

CARBON FOOTPRINT ESTIMATION OF PUBLIC TRANSPORTATION FROM BİLECİK HIGH SPEED TRAIN STATION

Burak KARSLI, Hasan YAMIK

Bilecik Seyh Edebali University, Institute of Graduate Education,

Mechanical Engineering - MD, Bilecik, Türkiye

ORCID Code: 0009-0000-3153-4791, 0000-0002-6269-8606

ABSTRACT

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 (YHT) lines have great advantages in which passenger capacity and overhead lines among other transportation modes. (UIC, 2016) Unexpected delays are rare, the variety of treats offered to passengers, travel times is too short compared to personal cars and the ease of integration with airlines and other railway lines are the factors what make them preferred. (Güler,2013) Some of the reasons for choosing compared HSR that are the volume of land required less and investment cost It has the lowest probability of accidents compared to all other modes of transportation proportion to. (Inan & Demir, 2017) Pasenger trends are examined, it is observed .Passenger prefers when High Speed Trains for distances between 200 km and 600 km. (Tubitak,1998) When examining High Speed Train investments, transportation should be considered as a whole, and general and accurate evaluations of different types such as environment, potential and passengers should be made. (Romero vd., 2021)

Transportation types caused by emission rate on a global scale is 20%. (Assman ve Sieber, 2005) As an important alternative priority should be given to HSTs to fossil fuel intensive modes of transportation like personal vehicles and airplanes. (Kamga ve Yazici, 2014) Ankara – Eskisehir and Ankara – Konya HSR lines saved a total of 24.3 ktCO₂ emissions as of 2017 It has been determined that. (Dalkic vd., 2017) Components of the transportation type is HSR lines are causes that the least carbon emission amounts per kilometer, based on the European Union network values seen as the type.. (UIC, 2021)

After examining the environmental aspect of railway transportation,the Carbon Emissions resultant in the High Speed Train Station located in Bilecik province, caused from the number of passengers as well as the current administrative, technical and service personnel,.were calculated within the scope of the GHG protocol (Greenhouse Gas Protocol) after examining the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), TS EN ISO 14064 approaches.

In GHG Protocol calculations, it is not necessary to include capital goods etc. that are not directly related to the area to be calculated. However, if they are directly related, they should be included in the calculation. (Garcia & Freire, 2014)

When the Carbon Footprint of Bilecik YHT Station is evaluated in terms of the number of passengers period of the January-August periods of 2022, 2023 and 2024. In Year 2022 in the period of January-August, 125.682 total incoming-outgoing passengers and total emissions rate of 513 tons CO_2e per is 4.08 kg CO_2e per person, In Year 2023 in the period of January-August, 159.663 total incoming-outgoing passengers and total emissions rate of 563 tons CO_2e per is 3,52 kg CO_2e per person. In Year 2024 in the period of January-August, 198.390 total incoming-outgoing passengers and total emissions rate of 615,34 tons CO_2e per is 3,1 kg CO_2e per person. In 2022, Increasing the number of passengers because of lifting of pandemic restrictions and the increase in YHT routes. It has been determined that the YHT Station causes a decrease in the total annual or periodic carbon footprint per person due to the limited increase in emissions caused by passengers using the YHT station.

Bilecik YHT Terminal is a complex whose special architecture, compared to other stations in our country, is increasing every year with its increasing passenger potential and the increasing recognition and awareness of High Speed Train lines. In addition, YHTs, which are one of the symbols of innovation in our country, should progress towards the zero emission target and raise awareness thanks to their different perspectives on sustainability, touch both the present and the future of our people, and crown their symbolic posture as advanced in reaching a greener, more environmentally friendly future.

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

BIBLIOGRAPHY

- Aßmann, D., & Sieber, N. (2005). Transport in Developing Countries: Renewable Energy versus Energy Reduction? *Transport Reviews*, 25(6), 719–738. <https://doi.org/10.1080/01441640500361066>
- Dalkic, G., Balaban, O., Tuydes-Yaman, H., & Celikkol-Kocak, T. (2017). *An assessment of the CO 2 emissions reduction in high speed rail lines: Two case studies from Turkey*. *Journal of Cleaner Production*, 165, 746–761. doi:10.1016/j.jclepro.2017.07.045
- 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. doi:10.1016/j.jclepro.2013.11.073
- Güler, H. (2013). Yüksek Hızlı Demiryolu Yolculuklarının Özellikleri. On 18.11. 2024 www.emo.org.tr: Taken from https://www.emo.org.tr/ekler/3f449f66f179dec_ek.pdf
- İNAN, M., & DEMİR, 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.
- 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
- 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. <https://doi.org/10.3390/su132112286>
- TUBITAK. (1998). Hızlı Tren. On 19.08.2024 <https://e-dergi.tubitak.gov.tr/>: Taken from <https://e-dergi.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf;jsessionid=RDNnmEtQqOXBSsXug1dJNhhC?dergiKodu=4&cilt=31&sayi=362&-sayfa=50&yaziid=10352>

Uluslararası Demiryolları Birliği. (2016). Demiryolu Altyapısının Karbon Ayak İzi. UIC: On 16.09.2024, Taken from https://uic.org/IMG/pdf/carbon_footprint_of_railway_infrastructure.pdf

Uluslararası Demiryolları Birliği. (2021). Atlas High Speed Rail. On 16.09.2024, Taken from <https://www.scribd.com/document/530540728/Uic-Atlas-High-Speed-2021> adresinden alındı

BİLECİK YÜKSEK HIZLI TREN GARI KAYNAKLI TOPLU TAŞIMA KARBON AYAK İZİ KESTİRİMİ

Burak KARSLI, Prof.Dr.Hasan YAMIK

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,

Makine Mühendisliği - YL, Bilecik, TÜRKİYE

ORCID Code: 0009-0000-3153-4791, 0000-0002-6269-8606

ÖZET

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 Gari 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 tonCO₂e, yolcu başına oranı; 3,35 kişi kg CO₂e , 2023 yılı Ocak – Aralık dönemindeki toplam Karbon Ayak İzi, 768,02 tonCO₂e toplam emisyonun yolcu başına oranı; 2,89 kişi kg CO₂e 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 Gari, Karbon ayak izi, Karbon Emisyonları, Sera Gazı Emisyonları, GHG Metodolojisi

GİRİŞ

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) Demiryolu ulaşım türünün öneminin bir göstergesidir. Anthony Coulls a göre ise demiryolları doğrusal güzergahları bir taşıma biçimidir ve diğer her şey ayrıntıdır. (Coulls, 1999) Ülkemizde ilk olarak Osmanlı İmparatorluğunda,1856 yılında İzmir – Aydın hat projesi hayata geçmiştir. 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) Ankara – Eskişehir Yüksek Hızlı Tren hattı ise yolcu taşımacılığındaki ilk “Yüksek Hızlı Tren” deneyimimiz olmuştur.

Ulaştırma türlerinin içerisinde yolcu kapasitesi ve havai hat bakımından en büyük avantaja sahip yöntemdir. (UIC, 2016) 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) 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) Yolcu eğilimleri incelendiğinde ise 200 km ila 600 km uzaklığındaki mesafeler için Hızlı Trenleri tercih ettikleri gözlemlenmiştir. (Tübitak,1998) 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)

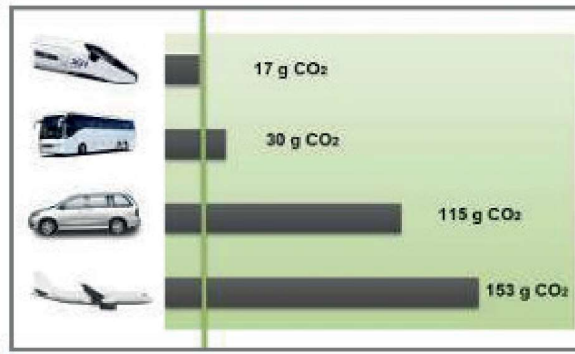
Karbon Emisyonları ise, gelişen teknolojiye bağlı olarak, tüm sektörlerde faaliyet gösteren hemen her işletmede Enerjiye ihtiyaç duyulduğundan ötürü karşımıza çıkan, geçmişi, hesaplama yöntemleri eski olmayan yeni bir problem türüdür. Deniz suyu seviyesinde 1901 – 2010 yılları arasında 19 cm artış gerçekleşmiş, 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. (Wikipedia,2024) 1987 yılındaysa Montreal Protokolü gerçekleşmiş ve kloroflorokarbonların (CFC’ler) ve diğer halojenli bileşiklerin tüketimini kontrollü bir şekilde azaltılmasını ve Ozon tabakasını korumayı amaçlamıştır. (Salem Press Encyclopedia of Science, 2023) 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) 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)

1988 de Dünya Meteoroloji Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından IPCC (Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli) kurulmuştur. (IPCC, 2024) 2013 yılında IPCC, Küresel ısınmanın, biri dışında tüm yeni IPCC modellemelerinde sanayi devrimi öncesi döneme nazaran 1,5°C’yi, iki yeni modelleme baz alındığındaysa 2°C’yi aşacağını belirtilmektedir. (İPM,2013) 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 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)

Belli bir alana yönelik çalışmalarda, karbon, su ve ekolojik ayak izleri gibi faktörlerin hesaplanması gereklidir. (Sobanjo, 2024) İnsan aktivitelerinin herhangi bir bölgedeki etkilerini ölçmek maksadıyla,

Ekolojik, Karbon ve Su Ayak İzlerini içeren 3 boyutlu modellemeler yapılmıştır. (Li & Hu, 2022) 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)

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) Ankara – Eskişehir ile Ankara – Konya hattı arası YHT'lerin 2017 yılı itibariyle toplam 24,3 ktCO₂ ölçüsündeki emisyonundan tasarruf edildiği tespit edilmiştir. (Dalkıç vd., 2017) 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, 2021)



Şekil 1 Kilometre başına düşen ortalama CO₂ emisyonu (UIC, 2021)

HESAP YÖNTEMİ

Sera Gazı Protokolü (GHG Protocol), ABD , Washington DC de merkezi bulunan Dünya İklim Enstitüsü (WRI) ve İsviçre, Cenevre de merkezi bulunan, Dünya İş Konseyi için İklim (WBCSD) kurumlarının ortak girişim ve alışmaları 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)

Scope(Kapsam)1, işletmelerin direk 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)

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

Tablo 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	

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 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

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) .

$$\text{Doğalgaz Kaynaklı CO}_2 \text{ Emisyonu } E_{tCO_2/ay} = (KV \times d) \times EF \times NKD \times 10^{-3} \times OKY \times KIP \quad (1)$$

Elektrik tüketimi kaynaklı sera gazı emisyonlarını birim CO₂ cinsinden hesaplanması amacıyla kullanılacak olan formül IPCC veri tabanından alınmış olup aşağıdaki gibidir (IPCC,2024). Dağıtım Hatları üzerinden kullanılan Elektrik Emisyon Faktörü için belirlenen katsayılar kullanılacaktır. (ETKB, 2024), Genel formülasyon ise aşağıdaki gibidir. (Üreden ve Özden, 2018)

$$E_{tCO_2/ay} = ((KV \times 10^{-3} \times EF \times \text{DK}_{\%}) + (KV \times EF)) \times 10^{-3} \quad (2)$$

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

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

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

$$E_{tcO_2} = (KV \times d \times 10^{-3}) EF \times NKD \times OKY \times KIP \quad (4)$$

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

$$EtCO_2 = (KV \times d \times 10^{-3}) EF \times NKD \times OKY \times KIP \quad (5)$$

KV : Kullanım Verisi – L

d: Yoğunluk Faktörü

EF : Emisyon Faktörü CO₂e (ton / TJ)

NKD :Net Kalorifik Değer TJ/kton x 10⁻³

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

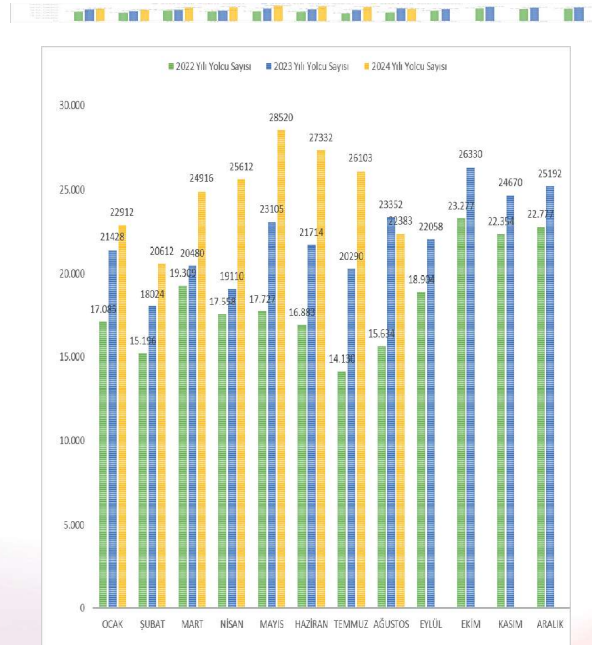
KIP CO₂ :1 KIP CH₄: 27,9 KIP N₂O: 273

BULGULAR

Bilecik Yüksek Hızlı Tren Garının karbon ayak izi, belirtilen şekilde formülasyon ve veri girişleri yapılarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler üzerinden gerekli karşılaştırmalar ve veri analizleri yapılacaktır.

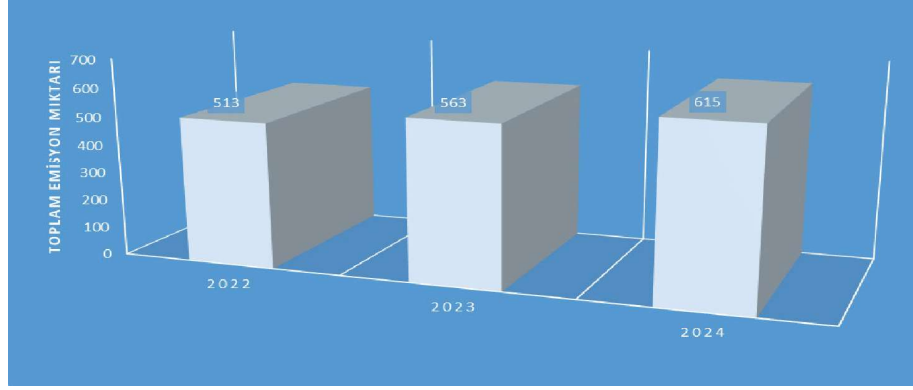
Elde edilecek sera gazı envanterinde önemli değişkenlerden olan ve YHT Bilecik Garının yolcu sayısına işe geliş gidiş günleri de dikkate alınarak personel sayıları da aylık olarak eklenecek ve kişi başı ortalama emisyon miktarları da ayrıca hesap edilmeye çalışılacaktır.

2022, 2023 ve 2024 (Ağustos verileri dahil, Eylül verileri hariç) yıllarına ait veriler kullanılarak toplam karbon ayak izi ve kişi başına düşen emisyon oranları hesaplanmıştır.



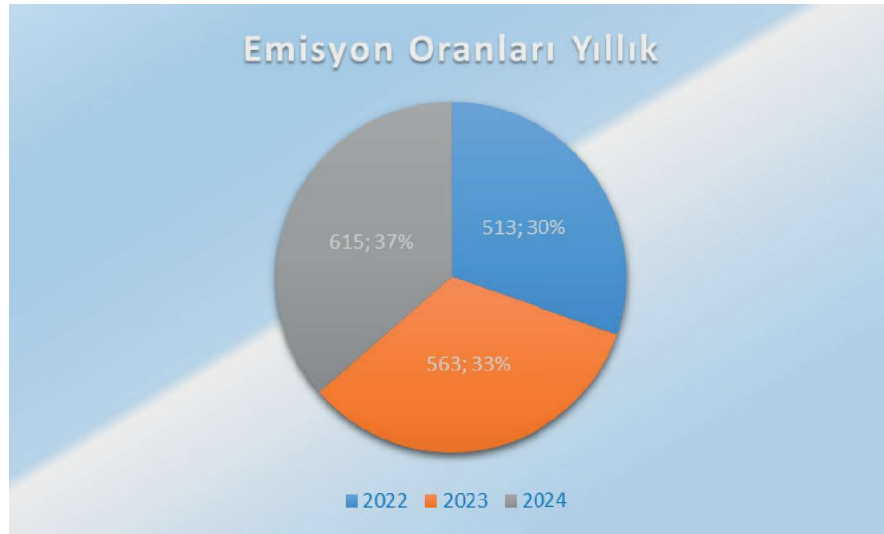
Grafik 1 – Yolcu Sayısının yıllara göre değişim

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.



Grafik 2: Yıllara göre değişim

(Ocak – Ağustos Dönemi) Göre Toplam Karbon Ayak İzi (tonCO_{2e})



Grafik 3–Yıllık Karbon Ayak İzi Toplamına Oranı – 3 Yıllık

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilecik Yüksek Hızlı Tren Garının Karbon Ayak İzi, GHG Metodolojisi Scope 1, Scope2 ve Scope 3-Ulaşım Kaynaklı faktörler açısından gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

YHT Garın Karbon Ayak İzi Genel olarak 2022,2023 ve 2024 yılları Ocak – Ağustos dönemi odaklı yolcu sayısı bazında değerlendirilecek olursa, 2022 yılındaki Ocak – Ağustos dönemindeki, 513 ton_{CO_{2e}} toplam gelen – giden 125.682 yolcu başına oranı; 4,08 kişi kg_{CO_{2e}} 2023 yılındaki Ocak – Ağustos

dönemindeki, 563 ton_{CO_{2e}} toplam gelen – giden 159.663 yolcu başına oranı; 3,52 kişi kg_{CO_{2e}} 2024 yılındaki Ocak – Ağustos dönemindeki, 615,34 ton_{CO_{2e}} toplam gelen – giden 198.390 yolcu başına oranı; 3,1 kişi kg_{CO_{2e}}. 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. Garın operasyonel verimliliği düşünülecek olursa, çoğu emisyon faktörünün Yolcu kaynaklı değişmediği ortaya konmuştur.

- 1. Yeşil Enerji Kaynaklarının Kullanımı:** 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
- 2. Alternatif Enerji Kaynağı - Rejenerasyon:** YHT Bilecik Garın, demiryolu hattı olarak uzun eğim değerlerinin son kısmında olması ve YHT Garda duruşları olan 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 makas ekipmanlarına verilmesi de düşünülebilir. Bu yöntem sayesinde gerek gar kompleksinde gerekse hat genelinde enerji tasarrufuna ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunulabilir.
- 3. Enerji Verimliliği:** 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 termostatı sistemine geçilmeli ve bu sistemin daha etkin kullanımı sağlanmalıdır.
- 4. Su tasarrufu:** Peyzaj çalışmalarında otomatik sulama sistemleri yani damla – yağmurlama yöntemleri tercih edilirse yine su tüketiminde %50-90 aralığında değişen tasarrufun sağlanacağı görülmüştür. (MMO,2022)
- 5. Toplu Taşıma Optimizasyonu:** Sefer sayılarının Tren saatleriyle koordineli olarak yapılması ile doluluk oranlarının artırılıp kişi bazında ortaya çıkan emisyon miktarı ve KAİ miktarları düşürülebilir.
- 6. Yeşil Alanların Artırılması:** Gar çevresine karbon tutucu ağaç türleri dikilmesi

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

Alagöz, İ., Coşkun, E., Babaoğlu, S., Kaykaç, R., vd. (2022). EÜAŞ Merkez Kampüs 2021 Yılı Karbon Ayak İzinin Hesaplanması. Çevre İklim Ve Sürdürülebilirlik, 23(2), 161-166.

- Aßmann, D., & Sieber, N. (2005). Transport in Developing Countries: Renewable Energy versus Energy Reduction? *Transport Reviews*, 25(6), 719–738. <https://doi.org/10.1080/01441640500361066>
- Bromberg, Howard. “Montreal Protocol.” Mark S. Coyne and W. J. Maunder, co-authors. In *Encyclopedia of Global Resources*. 2nd ed., edited by Craig W. Allin. Pasadena, Calif.: Salem Press, 2019.
- Coulls, A. D. (1999). Railways as World Heritage Sites: Occasional Papers for the World Heritage Convention. 7 7, 2024 tarihinde <https://openarchive.icomos.org/id/eprint/3043> adresinden alındı.
- Dalkic, G., Balaban, O., Tuydes-Yaman, H., & Celikkol-Kocak, T. (2017). *An assessment of the CO 2 emissions reduction in high speed rail lines: Two case studies from Turkey*. *Journal of Cleaner Production*, 165, 746–761. doi:10.1016/j.jclepro.2017.07.045
- Erdoğan, S. (2020). Enerji, Çevre ve Sera Gazları. Çankırı Karatekin University Journal of the Faculty of Economics & Administrative Sciences, 10(1), 277–303. <https://doi.org/10.18074/ckuiibfd.670673>
- 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. doi:10.1016/j.jclepro.2013.11.073
- Güler, H. (2013). Yüksek Hızlı Demiryolu Yolculuklarının Özellikleri. 18.11.2024 tarihinde [www.emo.org.tr: https://www.emo.org.tr/ekler/3f449f66f179dec_ek.pdf](http://www.emo.org.tr:https://www.emo.org.tr/ekler/3f449f66f179dec_ek.pdf) adresinden alındı
- Gürkan, F. B.. (2021) “Konutlarda Akıllı Oda Termostatı Kullanımı İle Sağlanacak Enerji Tasarruf Potansiyelinin Belirlenmesi” İstanbul Teknik Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi
- Hansen, J., I. Fung, A. Lacis, D. Rind, S. Lebedeff, R. Ruedy, G. Russell, and P. Stone, 1988: Global climate changes as forecast by Goddard Institute for Space Studies three-dimensional model. *J. Geophys. Res.*, 93, 9341–9364, doi:10.1029/JD093iD08p09341
- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC). (2024), Activities, 08.06.2024 tarihinde <https://archive.ipcc.ch/activities/activities.shtml> adresinden alındı.
- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC). (2006), 6 Assessment Report, (AR6). 24.10.2024 tarihinde <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html> adresinden alındı.
- İNAN, M., & DEMİR, 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. 16.09.2024 tarihinde <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200327-02032703.pdf> adresinden alındı.
- Kamga, C., & Yazıcı, 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
- 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*. doi:10.1007/s10668-021-01726-0
- MMO. (2022), Tarımsal Damlama Sulama Tekniği Ve Uygulamaları. 08.11.2024 tarihinde https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/012_10.pdf adresinden alındı.
- PRN. (2011),GHG Protocol Scope 3 and Product Standards Can Create Unfunded Mandates, PR Newswire US. 10.09.2024 tarihinde <https://www.prnewswire.com/news-releases/ghg-protocol-scope-3-and-product-standards-can-create-unfunded-mandates-129665628.html> adresinden alındı.
- 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. <https://doi.org/10.3390/su132112286>
- Sobanjo, E. (2024). Assessing the sustainability of residential structures using the footprint family. *Ukrainian Journal of Ecology*, 14(3), 8–11. https://doi.org/10.15421/2024_554

- TCDD Vakfı. (2022), Atatürk Köşesi. 18.11.2024 tarihinde <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-emissions> adresinden alındı.
- TÜBİTAK. (1998). Hızlı Tren. 19.08.2024 tarihinde <https://e-dergi.tubitak.gov.tr/>: <https://e-dergi.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf;jsessionid=RDNmEtQqOXBSsXug1dJNhC?dergiKodu=4&cilt=31&sayi=362&sayfa=50&yaziid=10352> adresinden alındı
- Türkeş, Murat. (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.
- Uluslararası Demiryolları Birliği. (2016). Demiryolu Altyapısının Karbon Ayak İzi. UIC: 16.09.2024 tarihinde https://uic.org/IMG/pdf/carbon_footprint_of_railway_infrastructure.pdf adresinden alındı
- Uluslararası Demiryolları Birliği. (2021). Atlas High Speed Rail. 16.09.2024 tarihinde <https://www.scribd.com/document/530540728/Uic-Atlas-High-Speed-2021> adresinden
- 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? 18.11.2024 tarihinde <https://sks.uskudar.edu.tr/sinemanin-tarihi-nasildir> adresinden alındı.
- Vaughan, A. (2022). Urgent climate warning. New Scientist, 254(3381), 7. [https://doi.org/10.1016/s0262-4079\(22\)00589-9](https://doi.org/10.1016/s0262-4079(22)00589-9)
- Wikipedia. (2024), İklim değişikliği, 18.08.2024 tarihinde https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0klim_de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi#Tarih adresinden alındı.
- Yılmaz, Fevzi. “Enerji Verimliliği ve Karbon Ayak İzi.” Dünya Gazetesi, 30 Ağustos 2014.