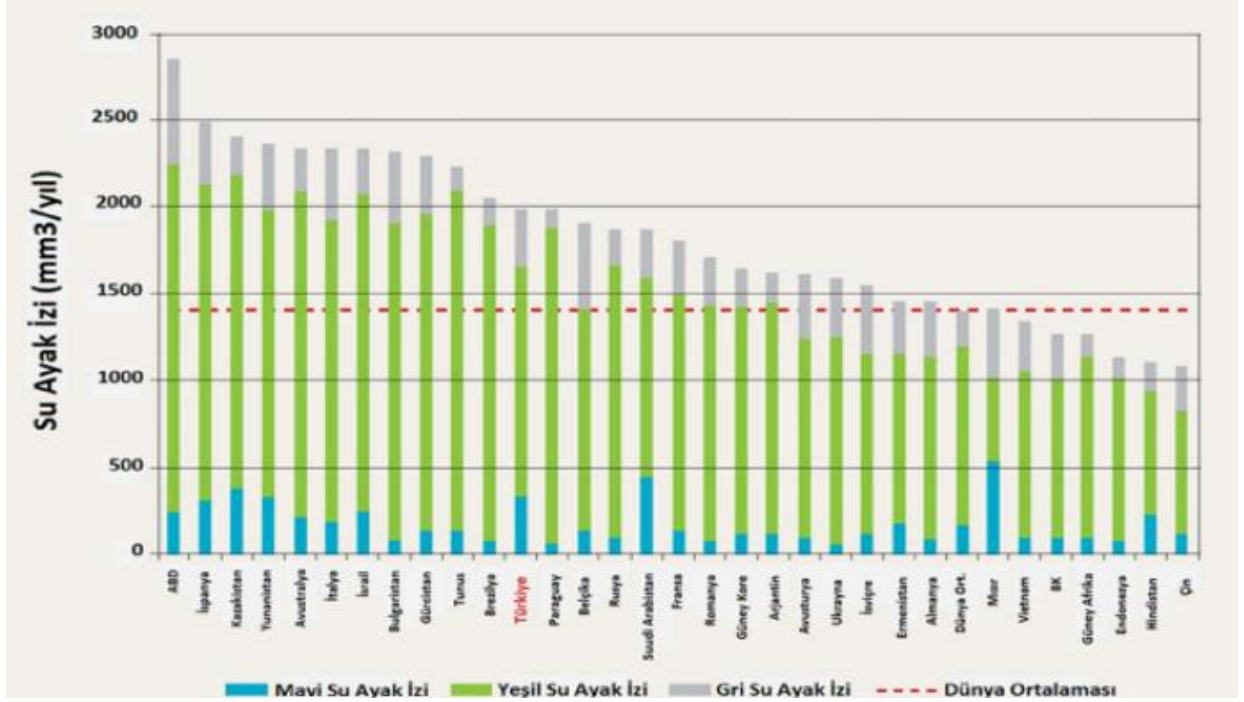
Dış Su Ayak İzi Oranı %22 - Tarımsal ürünler, Endüstriyel ürünler

Su ayak izi de Yeşil, Mavi, Gri olmak üzere 3 kategoride değerlendirilmektedir. Her bir renk kullanılan, sarf edilen suyun kalitesini açıklayan, bir anlamda su ayak izinin harcanan su bazında kalite göstergesidir.

Mavi Su Ayak İzi: Herhangi bir ürünün üretimi, bitkinin yetiştirilmesi vb. esnasında sarf edilen doğal veya yüzey altı sularıdır. (Tatlı su bazında)

Yeşil Su ayak izi; Herhangi bir bitkinin yetiştirilmesi esnasında sarf edilen yağmur kaynaklı su miktarını.

Gri su ayak izi ise; Kullanım sonrası ortaya çıkan kullanılmış suyun temizlenmesi için harcanması gerekli toplam su miktarını ifade etmektedir.



Grafik 2.7. Ülkelerin su ayak izi göstergeleri

Kaynak: (Turan,2017)

2.3.3 Karbon Ayak İzi (KAİ)

Karbon Ayak İzi de ekolojik ayak izinin bulunmasının ardından su ayak izi gibi sonradan türetilen terimlerden biridir. Genel anlam olarak bakılınca insan kaynaklı faaliyetler sebebiyle ortaya çıkan ve doğaya salınan sera gazlarının birim CO₂ veya birim C miktarıdır. Kişisel ve kurumsal olarak üst ana gruba ayrılmasının yanı sıra, Doğrudan ve dolaylı olarak iki alt gruba ayrılmaktadır.

Tablo 2.3. Ülkelerin Yıllık Karbon Salınımı

Sıra	Ülke	Yıllık Karbon Salınımı (ton CO ₂)
1	Çin	10.064.494,000
2	ABD	5.414.277,000
3	Hindistan	2.654.400,000
4	Rusya	1.711.127,000
5	Japonya	1.162.710,000
6	Almanya	728.035,000
7	İran	648.894,000
8	Endonezya	601.208,000
9	Güney Kore	600.556,000
10	Suudi Arabistan	536.541,000

Kaynak: (GCB, 2024)

Doğrudan (Birincil) Karbon ayak izi, bu karbon ayak izinin kapsamına bireylerin evsel faaliyetleri ve ulaşım (uçak, motosiklet vb.) sonucu fosil yakıtlar sebebiyle açığa çıkan emisyonları ifade eder.

Dolaylı (İkincil) Karbon ayak izi, bireylerin, kullandığı ürün ve mallar kaynaklı meydana gelen emisyonları kapsamaktadır.

Üretiminden (fabrika imali, lojistik, kullanım, tamir dahil), hurdaya ayrılmasına (hurdaya ayırma işlemi dahil) kadar geçen süreçteki fosil yakıtlar sebebiyle açığa çıkan emisyonları ifade eder.

Kurumsal Ayak İzi ise, herhangi bir işletme veya kurumun faaliyetleri neticesinde atmosferde birikmesine sebep olan emisyonların hesaplanmasıdır. Bu hesaplama sırasında kullanılacak farklı metodolojiler mevcuttur. Örneğin, IPCC, GHG, ISO 14064

KAİ de diğer ayak izi terimleri gibi çok eski sayılmayan ifadeler olmakla birlikte genel farkındalık kapsamında, 2000 yılında İngiltere de halka arz olmuş 100 şirket tarafından kurumsal karbon ayak izlerinin hesaplanması istenmiş ve bu kapsamda Karbon Saydamlık Projesi (Carbon Disclosure Project-CDP) hayata geçirilmiştir. (Yılmaz, 2014)

2.4 Karbon Ayak İzi Hesaplama Metotları

Atmosfer ısısının, Sanayi Devrimi öncesine oranla 2°C mümkünse, 1,5°C hedefi kapsamında Avrupa Birliğine bağlı Ülkeler, Paris Anlaşmasından sonra 2050 yılı için Dünya üzerindeki ilk karbon-nötr kıta olma hedefini 11 Aralık 2019 tarihinde Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM) olarak açıklamıştır. Bu kapsamda yeni politikalar, bunlara bağlı güncel hedefler ortaya çıkacaktır.

Avrupa ülkeleri, AYM kapsamında 1990 yılındaki mevcut emisyonlarından 2030 yılında %55 azalma 2050 yılına kadar ise net sıfır "0" emisyon hedeflemekte ve bu amaçla gerçekleştirilecek aksiyonlar ise Fit For 55 (55'e uyum) 14 Temmuz 2021 tarihinde kabul edilmiştir. (Özerdem,2024)

İklim Anlaşmaları ve Sözleşmeleri kapsamında, belirtilen emisyon hedeflerinin takibi bunun sonucunda da değerlendirmelerini yapmak amacıyla ülkelerin emisyon miktarlarının belirli prosedürler izlenerek bir ölçü birimi ile ölçülmesi ihtiyacı oluşmuştur. Bu amaçlarla da farklı aktiviteler ve faaliyetler sonucu, atmosfere salınmasına sebep olunan emisyonların, CO_{2eş} (Karbondioksit eşdeğeri) cinsinden hesaplanması uygulamaları her alanda tatbik edilmiştir.

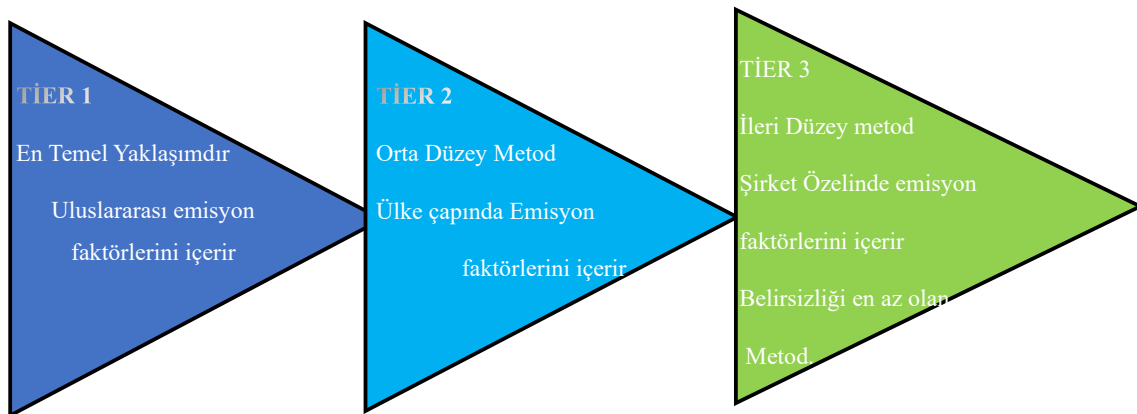
2.4.1 IPCC Metodolojisi

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli olan IPCC, WMO ile UNEP'in öncülüğünde 1988 yılında kurulmuştur. IPCC kuruluşundan bugüne kadar 6 değerlendirme raporu (AR6 – Assessment Report) yayınlamıştır. Bu raporlarda da katedilen sürdürülebilirlik boyutlarını, farklı uzmanlıklara sahip gönüllülerin taraması ile ortaya koymaktadır.

Karbon Ayak İzi hesaplamasında, IPCC ilk kılavuzunu 1996 yılında yayınlamasından sonra, 2006 yılında Ulusal Sera Gazı Envanter Kılavuzunu yayınlamış sonrasında ise bu kılavuzda bazı iyileştirmeler yapıp 2019 yılında bugüne kullanılan sonuncu yönerge yayınlanmıştır. Bu kılavuzda emisyonların hesaplanması için Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri tarif edilmektedir.

Hesaplama yöntemleri farklı sektörler için geçerli olabilecek faktörleri göz önünde bulundurarak kısmen ayrıntılı bir biçimde sunmaktadır. IPCC hesaplama kriterleri karbon ayak izi hesaplamasında, CO₂eş karbondioksit eşdeğeri cinsinden sonuç vermektedir. Kullanılan yakıtların verecekleri tepkimeye ve de açığa çıkacak sera gazları dikkate alınarak Küresel Isınma Potansiyelleri (GWP- Global Warming Potential) üzerinden sonuçlar vermektedir.

Tier 1 yönteminde, kurumların direkt olarak sebep olduğu emisyon miktarları örneğin doğalgaz tüketimi, su tüketimi vb. hesaplanarak sonuç elde edilir. Tier 2 ve Tier 3 metodunda ise sebep olunan dolaylı yani doğrudan olmayan emisyon miktarları örneğin, katı atık bertarafı, araziye dönüştürülen ormanlık arazi vb. veriler üzerinden, sera gazı emisyonları hesaplanmaktadır. Özellikle Tier 3 metodu gerek karmaşıklık gerekse de veri gereksinimi açısından en komplike metottur. Ayrıca hesaplanan ser gazı emisyon miktarları, “kullanılan verilerin doğru olması koşuluyla” metod numarası arttıkça artmaktadır. (UNFCC, 2017)



Şekil 2.4. IPCC Tier Ağacı

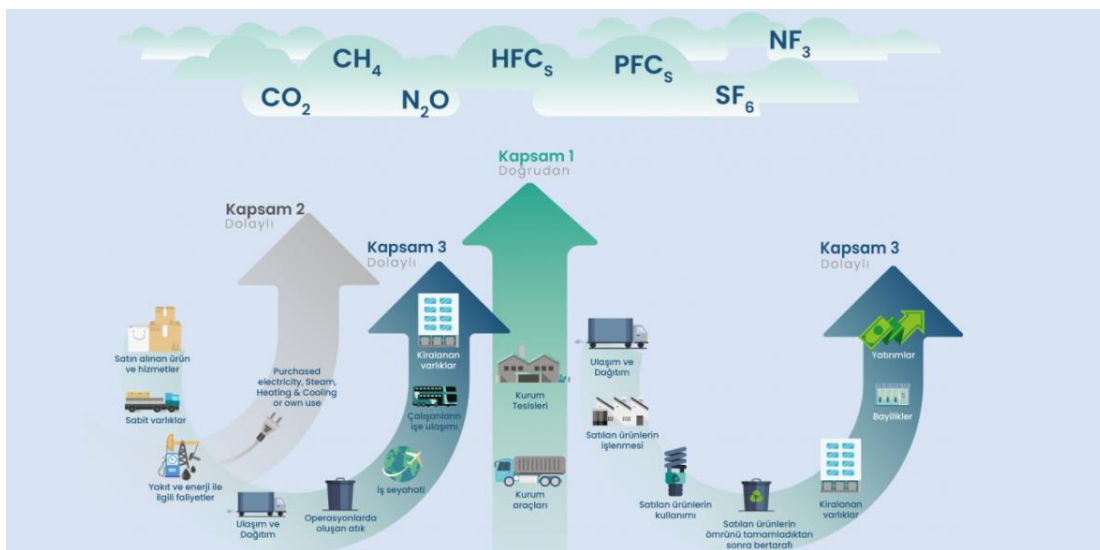
2.4.2 Sera Gazı Protokolü (Greenhouse Gas Protocol- GHG Protokolü)

Sera Gazı Protokolü (GHG Protocol), ABD, Washington DC de merkezi bulunan Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) ve İsviçre, Cenevre de merkezi bulunan, Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) kurumlarının ortak girişim ve çalışmaları sonucunda ilk olarak 1998 yılında yayınlandı. (PRN, 2011)

GHG Protokolü hesaplamalarında, hesaplama yapılacak alana doğrudan bağlı olmayan sermaye malı vb. ni hesaplama dahiline alınmasını şart olarak görmeyen ancak ve ancak doğrudan ilgisi mevcut ise bunları hesap kısmına dahil edilmesi gerekliliği belirtilmektedir. (Garcia ve Freire, 2014)

Sera Gazı Protokolü, işletme ve kurumların faaliyet türlerine göre sebep olduğu emisyonların hesaplamalarını 3 ana başlığa ayırmaktadır.

Scope(Kapsam)1, işletmelerin direkt sebep olduğu GHG emisyonları, sektörel faaliyet kapsamında harcanmış olan yakıt (lpg, mazot, benzin) tüketimi, demirbaşlarca harcanan yakıtlar, klima vb. meydana gelen kaçak gazları inceler Scope 2, işletmenin kullandığı elektrik (GHG emisyonları elektriğin üretildiği santrallerde meydana gelir fakat bunu kullanan firma tarafından Scope 2 kapsamında hesaplamaya dahil edilmektedir) sebebiyle oluşan emisyonları inceler, Scope 3 ise kurum ve işletmelerin işlevlerinden ötürü meydana gelen diğer emisyonları kapsamaktadır. Genişletmek gerekirse içilen su miktarı, hava-karayolu-deniz ulaşımları, çalışanların işe gelmek için harcamış oldukları yakıt miktarları vb. faaliyetleri kapsamaktadır. (Romero vd., 2021)



Şekil 2.5 Karbon Ayak İzi Hesaplamalarında Doğrudan ve Dolaylı Emisyonlar

Kaynak: (Semtrio,2024)

2.4.3 TS EN ISO 14064

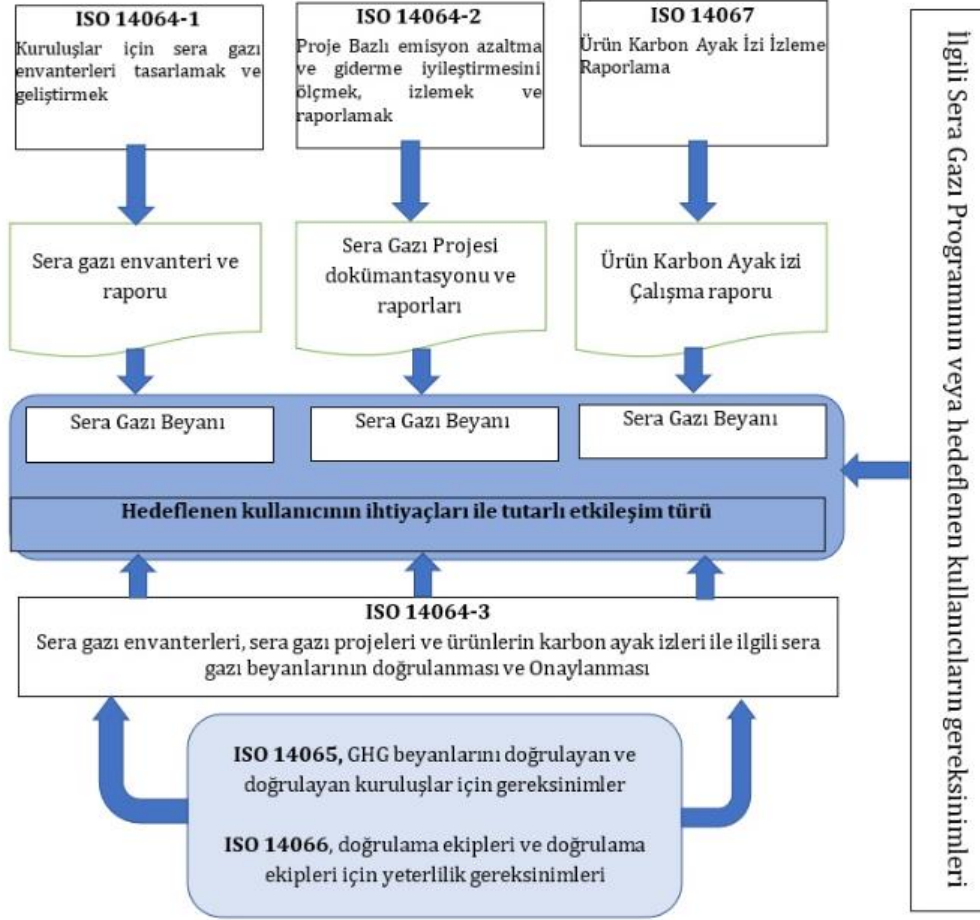
Karbon ayak izi hesaplamalarına kılavuz olması amacıyla, Uluslararası Standartlar Teşkilatının (International Organization for Standardization - ISO) 2006 yılında hazırlamış olduğu standart, Ülkemizde de, Türk Standartları Enstitüsü tarafından 12.10.2006 tarihinde kabul edildikten sonra TS ISO 14064 olarak anılmış, Avrupa Standartları Enstitüsü (CEN) kurumunca da kabul edilmesi sonrasında ülkemizde, TS EN ISO 14064 olarak anılmaktadır. TS EN ISO 14064 Standardı 3 Ana kısımdan oluşmaktadır. (TSE,2024)

- **TS ISO 14064-1**, Sera Gazlarının Emisyon ve Tutulma Miktarlarının Tespiti ve Bildirilmesi İçin Kuruluş Seviyesinde Kılavuz ve Özellikler,
- **TS ISO 14064-2, Bölüm 2:** Sera gazlarının emisyonlarındaki azaltma miktarının ve tutulmalarındaki iyileşmenin proje seviyesinde tespiti, izlenmesi ve bildirilmesi için kılavuz ve özellikler
- **TS ISO 14064-3, Bölüm 3:** Sera gazlarına ilişkin beyanların geçerli kılınması ve doğrulanması için kılavuz ve özellikler,

Kuruluşların, Karbon ayak izi hesaplamasında ise bu standartlardan, TS EN ISO 14064-1 standardı kullanılmaktadır. Bu standardın son güncellenme tarihi ise ISO tarafından 2018 TSE tarafından ise 29.04.2019 dur.

14064-1 Standardının Hesaplama Kapsamları ise IPCC ve GHG Protokolüne benzer olarak 3 kapsamdan oluşmaktadır.

Kapsam 1, Doğrudan kurumların sebep olduğu GHG emisyonlarını hesaplamaktadır, Kapsam 2, şirket veya kurumların elektrik sarfiyatıyla ve ısıyla elektrik ve ısı sebebiyle oluşan GHG emisyonlarını, Kapsam 3 ise firmaların faaliyetleri sebebiyle neden olduğu dolaylı emisyonları incelemektedir. (Diaz vd., 2024)



Şekil 2.6 14060 Standart Ailesi

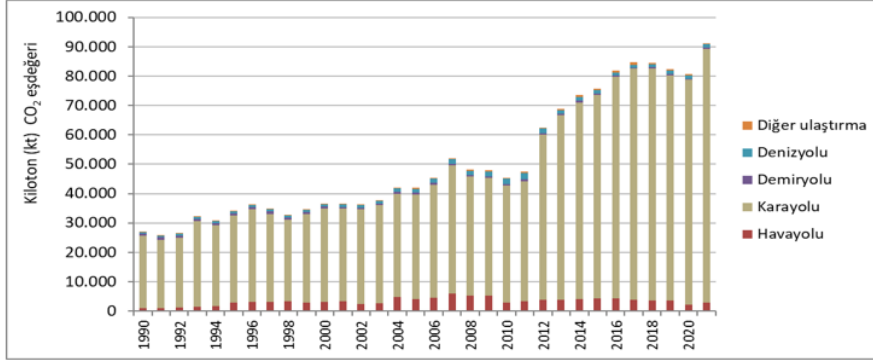
Kaynak: (Asan ,2024)

TS 14060 Standart Ailesi genel anlamda bakılacak olursa Sürdürülebilir bir gelecek için farklı standart ve direktifleri içermekte ve bunların arasındaki ilişki ise Şekil 2.6'da belirtilmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DEMİRYOLLARI ULAŞIM TÜRÜNÜN SERA GAZI EMİSYONLARI YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Demiryolları diğer ulaştırma türlerine kıyasla daha çevreci ve de minimum enerji ihtiyacı sebebiyle özellikle karayoluna karşı ciddi bir seçenek olarak görülmekte ve de çevresel sorunların ortadan kaldırılmasında önemli bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. (Demirkol,2023)

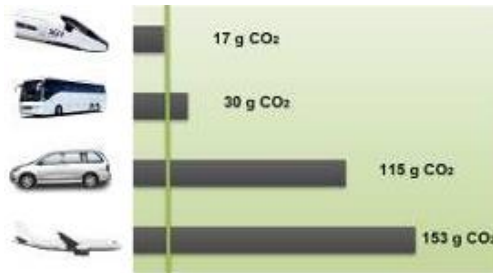


Grafik 3.1. Ulaştırma Türlerinin GHG Emisyonları

Kaynak: (ÇŞİDB,2023)

2021 yılı GHG emisyonu TÜİK istatistiklerince; Ulaştırma kaynaklı CO₂ emisyonlarının %94,8 i karayolu kaynaklı, %3,1 i havayolu kaynaklı, %1,2 si denizyolu ve yalnızca %0,4 ü demiryolu kaynaklı olduğu anlaşılmaktadır.

Ulaştırma sektörünün küresel ölçekte, tamamına yakını CO₂ olmak üzere tüm sera gazı emisyon miktarlarının %23'üne sebep olmaktadır. (Navaei vd., 2024) Ulaştırma türünün bileşenlerinin ise kilometre başına düşen karbon emisyon miktarları dikkate alındığında Avrupa Birliği şebeke değerleri üzerinden Hızlı Tren hatları en az karbon emisyonuna sebep olan tür olarak görülmüştür. (UIC, 2011)



Şekil 3.1. Kilometre başına düşen ortalama CO₂ emisyonu

Kaynak: (UIC, 2011)

***Alstom AVG nin enerji tüketimi (0,033 kwh/koltuk.km) ve %75 doluluk ile hesaplanmıştır.**

Koltuk- km başına tüketilen enerjiye karşılık gelen Karbon Emisyonu miktarında, Alstom AVG hızlı tren setinin 17g, yolcu otobüslerinin 30g, kişisel araçların 115g, yolcu uçaklarının ise 153 g CO_{2eş} miktarlarında sera gazı emisyonlarına neden olduğu anlaşılmıştır.

Demiryolları, elektrikli tren setleriyle düşük desibelli, süratli vede farklı hız sınıflarıyla seyahat imkânı sunmakta ayrıca güçlü kapasite imkânı ve güvenli bir seyahat sunmuş olduğundan birçok ülkede yolcu taşımacılığı konusunda önemli bir görev üstlenmektedir. Bu kapsamda Londra - Birmingham arasındaki Hızlı Tren 2 (HS2) projesinin güzergah profilini Matlab da modelleyen Tian vd., İngiltere geneli enerji ihtiyacının çoğunluğunun kombine gaz çevrim santrallerinden karşılandığından, enerji ihtiyacını fotovoltaik çiftlikten ve rüzgar türbinlerinden karşılayarak enerji maliyetini %21 oranında azaltılmış buda karbon emisyonlarında ciddi azalmayı beraberinde getirmiştir fakat enerji depolama sistemlerinin kurulmasında da yine %21 oranında tasarruf sağlandığından bu ekipmanların kullanımından önce detaylı analizlerin yapılması gerektiği anlaşılmıştır. (Tian vd , 2020)

Tablo 3.1. Toplam Maliyet Oranları

Maliyet Türü	Maliyet 1	Maliyet 2	Maliyet 3	Maliyet 4
<i>Enerji Maliyeti (milyon- \$)</i>	545,9	542,1	316,6	315,6
<i>Karbon Vergisi (milyon- \$)</i>	29,0	29,0	18,0	18,0
<i>Ek sistemler (milyon- \$)</i>	0,0	1,0	118,0	119,0
<i>Toplam Maliyet (milyon- \$)</i>	574,9	572,1	452,6	452,6
<i>Net Maliyet Kazancı (%)</i>	-	0,48	21,28	21,27

Kaynak: (Tian vd., 2021)

Demiryollarında çevreci ve sürdürülebilir çözümler konusunda Çin Demiryolları 2020 yılında, yeşil demiryolu oranını arttırmayı ve düşük karbon emisyonlu daha ekonomik bir yük taşımacılığı ağı kurmak adına fotovoltaik kaynaklı güç istasyonlarından enerji temini ile Qinghai-Tibet arası plato sıfır karbon ve akıllı demiryollarının kurulması planlanmaktadır. (Zhang,2023)

Dünya çapında Demiryolu hatlarının çoğunluğunda katener hatları veya elektrik ihtiyacını karşılayan üçüncü bir ray bulunmaktadır. Fakat havai hatların ve 3.ray sistemi kurmanın mümkün olmayacağı (Kuzey Amerika demiryolları vb.) demiryolu hatlarında dizel tahrikli lokomotifler yerine diğer alternatifler incelenmiş ve hidrojenin petrole nazaran imalinin 2 – 3 kat daha pahalı olabileceği ancak bu maliyet tutarının da yıllar geçtikçe azaldığından özellikle rafinerilere yakın lokasyonlarda bu tür alternatiflerinde düşünülebileceği görülmüştür. (Oldknow vd., 2021)

Demiryolları taşımacılığının kapasitesinin %10 oranında artışının, demiryolunun ulaştırmada ek bir çözüm olması dolayısıyla eğlence amaçlı ve alışveriş amaçlı araç ve motosiklet gibi taşıtların kullanımını azaltarak, CO emisyonlarını %1, NO_x emisyonlarını ise %2 oranında azalttığı görülmüştür. (Lalive vd., 2017) Çin deki ulaştırma sektörüne bağlı sera gazı emisyonlarının artan hızlı tren hatları ile birlikte %1,33 oranında azaldığı, karayolu taşımacılığındaki rotaların YHT ile değiştirilmesinin etkileriyle sera gazı emisyonlarının azalmasında yaklaşık 2 kat azalmaya sebep olacağı tespit edilmiştir. (Lin vd., 2021)

Yüksek Hızlı Tren hatlarındaki artışların hem hatların geçtiği şehirlerde hemde komşu şehirlerde karbon toplam faktör verimliliğini (CTFP – Belirli seviyedeki girdiler ile çıktı düzeyini açıklayan ekonomik verimliliği karbon temelli açıklayan bir ölçü olup, ekonomik büyümeyi, enerji tüketimini ve karbon emisyonlarını dikkate alan detaylı bir göstergedir) arttırdığını, yeni serilen bir YHT hattının bulunduğu şehrin CTFP sinde %0,63 lük, komşu şehirlerin CTFP sinde ise %6,3 oranında artış oluşmuş ayrıca YHT hatlarının gelişimi devam eden şehirlerde ve onlara komşu şehirlerde daha önemli CTFP artışlarına sebep olmuştur. (Zhou vd.,2023)

Çin'in 2003- 2019 yılı arası verilerine dayanarak YHT hatlarının karbon emisyonlarında en az ülke genelindeki 283 şehirde %2,3 aranda karbon emisyonlarında azalmaya katkı sağladığı ve bunda da YHT hatlarının 400 km içinde istasyon olan hatlarda etkili olduğu anlaşılmıştır. (Zhang vd., 2023)

Kargo taşınımı açısından elektrikli trenler vasıtasıyla ortaya çıkan karbon emisyonlarını hesaplama amacıyla, enerjisinin üretimi aşamasından tüketim aşamasına kadar safhaları tahmin metotlarına dahil edip, uzun yolculukların kısa yolculuklara oranla daha çevreci olduğu, hızlanma anlarında yüksek enerji gerektiği ve en kötü enerji sağlayıcının Linyit Kömür Santralleri olduğu görülmüştür.(Brzeziński ve Pyza, 2023) Bu araştırmanın sonuçları analiz edildiğinde durak sayıları azaltılarak ve güzergah optimizasyonlarıyla daha az enerji maliyetinin mümkün olduğu fakat fosil yakıt kaynaklı Elektrik Üretimi devam ettikçe demiryolları veyahut herhangi bir ulaşım yönteminin çevreci olması mümkün görünmemektedir.

Yüksek Hızlı Trenlerin yolcu taşınımı yanında yük taşınımı da incelenmesi gerekli farklı bir alandır. Özellikle ekspres kargo taşımacılığı ile hızlı teslimat seçenekleri son derece revaçta hizmetlerdir bu sebeple Çin, Fuxing CR400BF hızlı trenini kargo taşımacılığı için optimize etmiştir. (Urbanski, 2022)

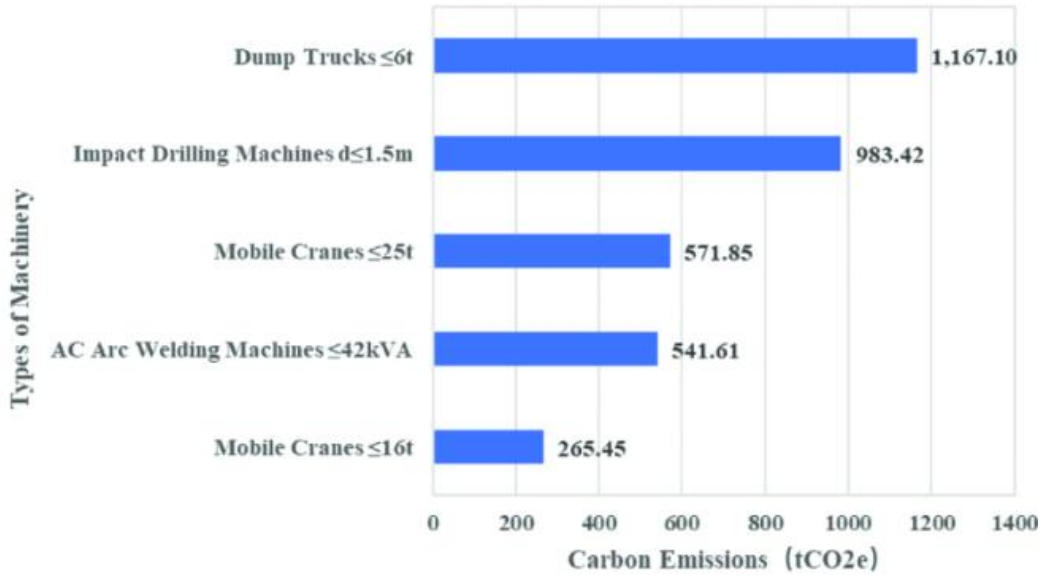


(a)

(b)

Şekil 3.2. Fuxing CR400BF kargo taşımacılığına uyarlanan (a) iç kısmı, (b) kapıları

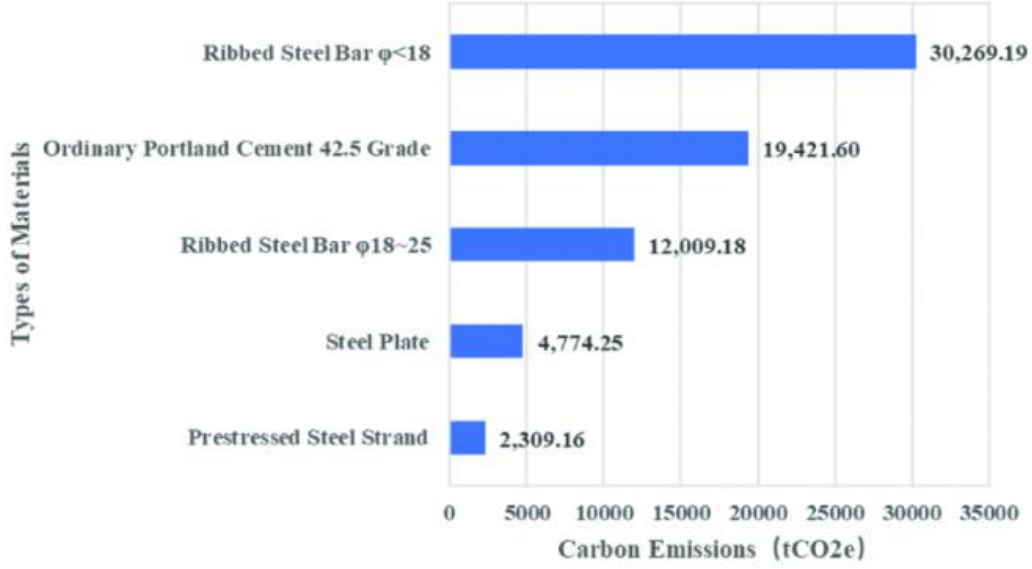
Demiryolu inşaatında kullanılan makine ve ekipmanlar ile iş makinelerinin sebep olduğu emisyonlardan kaynaklı emisyonlar analiz edildiğinde, demiryolu inşaatı emisyon hesaplama modelinde en fazla emisyonun Demiryolu Köprüsü ayağı yapımında %64,7 ile meydana geldiği, iş makineleri arasındaysa Dizel Makineler %58,9 oranıyla en çok emisyonu sebep olan makineler olduğu görülmüştür. (Liu vd.,2024)



Grafik 3.2. Karbon Emisyonu Yüksek 5 Makine

Kaynak: (Liu vd.,2024)

İnşaat çalışmaları kapsamında kullanılan makinelerin emisyon değerlerine bakıldığında, Damperli Kamyonlar en yüksek emisyonu sırasıyla darbeli delme makineleri, mobil vinçler ≤25t, ark kaynak makineleri ve mobil vinçler ≤ 16t gelmektedir.



Grafik 3.3. Karbon Emisyonu Yüksek 5 Malzeme

Kaynak: (Liu vd.,2024)

Demiryolu altyapısında kullanılan malzemelerin imalatı aşamasında en yüksek emisyonla sebep olanlar sırasıyla; Nervürlü Çelik (Donatı Demiri) ϕ (d)<18, Portland Çimentosu, Nervürlü Çelik (Donatı Demiri) ϕ 18-25, Çelik Levhalar, Öngerilmeli Çelik Tel.

Demiryollarının yapımında kullanılan ray, travers vb. nin imalat aşaması, yolun yapım, işletme ve bakım aşamaları da dahil edilip maliyet – emisyon dengesinde gerçekleştirilen tahmin modellerinde, en az maliyetli model ile en az maliyet- emisyon dengesine sahip modelin arasında %0,3 maliyet farkı varken %2,2 oranında emisyon miktarında azalma olduğu görülmüştür. (Pu vd., 2023)

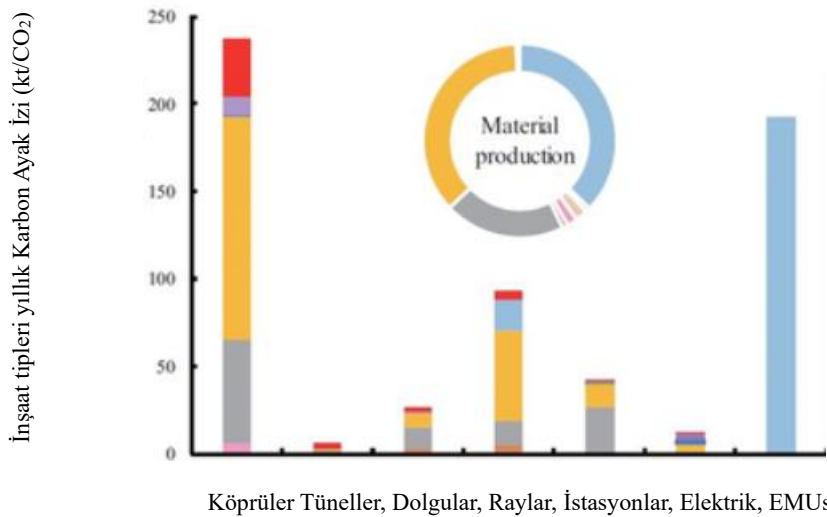
Karayolu taşıtları kaynaklı doğrudan ve dolaylı emisyonların toplam emisyonların küresel ısınma potansiyel oranı %93 ve GHG emisyonlarının %56,76 sı cevher çıkarma ve işleme sonrası kullanılabilir altyapı malzemelerine dönüştürülürken ortaya çıktığından ABD de araç yoğunluğu en yüksek otoyollardan Houston–Dallas arasındaki bu ulaşım alternatif olarak YHT hattı yapım ve bakım yani faydalı ömrü göz önüne alınmış ve YHT lerin enerji sarfiyatı otomobillere nazaran %27 oranında daha düşük olmasına karşın CO emisyonlarının %75 daha düşük olduğu görülmüştür.(Chipindula, 2022)

Raylı ulaşım sistemlerinin temel bileşenleri olan raylar ile kılavuzluk yaptığı tren tekerleri (Boji) ve pantograf sistemli katener hattının etkileşimleri demiryollarının yakıt kaynaklı emisyonlar harici emisyon kaynakları olarak tanımlanabilir. Ray – boji ilişkisi özelinde aşınma kaynaklı emisyon değerleri, kurp yarıçapı(viraj), hız, dingil yükü gibi farklı değişkenler

öncülüğünde hesaplanarak; Hattın doğrusal kısımlarında PM₁₀ (Çapları 10 mikrometreden küçük olan partikülleri ifade eder.) emisyon miktarları 0,33 – 1,48 g/km , Kurplarda PM₁₀ emisyon miktarları 0,30-5,57 g/km, PM₁₀ emisyonunda PM_{2.5} ve PM₁ (Çapları 2,5 ve 1 mikrometreden küçük olan partikülleri ifade eder.)oranları ise %87.50 ve de %68.46 olarak ölçülmüştür.(Fruhwirt vd., 2023)

Ulaştırma sistemlerinde ortaya çıkan emisyonların istatistiksel genel değerlendirmelerin yanı sıra anlık maruziyetlerinde hesaplanması yolcular ve ulaşım şekilleri açısından daha belirleyici olacaktır. Newyork Metrosunda PM_{2.5} maruziyetleri ölçüldüğünde; Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından izin verilen oranların 10 ila 7 katı arasında konsantrasyonların gerek vagonlarda gerekse de İstasyon platformlarında mevcut olduğu bu oranında yolculuk güzergahı boyunca ve özellikle aktarma duraklarında artabileceği de ifade edilmiştir. (Azad vd., 2024)

Dünyanın en uzun YHT hatlarına sahip Çinde, Pekin–Şangay arasındaki YHT hattındaki karbon ayak izleri analiz edilmeye çalışılmış ve buna göre doğrudan emisyonların oranının %4, kapsam 2 emisyonları %71 ve kapsam 3 emisyonlarının %25 oranında gerçekleştiği bu emisyonları ise %71 işletme, %20 altyapı ve %9 bakım kısımlarını oluşturduğu görülmüş taşımacılık kapsamında ise 2011 – 2014 arası karbon ayak izinin sürekli artış trendi yakalasa da kişi başına emisyon oranının azaldığı tespit edilmiştir.(Lin vd., 2019)

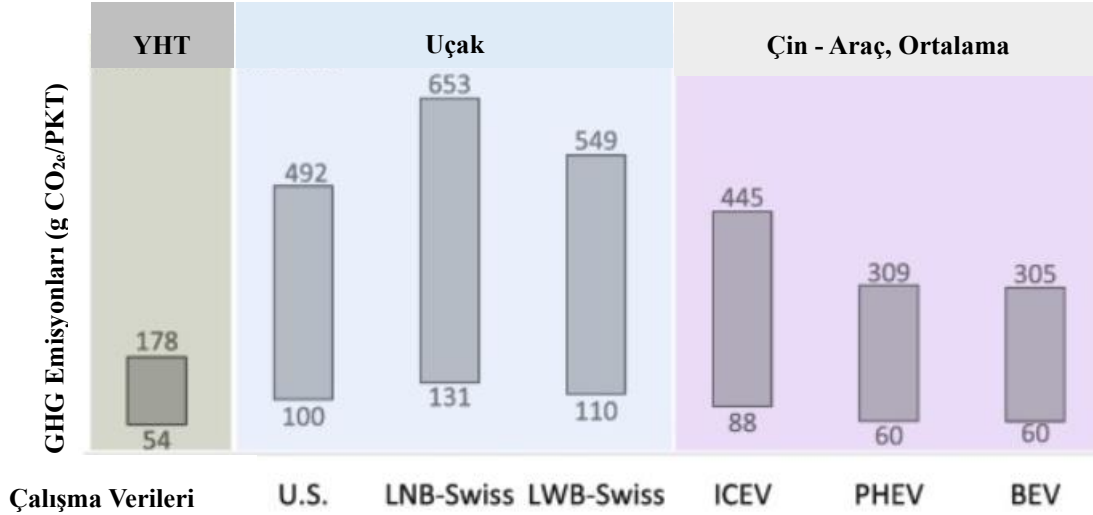


Grafik 3.4. İnşaat aşamaları Yıllık ortalama Karbon ayak Izi oranları

Kaynak: (Lin vd., 2019)

Yine Çin’de Pekin – Shijiazhuang hattı üzerinden yapılan modelleme analizinde YHT hatlarının doğrudan ve dolaylı emisyonları altyapı çalışmalarından ömrünü tamamlayan malzemelere değin, 104 PJ(Petajoule 10¹⁵ joule) ve 9,2 milyon ton CO_{2e} olarak, ve bu miktarın büyük bir oranı çelik kaynaklı olduğu olup %30 ile - %100 dolulukta ise YHT lerin sebep

olduğu kişi başına düşen emisyon miktarı 54–178 g CO_{2e} olarak ve bunlarda sonuç olarak karayoluna kıyasla en fazla % 60 en az %10 havayoluna ise %73 - %46 oranlarında emisyon azaltımı sağladığı ortaya konulmuştur. Ancak fosil yakıt kaynaklı yakıtlar sebebiyle her durumda emisyonlar ortaya çıkacaktır. (Chang vd., 2019)



Grafik 3.5. Ulaşım türleri ve min – max emisyon değerleri

Kaynak: (Chang vd., 2019)

- Aircraft – Havayolu için U.S- ABD verileri, Swiss- İsviçre verileri
- LNB büyük dar gövdeli ve LWB büyük geniş gövdeli Uçakları
- Araç verileri Çin ortalama değerleri
- ICEV içten yanmalı
- PHEV plug-in hibrit araçlar
- BEV pil elektrikli araçları ifade etmektedir.

Dünyanın dördüncü büyük demiryolu hattına sahip Hindistan Demiryollarının, Hindistan’ın 2030 yılı “net sıfır” emisyon hedefi kapsamında yapılan deneysel araştırmada sisli ve soğuk havalarda da enerji üretilebildiği ve vagon tiplerine göre enerji üretiminin değişken olabileceği görülmüştür. (Gopal ve Arindam, 2023)

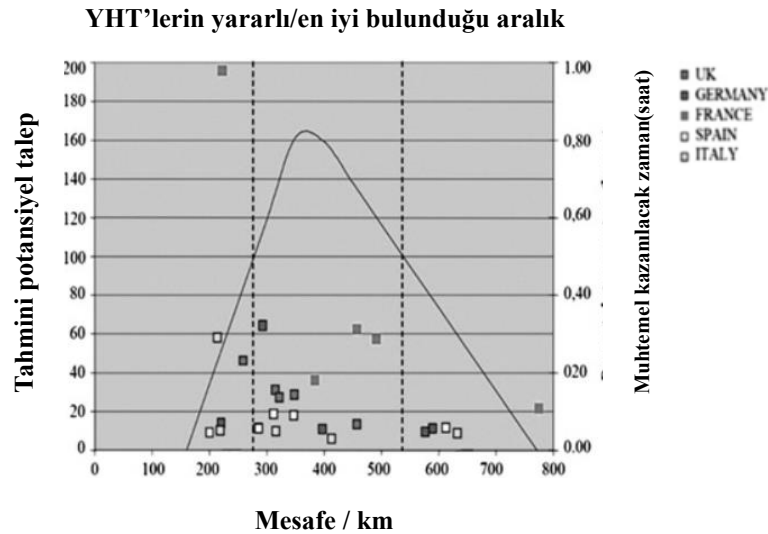


Şekil 3.3. Vagon Üstü Güneş Panelleri

Kaynak: (Gopal ve Arindam, 2023)

Demiryolu taşımacılığı denince akla son yıllarda YHT hatları geliyor olsa da daha hızlı tren kategorileri olan Maglev trenleri de çok yaygın olmamakla birlikte hizmet vermektedir. Demiryolu üzerinde seyahat imkanı veren aynı disipline ait farklı tren modlarından, YHT ler, ve Trans Hızlı Maglev (THM) ile farklı bir ulaşım yöntemi ray üstü altyapıya sahip Hyperloop'un (Hız yuvarı - HL) direk Karbon emisyon değerleri incelendiğindeyse farklı senaryolar sonucu bu ulaşım türlerinin Havayolu taşımacılığından daha az enerji dolayısıyla da emisyon değerlerine sahip olduğu bir aralık olduğu hesaplanmış ve de kesintisiz yolculuk mesafesi arttıkça yine emisyon değerlerinin tüm ulaşım modlarında azaldığı görülmüştür. (Janic, 2021)

YHT hatlarının Havayollarına alternatif olarak görüldüğü önemli aralık, 200-800 km vede 300-600 km arasında olduğu görülmüştür. (Gleave, 2004). Yüksek Hızlı Trenlerin pazar payının %70 ine sahip olduğu Londra – Paris YHT hattına ilişkin modelleme analizlerinde ise, YHT ler ile Hava Yolu alternatifi karşılaştırılmış ve de YHT sayılarının artmasının, LAP yani yerel hava kirliliğini arttırdığı ancak GHG emisyonlarını azalttığı görülmüştür. (D'Alfonso vd., 2016) (Yuan vd., 2023)



Grafik 3.6. YHT ye olan ilgi aralığı

Kaynak: (D'Alfonso vd., 2016)

Londra Metrosu demiryollarında çalışan 10 işçi ve operatörün 48 saat boyunca (ev ortamı dahil) maruz kaldıkları emisyon seviyeleri izlenmiş, işçilerin çalışırken maruz kaldıkları kirlilik işe gidip gelmeleri esnasındakinden daha düşük olduğu tespit edilmiş fakat tünel havalandırmaları kapatıldığında maruz kalma seviyelerinde 3-5 kat arasında artış tespit edilmiş olsa da mesleki emisyon maruziyeti diğer ulaştırma kollarına oranlara oldukça az olduğu da görülmüştür. (Barratt, 2018)

Londra, Birmingham, Edinburgh'daki 3 farklı tren istasyonundaki görevlilerin maruz kaldığı Karbon Siyahı (BC – Black Karbon – Ağır Petrol Ürünlerinin eksik yanması sonucu ortaya çıkmaktadır.) emisyonları ölçüldüğündeyse, en çok maruziyet İstasyon görevlilerinde tespit edilmiştir. (Delgado-Saborit vd., 2022) Bu çalışmada da Tren garlarının kapalı alanlarının fazlalığının emisyon maruziyetin arttığı ortaya konmuştur.

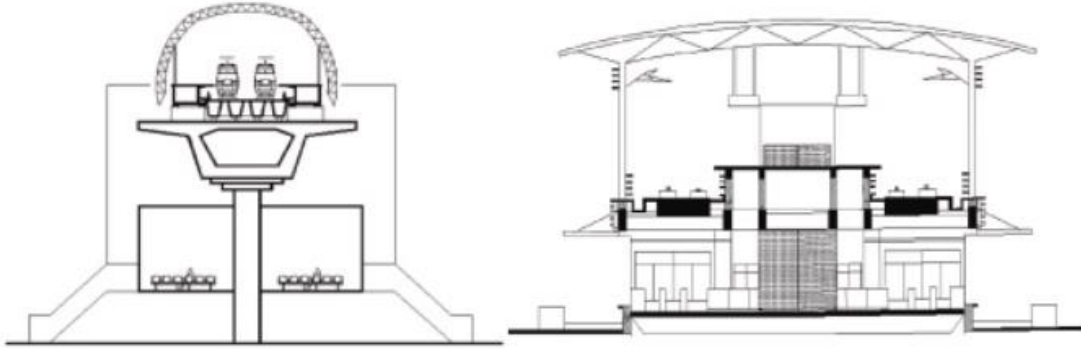
Demiryollarına daha sürdürülebilir yöntem arayışları kapsamında yolcuların araçlarını istasyonların park yerlerine park edip sonrasında demiryolu ulaşımını kullanan elektrikli araç sürücüleri kaynaklı oluşacak enerji açığını, demiryolu taşımacılığında kullanılan taşıtların frenleme enerjisini park yerlerinde şarj edilmek istenen araçlarda kullanımı durumunda enerji depolama sistemi ve fotovoltaik enerji üretimi ile de desteklenen modelde otoparkların işletme maliyeti %80 oranında azaltılmıştır. (Çiçek vd., 2022)

Yeşil yaklaşımı ve karbon azaltma hedeflerinde kamunun alması gerekli önlem ve yapılması gerekli aksiyonlardan bir tanesi de Tren İstasyonlarında akıllı entegre yönetim stratejileri geliştirilmesidir. İstasyonlara ait tüm verilerin sentezlendiği ve yönetildiği, sıfır karbon hedefli Yeşil İstasyon Kokpitlerinin yönetim felsefesi ise “Akıllı, Dijital, Yeşil” üzerine kurulu olmalıdır. Yeşil İstasyon Kokpitleri, Klima verilerinden asansörlere sıcaklık verilerinden istasyondaki nem oranına kadar geniş yelpazeli bir veri ağı yönetimi ile daha verimli daha çevreci bir İstasyon Yönetimine yardımcı olacaktır. (Guoyuan vd., 2023)

Çin'in sıfır karbon politikası ve YHT hatlarına yapmış olduğu yatırımın sonucu olarak, ülke geneli YHT İstasyonlarının tasarımları bu kapsamda incelenmiş ve gar kaynaklı emisyonların tüm altyapı sera gazı emisyonlarına oranı % 26 olarak ölçüldüğü, büyük istasyon binalarının küçük garlara oranla 2,84 kat fazla emisyonla sebep olduğu; bazı istasyonlarda ise yüksek karbon yatırımına karşın düşük hizmet profili görülmüş bu sebeple de istasyon yapımı öncesinde maliyet – fayda temelli analizlerin yapılması gerekliliği vurgulanmıştır. (Jia ve Liu, 2022)



A) Line-side stations (i. Line-side-level; ii. Line-side-up; iii. Line-side-down)



B) Bridge stations

C) Hub stations

Şekil 3.4. İstasyon Tipleri - ÇİN

Kaynak: (Jia ve Liu, 2022)

Şekil 3.4'teki İstasyon tipleri incelendiğinde;

A) Hat Kenarı İstasyonları

i) Demiryolu hattı seviyesinde olan istasyonlar

ii) Demiryolu hattı üstte olan istasyonlar

iii) Demiryolu hattı altta olan istasyonlar

B) Köprü Tip İstasyonlar

C) Merkez Tip İstasyonlar

İstasyon ana giriş kapısı ile demiryolu hattı arasında yaklaşık 6,5 metre olduğundan, çalışma konusu olan Bilecik YHT Garı, Şekil 3.4'te belirtilen İstasyon tiplerinden, A/ ii sınıfına girdiği görülmüştür.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BİLECİK YÜKSEK HIZLI TREN GARI

Bilecik ilinde kurulu olan Hızlı Tren Garının açılışı 1 Haziran 2015 tarihinde, Bilecik ve Bozüyük YHT Garlarının kesin kabulü ise 27.01.2017 tarihinde gerçekleşmiştir.

YHT Gar A, B ve C bloklarından oluşmaktadır.

A Blok- Bakım Personelleri, Yolcu Hizmetleri ve VIP kısımlarından,

B Blok- Yolcu bekleme alanı, bilet kontrol gişesi ve Büfe kısımlarından,

C Blok- Konvansiyonel hat için ayrılmış bu kısımda personel ve herhangi bir kamu hizmeti Tez tarihi itibariyle mevcut değildir.



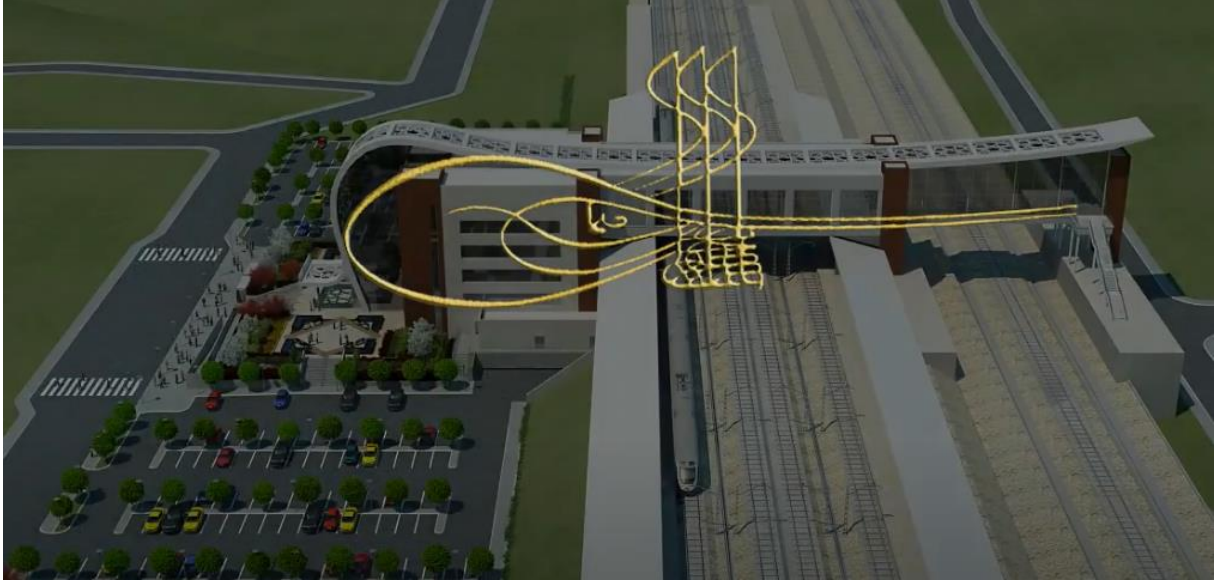
Şekil 4.1. Bilecik YHT Gar

B Blok kısmı yani yolcu bekleme ve bilet kontrol işlemlerinin yapıldığı alan, 73 metre uzunluklu açıklıkla Ülkemizdeki en uzun kafes kirişli çelik yapıyı da içinde barındırmaktadır. (TCDD, 2024)



Şekil 4.2. Bilecik YHT Gar B Blok

Garın önemli özelliklerinden bir tanesi de YHT Garının mimarisi Osmanlı Tuğrasını anımsatmaktadır. Bunun nedeni ise Osmanlı Devleti'nin Kurulduğu yer olan Söğüt'ün Bilecik İlinin ilçesi olması ve Osmanlı İmparatorluğunun kurucusu olan Osman Bey'in babası Ertuğrul Gazinin ve İmparatorluğun ilk müftüsü Şeyh Edebali'nin şehrin önemli figürlerinden olmasından ötürüdür.



Şekil 4.3. Bilecik YHT Gar Mimari form

Kaynak: (MPM, 2024)

Yüksek Hızlı Tren Garının, A bloğu toplam 4 kattan oluşmakta ve Bilet Gişeleri hariç tüm işyerleri bu bloktadır. Demiryolu Bakım, Gar Bakım, Yolcu Hizmetleri ve Güvenlik birimlerinin kullanımında bu blokta toplam 19 Adet Bağımsız Alan (İşyeri), 1 Konferans Salonu, 1 Mutfak, 2 Mescit bulunmaktadır. İşyerlerinin yanı sıra YHT Garda 1 adet Jeneratör bulunmaktadır.

4.1 Bilecik YHT Gar Veri Analizi

YHT Garın Karbon Ayak İzi (KAİ) GHG (Sera Gazı Protokolü) Metodolojisi üzerinden, Doğrudan Emisyonlar, Dolaylı Emisyonlar ve Taşımacılık Kaynaklı Dolaylı Emisyonlar değerlendirilecektir.

KAİ hesaplamalarının yapılacağı süreç ise Covid – 19 Pandemisi esnasında Tren seferlerinin bir süre durmuş olması ve kademeli şekilde artmasından ötürü normalleşme süreci dikkate alınmak istendiğinden, 2022 yılı itibariyle eldeki veriler ışığında süreç analiz edilecektir.

Hızlı Tren Garında karbon emisyonu hesaplamasında önem arz eden faktörler irdelenecek olursa;

Tablo 4.1. BİLECİK YHT Gar Emisyon Kaynakları

Sıra	Açıklama	Kapsam Grubu
1	YHT Garda tüketilen Elektrik	2
2	Şebekeden Elektrik belemesinin yapılamadığı dönemlerde kullanılan, Jeneratöre ait veriler	1
3	Garın İklimlendirilmesi için kullanılan Doğalgaz Brülörü, Doğalgaz verileri	1
4	Personel ve Yolcuların, Gara ulaşım için kullandıkları taşıma yöntemi kaynaklı emisyon verileri – Ulaşım Araçları Emisyonları	3
5	Personel, Yolcu ve Peyzaj için kullanılan su miktarı- Su Tüketim Verileri	1
6	YHT Garın peyzaj çalışmaları kapsamında hali hazırda bulunan en az 10 yaşında olan 87 Adet Ağaç sebebiyle emisyon tutma oranı	1

Düzenli veri girişi ve geçmiş yıllara ait kayıtları bulunan bilgiler haricinde hesaplamaya dahil edilemeyen ekipmanlar olduğu gibi, hesaplama bütünlüğüne etkisi çok çok az olduğu görülen garda toplam adedi 2 olan sebiller, yine toplamda 2 adet olan buzdolapları hesaplamada etkisi olmadığı görülen kısımlardandır.

Tablo 4.2. BİLECİK YHT Gar Emisyon Kaynakları (Hesaplama Dışı)

Sıra	Açıklama	Hesaplanmama Nedeni
1	Klima Santralleri	Gaz Dolumu Yapılmıyor
2	Chiller Grubu	Her yıl dolum yapılıyor ancak miktarlar kayıt altında değil
3	Yangın tüpleri	Etki Düzeyi
4	Genel Soğutucu Ekipman (Sebil, Buzdolabı vb.)	Etki Düzeyi

Gardaki personel sayısı ise;

Tablo 4.3. BİLECİK YHT Gar Personel Sayıları

Bakım Personeli	28
Gar Personeli	6
Güvenlik Personeli	7
TCDD Taşımacılık Personeli	8
Toplam Personel Sayısı	49

YHT Garda aktif olarak çalışan 49 personelden, 10 personelin ulaşımı dizel otomobiller ile, 7 personelin ulaşımı LPG & Benzin yakıtlı, 13 personelin ulaşımı Benzin yakıtlı (2 personel aynı aracı kullanmakta), 18 personel toplu taşıma ile Bilecik YHT Gara ulaşımını sağlamaktadır.

İhtiyaç duyulan veriler, İzlenebilirlik açısından ifade edilmek gerekirse;

Garın faaliyetleri kapsamında, bakım personellerince, güvenlik birimlerince, gar personellerince ve yolcular tarafından gerçekleşen, ödemesi ise Gar Şefliğince yapılan;

Elektrik Tüketimi, Doğalgaz Tüketimi, Su Tüketimi ve Diğer Gar kaynaklı veriler, Bilecik YHT Gar Şefliği personelinden alınmıştır.

Yolcu Bilgileri, TCDD Taşımacılık personelleri olan Yolcu Hizmetleri Şefliği personelinden alınmıştır.

Bakım Personeli verileri- Demiryolu Bakım Müdürlüğünden alınmıştır.

Güvenlik Personeli verileri- Gar Koruma Şefliğinden temin edilmiştir.

Gar Personel verileri- Gar Şefliğinden temin edilmiştir.

4.2 Sera Gazı Emisyon Hesaplamasında Kullanılacak Veriler

Sera Gazı Emisyonları hesaplamasında GHG metodolojisi ve IPCC katalogları esas alınmasının yanı sıra, Ulusal envanter ve faktörlerde hesaplamalarda kullanılmaktadır.

Bu çalışmada gerek IPCC verileri gerekse de DEFRA verileri ayrıca mevcut kaynak kullanımını kolaylaştırmak adına, IPCC Basic Search sisteminden faydalanılmıştır.

Ulusal bazda yayınlanan verileri kullanmak adına BOTAŞ ve Enerji Bakanlığı gibi envanter oluşturucu kurum-kuruluşlar araştırılıp gerekli emisyon faktörlerine ve diğer hesaplama verilerine ulaşılmaya çalışılmıştır.

Karbon Ayak İzi hesaplamasında esas alınan veriler ve bu verilere ulaşılan kaynaklar ise şu şekildedir;

Tablo 4.4. Doğalgaz Emisyonu Veri Kaynakları

<i>Veri</i>	<i>D</i>	<i>EF</i>	<i>NKD</i>	<i>OKY</i>	<i>KIP</i>
<i>Veri Türü</i>	Yoğunluk	Emisyon Faktörü	Net Kalorifik Değer	Oksitlenen Karbon Yüzdesi	Küresel Isınma Potansiyeli
<i>Birim</i>	kg/m ³	kg/ TJ	Tj/Gg	%1	
<i>Kaynak</i>	BOTAŞ,	IPCC Basic Search	CSB	IPCC 2006	IPCC
<i>Ek Açıklama</i>	BOTAŞ, 2024	IPCC Enerji Tabloları 1.4 ve 2.2	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,2019		IPCC AR6 (IPCC, 2021)

Tablo 4.5. Elektrik Emisyonu Veri Kaynakları

<i>Veri</i>	<i>EF</i>	<i>İ&DK</i>
<i>Veri Türü</i>	Emisyon Faktörü	İletim ve Dağıtım Kayıpları
<i>Birim</i>	t/ MWh	%13
<i>Kaynak</i>	ETKB	TEİAŞ
<i>Ek Açıklama</i>	ETKB, 2024	TEİAŞ,2024

Tablo 4.6. Su Tüketimi Kaynaklı Emisyon Veri Kaynakları

<i>Veri</i>	<i>D</i>	<i>EF</i>
<i>Veri Türü</i>	Yoğunluk	Emisyon Faktörü
<i>Birim</i>	kg/m ³	kg/ m ³
<i>Kaynak</i>		DEFRA
<i>Ek Açıklama</i>		DEFRA, 2024

Tablo 4.7. Jeneratör Emisyonu Veri Kaynakları

<i>Veri</i>	<i>D</i>	<i>EF</i>	<i>NKD</i>	<i>OKY</i>	<i>KIP</i>
Veri Türü	Yoğunluk	Emisyon Faktörü	Net Kalorifik Değer	Oksitlenen Karbon Yüzdesi	Küresel Isınma Potansiyeli
Birim	kg/L	kg/ TJ	Tj/Gg	%1	
Kaynak	Literatür	NIR	NIR	IPCC 2006	IPCC
Ek Açıklama	Alrazen vd., 2023	NIR- Türkiye,2023	NIR- Türkiye,2023		IPCC AR6 (IPCC, 2021)

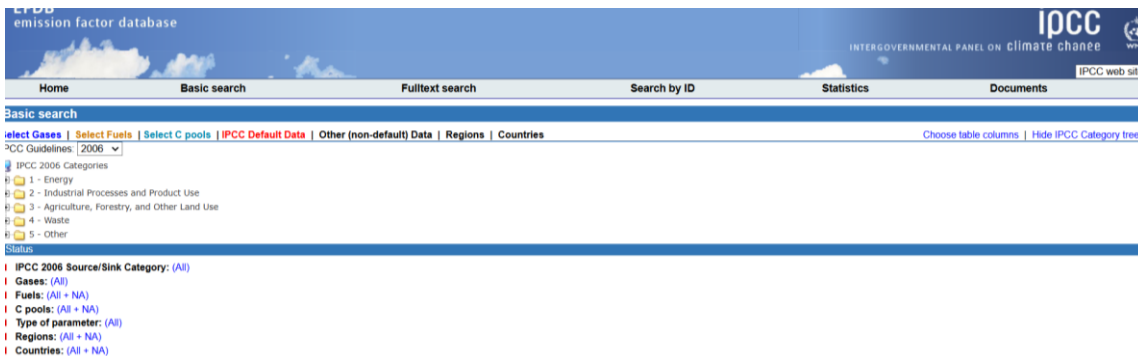
Tablo 4.8. Ulaşım Kaynaklı Emisyon Veri Kaynakları

<i>Veri</i>	<i>Araç Verileri</i>	<i>D</i>	<i>EF</i>	<i>NKD</i>	<i>OKY</i>	<i>KIP</i>
Veri Türü	Taşıt Sayısı ve Oranları	Yoğunluk	Emisyon Faktörü	Net Kalorifik Değer	Oksitlenen Karbon Yüzdesi	Küresel Isınma Potansiyeli
Birim	Adet	kg/L	kg/ TJ	Tj/kton	%1	
Kaynak	TÜİK	IPCC	IPCC	NIR	IPCC	IPCC
Ek Açıklama	TÜİK, 2024	IPCC 2006	IPCC Basic Search	NIR- Türkiye,2023	IPCC 2006	IPCC AR6 (IPCC, 2021)

4.2.1 IPCC Basic Search (Temel Arama)

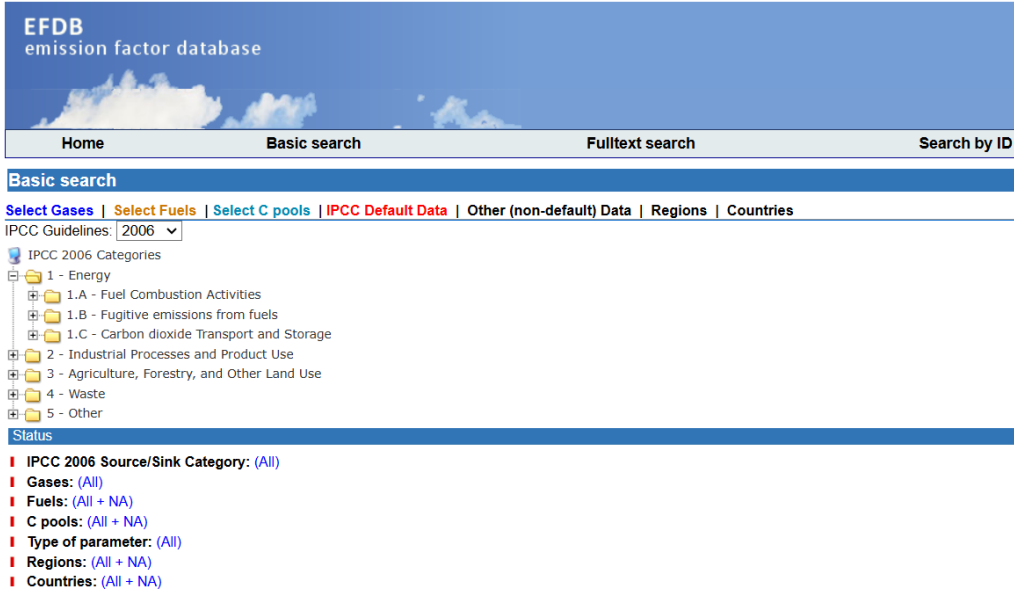
IPCC veri tabanında emisyon faktörü değerlerine ulaşmak için, IPCC resmi internet sitesi ile bağlantılı ve IPCC-Emisyon Faktörü Veri Tabanı (EFDB) Editör Grubu ve Teknik Destek Birimlerince bir arama sayfası tasarlanmış ve burada gerekli değişkenler sırasıyla girildikten sonra, kataloglarda sunulan değerlere daha kolay bir şekilde erişim imkânı sunulmuştur.

1. Erişim Sayfası: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/efdb/find_ef.php

**Şekil 4.4.** IPCC Basic Search Ana Sayfası

2. Değişkenlerin Tanımı: Örnek Erişim: Enerji, Sabit Yanma, Doğalgaz Emisyon Faktörleri

Enerji Bölümü Seçimi (1 - Energy)



EFDB
emission factor database

Home Basic search Fulltext search Search by ID

Basic search

Select Gases | Select Fuels | Select C pools | IPCC Default Data | Other (non-default) Data | Regions | Countries

IPCC Guidelines: 2006

IPCC 2006 Categories

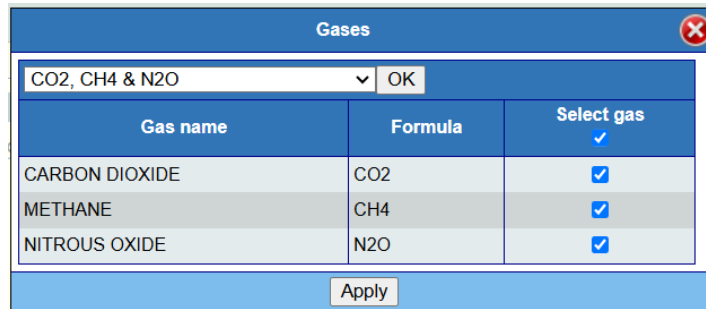
- 1 - Energy
 - 1.A - Fuel Combustion Activities
 - 1.B - Fugitive emissions from fuels
 - 1.C - Carbon dioxide Transport and Storage
- 2 - Industrial Processes and Product Use
- 3 - Agriculture, Forestry, and Other Land Use
- 4 - Waste
- 5 - Other

Status

- IPCC 2006 Source/Sink Category: (All)
- Gases: (All)
- Fuels: (All + NA)
- C pools: (All + NA)
- Type of parameter: (All)
- Regions: (All + NA)
- Countries: (All + NA)

Şekil 4.5. IPCC Kataloğu

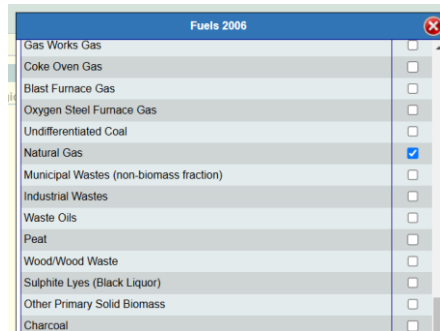
3. Emisyon Faktörü Öğrenilecek Sera Gazı Seçimi, *Gases*



Gas name	Formula	Select gas
CARBON DIOXIDE	CO2	<input checked="" type="checkbox"/>
METHANE	CH4	<input checked="" type="checkbox"/>
NITROUS OXIDE	N2O	<input checked="" type="checkbox"/>

Şekil 4.6. Sera Gazları

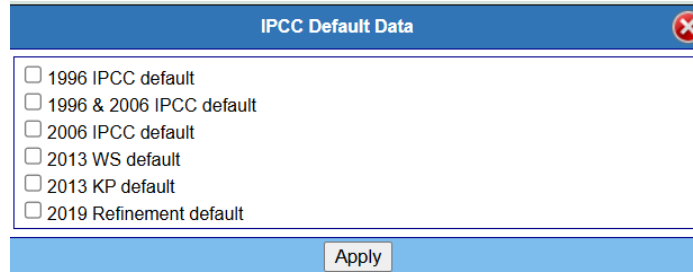
4. Emisyon Faktörü Öğrenilecek Yakıt Seçimi – *Fuels, Natural Gas* (Doğal Gaz)



Fuel Type	Select
Gas Works Gas	<input type="checkbox"/>
Coke Oven Gas	<input type="checkbox"/>
Blast Furnace Gas	<input type="checkbox"/>
Oxygen Steel Furnace Gas	<input type="checkbox"/>
Undifferentiated Coal	<input type="checkbox"/>
Natural Gas	<input checked="" type="checkbox"/>
Municipal Wastes (non-biomass fraction)	<input type="checkbox"/>
Industrial Wastes	<input type="checkbox"/>
Waste Oils	<input type="checkbox"/>
Peat	<input type="checkbox"/>
Wood/Wood Waste	<input type="checkbox"/>
Sulphite Lyes (Black Liquor)	<input type="checkbox"/>
Other Primary Solid Biomass	<input type="checkbox"/>
Charcoal	<input type="checkbox"/>

Şekil 4.7. Emisyon Faktörü Öğrenilecek Yakıt

5. IPCC Veri Havuzu Seçimi – 2006 IPCC Default



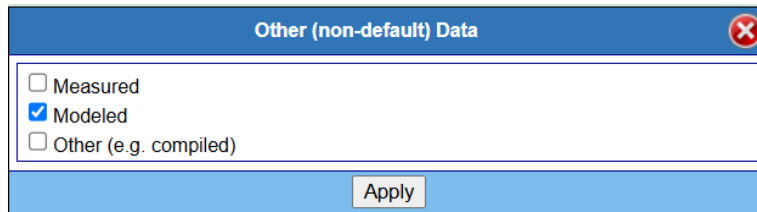
The dialog box is titled "IPCC Default Data" and contains a list of six options with checkboxes:

- 1996 IPCC default
- 1996 & 2006 IPCC default
- 2006 IPCC default
- 2013 WS default
- 2013 KP default
- 2019 Refinement default

An "Apply" button is located at the bottom right of the dialog box.

Şekil 4.8. Veri Kaynağı

6. Veri Tipi Seçimi- *Modeled*



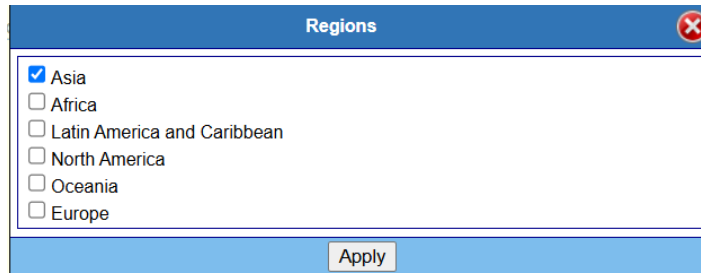
The dialog box is titled "Other (non-default) Data" and contains a list of three options with checkboxes:

- Measured
- Modeled
- Other (e.g. compiled)

An "Apply" button is located at the bottom right of the dialog box.

Şekil 4.9. Veri Tipi

7. Ülke Bölge Seçimi- *Asya*



The dialog box is titled "Regions" and contains a list of six regions with checkboxes:

- Asia
- Africa
- Latin America and Caribbean
- North America
- Oceania
- Europe

An "Apply" button is located at the bottom right of the dialog box.

Şekil 4.10. Veri Ülkesinin Bulunduğu Bölge Seçimi

8. Ülke Seçimi – *Türkiye (Asya Bölgesine dahil edilmiştir.)*



The dialog box is titled "Countries" and contains a list of 15 countries with checkboxes:

- Nepal
- Oman
- Pakistan
- Philippines
- Qatar
- Republic of Korea
- Saudi Arabia
- Singapore
- Sri Lanka
- State of Palestine
- Syrian Arab Republic
- Tajikistan
- Thailand
- Timor-Leste
- Türkiye

Şekil 4.11. Veri Ülkesi Seçimi

9. Emisyon Faktörleri – Sonuç Ekranı

EF ID	IPCC 1996	IPCC 2006	Gas	Fuel ⓘ	Type of parameter ⓘ	Description ⓘ
117642	1A1 - Energy Industries	1.A.1 - Energy Industries	CARBON DIOXIDE	Natural Gas	2006 IPCC default	CO2 Emission Factor for Stationary Combustion (kg/TJ on a net calorific basis)
117696	1A1 - Energy Industries	1.A.1 - Energy Industries	METHANE	Natural Gas	2006 IPCC default	CH4 Emission Factor for Stationary Combustion (kg/TJ on a net calorific basis)
117750	1A1 - Energy Industries	1.A.1 - Energy Industries	NITROUS OXIDE	Natural Gas	2006 IPCC default	N2O Emission Factor for Stationary Combustion (kg/TJ on a net calorific basis)

Şekil 4.12. Emisyon Faktör Verileri (Sayfa Sol kısım)

10. Veri Kaynağı – Sonuç Ekranı

Value	Unit	Source of data ⓘ
56100	kg/TJ	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, Tables 1.4 and 2.2
1	kg/TJ	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, Table 2.2
0.1	kg/TJ	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, Table 2.2

Şekil 4.13. Veri Kaynağı (Sayfa Sağ kısım)

Bu kısımda Verilerin bulunduğu kısımlar ve tablolar ifade edilmektedir.

- CO₂ için Emisyon Faktörü olan 56.100 kg/ TJ değeri, IPCC nin 2. Kataloğu olan Enerji kısmında, 1.4 ve 2.2 numaralı tablolarda bulunduğu belirtilmiştir.
- Aynı Şekilde CH₄ ve N₂O içinde kaynak datalarının bulunduğu kısımlar belirtilmiştir.

4.2.2 Doğalgaz Tüketim Verileri

Doğalgaz kaynaklı sera gazı emisyonlarını birim CO₂ cinsinden hesaplanması amacıyla kullanılacak olan formül IPCC veri tabanından alınmış olup aşağıdaki gibidir (IPCC,2024), (Alagöz vd. 2022).

$$\text{Emissions}_{\text{GHG, fuel}} = \text{Fuel Consumption}_{\text{fuel}} \cdot \text{Emission Factor}_{\text{GHG, fuel}} \quad (4.1)$$

$$\text{Doğalgaz Kaynaklı CO}_2 \text{ Emisyonu} = (\text{KV} \times \text{d}) \times \text{EF} \times \text{NKD} \times 10^{-3} \times \text{OKY} \times \text{KIP} \quad (4.2)$$

$$E_{\text{tCO}_2} = (\text{KV} \times \text{d} \times 10^{-3}) \times \text{EF} \times \text{NKD} \times \text{OKY} \times \text{KIP} \quad (4.3)$$

KV : Kullanım Verisi – m³

d : Yoğunluk Faktörü 0,78 kg/ m³ (BOTAŞ,2024)

10⁻³ : Kilogramdan Tona dönüşüm katsayısı

EF : Emisyon Faktörü- $\frac{\text{kgCO}_2}{\text{TJ}}$

NKD : Net Kalorifik Değer – Tj / Gg

10⁻³ : Gigagram dan Tona dönüşüm katsayısı

OKY : Oksitlenen karbon yüzdesi (IPCC 2006 CO₂ için %1- IPCC Tier-1 yaklaşımlarında tüm değerler 1 alınmaktadır.)

KIP : Küresel Isınma Potansiyeli

Formül 4.3’de ifade edilen denklem ile örnek olarak doğalgaz kaynaklı CO₂ emisyonu 2022 – Temmuz Ayı için;

$$E_{\text{tCO}_2} = (163 \times 0,78 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 56.100 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{TJ}} \times 48 \frac{\text{TJ}}{\text{Gg} (10^3 \text{ton})} \times 1 \times 1$$

$$E_{\text{tCO}_2} = 342,36 \text{ ton CO}_{2e}$$

Formül 4.3’de ifade edilen değer, Örnek Olarak Doğalgaz kaynaklı CH₄ emisyonunun CO₂ eşdeğeri miktarı 2022 – Temmuz Ayı için;

$$E_{\text{tCO}_2} = (163 \times 0,78 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 1 \frac{\text{kg.CO}_2}{\text{TJ}} \times 48 \frac{\text{TJ}}{10^3 \text{ton}} \times 1 \times 27,9$$

$$E_{\text{tCO}_2} = 0,17 \text{ ton CO}_{2e}$$

Formül 4.3’de ifade edilen değer, Örnek Olarak Doğalgaz kaynaklı N₂O emisyonunun CO₂ eşdeğeri miktarı 2022 – Temmuz Ayı için;

$$E_{tCO_2} = (163 \times 0,78 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 0,1 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{TJ}} \times 48 \frac{\text{TJ}}{10^3 \text{ ton}} \times 1 \times 273$$

$$E_{tCO_2} = 0,17 \text{ ton CO}_2e$$

Bilecik Yüksek Hızlı Tren Garında, Doğalgaz kullanımını kaynaklı, 2022 Temmuz ayında açığa çıkan Sera Gazları kaynaklı toplam CO₂ cinsinden emisyon hesaplanması ise;

$$\text{Emissions}_{GHG} = \sum_{Fuels} \text{Emissions}_{GHG, fuel} \quad (4.4)$$

$$E_{tCO_2} = 342,36 + 0,17 + 0,17$$

$$E_{tCO_2} = 342,70 \text{ ton CO}_2e$$

4.2.3 Elektrik Tüketim Verileri

Elektrik tüketimi kaynaklı sera gazı emisyonlarını birim CO₂ cinsinden hesaplanması amacıyla kullanılacak olan formül IPCC veri tabanından alınmış olup aşağıdaki gibidir (IPCC,2024) .

$$\text{Emissions}_{GHG, fuel, technology} = \text{Fuel Consumption}_{fuel, technology} \cdot \text{Emission Factor}_{GHG, fuel, technology} \quad (4.1)$$

Elektrik enerjisi kaynaklı Sera Gazı Emisyonu hesaplanmasında ise, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 18.03.2024 tarihinde yayınlanan, Dağıtım Hatları üzerinden kullanılan Elektrik Emisyon Faktörü için belirlenen katsayılar kullanılacaktır. (ETKB, 2024), Genel formülasyon ise aşağıdaki gibidir. (Üreden ve Özden, 2018)

$$E_{tCO_2/ay} = ((KV \times 10^{-3} \times EF \times \text{İ\&DK}\%) + (KV \times EF)) \times 10^{-3} \quad (4.5)$$

KV : Kullanım Verisi, kWh x10⁻³, MWh

EF : Emisyon Faktörü t CO₂ / MWh – 0,475

İ&DK%: İletim ve Dağıtım Kayıpları, (TEİAŞ,2024)- %13

10⁻³ : Kilogramdan Tona dönüşüm katsayısı

Formül 4.5’de ifade edilen denklem Örnek Olarak Elektrik Tüketimi kaynaklı CO₂ emisyonu 2022 – Temmuz Ayı için;

$$E_{tCO_2} = ((81.478,80 \text{ kWh} \times 10^{-3} \times 0,475 \text{ t. CO}_2 / \text{MWh} \times \%13) + (81.478,80 \text{ kWh} \times 10^{-3} \times 0,475 \text{ t. CO}_2 / \text{MWh}))$$

$$E_{tCO_2} = (5,0313159 + 38,70243) \text{ ton CO}_2$$

$$E_{tCO_2} = (5,0313159 + 38,70243) \text{ ton CO}_2$$

$$E_{tCO_2} = 43,73 \text{ ton CO}_{2e}$$

4.2.4 Su Tüketim Verileri

Su kullanımını kaynaklı sera gazı emisyonlarını birim CO₂ cinsinden hesaplanması amacıyla kullanılacak olan formül IPCC veri tabanından alınmış olup aşağıdaki gibidir (IPCC,2024).

$$E_{tCO_2/ay} = (KV \times EF) \times 10^{-3} \quad (4.6)$$

KV : Kullanım Verisi, m³

EF : Emisyon Faktörü, 0,15311 kgCO_{2e}/ m³ (DEFRA,2024)

10⁻³ : Kilogramdan Tona dönüşüm katsayısı

Formül 4.6'da ifade edilen denklem ile Örnek Olarak Su Tüketimi kaynaklı CO₂ emisyonu 2022 – Temmuz Ayı için;

$$E_{tCO_2/ay} = (675 \text{ m}^3 \times 0,15311 \text{ kgCO}_{2e}/ \text{m}^3) \times 10^{-3}$$

$$E_{tCO_2/ay} = 0,103 \text{ tCO}_{2e}$$

4.2.5 Jeneratör Tüketim Verileri

Bilecik YHT Gar konum olarak meskûn mahal dışında bulunmasından ötürü yıl boyunca Elektriklerin kesildiği dönemler olmaktadır, bundan ötürü de Jeneratör devreye girmektedir. Jeneratöre dönemselsel olarak yakıt alındığından aylık olarak izlenmesi zordur. 2022- 2023 yılı döneminde Jeneratörün toplam yakıt tüketimi 1250 lt, 2024 yılı tüketimi ise 750 lt olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler aylara eşit şekilde paylaşılacaktır.

Jeneratör kaynaklı sera gazı emisyonlarını birim CO₂ cinsinden hesaplanması amacıyla kullanılacak olan formül IPCC veri tabanından alınmış olup aşağıdaki gibidir. (IPCC,2024)

$$E_{tCO_2} = (KV \times d \times 10^{-3}) \times EF \times NKD \times OKY \times KIP \quad (4.7)$$

KV : Kullanım Verisi – L

d : Yoğunluk Faktörü, 0,832 kg/L

EF_{CO₂} : Emisyon Faktörü CO_{2e} (ton / TJ) 72,280 (National Inventory Report- Türkiye,2023)

EF_{CH₄} : Emisyon Faktörü (ton / TJ) 3 x 10⁻³ (NIR- Türkiye,2023)

EF_{N_2O} : Emisyon Faktörü (ton / TJ) $0,6 \times 10^{-3}$ (NIR- Türkiye,2023)

NKD : Net Kalorifik Değer $43,33 \text{ TJ/ton} \times 10^{-3} = 43,33 \times 10^{-3} \text{ GJ/ton}$ (NIR- Türkiye,2023)

OKY : Oksitlenen karbon yüzdesi (IPCC 2006 CO₂ için %1- IPCC Tier-1 yaklaşımlarında tüm değerler 1 alınmaktadır.)

KIP_{CO_2} :1

KIP_{CH_4} : 27,9

KIP_{N_2O} : 273

Formül 4.7’de ifade edilen denklem ile örnek olarak jeneratör kaynaklı CO₂ emisyonu 2022 – Temmuz Ayı için;

$$E_{tCO_2} = (52,083 \text{ L} \times 0,832 \text{ kg/L} \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 72,28 \frac{\text{ton}_{CO_2}}{\text{TJ}} \times 43,33 \frac{\text{TJ}}{\text{ton}} \times 1 \times 1$$

$$E_{tCO_2} = 135,71 \text{ ton CO}_{2e}$$

Formül 4.7’de ifade edilen değer, Jeneratör kaynaklı CH₄ emisyonu 2022 – Temmuz Ayı için;

$$E_{tCO_2} = (52,08 \text{ L} \times 0,832 \text{ kg/L} \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 3 \times 10^{-3} \frac{\text{ton}_{CO_2}}{\text{TJ}} \times 43 \frac{\text{TJ}}{\text{ton}} \times 1 \times 27,9$$

$$E_{tCO_2} = 0,16 \text{ ton CO}_{2e}$$

Formül 4.7’de ifade edilen değer 2022 Temmuz jeneratör kaynaklı N₂O emisyonu 2022 – Temmuz Ayı için;

$$E_{tCO_2} = (52,08 \text{ L} \times 0,832 \text{ kg/L} \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 0,6 \times 10^{-3} \frac{\text{ton}_{CO_2}}{\text{TJ}} \times 43 \frac{\text{TJ}}{\text{ton}} \times 1 \times 310$$

$$E_{tCO_2} = 0,31 \text{ ton CO}_{2e}$$

Bilecik Yüksek Hızlı Tren Garında, Jeneratör kullanımı kaynaklı, 2022 Temmuz ayında açığa çıkan Sera Gazları kaynaklı toplam CO₂ cinsinden emisyon hesaplanması ise;

$$Emissions_{GHG} = \sum_{Fuels} Emissions_{GHG, fuel} \quad (4.4)$$

$$E_{tCO_2} = 135,71 + 0,16 + 0,31$$

$$E_{tCO_2} = 136,18 \text{ ton CO}_{2e}$$

4.2.6 Ulaşım Kaynaklı Emisyon Verileri

Yüksek Hızlı Tren Garının mülkiyetinde veyahut kiralık olarak herhangi bir araç olmadığından Kapsam 1 Kategorisinde bulunan ulaşım kaynaklı emisyon değeri mevcut değildir. Ancak dolaylı Emisyon kategorisinde gerek yolcu kaynaklı, gerekse de personelin işe gidiş ve gelişinden kaynaklı sera gazı emisyonları ulaşım türlerinden ötürü meydana gelmektedir.

YHT Gara araç, minibüs vb. giriş çıkışına ait herhangi bir kayıt tutulmadığından bu kısımdaki veriler TÜİK üzerinden elde edilen Bilecik Bazlı Otomobil ve Toplu taşıma tercihleri tespit edilip sonrasında da bu yolculuklar yakıt bazlı sınıflara ayrılacaktır.

Gerekli ayırım ve sınıflandırma yapıldıktan sonra ise Bilecik YHT Gar ve Bilecik Şehir Merkezi arası en çok tercih edilen ve toplu taşıma minibüslerinin ilk durağı olan konumun Yüksek Hızlı Tren Garına mesafesi tespit edilip gerekli emisyon değerleri hesaplanmaya çalışılacaktır.

2022 Temmuz verileri uyarınca Gelen – Giden Yolcu Sayısı;

Tablo 4.9. BİLECİK YHT Gar Yolcu Sayıları

<i>BİLECİK YHT 2022 YILI GİDEN ve GELEN YOLCU SAYISI</i>						
<i>AY ADI</i>	<i>GİDEN YOLCU</i>	<i>GÜNLÜK ORTALAMA GİDEN YOLCU</i>	<i>GELEN YOLCU</i>	<i>GÜNLÜK ORTALAMA GELEN YOLCU</i>	<i>TOPLAM GİDEN VE GELEN YOLCU</i>	<i>TOPLAM PERSONEL VE YOLCU SAYISI</i>
<i>TEMMUZ</i>	6.877	221	6.274	202	13.150	14.130

Bilecik ilinde her 100 kişiye düşen araç sayısı 35,25'dir. Bu da %35,25 oranı demektir. (AA,2024)

Trafiğe kayıtlı otomobillerin ise %29,9 oranında Benzinli, %34,7 oranında Dizel, %32,4 LPG yakıtlı araçlar olduğu tespit edilmiştir. (TÜİK,2024)

Yakıt tüketim verileri ise, Dizel araçlar için 100 kilometrede 5,5 L yakıt tüketimi, Benzinli araçlarda 7,5 L/100 km, LPG 8 L/ 100 km ve minibüslerin 12,5L/100 km tüketim verileri dikkate alınacaktır. (Alagöz vd., 2021)

Bilecik YHT Gar şehir dışında olduğundan ve yakında herhangi bir yerleşim olmadığından tüm gelen ve giden yolcuların bir taşıt veya toplu taşıma aracılığıyla gara geldiği kabul edilecektir.

Tablo 4.10. Araç yakıt oranı

Yıl	Benzin	%	Dizel	%	LPG	%
2024	4 756 092	29,9	5 511 615	34,7	5 144 648	32,4

Tablo 4.11. Yolcu Araç Dağılımı / Temmuz 2022

Araç Sahiplik Oranı	Toplu Taşıma	Dizel	Benzin	Benzin & LPG
0,35	0,65	%34,70	%29,90	%32,40
4.603	8.548	1.597	1.376	1.491

Yolcu – Araç sayılarına, personelin kullanmış olduğu taşıtlar da eklenecektir. Ancak bu sayılar aylık dönemler olduğundan her bir personelin işyerine gelme gün sayısı ortalama 20 ve Gidiş – Geliş olarak değerlendirildiğinde araç başına sayı 40 ile çarpılacaktır.

Tablo 4.12 Personel Araç Dağılımı (Aylık) / Temmuz 2022

Personel Aylık Tablo			
Dizel	Benzin	LPG	Toplu Taşıma
400,00	520,00	280,00	720,00

Tablo 4.13. Hesaplamaya Esas Ulaşım Verileri / Temmuz 2022

<i>Temmuz/2022</i>	Toplu Taşıma	Dizel	Benzin
<i>Dönemi Genel</i>	9.235	2.008	1.906

Bilecik ilinde gerek toplu taşıma ile gerekse de bireysel otomobiller ile katedilen mesafe ise, Bilecik YHT Gar – Heykel (Merkez / BİLECİK) olarak kabul edilecektir. Bu sebeple hesaplamada kişi başı katedilen mesafe 7,5 km alınacaktır.

Toplu Taşıma ise;

2024 yılı için sabah 07:00 – 23:00 arası 15 dakika aralıklarla,

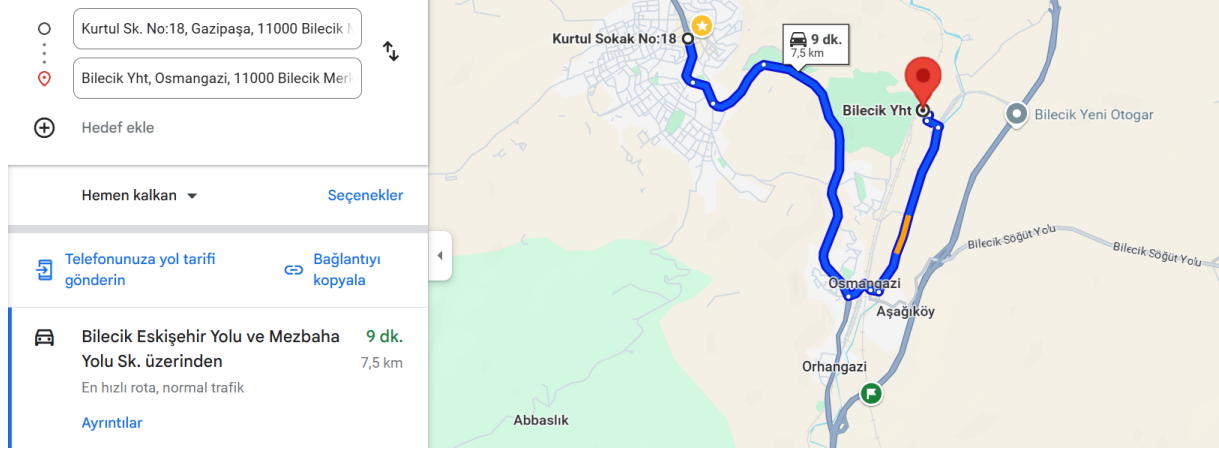
Günde 64 sefer x 2 =128 sefer, Ayda: 3840

2023 yılı için sabah 08:00 – 22:00 arası 20 dakika aralıklarla,

Günde 42 sefer x 2 =84 sefer, Ayda: 2520

2022 yılı için sabah 08:00 – 22:00 arası 30 dakika aralıklarla,

Günde 28 sefer x 2 =56 sefer, Ayda: 1680



Şekil 4.14. Hesaplamaya Esas Km verisi

Ulaşım kaynaklı sera gazı emisyonlarını birim CO₂ cinsinden hesaplanması amacıyla kullanılacak olan formül IPCC veri tabanından alınmış olup aşağıdaki gibidir. (IPCC,2024)

Genel Formülasyon ve Tanımlar;

$$E_{tCO_2} = (KV \times d \times 10^{-3}) \times EF \times NKD \times OKY \times KIP \quad (4.8)$$

KV : Kullanım Verisi – L

d_{dizel} : Yoğunluk Faktörü, 0,835 kg/L (IPCC,2006)

d_{benzin} : Yoğunluk Faktörü, 0,740 kg/L (IPCC,2006)

d_{LPG} : Yoğunluk Faktörü, 0,550 kg/L (IPCC,2006)

Dizel EF

EF_{CO_2} : Emisyon Faktörü CO_{2e} (ton / TJ) 74,100 (IPCC,Basic Search,2024)

EF_{CH_4} : Emisyon Faktörü (ton / TJ) $3,9 \times 10^{-3}$ (IPCC,Basic Search,2024)

EF_{N_2O} : Emisyon Faktörü (ton / TJ) $3,9 \times 10^{-3}$ (IPCC,Basic Search,2024)

Benzin EF

EF_{CO_2} : Emisyon Faktörü CO_{2e} (ton / TJ) 69,300 (IPCC,Basic Search,2024)

EF_{CH_4} : Emisyon Faktörü (ton / TJ) 25×10^{-3} (IPCC,Basic Search,2024)

EF_{N_2O} : Emisyon Faktörü (ton / TJ) 8×10^{-3} (IPCC,Basic Search,2024)

LPG EF

EF_{CO_2} : Emisyon Faktörü CO_{2e} (ton / TJ) 63,100 (IPCC,Basic Search,2024)

EF_{CH_4} : Emisyon Faktörü (ton / TJ) 62×10^{-3} (IPCC,Basic Search,2024)

EF_{N2O} : Emisyon Faktörü (ton / TJ) $0,2 \times 10^{-3}$ (IPCC,Basic Search,2024)

Net Kalorifik Değerler- Yakıtlar

NKD : Net Kalorifik Değer $43,33 \text{ TJ/kton} \times 10^{-3} = 43,33 \times 10^{-3} \text{ TJ/ton}$ (NIR,2023)- Dizel

NKD : Net Kalorifik Değer $44,80 \text{ TJ/kton} \times 10^{-3} = 44,80 \times 10^{-3} \text{ TJ/ton}$ (NIR,2023)- Benzin

NKD : Net Kalorifik Değer $47,31 \text{ TJ/kton} \times 10^{-3} = 47,31 \times 10^{-3} \text{ TJ/ton}$ (NIR,2023) – LPG

OKY : Oksitlenen karbon yüzdesi (IPCC 2006 CO₂, CH₄, N₂O için \approx %1.)

KIP_{CO2} :1

KIP_{CH4}: 27,9

KIP_{N2O}: 273

Yakıt tüketim verileri ise, Dizel araçlar için 100 kilometrede 5,5 L yakıt tüketimi, Benzinli araçlarda 7,5 L/100 km, LPG 8 L/ 100 km ve minibüslerin 12,5L/100 km tüketim verileri dikkate alınacaktır. (Alagöz vd., 2021)

2022 Temmuz Ulaşım Veri Hesabı;

Dizel Otomobiller İçin;

Ortalama Yakıt Km Başına : 0,055 L/km

Araç : 1997 adet Otomobil

Alınan Yol : 7,5 km

d_{dizel} : Yoğunluk Faktörü, 0,835 kg/L (NIR, 2023)

NKD : Net Kalorifik Değer $43,33 \text{ Tj/ton} \times 10^{-3} = 43,33 \times 10^{-3} \text{ TJ/ton}$ (NIR,2023) - Dizel

EF_{CO2} : Emisyon Faktörü CO_{2e} (ton / TJ) 74,100 (IPCC, Basic Search,2024)

KIP_{CO2} :1

EF_{CH4} : Emisyon Faktörü (ton / TJ) $3,9 \times 10^{-3}$ (IPCC, Basic Search,2024)

KIP_{CH4}: 27,9

EF_{N2O} : Emisyon Faktörü (ton / TJ) $3,9 \times 10^{-3}$ (IPCC, Basic Search,2024)

KIP_{N2O}: 273

OKY : Oksitlenen karbon yüzdesi (IPCC 2006 CO₂, CH₄, N₂O için \approx %1.)

$$E_{tCO2} = (KV \times d \times 10^{-3}) \times EF \times NKD \times OKY \times KIP \quad (4.8)$$

$$E_{tCO_2} = (1997 \times 7,5 \times 0,055 \times 0,835 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 74,100 \text{ (ton CO}_2\text{e / TJ)} \times 43,33 \times 10^{-3} \text{ (TJ/ton)} \\ \times 1 \times 1$$

$$E_{tCO_2} = 2,018 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = (1997 \times 7,5 \times 0,055 \times 0,835 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 3,9 \times 10^{-3} \text{ (ton CO}_2\text{e / TJ)} \times 43,33 \times 10^{-3} \text{ (TJ/ton)} \\ \times 1 \times 27,9$$

$$E_{tCO_2} = 32,6 \times 10^{-4} \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = (1997 \times 7,5 \times 0,055 \times 0,835 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 3,9 \times 10^{-3} \text{ (ton CO}_2\text{e / TJ)} \times 43,33 \times 10^{-3} \text{ (TJ/ton)} \\ \times 1 \times 273$$

$$E_{tCO_2} = 320 \times 10^{-4} \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = 2,018 + 32,6 \times 10^{-4} + 320 \times 10^{-4} \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = 2,053 \text{ ton CO}_2\text{e} - \text{Dizel Yakıt Kaynaklı (Otomobil)}$$

Dizel Minibüsler İçin:

Ortalama Yakıt Km Başına : 0,125 L/km

Araç : 56 Sefer x 30 Gün (Gidiş – Geliş toplam)

Alınan Yol : 7,5 km

$$E_{tCO_2} = (1680 \times 7,5 \times 0,125 \times 0,835 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 74,100 \text{ (ton CO}_2\text{e / TJ)} \times 43,33 \times 10^{-3} \text{ (TJ/ton)} \\ \times 1 \times 1$$

$$E_{tCO_2} = 4,23 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = (1680 \times 7,5 \times 0,125 \times 0,835 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 3,9 \times 10^{-3} \text{ (ton CO}_2\text{e / TJ)} \times 43,33 \times 10^{-3} \text{ (TJ/ton)} \\ \times 1 \times 27,9$$

$$E_{tCO_2} = 62 \times 10^{-4} \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = (1680 \times 7,5 \times 0,125 \times 0,835 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 3,9 \times 10^{-3} \text{ (ton CO}_2\text{e / TJ)} \times 43,33 \times 10^{-3} \text{ (TJ/ton)} \\ \times 1 \times 273$$

$$E_{tCO_2} = 609 \times 10^{-4} \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = 4,23 + 62 \times 10^{-4} + 609 \times 10^{-4} \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = 4,30 \text{ ton CO}_2\text{e} - \text{Dizel Yakıt Kaynaklı (Minibüs)}$$

Benzinli Otomobiller İçin;

Ortalama Yakıt Km Başına : 0,075 L/km

Araç : 1896 Otomobil

Alınan Yol : 7,5 km

$$E_{tCO_2} = (1896 \times 7,5 \times 0,075 \times 0,740 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 69,300 \text{ (ton CO}_2\text{e / TJ)} \times 44,8 \times 10^{-3} \text{ (TJ/ton)} \\ \times 1 \times 1$$

$$E_{tCO_2} = 2,46 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = (1896 \times 7,5 \times 0,075 \times 0,740 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 25 \times 10^{-3} \text{ (ton CO}_2\text{e / TJ)} \times 44,8 \times 10^{-3} \text{ (TJ/ton)} \\ \times 1 \times 27,9$$

$$E_{tCO_2} = 0,025 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = (1896 \times 7,5 \times 0,075 \times 0,740 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 8 \times 10^{-3} \text{ (ton CO}_2\text{e / TJ)} \times 44,8 \times 10^{-3} \text{ (TJ/ton)} \\ \times 1 \times 273$$

$$E_{tCO_2} = 0,078 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = 2,46 + 0,025 + 0,078 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = 2,563 \text{ ton CO}_2\text{e} - \text{Benzin Yakıt Kaynaklı (Otomobil)}$$

LPG'li Otomobiller İçin;

Ortalama Yakıt Km Başına : 0,08 L/km

Araç : 1782 Otomobil

Alınan Yol : 7,5 km

$$E_{tCO_2} = (1771 \times 7,5 \times 0,08 \times 0,550 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 63,1 \text{ (ton CO}_2\text{e / TJ)} \times 47,31 \times 10^{-3} \text{ (TJ/ton)} \\ \times 1 \times 1 = 1,76 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = (1771 \times 7,5 \times 0,08 \times 0,550 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 62 \times 10^{-3} \text{ (ton CO}_2\text{e / TJ)} \times 47,31 \times 10^{-3} \text{ (TJ/ton)} \\ \times 1 \times 27,9 = 0,048 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = (1771 \times 7,5 \times 0,08 \times 0,550 \times 10^{-3}) \text{ ton} \times 0,2 \times 10^{-3} \text{ (ton CO}_2\text{e / TJ)} \times 47,31 \times 10^{-3} \text{ (TJ/ton)} \\ \times 1 \times 273$$

$$E_{tCO_2} = 0,002 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

$$E_{tCO_2} = 1,76 + 0,048 + 0,002 \text{ ton CO}_2\text{e} = 1,81 \text{ ton CO}_2\text{e} - \text{LPG Yakıt Kaynaklı (Otomobil)}$$

BEŞİNCİ BÖLÜM

BULGULAR

Bilecik Yüksek Hızlı Tren Garının 4. Kısımda belirtildiği şekilde formülasyon ve veri girişleri yapılarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler üzerinden gerekli karşılaştırmalar ve veri analizleri yapılacaktır.

Elde edilecek sera gazı envanterinde önemli değişkenlerden olan ve YHT Bilecik Garının yolcu sayısına işe geliş-gidiş günleri de dikkate alınarak personel sayıları da aylık olarak eklenecek ve kişi başı ortalama emisyon miktarları da ayrıca hesap edilmeye çalışılacaktır.

2022, 2023 ve 2024 (Ağustos verileri dahil, Eylül verileri hariç) gerçekleştirilen Sera Gazı Emisyon hesaplamaları, ilgili yıllar bazında aylık veriler halinde hesaplanmıştır.

Tablo 5.1. 2024 Yılı Yolcu Verileri.

BİLECİK YHT 2024 YILI GİDEN ve GELEN YOLCU SAYISI						
AY ADI	GİDEN YOLCU	GÜNLÜK ORTALAMA GİDEN YOLCU	GELEN YOLCU	GÜNLÜK ORTALAMA GELEN YOLCU	TOPLAM GİDEN VE GELEN YOLCU	TOPLAM PERSONEL VE YOLCU SAYISI
OCAK	10988	354	10944	354	21932	22912
ŞUBAT	9688	334	9944	342	19632	20612
MART	12006	387	11930	385	23936	24916
NİSAN	12560	419	12072	402	24632	25612
MAYIS	13788	460	13752	458	27540	28520
HAZİRAN	12942	431	13410	447	26352	27332
TEMMUZ	13202	426	11921	384	25123	26103
AĞUSTOS	10685	345	10718	345	21403	22383
EYLÜL						
EKİM						
KASIM						
ARALIK						
TOPLAM	95.859	3.156	94.691	3.117	190.550	198.390

Tablo 5.2. 2023 Yılı Yolcu Verileri

BİLECİK YHT 2023 YILI GİDEN ve GELEN YOLCU SAYISI						
AY ADI	GİDEN YOLCU	GÜNLÜK ORTALAMA GİDEN YOLCU	GELEN YOLCU	GÜNLÜK ORTALAMA GELEN YOLCU	TOPLAM GİDEN VE GELEN YOLCU	TOPLAM PERSONEL VE YOLCU SAYISI
OCAK	10664	344	9784	316	20448	21428
ŞUBAT	8434	301	8610	307	17044	18024
MART	10258	331	9242	298	19500	20480
NİSAN	8860	295	9270	309	18130	19110
MAYIS	11439	369	10686	345	22125	23105
HAZİRAN	10490	350	10244	341	20734	21714
TEMMUZ	9362	312	9948	331	19310	20290
AĞUSTOS	11302	376	11070	369	22372	23352
EYLÜL	10542	351	10536	351	21078	22058
EKİM	12570	419	12780	426	25350	26330
KASIM	12494	416	11196	373	23690	24670
ARALIK	11938	397	12274	410	24212	25192
TOPLAM	128.353	4.261	125.640	4.176	253.993	265.753

Tablo 5.3. 2022 Yılı Yolcu Verileri

BİLECİK YHT 2022 YILI GİDEN ve GELEN YOLCU SAYISI						
AY ADI	GİDEN YOLCU	GÜNLÜK ORTALAMA GİDEN YOLCU	GELEN YOLCU	GÜNLÜK ORTALAMA GELEN YOLCU	TOPLAM GİDEN VE GELEN YOLCU	TOPLAM PERSONEL VE YOLCU SAYISI
OCAK	8.096	262	8.009	259	16.105	17.085
ŞUBAT	6.808	243	7.408	264	14.216	15.196
MART	9.155	295	9.174	296	18.329	19.309
NİSAN	8.865	295	7.713	257	16.578	17.558
MAYIS	7.947	256	8.800	283	16.747	17.727
HAZİRAN	8.069	269	7.834	261	15.903	16.883
TEMMUZ	6.877	221	6.274	202	13.150	14.130
AĞUSTOS	7.246	233	7.408	239	14.654	15.634
EYLÜL	8.596	286	9.328	310	17.924	18.904
EKİM	11.197	361	11.100	358	22.297	23.277
KASIM	10.438	347	10.936	364	21.374	22.354
ARALIK	11.107	358	10.690	344	21.797	22.777
TOPLAM	104.401	3.426	104.674	3.437	209.074	220.834

Aşağıda belirtilen tablolarda da 2023 yılı kapsamında yolcu verileri (ulaşım kaynaklı emisyonlarda kullanılmıştır.) ve YHT Garda kullanılmış olan doğalgaz, elektrik, su ve yakıt giderlerinin hesaplanma yöntemine ait veriler sunulmuştur.

Tablo 5.4. Doğalgaz Verileri 2023 Yılı

2023	EMİSYON	KV (m3)	d (kg/m3)	EF (kg CO2 / TJ)	NKD (TJ/Gg)	OKY	KIP	Genel Dönüşüm kg ► ton	Toplam Emisyon tonCO2e	Aylık Toplam
OCAK	CO2	21.459,00	0,78	56.100,00	48,00	1,00	1,00	0,000000001	45,072	45,116
	CH4	21.459,00	0,78	1,00	48,00	1,00	27,90	0,000000001	0,022	
	N20	21.459,00	0,78	0,10	48,00	1,00	273,00	0,000000001	0,022	
ŞUBAT	CO2	33.894,58	0,78	56.100,00	48,00	1,00	1,00	0,000000001	71,192	71,262
	CH4	33.894,58	0,78	1,00	48,00	1,00	27,90	0,000000001	0,035	
	N20	33.894,58	0,78	0,10	48,00	1,00	273,00	0,000000001	0,035	
MART	CO2	17.033,26	0,78	56.100,00	48,00	1,00	1,00	0,000000001	35,776	35,812
	CH4	17.033,26	0,78	1,00	48,00	1,00	27,90	0,000000001	0,018	
	N20	17.033,26	0,78	0,10	48,00	1,00	273,00	0,000000001	0,017	
NİSAN	CO2	10.282,92	0,78	56.100,00	48,00	1,00	1,00	0,000000001	21,598	21,619
	CH4	10.282,92	0,78	1,00	48,00	1,00	27,90	0,000000001	0,011	
	N20	10.282,92	0,78	0,10	48,00	1,00	273,00	0,000000001	0,011	
MAYIS	CO2	1.650,22	0,78	56.100,00	48,00	1,00	1,00	0,000000001	3,466	3,470
	CH4	1.650,22	0,78	1,00	48,00	1,00	27,90	0,000000001	0,002	
	N20	1.650,22	0,78	0,10	48,00	1,00	273,00	0,000000001	0,002	
HAZİRAN	CO2	224,21	0,78	56.100,00	48,00	1,00	1,00	0,000000001	0,471	0,471
	CH4	224,21	0,78	1,00	48,00	1,00	27,90	0,000000001	0,000	
	N20	224,21	0,78	0,10	48,00	1,00	273,00	0,000000001	0,000	
TEMMUZ	CO2	296,77	0,78	56.100,00	48,00	1,00	1,00	0,000000001	0,623	0,624
	CH4	296,77	0,78	1,00	48,00	1,00	27,90	0,000000001	0,000	
	N20	296,77	0,78	0,10	48,00	1,00	273,00	0,000000001	0,000	
AĞUSTOS	CO2	26,85	0,78	56.100,00	48,00	1,00	1,00	0,000000001	0,056	0,056
	CH4	26,85	0,78	1,00	48,00	1,00	27,90	0,000000001	0,000	
	N20	26,85	0,78	0,10	48,00	1,00	273,00	0,000000001	0,000	
EYLÜL	CO2	69,81	0,78	56.100,00	48,00	1,00	1,00	0,000000001	0,147	0,147
	CH4	69,81	0,78	1,00	48,00	1,00	27,90	0,000000001	0,000	
	N20	69,81	0,78	0,10	48,00	1,00	273,00	0,000000001	0,000	
EKİM	CO2	35,40	0,78	56.100,00	48,00	1,00	1,00	0,000000001	0,074	0,074
	CH4	35,40	0,78	1,00	48,00	1,00	27,90	0,000000001	0,000	
	N20	35,40	0,78	0,10	48,00	1,00	273,00	0,000000001	0,000	
KASIM	CO2	3.008,73	0,78	56.100,00	48,00	1,00	1,00	0,000000001	6,319	6,326
	CH4	3.008,73	0,78	1,00	48,00	1,00	27,90	0,000000001	0,003	
	N20	3.008,73	0,78	0,10	48,00	1,00	273,00	0,000000001	0,003	
ARALIK	CO2	9.738,53	0,78	56.100,00	48,00	1,00	1,00	0,000000001	20,455	20,475
	CH4	9.738,53	0,78	1,00	48,00	1,00	27,90	0,000000001	0,010	
	N20	9.738,53	0,78	0,10	48,00	1,00	273,00	0,000000001	0,010	
TOPLAM									205,45	

Tablo 5.5. Jeneratör Verileri 2023 Yılı

2023	EMİSYON	KV (L)	d (kg/L)	EF (kg CO ₂ / TJ)	NKD (GJ/ton)	OKY	KIP	Genel Dönüşüm kg ► ton	Toplam Emisyon tonCO _{2e}	Aylık Toplam
OCAK	CO2	52,083	0,832	72.280,00	43,33	1,00	1,00	0,000000001	0,1357	0,1362
	CH4	52,083	0,832	3,00	43,33	1,00	27,90	0,000000001	0,0002	
	N20	52,083	0,832	0,60	43,33	1,00	273,00	0,000000001	0,0003	
ŞUBAT	CO2	52,083	0,832	72.280,00	43,33	1,00	1,00	0,000000001	0,1357	0,1362
	CH4	52,083	0,832	3,00	43,33	1,00	27,90	0,000000001	0,0002	
	N20	52,083	0,832	0,60	43,33	1,00	273,00	0,000000001	0,0003	
MART	CO2	52,083	0,832	72.280,00	43,33	1,00	1,00	0,000000001	0,1357	0,1362
	CH4	52,083	0,832	3,00	43,33	1,00	27,90	0,000000001	0,0002	
	N20	52,083	0,832	0,60	43,33	1,00	273,00	0,000000001	0,0003	
NİSAN	CO2	52,083	0,832	72.280,00	43,33	1,00	1,00	0,000000001	0,1357	0,1362
	CH4	52,083	0,832	3,00	43,33	1,00	27,90	0,000000001	0,0002	
	N20	52,083	0,832	0,60	43,33	1,00	273,00	0,000000001	0,0003	
MAYIS	CO2	52,083	0,832	72.280,00	43,33	1,00	1,00	0,000000001	0,1357	0,1362
	CH4	52,083	0,832	3,00	43,33	1,00	27,90	0,000000001	0,0002	
	N20	52,083	0,832	0,60	43,33	1,00	273,00	0,000000001	0,0003	
HAZİRAN	CO2	52,083	0,832	72.280,00	43,33	1,00	1,00	0,000000001	0,1357	0,1362
	CH4	52,083	0,832	3,00	43,33	1,00	27,90	0,000000001	0,0002	
	N20	52,083	0,832	0,60	43,33	1,00	273,00	0,000000001	0,0003	
TEMMUZ	CO2	52,083	0,832	72.280,00	43,33	1,00	1,00	0,000000001	0,1357	0,1362
	CH4	52,083	0,832	3,00	43,33	1,00	27,90	0,000000001	0,0002	
	N20	52,083	0,832	0,60	43,33	1,00	273,00	0,000000001	0,0003	
AĞUSTOS	CO2	52,083	0,832	72.280,00	43,33	1,00	1,00	0,000000001	0,1357	0,1362
	CH4	52,083	0,832	3,00	43,33	1,00	27,90	0,000000001	0,0002	
	N20	52,083	0,832	0,60	43,33	1,00	273,00	0,000000001	0,0003	
EYLÜL	CO2	52,083	0,832	72.280,00	43,33	1,00	1,00	0,000000001	0,1357	0,1362
	CH4	52,083	0,832	3,00	43,33	1,00	27,90	0,000000001	0,0002	
	N20	52,083	0,832	0,60	43,33	1,00	273,00	0,000000001	0,0003	
EKİM	CO2	52,083	0,832	72.280,00	43,33	1,00	1,00	0,000000001	0,1357	0,1362
	CH4	52,083	0,832	3,00	43,33	1,00	27,90	0,000000001	0,0002	
	N20	52,083	0,832	0,60	43,33	1,00	273,00	0,000000001	0,0003	
KASIM	CO2	52,083	0,832	72.280,00	43,33	1,00	1,00	0,000000001	0,1357	0,1362
	CH4	52,083	0,832	3,00	43,33	1,00	27,90	0,000000001	0,0002	
	N20	52,083	0,832	0,60	43,33	1,00	273,00	0,000000001	0,0003	
ARALIK	CO2	52,083	0,832	72.280,00	43,33	1,00	1,00	0,000000001	0,1357	0,1362
	CH4	52,083	0,832	3,00	43,33	1,00	27,90	0,000000001	0,0002	
	N20	52,083	0,832	0,60	43,33	1,00	273,00	0,000000001	0,0003	
TOPLAM									1,6342	

Tablo 5.6. Elektrik Tüketim Verileri 2023 Yılı

2023	EMİSYON	KV (kWh)	EF (kg CO ₂ / MWh)	İl. & Dğ. Kayıpları	Genel Dönüşüm MWh ► kWh	Toplam Emisyon tonCO _{2e}
OCAK	CO2	64.532,56	0,475	1,13	0,001	34,64
ŞUBAT	CO2	59.573,28	0,475	1,13	0,001	31,98
MART	CO2	50.643,60	0,475	1,13	0,001	27,18
NİSAN	CO2	40.064,64	0,475	1,13	0,001	21,50
MAYIS	CO2	34.678,48	0,475	1,13	0,001	18,61
HAZİRAN	CO2	55.045,44	0,475	1,13	0,001	29,55
TEMMUZ	CO2	79.204,56	0,475	1,13	0,001	42,51
AĞUSTOS	CO2	92.748,08	0,475	1,13	0,001	49,78
EYLÜL	CO2	58.822,24	0,475	1,13	0,001	31,57
EKİM	CO2	36.294,16	0,475	1,13	0,001	19,48
KASIM	CO2	44.873,60	0,475	1,13	0,001	24,09
ARALIK	CO2	59.838,64	0,475	1,13	0,001	32,12
TOPLAM						363,01

Tablo 5.7. Benzinli Otomobil kaynaklı 2023 Yılı

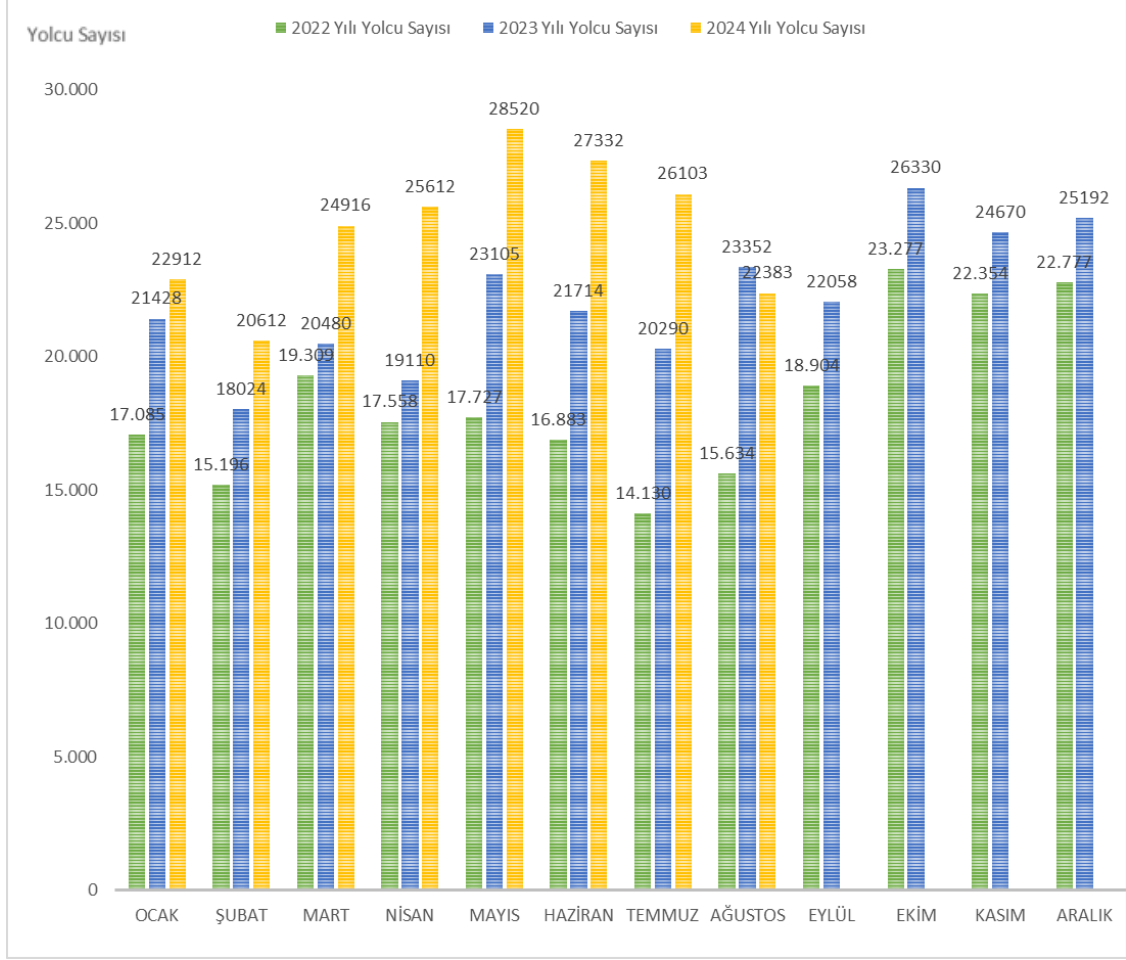
2023 - Benzin	Emisyon	KV (L)	d (kg/L)	EF (kg CO ₂ / TJ)	NKD (GJ/ton)	OKY	KIP	Genel Dönüşüm kg ► ton Gj ► Tj	Toplam Emisyon tonCO _{2e}	Aylık Toplam tonCO _{2e}
OCAK	CO ₂	1.496,180	0,740	69.300,00	44,80	1,00	1,00	0,000000001	3,44	3,58
	CH ₄		0,740	25,00	44,80	1,00	27,90	0,000000001	0,03	
	N ₂ O		0,740	8,00	44,80	1,00	273,00	0,000000001	0,11	
ŞUBAT	CO ₂	1.295,810	0,740	69.300,00	44,80	1,00	1,00	0,000000001	2,98	3,10
	CH ₄		0,740	25,00	44,80	1,00	27,90	0,000000001	0,03	
	N ₂ O		0,740	8,00	44,80	1,00	273,00	0,000000001	0,09	
MART	CO ₂	1.440,380	0,740	69.300,00	44,80	1,00	1,00	0,000000001	3,31	3,45
	CH ₄		0,740	25,00	44,80	1,00	27,90	0,000000001	0,03	
	N ₂ O		0,740	8,00	44,80	1,00	273,00	0,000000001	0,10	
NİSAN	CO ₂	1.359,730	0,740	69.300,00	44,80	1,00	1,00	0,000000001	3,12	3,25
	CH ₄		0,740	25,00	44,80	1,00	27,90	0,000000001	0,03	
	N ₂ O		0,740	8,00	44,80	1,00	273,00	0,000000001	0,10	
MAYIS	CO ₂	1.594,900	0,740	69.300,00	44,80	1,00	1,00	0,000000001	3,66	3,82
	CH ₄		0,740	25,00	44,80	1,00	27,90	0,000000001	0,04	
	N ₂ O		0,740	8,00	44,80	1,00	273,00	0,000000001	0,12	
HAZİRAN	CO ₂	1.513,020	0,740	69.300,00	44,80	1,00	1,00	0,000000001	3,48	3,62
	CH ₄		0,740	25,00	44,80	1,00	27,90	0,000000001	0,03	
	N ₂ O		0,740	8,00	44,80	1,00	273,00	0,000000001	0,11	
TEMMUZ	CO ₂	1.429,200	0,740	69.300,00	44,80	1,00	1,00	0,000000001	3,28	3,42
	CH ₄		0,740	25,00	44,80	1,00	27,90	0,000000001	0,03	
	N ₂ O		0,740	8,00	44,80	1,00	273,00	0,000000001	0,10	
AĞUSTOS	CO ₂	1.609,440	0,740	69.300,00	44,80	1,00	1,00	0,000000001	3,70	3,85
	CH ₄		0,740	25,00	44,80	1,00	27,90	0,000000001	0,04	
	N ₂ O		0,740	8,00	44,80	1,00	273,00	0,000000001	0,12	
EYLÜL	CO ₂	1.533,270	0,740	69.300,00	44,80	1,00	1,00	0,000000001	3,52	3,67
	CH ₄		0,740	25,00	44,80	1,00	27,90	0,000000001	0,04	
	N ₂ O		0,740	8,00	44,80	1,00	273,00	0,000000001	0,11	
EKİM	CO ₂	1.784,740	0,740	69.300,00	44,80	1,00	1,00	0,000000001	4,10	4,27
	CH ₄		0,740	25,00	44,80	1,00	27,90	0,000000001	0,04	
	N ₂ O		0,740	8,00	44,80	1,00	273,00	0,000000001	0,13	
KASIM	CO ₂	1.687,030	0,740	69.300,00	44,80	1,00	1,00	0,000000001	3,88	4,04
	CH ₄		0,740	25,00	44,80	1,00	27,90	0,000000001	0,04	
	N ₂ O		0,740	8,00	44,80	1,00	273,00	0,000000001	0,12	
ARALIK	CO ₂	1.717,750	0,740	69.300,00	44,80	1,00	1,00	0,000000001	3,95	4,11
	CH ₄		0,740	25,00	44,80	1,00	27,90	0,000000001	0,04	
	N ₂ O		0,740	8,00	44,80	1,00	273,00	0,000000001	0,12	
TOPLAM									44,18	

Tablo 5.8. Su Tüketim Verileri 2023 Yılı

2023	EMİSYON	KV (m ³)	EF (kg CO ₂ / m ³)	Genel Dönüşüm kg ► ton	Toplam Emisyon tonCO _{2e}
OCAK	CO ₂	260,00	0,15311	0,001	0,040
ŞUBAT	CO ₂	261,00	0,15311	0,001	0,040
MART	CO ₂	262,00	0,15311	0,001	0,040
NİSAN	CO ₂	250,00	0,15311	0,001	0,038
MAYIS	CO ₂	251,00	0,15311	0,001	0,038
HAZİRAN	CO ₂	403,00	0,15311	0,001	0,062
TEMMUZ	CO ₂	404,00	0,15311	0,001	0,062
AĞUSTOS	CO ₂	605,00	0,15311	0,001	0,093
EYLÜL	CO ₂	430,00	0,15311	0,001	0,066
EKİM	CO ₂	281,00	0,15311	0,001	0,043
KASIM	CO ₂	133,00	0,15311	0,001	0,020
ARALIK	CO ₂	61,00	0,15311	0,001	0,009
TOPLAM					0,551

5.1 Sera Gazı Emisyon Değerlerinin Analizi

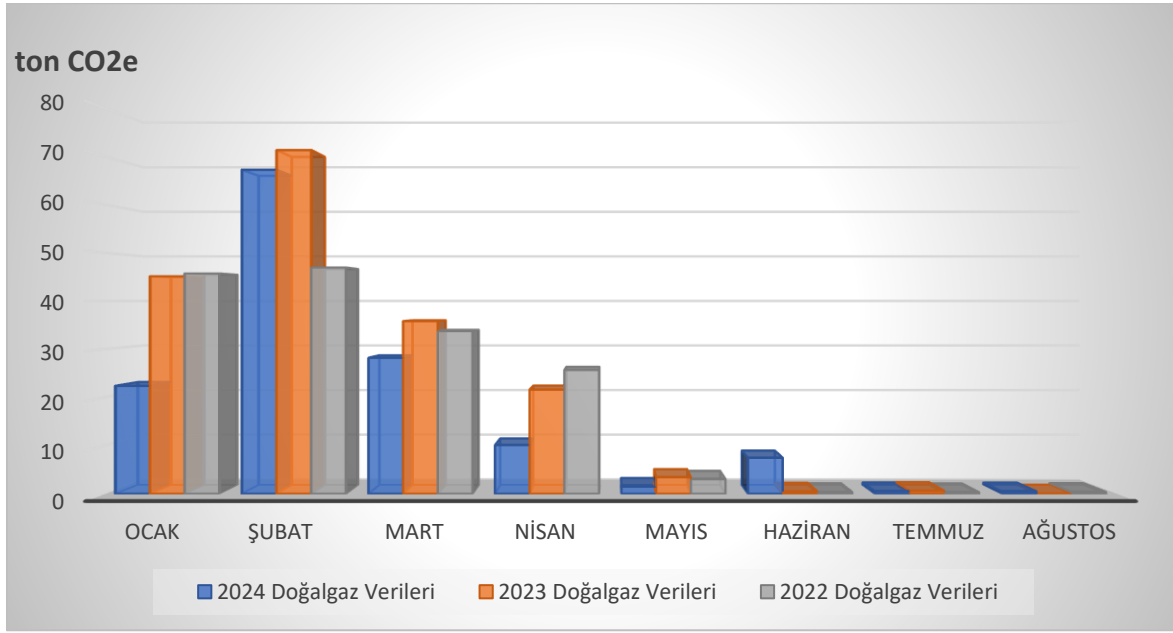
Kurum ve kuruluşlarda, sera gazı hesaplamalarında en belirleyici değişken olan insan (yolcu ve personel) sayısı 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait değişimi aşağıdaki gibi olmuştur.



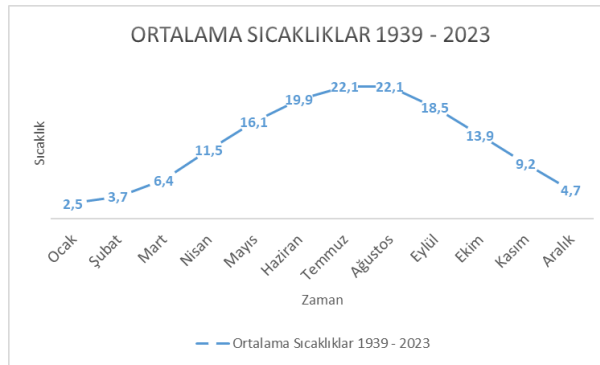
Grafik 5.1. Yolcu Sayısının Yıllara Göre Değişimi

2022, 2023 ve 2024 yılı bazlı Yolcu sayısı değişimleri incelendiğinde periyodik olarak her yıl yolcu sayılarının sürekli artmış olduğu özellikle 2024 yılına ait dönemde (Ağustos ayı hariç) tüm aylarda bir önceki yılların aynı dönemlerine ait yolcu sayısında ciddi oranlarda artış yaşandığı görülmektedir. Bu sonucun oluşumunda ise 2022 yılında, Covid 19 pandemisine bağlı tedbirlerin azalması ve bitmesinin etkili olduğu, 2023 ve 2024 yıllarındaki yükseliş trendinin ise YHT nin bilinirliği ve ülke çapındaki alternatif güzergahların artmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

5.1.1 Doğalgaz Tüketimi Kaynaklı Emisyon Değerlerinin Analizi



Grafik 5.2. Doğalgaz Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Yıllara Göre Değişim

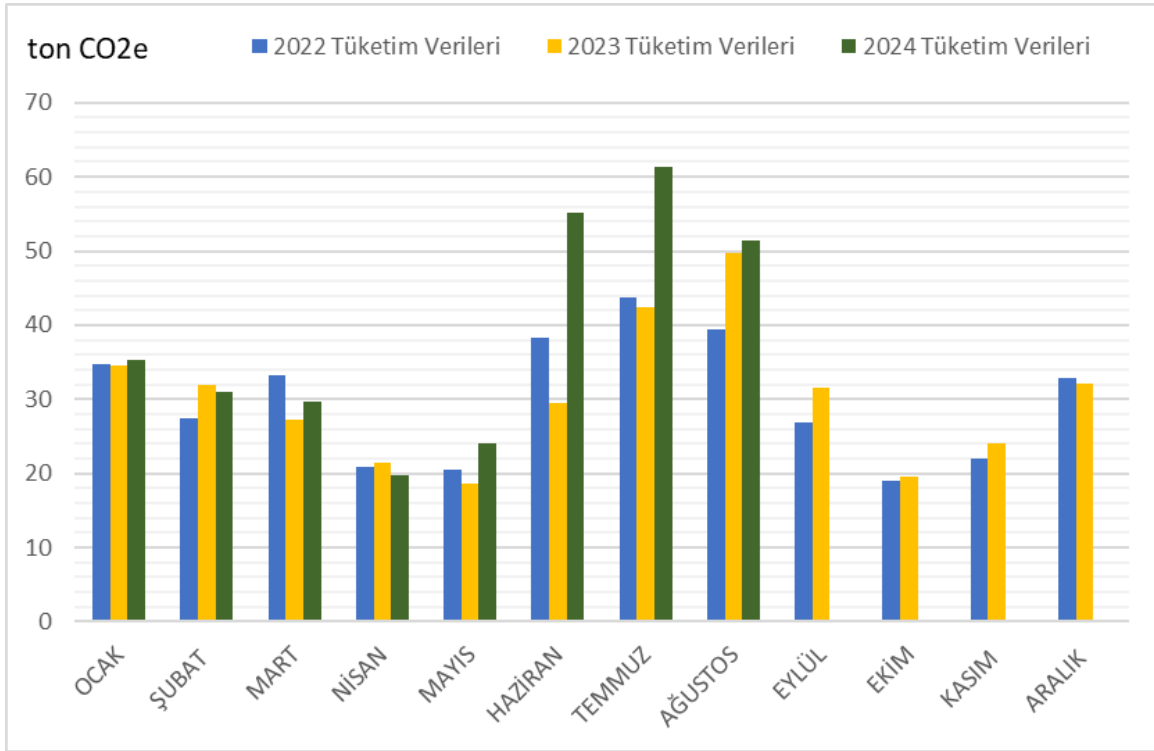


Grafik 5.3. Ortalama Sıcaklık Eğrileri (MGM,2024)

YHT Garda Doğalgaz tüketimi kaynaklı 2022, 2023, 2024 yılları arasında meydana gelen toplam karbon salınım miktarı ısınma amaçlı olarak kullanıldığından ortalama sıcaklık verileri de bu noktada önem arz etmektedir. Yaz aylarında Doğalgaz tüketimlerinin düştüğü görülmüştür. Özellikle yılın kış aylarında tüketim değerlerinin birbirinden ayrıışmadığı buda Garın ısınmasının yolcudan bağımsız bir değişken olduğunu ve doğalgaz tüketimlerinde belirleyici faktörün Gardaki işyerlerinin ısınma ihtiyacının karşılanması olduğu anlaşılmıştır.

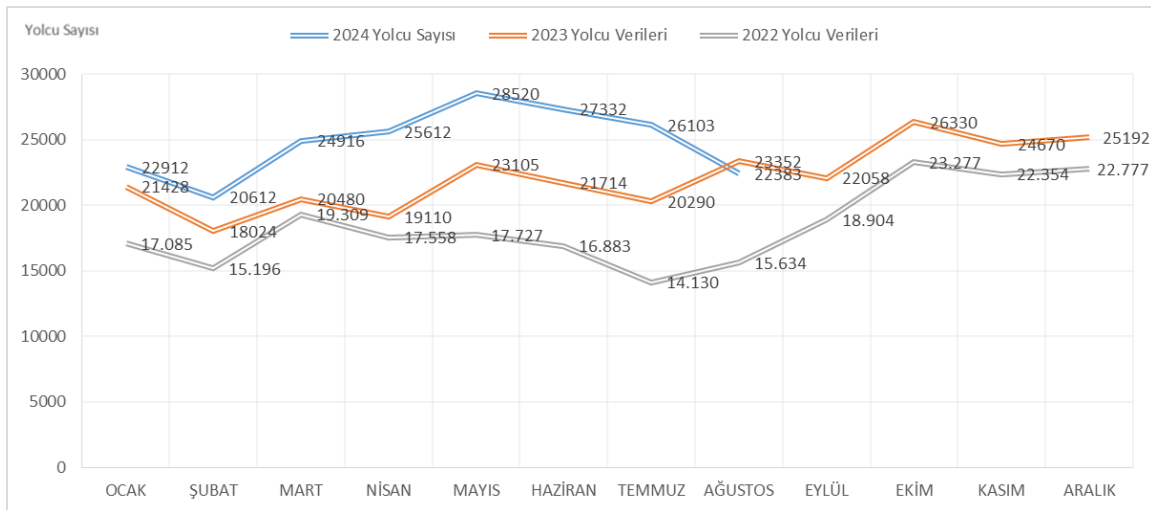
Doğalgaz verisinin 2022 Nisan ayında, 2024 Nisan ayından daha yüksek olma durumu irdelendiğinde de 2024 Nisan Toplam Yolcu Sayısının 25.612, 2022 Nisan ayı toplam yolcu sayısının ise 17.558 olduğu görülmekte ve bu da Doğalgaz Tüketiminin ana nedeninin yolcu hizmetleri değil Gardaki işyerlerinin ısınma ihtiyacı olduğunu göstermektedir.

5.1.2 Elektrik Tüketimi Kaynaklı Emisyon Değerlerinin Analizi

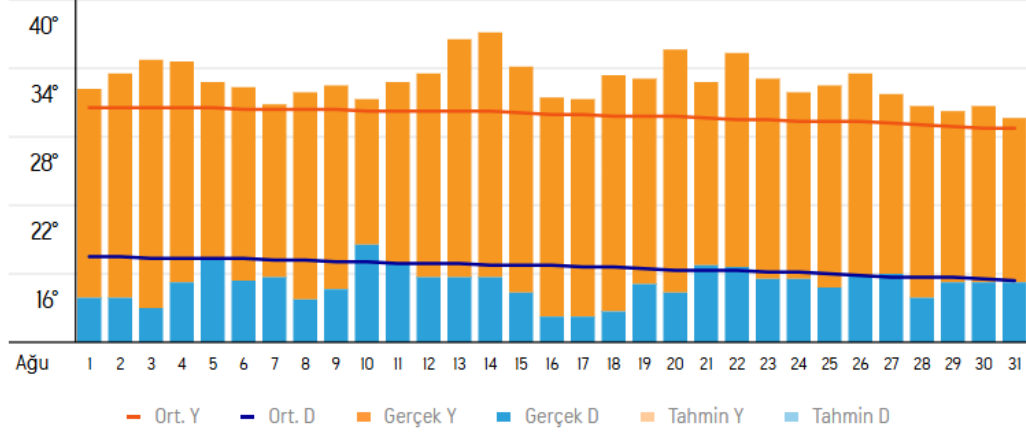


Grafik 5.4. Elektrik Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının 3 Yıllık Değişimi

Elektrik enerjisi tüketiminin neden olduğu karbon emisyonları oransal değişimi Grafik 5.1.2.1 de verilmiştir. Elektrik tüketim miktarlarının da yolcu sayısından bağımsız olarak yalnızca garın personel iş ve işlevleri kapsamında harcamaya odaklı değiştiği görülmüştür. Elektrik tüketiminde en belirgin değişimin, soğutma sistemlerinin kullanıldığı dönemlerde, sıcaklık değişimlerine bağlı olarak gerçekleştiği anlaşılmaktadır.



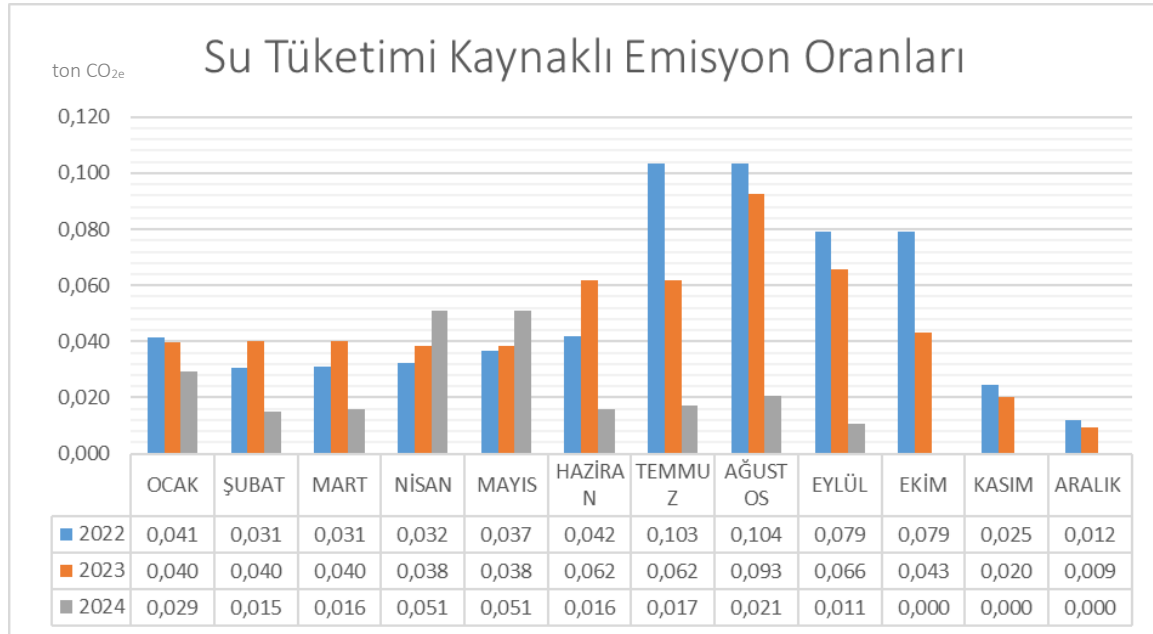
Grafik 5.5. Yolcu Sayıları 3 Yıllık Değişimi



Grafik 5.6. Ağustos 2024 Sıcaklık Değişimi (Accuweather,2024)

Elektrik kaynaklı değişimlerde Yolcu sayısı kaynaklı belirgin artış, Ocak 2022, Yolcu Sayısı, 17.085 kişi – Ocak 2024, 22.912 kişi olarak gerçekleşmiştir. Artış oranı %34 oranını bulması rağmen, Elektrik sarfiyatında belirgin bir değişim gözlemlenmemiştir. Bu durumda Yolcu Sayısının Elektrik tüketiminde dolayısıyla da Elektrik tüketimi kaynaklı emisyon değerlerinde önemli bir kriter olmadığını göstermektedir.

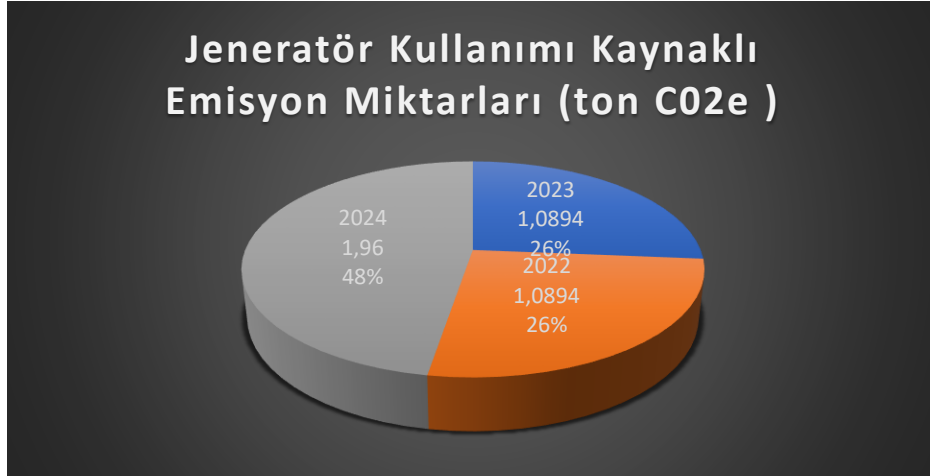
5.1.3 Su Tüketimi Kaynaklı Emisyon Değerlerinin Analizi



Grafik 5.7. Su Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının 3 Yıllık Değişimi

Emisyon değerlerine diğer tüketim verileri kadar katkısı olmadığı görülen, su tüketimi kaynaklı Karbon Emisyon miktarlarının da mevsimsel olarak değiştiği görülmüştür. Emisyon oranını arttıran ana etkenin, yine mevsimsel kaynaklı su ihtiyacı ve peyzaj çalışmaları olduğu gözlemlenmiştir.

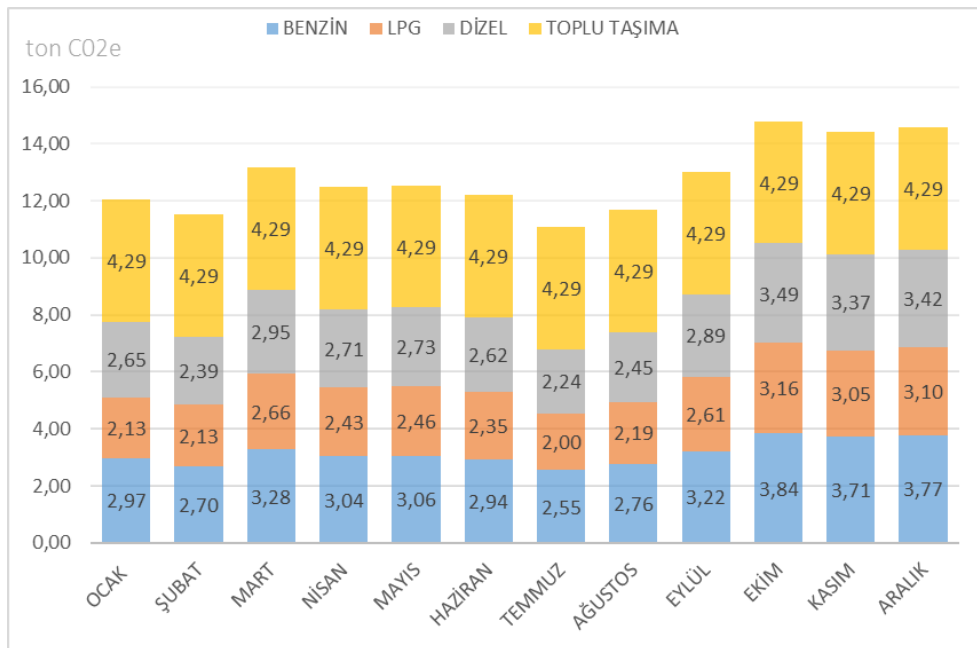
5.1.4 Jeneratör Kaynaklı Emisyon Değerlerinin Analizi



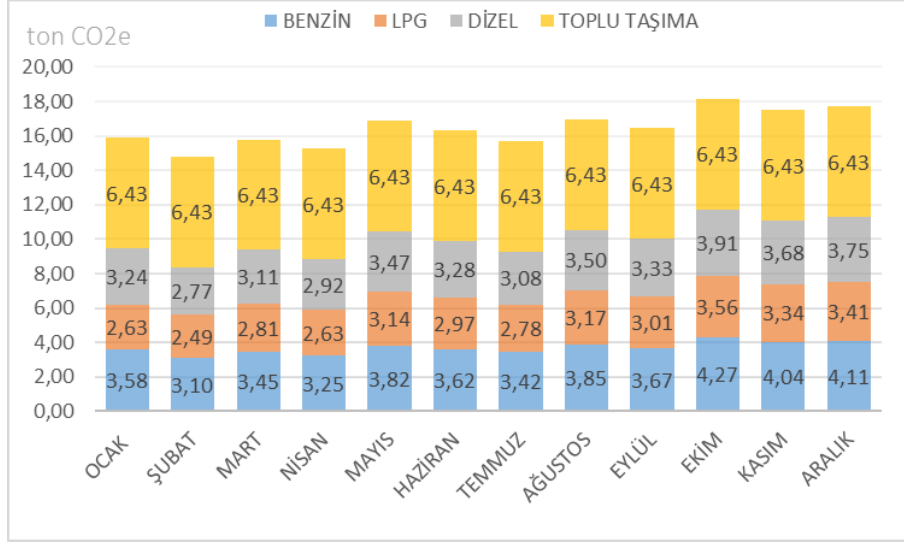
Grafik 5.8. Jeneratör Kullanımı Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının 3 Yıllık Değerleri

Jeneratörün tüketmiş olduğu yakıt miktarı düzenli olarak tutulmadığı görülmüş olmakla birlikte 2024 yılında Elektrik kesintileri, Bilecik YHT Garda artmış olduğundan ötürü Jeneratör yakıt tüketimi bununla birlikte Karbon emisyon miktarının da arttığı gözlemlenmiştir.

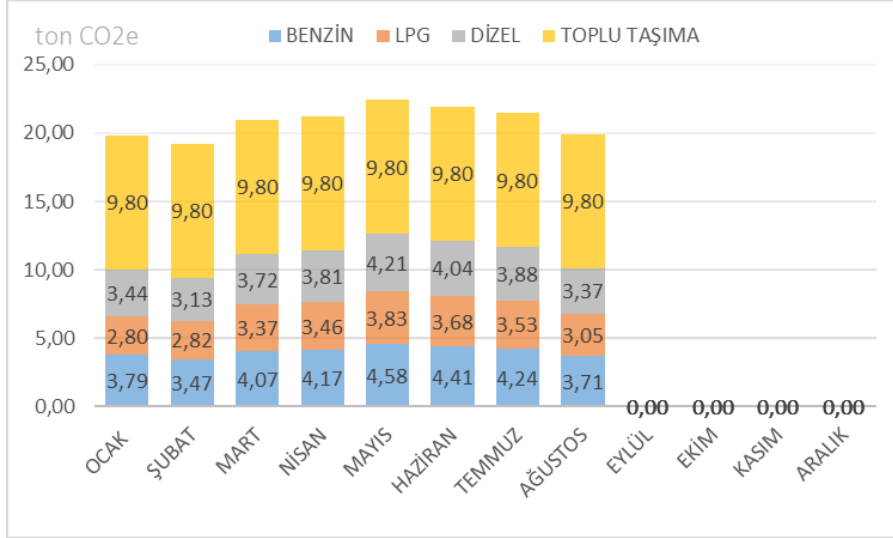
5.1.5 Ulaşım Kaynaklı Emisyon Değerlerinin Analizi



Grafik 5.9. 2022 Yılı Ulaştırma Kaynaklı Emisyon Değerleri



Grafik 5.10. 2023 Yılı Ulaştırma Kaynaklı Emisyon Değerleri



Grafik 5.11. 2024 Yılı Ulaştırma Kaynaklı Emisyon Değerleri

Ulaştırma kaynaklı atmosfere salınan emisyon miktarlarını belirten son 3 yıla ait veriler grafiklerde gösterilmektedir. Grafikler analiz edildiğinde yolcu sayısına bağlı olarak orantısal bir artış meydana gelirken, burada öne çıkan faktör ise yakıtların emisyon faktörlerine bağlı olarak meydana gelen toplam karbon ayak izi miktarıdır.

2024 yılı Ağustos Ayı itibarıyla, 2023 ve 2022 yıllarına oranla çok daha fazla yolcu taşımacılığı yapıldığından emisyon oranları en yüksek düzeydedir. Yakıt emisyonları kendi aralarında irdelendiğinde en yüksek oran her yılda toplu taşıma kaynaklı emisyonlardan oluşmaktadır. 2022 ve 2024 yılları arasında hem yolcu sayısının artması, hem de minibüs sayısının artış göstermesine müteakip karbon emisyon miktarı toplu taşıma kaynaklı olarak %128 artış göstermiştir.

Bununla birlikte taşınan yolcu sayılarında da 2022 yılının ilk 8 ayda toplam 125.682 kişi YHT Garı kullanmışken, 2024 yılının ilk 8 ayın bu sayı 190.550 kişiye ulaşmıştır. Sonuç olarak, Ulaşım kaynaklı dolaylı emisyonların belirgin seviyede artışına neden olmuştur.

5.2 Bilecik YHT Gar Karbon Ayak İzi Analizi

Karbon ayak izi miktarları ve oransal değişimler her tipte kendi içinde irdelenmiş ve hesaplanmıştır. Bu bölümde ise Bilecik YHT Garı ortaya çıkan emisyonların farklı türler arasındaki oranlamalar ve bu sayede toplam emisyonlar içindeki doğrudan ve dolaylı emisyonların payları ve bunlara sebebiyet veren faktörler araştırılacaktır.

Oransal analiz yapılırken 2024 Ağustos ayı itibariyle veriler değerlendirilecektir. 2022 ve 2023 yıllarında da genel kıyas Ocak – Ağustos dönemleri arasından yapılacaktır.

Karbon Ayak İzi miktarları da 2022,2023 yılları için tüm aylar, 2024 yılı için Ağustos Ayı dahil Eylül ayı hariç karbon ayak izi değerleri Tablo 5.9 da belirtilmektedir.

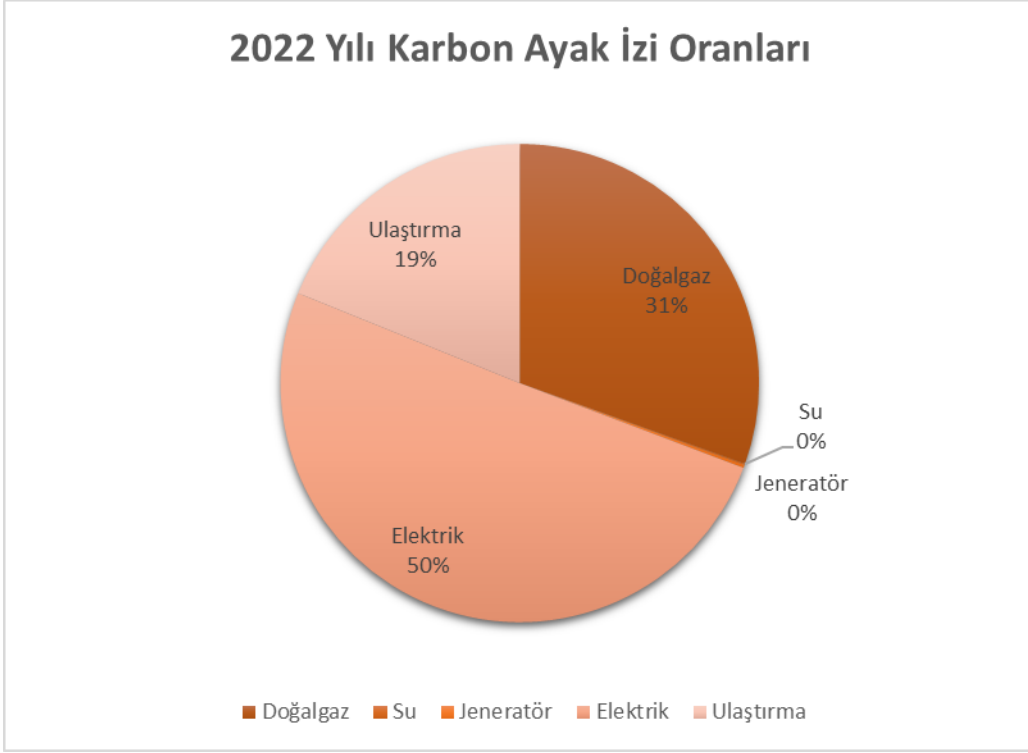
Tablo 5.9. 3 Yıllık Karbon Ayak İzi değerleri

<i>Genel</i>	2022	2023	2024
<i>Doğalgaz</i>	225,91	205,45	138,04
<i>Su</i>	0,62	0,55	0,23
<i>Jeneratör</i>	1,63	1,63	1,96
<i>Elektrik</i>	359,01	363,01	308,08
<i>Ulaştırma</i>	153,51	197,38	167,03
<i>Toplam Emisyon Miktarı (ton CO_{2e})</i>	740,68	768,02	615,34

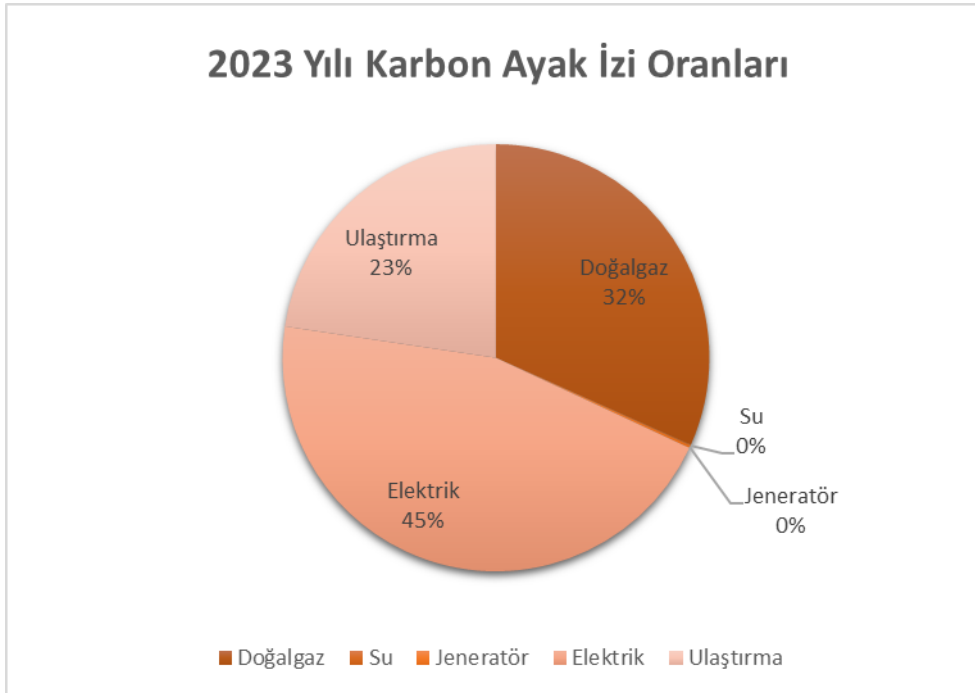
Bilecik Yüksek Hızlı Tren Garında, son 3 yıllık periyotta yolcu ve personel kaynaklı oluşan GHG Metodolojisi Tier 1,2 ve Ulaşım Kaynaklı Dolaylı Emisyonlarının sebep olduğu Karbon Ayak İzi hesaplamasında 2022, 2023 ve 2024 yıllarının Ocak – Ağustos dönemine ilişkin tonCO_{2e} cinsinden sonuçlar Tablo 5.10 da belirtilmiştir.

Tablo 5.10. 3 Yıllık Karbon Ayak İzi değerleri

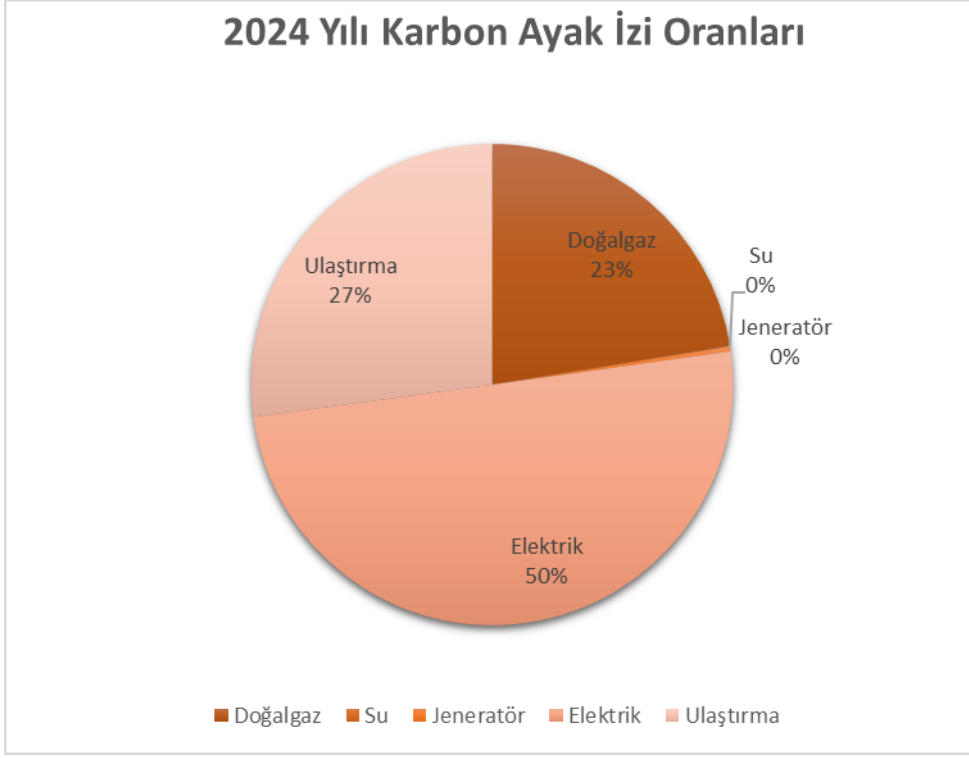
<i>Genel</i>	2022	2023	2024
<i>Doğalgaz</i>	156,27	178,43	138,04
<i>Su</i>	0,42	0,41	0,23
<i>Jeneratör</i>	1,09	1,09	1,96
<i>Elektrik</i>	258,23	255,76	308,08
<i>Ulaştırma</i>	96,71	127,57	167,03
<i>Toplam Emisyon Miktarı (ton CO_{2e})</i>	513	563	615



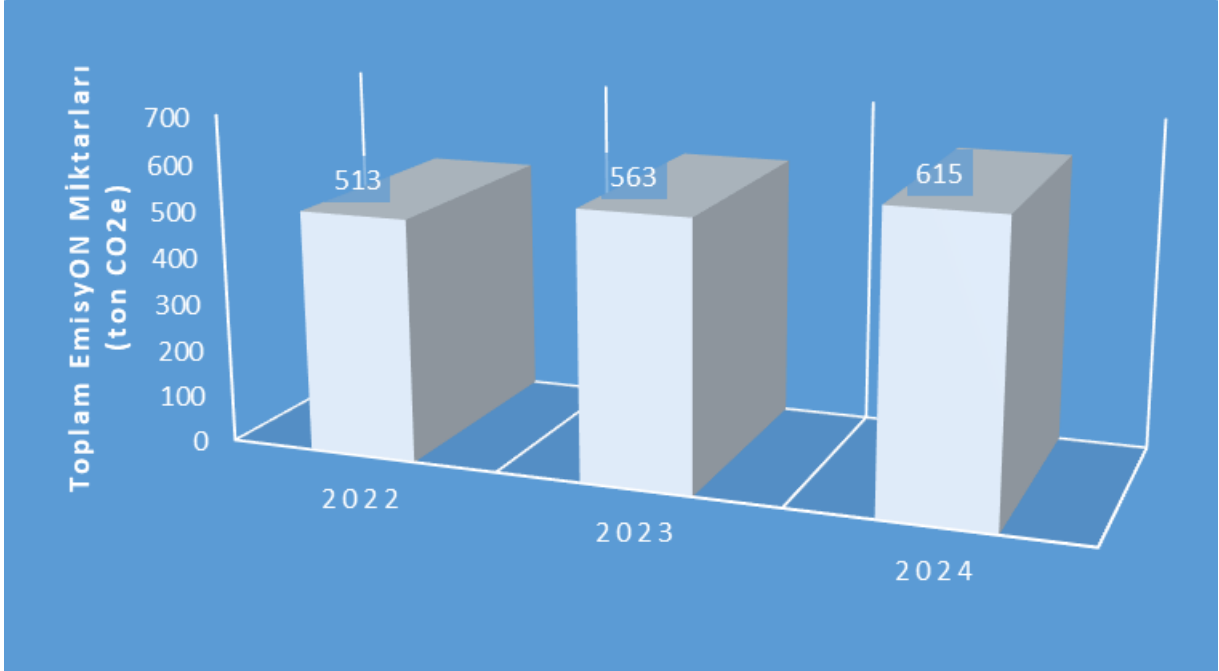
Grafik 5.12. 2022 Yılı Karbon Ayak İzi Oranı – Emisyon Kaynaklarına Göre



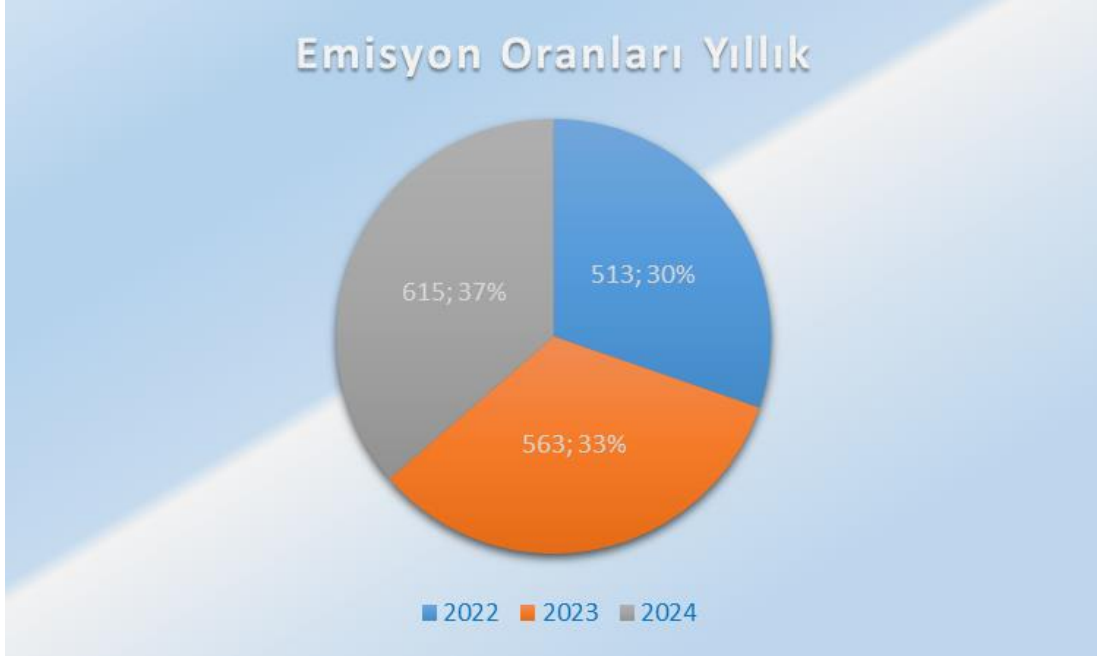
Grafik 5.13. 2023 Yılı Karbon Ayak İzi Oranı – Emisyon Kaynaklarına Göre



Grafik 5.14. 2024 Yılı Karbon Ayak İzi Oranı – Emisyon Kaynaklarına Göre



Grafik 5.15. 3 Yıllık Karbon Ayak İzi Toplamı



Grafik 5.16. Karbon Ayak İzi Toplamına Oranı – 3 Yıllık

Ocak – Ağustos dönemlerine ilişkin veriler incelendiğinde her yıl Karbon Ayak İzine en yüksek katkının 1. Elektrik, 2-3.Doğalgaz- Ulaştırma Kaynaklı olduğu görülmüştür. Doğalgaz ve Ulaştırma dönem dönem yer değiştirmiş olsa da Elektrik Kaynaklı Emisyonlar en büyük karbon emisyonu miktarına sebep olmuşlardır.

Yıl bazında incelenecek olursa da 2022 yılında Bilecik Garda KAI'ne en büyük katkıyı Elektrik %50 ile yapmıştır. Aynı dönemde Doğalgaz %31, Ulaştırma ise %19 oranında emisyonu neden olmuştur. Jeneratör ve Su kaynaklı emisyon oranları ise toplamda %0,30 oranındadır.

2023 yılında ise KAI'ne en büyük katkıyı, Elektrik %45 ile yapmıştır. Doğalgaz %32, Ulaştırma ise %23 oranında emisyonu neden olmuştur. Jeneratör ve Su kaynaklı emisyon oranları ise toplamda %0,27 oranındadır.

2024 yılında, Bilecik Garda KAI'ne yine en büyük katkıyı Elektrik %50 ile yapmıştır. Fakat ilgili dönemde 2. En büyük Emisyon kaynağı doğalgaz değil, %27 oranıyla Ulaştırma sebep olmuştur. Doğalgaz yine aynı dönemde %23 lük bir emisyon oranında neden olmaktadır. Jeneratör ve Su kaynaklı emisyon oranları ise toplamda %0,36 oranındadır.

KAI hesaplamalarının göstermiş olduğu en net bilgi ise Elektrik tüketimi kaynaklı emisyonların, YHT Garda son 3 yıllık süreçte en çok emisyonu sebep olduğudur. Elektrik tüketim değerlerinin yüksek olmasının başlıca nedenleri ise İklimlendirme ihtiyaçları ve bunun haricinde YHT Garın Asansör, Yürüyen merdiven gibi diğer erişim kolaylığı sunan

ekipmanlarının yanı sıra aydınlatma temelli unsurlardır. Elektrik tüketiminde gar personellerinin bu oranlamada etkili olduğu görülmüştür.

Ulaştırma kolunun, KAI'ne en çok sebep olduğu düşünülen ancak hesaplamalarda Elektrik ve Doğalgaz gibi tüketimlerden daha az karbon emisyonuna neden olduğu (2024 yılı hariç) hesaplanmıştır. Yolcuların bireysel otomobilleri (Benzin, Lpg ve Dizel yakıtlı) ve Toplu Taşıma kullanım oranlarının en belirgin değişken olduğu bu türde, Toplu taşımanın emisyon salınımında en etkin olduğu gözlemlenmiştir. Bireysel araçlarda da en yüksek tercih edilme oranı Dizel yakıtlarda olmasına karşın en az bireysel kaynaklı emisyon değeri, yakıt tüketimi ekonomikliği sebebiyle bu türde hesaplanmıştır. Yine aynı alanda olan, Benzin ise yakıt tüketimi LPG'den az tercih edilirliliği de en az olmasına rağmen karbon ayak izi en yüksek olan yakıt olmuştur. LPG yakıtlı bireysel otomobiller de ise II. Tercih edilen yakıt ve II. En yüksek emisyon değerine sahip olduğu görülmüştür.

Diğer önemli emisyon kaynağı olan Doğalgaz tüketimi ise, Isınma ihtiyacı için kullanılmakta olup en yüksek tüketim dönemlerinin en soğuk mevsimlerde olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra Doğalgaz kaynaklı tüketimin yine yolcudan bağımsız olarak değişme oranı çok yüksektir.

Jeneratör kaynaklı değerlerde ise düzenli kayıtlar bulunmadığından yalnızca yakıt dolum tarih aralığı belirli olduğundan bu süre zarfındaki süreçlere eşit bir şekilde sarfiyat dağıtılıp hesaplama yapılmıştır. En çok tüketimin görüldüğü 2024 yılında dahi Karbon Ayak İzinde yüksek oranlar görülmemiştir. Ancak yine de kaynağın kullanımının ana nedenine bakılacak olursa, oda en çok emisyonla sebep olduğu hesaplanan Elektrik türünün bulunmadığı süre zarfı olduğundan, enerji konusunda alternatif yaklaşımların faydalı olacağı aşikardır.

Su tüketiminin de Jeneratör tüketimi kaynaklı emisyon değerleri gibi belirgin oranlara sahip olmadığı görülmüş olsa da 2024 yılında önceki yıllara kıyasla %50 oranında tüketimin azalmış olduğu ve bunun da emisyon değerlerine yansıdığı anlaşılmıştır.

Yıl bazında değerlendirildiğinde de emisyon oranlarında, 2023 yılında da 2022 yılına oranla %9 artış, 2024 yılında 2023 yılına oranla %9 luk artış kümülatif olarak ise 2022 – 2024 yılları arasında %20 lik bir artışın olduğu bu durumun ise hesaplamalarda personel sayısı sabit olarak (49 kişi) alınması nedeniyle Yolcu Sayısı kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Zira 2022 – 2024 Ocak – Ağustos dönemleri arasındaki toplam yolcu sayısı artışı oransal olarak %50 dir. Bu da Garın etkin olarak dolaylı emisyonlarında etkin olmasa da direkt emisyonlarında artışa neden olduğu görüşünü oluşturmuştur.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bilecik Yüksek Hızlı Tren Garının Karbon Ayak İzi, GHG Metodolojisi Scope 1, Scope2 ve Scope 3 dahilinde gerekli denklemler ve parametreler tespit edilip, hesaplamalar yapılmıştır.

2022 yılında YHT Garı Karbon Ayak İzi, 740,68 tonCO_{2e}, 2023 yılındaki Karbon Ayak İzi yani bir diğer ifadeyle toplam emisyonların CO₂ cinsinden eşdeğeri 768,02 tonCO_{2e} ve 2024 yılının ilk 8 ayındaki KAI ise, 615,34 tonCO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Emisyon dengeleme faktörü olarak ağaçlandırma işlemleri dikkate alınacak olursa Bilecik YHT Garında 87 ağaç bulunmaktadır. Ortalama olarak bir ağacın yılda 25 kgCO_{2e} absorbe edeceği düşünüldüğünde (Ecotree,2024), yıllık toplam 2,175 ton CO_{2e}'in emildiği hesaplanmıştır. Fakat 2022 yılındaki toplam emisyon bu miktarın 340, 2023 yılındaki emisyon ise 353 katıdır. Farklı bir deyişle 2022 yılında emisyon sıfır oranı için 29.493, 2023 yılı için ise 30.624 ağacın daha Gar binasına dikilmesi gerçekçi bir hedef olmasa da her ağacın bu amaç yolunda bir patika olduğu düşünülüp bu doğrultuda hareket edilmesi faydalı olacaktır.

Karbon Ayak İzinde her yıl en büyük payın, Scope 2 kapsamındaki, Elektrik Tüketimi kaynaklı olduğu saptanmıştır. Ortalama Elektrik Tüketiminin 53.983,10 kWh olduğu ve Elektrik tüketimi kaynaklı KAI miktarı ise ortalama olarak 32,19 tonCO_{2e}, genel emisyonlara oranının ise %48,33 olduğu hesaplanmıştır. Bu sebeple emisyon azaltma stratejilerinde en önemli faktör Elektrik tüketimi olmaktadır.

Elektrik tüketimini yenilenebilir enerji yöntemleriyle azaltma stratejileri düşünülecek olursa, Bilecik YHT Garın, Yolcu peronları (Hat 3 ve Hat 4) ile istinat duvarları arasındaki kısımlardaki hem aktif olarak kullanılmayan hem de peyzaj çalışması henüz bitirilmemiş alanlara %25 eğimli Güneş enerjisi panellerinin kurulmasının yapılması halinde, güneş paneli kurulumu maliyetinin kendini karşılama süresi ortalama olarak 4,3 yıldır. Güneş Panelleri ile aylık ortalama 36.313 kWh elektrik enerjisinin karşılanacağı ve bunun da tüketimin %67,3 ünü karşılayacağı düşünülmektedir. Bu durum ayrıca Elektrik enerjisi gelmediği durumlarda devreye giren Jeneratör tüketimi ve dolayısıyla Jeneratör kaynaklı emisyonları da azaltıcı bir alternatif olarak görülebilir.

🏠 Şehir	Bilecik
⚡ Güç	80.08 kWp
🏭 Üretim	101177.88 kWh
🏠 Panel	176
🏠 Çatı Yüzdesi	100%

Şekil 6.1. Bilecik YHT Gar Güneş Paneli Hesaplama-Batı Ciheti (CW-Enerji, 2024)



Şekil 6.2. Bilecik YHT Gar Güneş Paneli Konum-Batı Ciheti (TKGM,2024)

🏠 Şehir	Bilecik
⚡ Güç	264.81 kWp
🔋 Üretim	334576.84 kWh
🏠 Panel	582
🏠 Çatı Yüzdesi	100%

Şekil 6.3. Bilecik YHT Gar Güneş Paneli Hesaplama-Doğu Ciheti

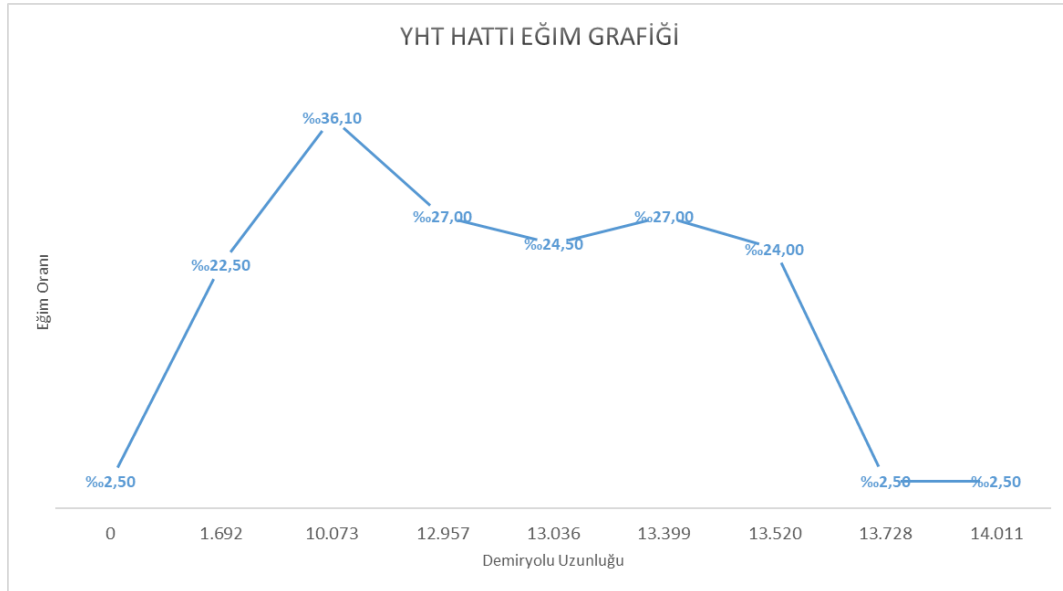


Şekil 6.4. Bilecik YHT Gar Güneş Paneli Konum-Doğu Ciheti

(Hesaplama, CW-Enerji, 2024), (Görüntü, TKGM,2024)

Ayrıca Garın Yolcu kabul ve Yolcu tahliye sürecinin verimli kullanılması adına; Bozüyük istikametinden gelen yolcuların tahliyesi ve İstanbul istikametine giden yolcuların kabulünün yeniden gözden geçirilerek bu işlemlerin 4. Kat yerine 2.Kattan yapılarak yürüyen merdiven ve asansör kaynaklı elektrik tasarrufu sağlanabilir.

Elektrik Enerjisi tüketiminin azaltılmasına yardımcı olarak, Güneş enerjisi paneli kurulumunun yanı sıra Yüksek Hızlı Tren Hattının, Kilometre 207 + 848 – Kilometre 220+167 aralığında denk gelen, Bilecik – By-pass (Bozüyük Ciheti) arası hat kesimi incelenecek olursa, Bilecik YHT Gardan yaklaşık 14 kilometre Bozüyük istikametine doğru demiryollarında izin verilen eğim değerlerinin üst limitine denk gelen meyiller mevcuttur. Özellikle kesintisiz Bilecik istikametine doğru ilk olarak 2,8 kilometrelik %36,10 değerindeki ve sonrasında yaklaşık 8 kilometrelik %22,50'lik eğim, hattı kullanan set sayısı da düşünüldüğünde önemli oranda enerji potansiyeli taşımaktadır.



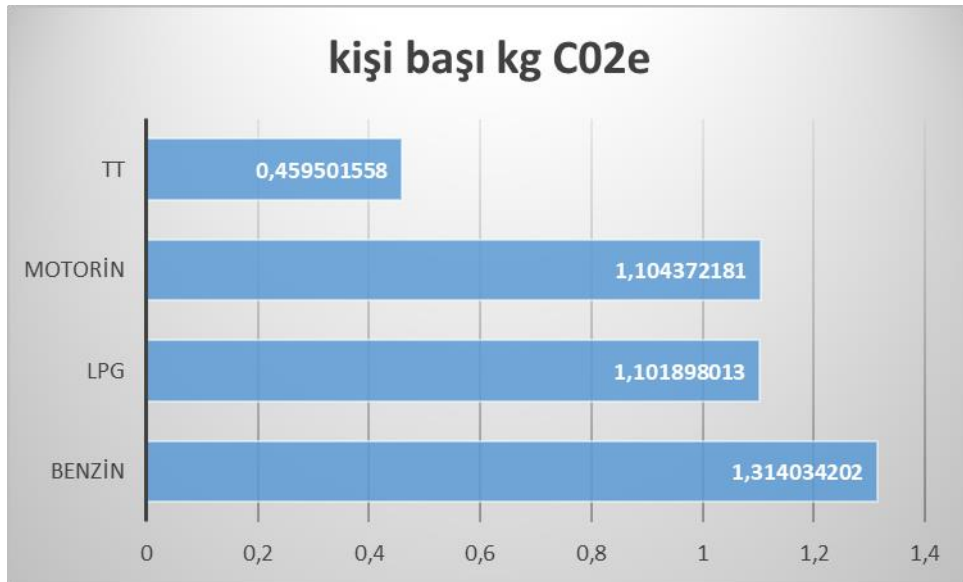
Grafik 6.1. Bilecik YHT Gar – Bozüyük arası Hat eğim grafiği

Bu eğim değerleri ve hat kesimindeki tekayyudatlar (hız kısıtlamaları) ile YHT Garda duruşları sebebiyle hızlı tren setleri, uzun frenlemelere maruz kalmaktadırlar. Ancak YHT setlerinde üretilen rejeneratif elektrik enerjisi, Havai hattaki geri dönüş hattı üzerinden sisteme geri verilmektedir. Üretilen elektrik enerjisinin, mümkünse YHT Gara veyahut ta iletim maksatlı kayıpların minimuma indirilmesi adına, YHT Gar ışıklandırma sistemlerine, sinyal lambaları veya makas ekipmanlarına verilmesi de düşünülebilir. Bu yöntem sayesinde gerek gar kompleksinde gerekse hat genelinde enerji tasarrufuna ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunulabilir.

Oda termostatlarının kullanılacağı binalarda farklı modlarda %6,95 ile %14,53 arasında değişen oranlarda tasarruf tespit edildiğinden(Gürkan,2021), YHT Gardaki en yoğun kullanımlardan olan, Doğalgaz Kaynaklı Aylık Ortalama 7.909,78 m³ tüketim değerinin azaltılmasına yönelik olarak her odada bulunan mekanik termostatların yerine YHT Gardaki otomasyon sistemine (Akıllı Ulaşım Sistemleri otomasyonu) entegre edilecek oda termostatu sistemine geçilmeli ve bu sistemin daha etkin kullanımı sağlanmalıdır. İş bitiş saati olan 17:00 de sistemin teknik odalarda kapatılması gibi değişik senaryolar uygulanabilir.

Scope 1 kapsamında hesaplaması yapılmış olan Su tüketiminin ise Aylık Ortalama 277,88 m³ olduğu hesaplanmıştır. Tüketim verilerinde de 2024 yılında ciddi oranda tasarrufun sağlandığı genel değerlendirmede ise mevsimsel su ihtiyacı ve peyzaj çalışmalarının tüketim miktarında payları olduğu düşünülmüştür. Peyzaj çalışmalarında otomatik sulama sistemleri yani damla – yağmurlama yöntemleri tercih edilirse yine su tüketiminde %50-90 aralığında değişen tasarrufun sağlanacağı görülmüştür. (MMO,2022)

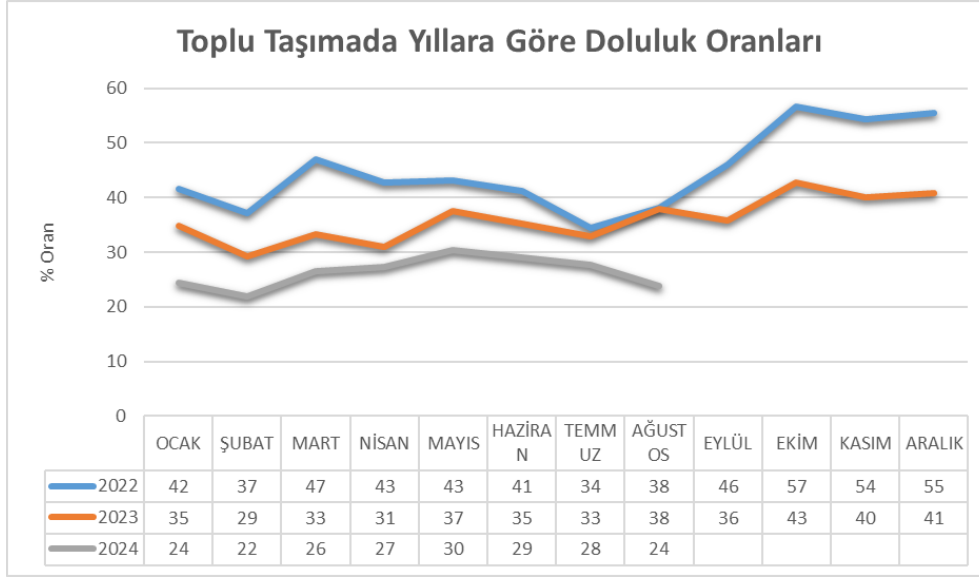
Ulaştırma kapsamında hesaplanan KAI miktarı ise, 2022 yılı için 153,51 ton CO_{2e}, 2023 yılı için 197,38 ton CO_{2e} ve 2024 yılının ilk 8 ayı için ise 167,03 ton CO_{2e} hesaplanmıştır. Yıllan yıla yolcu sayısı ile orantılı olarak artmış olduğu görülen karbon ayak izi miktarındaki her sene için en önemli Emisyon kaynağı toplu taşıma olmuştur.



Grafik 6.2. Bilecik YHT Gar Karbon Ayak İzi Oranları – Türe göre

Toplu Taşımada ortaya çıkan kişi başı emisyon oranı, 0,46 kg CO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Bilecik ilindeki Toplu Taşımanın yapıldığı Minibüsler, 16 kişi kapasiteli olarak kabul edilip,

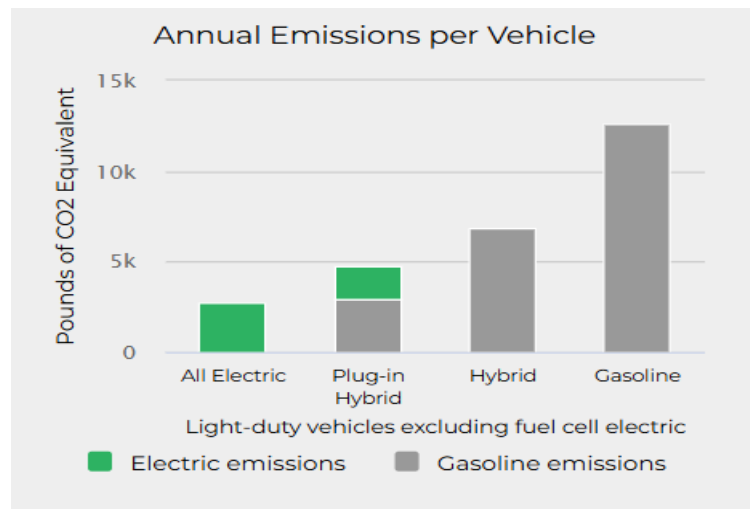
Minibüs Doluluk Oranı aylık sefer sayısı ile TÜİK verileri kapsamında Toplu Taşıma kullanan yolcu sayıları oranlandırıldığında;



Grafik 6.3. Bilecik YHT Garde Toplu Taşıma Doluluk Kapasiteleri

Ancak Yolcu sayısı artmasına karşın sefer sayısının artış göstermesiyle, Toplu taşımanın doluluk oranının azalmış olduğu görülmüştür. Sefer sayılarının Tren saatleriyle koordineli olarak yapılması ile doluluk oranlarının arttırılıp, kişi bazında ortaya çıkan emisyon miktarı ve KAİ miktarları düşürülebilir.

Bireysel otomobiller ile Toplu Taşımanın kişi bazında ortalama karbon ayak izlerinde ise tercih edilen her LPG 'li otomobilin kişi başı – 1,1 kg CO_{2e}, dizel otomobilin kişi başı – 1,14 kg CO_{2e}, benzinli otomobillerin ise kişi başı – 1,31 kg CO_{2e} emisyonuna neden oldukları görülmüştür.



Grafik 6.4. Yıllık Araç Başına Düşen Emisyon (EERE,2022)

Bireysel tercihlerde hibrit ve elektrikli araç tercih edilmesi sayesinde atmosfere salınan CO₂ miktarı benzinli araçlara oranla, şarj edilebilir hibrit araçlarda 2,6 kat, elektrikli araçlarda ise 4,6 kat daha az emisyon ortaya çıkmaktadır.

YHT Garın Karbon Ayak İzi Genel olarak 2022 ve 2023 yılları için yolcu sayısı bazında değerlendirilecek olursa;

2022 yılındaki Ocak – Aralık dönemindeki, 740,68 tonCO_{2e} toplam emisyonun, yıllık gelen – giden 220.834 yolcu başına oranı; 3,35 kişi kg CO_{2e}

2023 yılındaki Ocak – Aralık dönemindeki, 768,02 tonCO_{2e} toplam emisyonun, yıllık gelen – giden 265.753 yolcu başına oranı; 2,89 kişi kg CO_{2e}

YHT Garın Karbon Ayak İzi Genel olarak 2022,2023 ve 20224 yılları Ocak – Ağustos dönemi odaklı yolcu sayısı bazında değerlendirilecek olursa,

2022 yılındaki Ocak – Ağustos dönemindeki, 513 tonCO_{2e} toplam gelen – giden 125.682 yolcu başına oranı; 4,08 kişi kg CO_{2e}

2023 yılındaki Ocak – Ağustos dönemindeki, 563 tonCO_{2e} toplam gelen – giden 159.663 yolcu başına oranı; 3,52 kişi kg CO_{2e}

2024 yılındaki Ocak – Ağustos dönemindeki, 615,34 tonCO_{2e} toplam gelen – giden 198.390 yolcu başına oranı; 3,1 kişi kg CO_{2e}

Kişisel bazda Karbon ayak izi oranları incelendiğinde, tüketimin yıldan yıla artmasının yanında YHT Gardaki tüketimin Garın kendi iç dinamiklerince, personel tarafından kullanılan tüketim ve mevsimsel bazda harcanması gerekli enerji kaynaklarınca oluştuğu, doğrudan emisyon kaynakları olan, Scope 1 ve Scope 2 bileşenleri toplamı %73- %77- %81 ve de yolcu kaynaklı oluşan dolaylı emisyonların ise oranları 2024 yılında %27 – 2023 yılında %23 – 2022 yılında %19 olarak değişim göstermektedir.

Bu durum ise 2022 yılı itibariyle hem Pandemi kısıtlamalarının kalkması hem de YHT güzergahlarının artmasıyla artan yolcu sayısı, YHT garın yolcu kaynaklı emisyonu artışı sınırlı kalması sebebiyle, YHT Garın toplam yıllık veyahut ta dönemsel Karbon ayak izini kişi başına oranlarda azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir.

Scope 1’de en önemli faktör olan Fosil Yakıt (Doğalgaz) kaynaklı Karbon Ayak izi ise karşılaştırma yapılan yılların ilk 8 aylık dönemleri itibariyle, 2024-%23, 2023- %32 ve 2022-%31 olarak yıllar bazında gerçekleşmiştir.

Scope 2, Elektrik tüketimi kaynaklı Karbon ayak izi oranları ise karşılaştırma yapılan yılların ilk 8 aylık dönemleri itibariyle, 2024-%50, 2023- %45 ve 2022- %50 olarak yıllar bazında gerçekleşmiştir.

Scope 3, Ulaşım kaynaklı Karbon ayak izi oranları ise karşılaştırma yapılan yılların ilk 8 aylık dönemleri itibariyle, 2024-%27, 2023- %23 ve 2022- %19 olarak yıllar bazında gerçekleşmiştir.

Özellikle Doğalgaz, Ulaşım ve Elektrik içeren faaliyetlerin tasarrufuna gidilerek hem maliyet esaslı bir yaklaşımı getirecek hem de emisyon oranlarının düşürülmesini sağlayacaktır.

Bilecik YHT Garın ülkemizdeki pek çok YHT Gardan ziyade mesaj içeren Mimarisi, yıldan yıla artan yolcu potansiyeli ile Yüksek Hızlı Tren hatlarının yaygınlaşması sayesinde bilinirliği ve farkındalığı da artan bir yerleşkedir. Ayrıca ülkemizde Yeniliklerin de bir simgesi olan YHT'lerin sürdürülebilirlik temelinde farklı bakış açıları kazandırılarak sıfır emisyon hedefine doğru yönelmesi ve farkındalık oluşturması, insanımızın hem bugününe hem de yarınına dokunması, daha çevreci daha yeşil bir geleceğe ulaşmamızda öncü olarak simgesel duruşunu taçlandırması gereklidir.

KAYNAKÇA

- Accuweather** (2024). *Bilecik İli Ağustos Ayı Sıcaklık Değerleri*. [Erişim: 05.11.2024, <https://www.accuweather.com/tr/tr/bilecik/317235/august-weather/317235?year=2024>]
- Anadolu Ajansı (AA)** (2024). *Kişi Başına Düşen Araç Sayısı*. [Erişim: 27.10.2024, <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/kisi-basina-dusen-arac-sayisinda-5-il-zirvede-yer-aliyor>]
- Alagöz, İ., Coşkun, E., Babaoğlu, S., Kaykaç, R.** (2022). EÜAŞ Merkez Kampüs 2021 Yılı Karbon Ayak İzinin Hesaplanması. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(2), 161-166.
- Alrazen, H. A., Aminossadati, S. M., Mahmood, H. A., Hasan, M. M., Konarova, M., & Abdulkreem-Alsultan, G.** (2023). Theoretical investigation of combustion and emissions of CI engines fueled by various blends of depolymerized low-density polythene and diesel with co-solvent additives. *Energy*, 282.
- Aßmann, D., & Sieber, N.** (2005). Transport in Developing Countries: Renewable Energy versus Energy Reduction? *Transport Reviews*, 25(6), 719–738.
- Asan Danışmanlık** (2024). *ISO 14064- Sera Gazı ve Emisyonları Yönetim Sistemi Belgesi*. [Erişim: 05.09.2024, <https://www.asandanismanlik.com/iso-14064---sera-gazi-ve-emisyonlari-yonetim-sistemi-belgesi/>]
- Avrupa Çevre Ajansı (EEA)** (2023). *Yıllara Göre Ozon Tabakasını İnceltici Madde Değişimi*. [Erişim: 26.08.2024, www.eea.europa.eu]
- Azad, S., Ferrer-Cid, P., & Ghandehari, M.** (2024). Exposure to fine particulate matter in the New York City subway system during home-work commute. *PLoS ONE*, 19(8), 1–20.
- Barratt, Ben** (2018). Crossrail Driver Diesel Exposure Study. *Kings College London Environmental*,
- Birsin, L.** (2011). *Behiç Erkin (Hayatı ve Siyasi Faaliyetleri)*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tarih Anabilim Dalı
- Bloomberg** (2024). *A 1988 Climate Warning Was Mostly Right*. [Erişim: 25.08.2024, <https://www.bloomberg.com/view/articles/2020-01-30/1988-global-warming-forecast-by-james-hansen-proved-mostly-true>]
- BOTAŞ** (2024). *Bağlı Yoğunluk*. [Erişim: 23.10.2024, <https://www.botas.gov.tr/Sozluk?Kelime=75>]

Bromberg, H. Mark S. Coyne and W. J. Maunder, co-authors. (2019) Montreal Protocol, *In Encyclopedia of Global Resources. 2nd ed., Salem Press.*

Brzeziński, M., & Pyza, D. (2023). A Refined Model for Carbon Footprint Estimation in Electric Railway Transport. *Energies* (19961073), 16(18), 6567.

Candan Demirkol, E., & Gülpınar, T. (2023). Çevreci Yolculuklar İçin Demiryolu Ve Tren İlişkisinin Anatomisi. *Memleket Siyaset Yönetim*, 18(40), 493-514.

Chang, Y., Teng, J., Xu, X., Lei, S., Zhang, J., & Zhang, L. (2019). The energy use and environmental emissions of high-speed rail transportation in China: A bottom-up modeling. *Energy*, 182, 1193–1201.

Chipindula, J., Du, H., Botlaguduru, V. S. V., Choe, D., & Kommalapati, R. R. (2022). Life cycle environmental impact of a high-speed rail system in the Houston-Dallas I-45 corridor. *Public Transport: Planning and Operations*, 14(2), 481–501.

Cicek, A., Sengor, I., Guner, S., Karakus, F., Erenoglu, A. K., Erdinc, O., Shafie-Khah, M., & Catalao, J. P. S. (2022). Integrated Rail System and EV Parking Lot Operation With Regenerative Braking Energy, Energy Storage System and PV Availability. *IEEE Transactions on Smart Grid, Smart Grid, IEEE Transactions on, IEEE Trans. Smart Grid*, 13(4), 3049–3058.

Coulls, A. D. (1999). *Railways as World Heritage Sites: Occasional Papers for the World Heritage Convention*. [Erişim:7.7.2024, <https://openarchive.icomos.org/id/eprint/3043>]

Cumhuriyet Gazetesi (1936). *Devlet Demiryollarının 9 Yıllık Bilançosu*. [Erişim: 10.09.2024, <https://www.gastearsivi.com/gazete/cumhuriyet/1936-06-01/6>]

CW-Enerji (2024). *Hesaplama*. [Erişim: 07.11.2024 <https://simulator.cw-enerji.com/options>]

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) (2023). *Ulaştırma Türlerine Göre Taşınan Yolcu ve Yük Miktarı*. [Erişim 17.08.2024, <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turlerine-gore-tasinan-yolcu-ve-yuk-miktari-i-85789>]

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) (2023). *Ulaştırma Türüne Göre Seragazi Emisyonu*. [Erişim: 05.09.2024, <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turune-gore-seragazi-emisyonu-i-85790>]

Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB) (1998). *Kyoto Protokolü*. [Erişim:25.08.2024, https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editoridosya/kyoto_protokol.pdf]

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) (2019). *İzleme ve Raporlama Tebliği İzleme Planı Kılavuzu*. [Erişim: 01.11.2024, https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/icerikler/izleme_plan_klavuzu-20191127114232.pdf]

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) (2016). *Çevresel Göstergeler*. [Erişim: 26.08.2024, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/gostergeler-2016-20180618144826.pdf>]

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) (2019). *İzleme ve Raporlama Tebliği Sektörel Hesaplama Örnekleri*. [Erişim: 27.10.2024, https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/icerikler/sektorel_hesaplama_ornekler20191127114542.pdf]

D'Alfonso, T., Jiang, C., & Bracaglia, V. (2016). Air transport and high-speed rail competition: Environmental implications and mitigation strategies. *Transportation Research Part A*, 92, 261–276.

Delgado-Saborit, J. M., Lim, S., Hickman, A., Baker, C., Barratt, B., Cai, X., Font, A., Heal, M. R., Lin, C., Thornes, J. E., Woods, M., & Green, D. (2022). Factors affecting occupational black carbon exposure in enclosed railway stations. *Atmospheric Environment*, 289.

Dalkic, G., Balaban, O., Tuydes-Yaman, H., & Celikkol-Kocak, T. (2017). An assessment of the CO₂ emissions reduction in high speed rail lines: Two case studies from Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 165, 746–761.

DEFRA (2024). *Greenhouse Gas Reporting: Conversion Factors 2024*. [Erişim: 24.10.2024, <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2024>]

Dışişleri Bakanlığı (MFA) (2024). *Paris Anlaşması*. [Erişim: 26.08.2024, <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>]

Efe, B. (2023). *Küresel İklim Değişikliği Sorunu ve Paris Anlaşması Çerçevesinde Uluslararası İklim Değişikliği Sözleşmeleri*. T.C. Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı.

Erdoğan, S. (2020). Enerji, Çevre ve Sera Gazları. *Çankırı Karatekin University Journal of the Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 10(1), 277–303.

Ecotree (2024). *How Much CO₂ Does A Tree Absorb?* [Erişim: 08.11.2024, <https://ecotree.green/en/how-much-co2-does-a-tree-absorb>]

EERE (2022). *Alternative Fuels Data Center*. [Erişim: 08.11.2024, <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-emissions>]

EFDB (2024). *IPCC Basic Search Ana Sayfası*. [Erişim: 05.11.2024, https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef.php]

ETKB (2024). *Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri*. [Erişim: 24.10.2024, <https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-elektrik-uretim-tuketim-emisyon-faktorleri>]

Fruhvirt, D., Sturm, P., Nöst, T., Leonhardt, P., Bode, G., Michael, S., & Rodler, J. (2023). PM emissions from railways – Results of tests on a wheel-rail test bench. *Transportation Research Part D*, 122.

Galan-Diaz, J. J., Pena-Mosquera, L., Puertas-Agudo, J., & Rodriguez, J. (2024). Carbon and water footprint assessment of the production cycle of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) on a farm in Spain. *Environmental Development*, 51, 101038.

Garcia, R., & Freire, F. (2014). Carbon footprint of particleboard: a comparison between ISO/TS 14067, GHG Protocol, PAS 2050 and Climate Declaration. *Journal of Cleaner Production*, 66, 199–209.

GCB (2024). *Ülkelerin Yıllık Karbon Salınımı (2020)* [Erişim: 23.08.2024, <https://globalcarbonbudget.org/>]

Gebremeskel, D. T. (2024). Trains' fuel efficiency. *Salem Press Encyclopedia*.

Gleave, Steer Davies (2004). *High Speed Rail: International Comparisons*. *Commission For Integrated Transport*. [Erişim: 11.09.2024, <https://www.scribd.com/document/39653990/High-Speed-Rail-International-Comparisons>]

Guoyuan, Y., Haiyan, S., Jun, L., Lingling, Y., & Yan, Z. (2023). Design of “Green Passenger Station Energy Management and Control Platform” based on multi-modal data fusion. *2023 IEEE 7th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC), Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC), 2023 IEEE 7th*, 7, 374–380.

Güler, H. (2013). *Yüksek Hızlı Demiryolu Yolculuklarının Özellikleri*. [Erişim: 18.11.2024, https://www.emo.org.tr/ekler/3f449f66f179dec_ek.pdf]

Gürkan, F. B. (2021) *Konutlarda Akıllı Oda Termostatı Kullanımı İle Sağlanacak Enerji Tasarruf Potansiyelinin Belirlenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi.

Güvenli Yaşam ve Çevre Departmanı (HSE) (2023). *Kurumsal Su Ayak İzi Envanteri*. [Erişim: 22.08.2024, https://www.ozyegin.edu.tr/sites/default/files/upload/HSE/ozyegin_universitesi_iso_14046_kurumsal_su_ayak_izi_raporu2023.pdf]

Haberl, H., Erb, K.-H., & Krausmann, F. (2001). How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: the case of Austria 1926–1995. *Ecological Economics*, 38(1), 25–45.

Hansen, J., I. Fung, A. Lacis, D. Rind, S. Lebedeff, R. Ruedy, G. Russell, and P. Stone (1988) Global climate changes as forecast. *Goddard Institute for Space Studies three-dimensional model. J. Geophys. Res.*, 93, 9341-9364, doi:10.1029/JD093iD08p09341

Hoekstra, Arjen & Hung, P.Q. (2002). Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Water Science and Technology*. 49. 203-209.

Hoekstra, A. Y., & Chapagain, A. K. (2007). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management: An International Journal- Published for the European Water Resources Association (EWRA)*, 21(1), 35–48.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (2024). *Activities*. [Erişim: 08.06.2024, <https://archive.ipcc.ch/activities/activities.shtml>]

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (2006). *6 Assesment Report, (AR6)*. [Erişim: 24.10.2024, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>]

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (2021), *6 Assesment Report, (AR6)*. [Erişim: 01.11.2024, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter_07_Supplementary_Material.pdf]

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (1990). *Firset Assesment Report*. [Erişim: 25.08.2024, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc_90_92_assessments_far_full_report.pdf]

İklim Değişikliği Başkanlığı (2024). *Hakkımızda*. [Erişim: 23.08.2024 <https://iklim.gov.tr/hakkimizda>]

İklim Değişikliği Başkanlığı, (İklim) (2024). *Kyoto Protokolü*. [Erişim: 26.08.2024
<https://iklim.gov.tr/kyoto-protokolu-i-35#>]

İnan, M., & Demir, M. (2017). Demiryolu Ulaşımı ve Türkiye’de Hızlı Tren Yatırımlarının Etkileri: Eskişehir Konya Örneği. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, vol.27, no.1, 99-120.

İstanbul Politikalar Merkezi, (İPM) (2013). *İklim Değişikliğinde Son Gelişmeler: IPCC 2013 Raporu*. [Erişim: 16.09.2024
<https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200327-02032703.pdf>]

Janić, M. (2021). Estimation of direct energy consumption and CO₂ emission by high speed rail, transrapid maglev and hyperloop passenger transport systems. *International Journal of Sustainable Transportation*, 15(9), 696–717.
<https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1789780>

Jia, S., & Liu, M. (2022). Embodied GHG emissions of high speed rail stations: Quantification, data-driven prediction and cost-benefit analysis. *Journal of Cleaner Production*, 366.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133006>

Kamga, C., & Yazici, M. A. (2014). Achieving environmental sustainability beyond technological improvements: Potential role of high-speed rail in the United States of America. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 31, 148–164.
doi:10.1016/j.trd.2014.06.011

Lalive, R., Luechinger, S., & Schmutzler, A. (2017). Does expanding regional train service reduce air pollution? *Journal of Environmental Economics and Management*.
<https://doi:10.1016/j.jeem.2017.09.003>

Lin, J., Li, H., Huang, W., Xu, W., & Cheng, S. (2019). A Carbon Footprint of High-Speed Railways in China: A Case Study of the Beijing-Shanghai Line. *Journal of Industrial Ecology*, 23(4), 869–878. <https://doi.org/10.1111/jiec.12824>

Lin, Y., Qin, Y., Wu, J. et al. (2021). Impact of high-speed rail on road traffic and greenhouse gas emissions. *Nat. Clim. Chang.* 11, 952–957

- Liu, B., Zhou, Y., Lyu, X., Li, H., Wang, C., & Zhu, Z.** (2024). Research on the Carbon Emission Accounting Model for Railway Infrastructure Construction. *2024 IEEE 6th Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC), 2024 IEEE 6th*, 6, 487–494.
- Li, Z., & Hu, Y.** (2021). Evaluation of the resource-environmental pressure based on the three-dimensional footprint family model: a case study on the Pearl River Delta in China. *Environment, Development and Sustainability*.
- Marisol Oblitas-Romero, A., Noella Pérez-Díaz, A., & Lisbeth Ocaña-Zúñiga, C.** (2023). Application of the Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) and the ISO 14064-1: 2006 standard for the estimation of the carbon footprint. *National University of Jaen in 2021. Dyna*, 90(226), 90–97.
- Martello, M. F., Bleuel, J., Pennino, M. G., & Longo, G. O.** (2024). Projected climate-driven shifts in coral distribution indicate tropicalisation of Southwestern Atlantic reefs. *Diversity and Distributions*, 30(8), 1–18.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y.** (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577–1600.
- MGM** (2024). *İklim Değişikliği ve Mevcut Durum*. [Erişim: 23.08.2024, <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx>]
- MGM** (2024). *Resmi İklim İstatistikleri*. [Erişim: 05.11.2024, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=BILECIK>]
- MMO** (2022). *Tarımsal Damlama Sulama Tekniği ve Uygulamaları*. [Erişim: 08.11.2024, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/012_10.pdf]
- MPM** (2024). *Bilecik Yüksek Hızlı Tren Gari*. [Erişim: 18.10.2024, <https://www.maviperi mimarlik.com.tr/tr/bilecik-yuksekk-hizli-tren-gari>]
- Najafpour Navaei, T., Blainey, S., Preston, J., & Powrie, W.** (2024). Carbon footprinting of railway infrastructure: a standardized, consistent data collection method. *CARBON MANAGEMENT*, 15(1), 2368839.
- NIR** (2023), *Türkiye-2023 National Inventory Report*. [Erişim: 27.10.2024, <https://unfccc.int/documents/627786>]

- Nippon** (2014). *The Shinkansen Turns 50: The History and Future of Japan's High-Speed Train*. [Erişim: 07.07.2024, <https://www.nippon.com/en/features/h00078/>]
- Oldknow, K., Mulligan, K. & McTaggart-Cowan, G.** (2021). The trajectory of hybrid and hydrogen technologies in North American heavy haul operations. *Rail. Eng. Science* 29, 233–247
- Özerdem, F.** (2024). İklim Krizinin Gölgesi Altında Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye'yi Bekleyen Zorluklar. *Akademi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(31), 51-65.
- Pan, Z.** (2024). Climate change and global warming. *Salem Press Encyclopedia of Science*.
- Pu, H., Cai, L., Song, T., Schonfeld, P., & Hu, J.** (2023). Minimizing costs and carbon emissions in railway alignment optimization: A bi-objective model. *Transportation Research Part D*, 116.
- Pektaş, İ.** (2018) Yüksek Hızlı Trenlerin Dünü, Bugünü ve Yarını. *Ostim Gazetesi*, [Erişim: 19.11.2024, <https://www.anadoluraylisistemler.org/content/upload/document-files/hizli-trenlerin-tarihi-dr-20180428170750.pdf>]
- PRN** (2011). *GHG Protocol Scope 3 and Product Standards Can Create Unfunded Mandates*. [Erişim: 10.09.2024, <https://www.prnewswire.com/news-releases/ghg-protocol-scope-3-and-product-standards-can-create-unfunded-mandates-129665628.html>]
- R, Çömert., Ö, Bilget., A, Çabuk.** (2015). Kyoto Protokolüne İmza Atan G20 Ülkelerinin Yıllara Göre Karbon Salınımlarının (1990- 2013) Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımı ile Analizi, *Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü* ,883 – 891.
- Reid Ewing & Robert Cervero** (2010) Travel and the Built Environment, *Journal of the American Planning Association*, 76:3, 265-294
- Romero, C., Zamorano, C., Ortega, E., & Martín, B.** (2021). Access to Secondary HSR Stations in the Urban Periphery: A Generalised Cost-Based Assessment. *Sustainability*, 13(21), 12286.
- Semtrio** (2024). *Kurumsal Karbon Ayak İzi Hesaplamaları*. [Erişim: 04.09.2024 <https://www.semtrio.com/blog/karbon-ayak-izi-nedir>]
- Sobanjo, E.** (2024). Assessing the sustainability of residential structures using the footprint family. *Ukrainian Journal of Ecology*, 14(3), 8–11.

Stolarski, R. S., & Cicerone, R. J. (1974). Stratospheric Chlorine: a Possible Sink for Ozone. *Canadian Journal of Chemistry*, 52(8), 1610–1615.

Şimşek, T., & Bursal, M. (2019). Türkiye’de Ekolojik Ayak İzi ve Biyokapasite Arasındaki İlişki: Bootstrap Rolling Window Nedensellik Testi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi* 452-465.

TCDD (2024). *Yapımı Devam Eden Projeler*. [Erişim: 19.08.2024, <https://www.tcdd.gov.tr/projeler/>]

TCDD (2024). *Yapımı Biten Projeler*. [Erişim: 19.08.2024, <https://www.tcdd.gov.tr/projeler/>]

TCDD Taşımacılık (2023). *İstatistikler*. [Erişim: 19.11.2024, https://www.tcddtasimacilik.gov.tr/tr/istatistik_yilligi]

TCDD Vakfı (2022). *Atatürk Köşesi*. [Erişim: 18.11.2024, <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-emissions>]

TEİAŞ (2024). *Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri*. [Erişim: 24.10.2024, <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>]

TKGM (2024). *Parsel Sorgu Uygulaması*. [Erişim: 08.11.2024, <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/>]

TRT (2009). *Hızlı Trenin İsmi Belirlendi*. [Erişim: 19.08.2024, <https://web.archive.org/web/20090508114132/http://www.trt.net.tr/Haber/HaberDetay.aspx?HaberKodu=c1586e45-8a16-4b60-b51b-b52a6487a449>]

TSE (2024). *Standart Arama*. [Erişim: 05.09.2024, <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/StandardAra.aspx>]

Turan, E. S. (2017). Türkiye’nin su ayak izi değerlendirmesi. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology / Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 74(Supp1), 55–62.

TÜBİTAK (1998). *Hızlı Tren*. [Erişim: 19.08.2024, <https://edergi.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?jsessionid=RDnmEtQqOXBSsXug1dJNhhC?dergiKodu=4&cilt=31&sayi=362&sayfa=50&yaziid=10352>]

TÜİK (2024). *Motorlu Kara Taşıtları, Ağustos 2024*. [Erişim: 27.10.2024, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Agustos-2024-53464>]

Türkeş, M. (2001). *Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye (Protection of the Global Climate System, United Nations Framework Convention on Climate Change and Turkey)*. 14-29.

Türkiye Ulusal Ozon Birimi (TUOB) (2024). *Uluslararası Sözleşmeler ve Protokoller, Çevre ve Şehircilik İklim Değişikliği Bakanlığı*. [Erişim: 23.08.2024, <https://ozonturkiye.csb.gov.tr/uluslararası-protokoller-i-101939>]

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (2017). *Ulaşan ve Erişen Türkiye*. [Erişim: 20.06.2024, <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/bakanlik-yayinlari/ulasan-ve-erisen-turkiye-2017.pdf>]

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (2023), *2002 – 2023 Ulaşan ve Erişen Türkiye Hızlanıyor*. [Erişim: 25.06.2024, <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/bakanlik-yayinlari/ulasan-erisen-turkiye-2002-2023-20240710.pdf>]

Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) (2021). *Atlas High Speed Rail*. [Erişim: 16.09.2024, <https://www.scribd.com/document/530540728/Uic-Atlas-High-Speed-2021>]

Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) (2016). *Demiryolu Altyapısının Karbon Ayak İzi*. [Erişim:16.09.2024, https://uic.org/IMG/pdf/carbon_footprint_of_railway_infrastructure.pdf]

Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) (2011). *High Speed Rail and Sustainability Report*. [Erişim: 10.09.2024, <https://www.apta.com/wp-content/uploads/High-Speed-Rail-Sustainability-UIC-2011.pdf>]

UNFCCC (2017). *Methodological Choice and Key Categories Analysis*. [Erişim: 04.09.2024, https://unfccc.int/sites/default/files/04_keycategories_final.pptx]

UNFCCC (2024). *What is the Kyoto Protocol?* [Erişim: 26.08.2024, https://unfccc.int/kyoto_protocol]

Urbański, P. (2022). Review of freight high speed railway (HSR). *Rail Vehicles / Pojazdy Szynowe*, 1/2, 49–61.

Üreden, A., & Özden, S. (2018). Kurumsal Karbon Ayak İzi Nasıl Hesaplanır: Teorik Bir Çalışma. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 98-108.

ÜÜ (2024). *Sinemanın Tarihi Nasıldır?* [Erişim: 18.11.2024, <https://sks.uskudar.edu.tr/sinema/nin-tarihi-nasildir>]

Vaughan, A. (2022). Urgent climate warning. *New Scientist*, 254(3381), 7.

Wikipedia (2024). *İklim değişikliği*. [Erişim: 18.08.2024, https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0klim_de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi#Tarih]

Wikipedia (2024). *İnci Nehri Deltası*. [Erişim: 26.08.2024, https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0nci_Nehri_Deltas%C4%B1]

Yılmaz, F. (30 Ağustos 2014) Enerji Verimliliği ve Karbon Ayak İzi. *Dünya Gazetesi*.

Yuan, Z., Ou, X., & Dong, C. (2023). The substitution effect of high-speed rail on civil aviation. *China. Energy*, 263.

Zhang, L. (2023). Application Conceive of Distributed Microgrid in Zero- Carbon Sichuan-Tibet Railway. *2023 Panda Forum on Power and Energy (PandaFPE)*, 1502–1506.

Zhang, W., Zeng, M., Zhang, Y., & Su, C.-W. (2023). Reducing carbon emissions: Can high-speed railway contribute? *Journal of Cleaner Production*, 413.

Z. Tian, N. kano and S. Hillmansen, (2020). Integration of Energy Storage and Renewable Energy Sources into AC Railway System to Reduce Carbon Emission and Energy Cost, *2020 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), Gijon, Spain*, pp. 1-6,