



HAVALİMANLARINDA YOLCU TAŞIMACILIĞININ KARBON EMİSYONLARINA ETKİSİ: SCHIPHOL HAVALİMANI ÖRNEĞİ

Firdevs Didem GÖÇMEN^{1*}

¹University of Turkish Aeronautical Association Aeronautical Vocational School of Higher Education, Civil Air Transportation Management, 06790, Ankara, Türkiye

Özet: Havalimanı kaynaklı emisyonların yönetimi, yalnızca uçuş operasyonlarıyla sınırlı kalmayıp havalimanına erişimde kullanılan ulaşım modlarının da değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Literatürde, özellikle özel otomobil ve taksi gibi karayolu modlarının, toplam emisyonların anlamlı bir bölümünü oluşturduğu ve bu emisyonların çoğunlukla dolaylı kaynaklar arasında sınıflandırıldığı ifade edilmektedir. Bu çalışmada, havalimanına erişimde karayolu taşımacılığının, karbon emisyonlarına etkisi değerlendirilmiş ve Amsterdam Schiphol Havalimanı örneği üzerinden erişim modlarının, emisyon üretimi üzerindeki dağılımı analiz edilmiştir. Erişim modları içerisinde raylı sistemlerin yoğun olarak kullanıldığı, buna rağmen toplam erişim emisyonlarının büyük bir bölümünden özel otomobillerin sorumlu olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, havalimanı yönetimlerinin erişim modlarına yönelik stratejiler geliştirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Yolcu davranışlarını yönlendiren uygulamalar, gerçek zamanlı veri erişimi, raylı sistem entegrasyonu, toplu taşıma altyapısının genişletilmesi, park yönetimi, düşük emisyonlu araçlara yönelik teşvikler, erişim temelli emisyonların azaltımında kullanılabilecek yönetsel araçlar olarak görülmektedir. Erişim kaynaklı emisyonların ölçülmesi ve yönetimi, havalimanlarının sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasında temel bir unsur olarak ele alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: Havalimanı yönetimi, Karayolu taşımacılığı, Demiryolu taşımacılığı, Karbon emisyonları, Sürdürülebilir ulaşım

The Impact of Passenger Transportation on Carbon Emissions in Airports: The Case of Schiphol Airport

Abstract: The management of airport-related emissions should not be limited solely to flight operations but must also encompass an assessment of the transport modes used to access the airport. The literature indicates that, in particular, road-based modes such as private cars and taxis account for a significant share of total emissions, and that these emissions are predominantly classified among indirect sources. In this study, the impact of road transport on carbon emissions in airport access was evaluated, and the distribution of emissions generated by different access modes was analysed using the case of Amsterdam Schiphol Airport. Although rail systems are extensively used among access modes, it was determined that private cars account for a substantial share of total access-related emissions. The findings reveal that airport managements should develop strategies targeting access modes. Practices that influence passenger behaviour, real-time data access, rail system integration, expansion of public transport infrastructure, parking management, and incentives for low-emission vehicles are considered managerial tools that can be utilised in reducing access-based emissions. The measurement and management of access-related emissions should be regarded as a fundamental component in achieving airports' sustainability objectives.

Keywords: Airport management, Road transportation, Rail Transport, Carbon emissions, Sustainable transportation

*Sorumlu yazar (Corresponding author): University of Turkish Aeronautical Association Aeronautical Vocational School of Higher Education, Civil Air Transportation

Management, 06790, Ankara, Türkiye

E mail: dgocmen@gmail.com (F.D. GÖÇMEN)

Firdevs Didem GÖÇMEN



<https://orcid.org/0000-0002-3939-441X>

Gönderi: 17 Temmuz 2025

Kabul: 20 Ağustos 2025

Yayınlanma: 15 Eylül 2025

Received: July 17, 2025

Accepted: August 20, 2025

Published: September 15, 2025

Cite as: Göçmen FD. 2025. The impact of passenger transportation on carbon emissions in airports: The case of Schiphol Airport's. Eng Sci, 8(5): 1514-1524.

1. Giriş

Küresel iklim değişikliğiyle mücadele, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik çalışmaları arttırmış; bu süreçte ulaşım sektörü, özellikle de hava taşımacılığı, çevresel sürdürülebilirlik politikalarının geliştirilmesinde öncü olarak rol almıştır. Hava taşımacılığı, doğrudan ve dolaylı faaliyetleriyle küresel sera gazı (GHG) salımlarına yaklaşık %2 ile %3 arasında etki etmektedir (Gössling ve Humpe, 2024). Havalimanları ise bu sistemin yapısal bileşenleri arasında yer almakta yalnızca uçuş operasyonları ile değil; enerji tüketimi, yer hizmetleri, atık yönetimi ve kara yolu yolcu taşımacılığı gibi faaliyetleriyle geniş bir emisyon profiline sahip

olmaktadır.

Havalimanı yolcu erişimi kaynaklı taşımacılık faaliyetleri, doğrudan uçuş operasyonları dışındaki emisyon bileşenlerinin içinde değerlendirilmekte ve çoğunlukla Scope 3 (Kapsam 3) kapsamında sınıflandırılmaktadır. Scope 3, bir işletmenin doğrudan kontrolü altında olmayan ancak faaliyetleriyle dolaylı olarak ilişkili sera gazı emisyonlarını ifade eden en geniş kapsamlı karbon ayak izi kategorisidir (Schneider vd., 2024). Özellikle havalimanı gibi büyük ölçekli tesislerde, yolcu ve çalışan ulaşımı, tedarik zinciri süreçleri, atık yönetimi, iş seyahatleri ve sermaye malları gibi uçuş operasyonları dışındaki birçok faaliyet Scope 3 kapsamına girmektedir.



Bu tür emisyonlar, genellikle havalimanı yönetimlerinin doğrudan denetimi dışında kalan ancak operasyonel süreklilik ve hizmet erişimi açısından sistematik biçimde bağlantılı süreçlerden kaynaklanmaktadır. Karayolu yolcu taşımacılığı ise, özellikle özel araç ve taksi kullanımı aracılığıyla terminale erişimde, Scope 3 emisyonlarının önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. Hernández ve Padrón (2021) tatil seyahati özelinde kara yolu erişiminin ulaşım kaynaklı toplam emisyonların %8'ine kadar çıkabileceğini göstermekte bazı bölgelerde bu oranın çok daha yüksek olabileceğini de belirtmektedirler. Benzer şekilde, Miyoshi ve Mason (2013), kara yolu taşımacılığının toplam karbon emisyonuna olan maliyet etkisini hesaplayarak erişim sürecinin havacılık dışı ancak doğrudan ilişkili bir çevresel yük oluşturduğunu belirtmişlerdir. Postorino ve Mantecchini (2014) ise kara yolu erişiminin toplam ulaşım kaynaklı emisyonlar üzerindeki etkisinin ihmal edilemeyecek düzeyde olduğunu göstermiştir. Çalışmalar, erişim modlarının emisyon hesaplamalarında dışsal değil, sistem içi bir değişken olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Havalimanı yönetimi, hizmet alanı içerisinde şekillenen ulaşım davranışlarını yönlendirme kapasitesine sahiptir. Toplu taşıma entegrasyonu, elektrikli araç altyapısı, paylaşım temelli ulaşım sistemleri gibi uygulamalar, bu alandaki yönetsel müdahale alanlarını genişletmektedir. Postorino ve Mantecchini (2020), havalimanı karbon ayak izinin doğru değerlendirilebilmesi için erişim modları ile terminal operasyonları arasındaki ilişkilerin çok boyutlu biçimde analiz edilmesini önermektedir. Literatürde giderek artan sayıda çalışma, karar destek sistemleri, kentsel bağlantı tasarımı ve paydaşlar arası koordinasyonun, havalimanı yönetimlerinin dolaylı emisyonlar üzerindeki etkisini artırdığına işaret etmektedir (Greer vd., 2020; Meindl vd., 2024).

Yolcu taşımacılığına bağlı emisyonlar, kullanılan ulaşım moduna, seyahat mesafesine ve yolcu doluluk oranlarına göre değişkenlik göstermektedir. Özel araç ve taksi kullanımı, yolcu başına düşen karbon salımı açısından toplu taşıma sistemlerine kıyasla çok daha yüksek değerlere sahiptir (Qiao vd., 2021). Ayrıca, yaş grubu, seyahat amacı, gelir düzeyi gibi demografik faktörler ulaşım tercihlerinde belirleyici rol oynamakta; bu durum, farklı yolcu profillerine yönelik özelleştirilmiş ulaşım yönetimi politikalarının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Nijen, 2024).

Amsterdam Schiphol Havalimanı, sürdürülebilir havalimanı yönetimi uygulamaları açısından Avrupa'da örnek havalimanlarından biridir. Terminale entegre edilmiş demiryolu ağı, elektrikli taksi ve otobüs filoları, bisiklet altyapısı ve düşük karbonlu erişim modellerinin yaygınlaştırılması gibi uygulamalarla yolcu taşımacılığı kaynaklı karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik stratejik adımlar atmaktadır (Dijkstra, 2010; Meindl vd., 2024). Schiphol özelinde karayolu yolcu taşımacılığına bağlı dolaylı (Scope 3) emisyonların azaltılmasına yönelik önerilen stratejiler arasında; elektrikli araçlara dayalı

kapıdan kapıya servislerin sübvansede edilmesi (Smirti, 2008), toplu taşıma bağlantılarının erişilebilirlik ve sıklık açısından güçlendirilmesi (Qiao vd., 2021), emisyon temelli vergilendirme politikalarının uygulanması ve paylaşımlı mobilite çözümlerinin yaygınlaştırılması (Cerasi ve Yaman, 2024) yer almaktadır. Elektrikli araçlar için şarj altyapısının genişletilmesi, bu geçişin teknik olarak mümkün ve kullanıcı açısından cazip hale getirilmesini sağlayacak önemli bir yapı taşıdır (Meindl vd., 2024; Morch vd., 2024). Havalimanı erişiminin incelendiği birçok çalışmada raylı sistemlerin yaygın kullanımına yönelik öneriler gelmesine rağmen iş seyahati yapan, fazla bagaj taşıyan ya da yaş ortalaması yüksek yolcu gruplarında, özel araç ve taksi kullanımının hala yüksek seviyelerde sürdüğü de görülmektedir.

Bu durum, havalimanı yönetimlerinin sadece altyapı yatırımlarıyla değil, aynı zamanda ulaşım politikaları, bilinçlendirme kampanyaları, teşvik mekanizmaları ve paydaş koordinasyonu ile davranışsal dönüşüm sağlaması gerektiğini ortaya koymaktadır (Greer vd., 2020). Ayrıca, erişim tercihlerinin şehir bazında analiz edilmesi, uzak mesafelerde karayolu tercihinin arttığını; buna karşın güçlü tren entegrasyonu bulunan bölgelerde demiryolu kullanımının yaygın olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, havalimanı yönetimi için bölgesel ölçekte hedeflenen, coğrafi ve demografik temelli ulaşım stratejileri geliştirilmesinin gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışma, Amsterdam Schiphol Havalimanı özelinde yolcu taşımacılığı faaliyetlerinin karbon emisyonlarına olan etkisini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Analizde, erişim modlarının dağılımı, emisyon profilleri ve havalimanı yönetimi uygulamaları değerlendirilerek; sürdürülebilir havalimanı ulaşım stratejilerine katkı sağlayacak politika önerileri sunulmaktadır.

2. Kavramsal Çerçeve: Havalimanı Erişiminde Yolcu Taşımacılığının Emisyon Dinamikleri

Havalimanlarının karbon ayak izi değerlendirmelerinde geleneksel olarak uçuş operasyona ait emisyonlar, karbon ayak izinin ana kaynağı olarak algılansa da kara tarafı ulaşım bağlantılarının, emisyonlar üzerindeki etkisi giderek daha çok araştırma tarafından tartışılmaktadır. Li ve Merkert (2023), kapıdan kapıya karbon emisyon hesaplamalarında kara tarafının uçuş bazlı emisyonlara kıyasla %22'ye varan bir etkisi olduğunu belirterek bu alandaki karbon azaltım potansiyeline dikkat çekmektedir. Bu durum, havalimanına erişim modlarının karbon azaltım süreçlerine entegre bir parça olarak dahil edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Özellikle özel araç, taksi ve servis kullanımı gibi karayolu temelli ulaşım modları, toplam havalimanı emisyon düzeylerini önemli ölçüde artırabilmektedir. Matheys vd. (2009) tarafından Brüksel Havalimanı'nda yapılan bir çalışmada, yolcu ve çalışanların erişiminde kullanılan karayolu modlarının toplam havalimanı emisyonlarının %30'una kadar artışa neden olabileceği saptanmıştır. Benzer şekilde,

Hernández ve Padrón (2021), turistik seyahatlerin bir parçası olarak karayolu ulaşımının toplam emisyonların %8'ini oluşturabileceğini ortaya koymuştur. Havalimanına yolcu erişiminin toplam karbon emisyonlarındaki payının, bağlama göre geniş bir aralıkta değişebildiği de görülmektedir.

Yolcuların havalimanına ulaşırken tercih ettiği ulaşım modu, oluşan karbon emisyonu miktarını belirleyen bir faktördür. Özel otomobiller ve taksiyle bırakma gibi düşük doluluk oranlı veya tek yolculu taşıma türleri, yolcu başına düşen emisyonu artırmaktadır. Taksi veya yakınlar tarafından bırakma durumunda aracın genellikle gidiş-dönüş yapması gerektiğinden, tek bir yolcu için kat edilen mesafe ve dolayısıyla karbon salımı iki katına çıkmaktadır (Hernández ve Padrón, 2021). Almanya'da 2008 verilerine göre havalimanı yolcularının %51,6'sı taksi veya bırakma yöntemiyle erişim sağlarken, bu araçların gidiş dönüş yapması nedeniyle erişim kaynaklı mesafe/emisyon etkisi ikiye katlanmaktadır. Aynı yılda özel araçla uzun süreli park ederek seyahat edenlerin oranı %19,2, toplu taşıma (otobüs) kullanımı %10,1 ve raylı sistem kullanımı %19,1 olarak raporlanmıştır. Ortalama bir fosil yakıtlı araba yolcu-km başına yaklaşık 176 gram CO₂ salarken, otobüs 104 g, elektrikli otomobiller 35 g, elektrikli trenler ise yaklaşık 41 g CO₂ salmaktadır (Hernández ve Padrón, 2021). Bu veriler, toplu taşımanın karbon verimliliğini göstermekte ve mod tercihlerinin emisyon üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır.

Havalimanına yolcu erişiminin emisyon boyutu, literatürde yeterince ön plana çıkmamış bir konudur. Greer, Rakas ve Horvath (2020), 2009–2019 yılları arasında yapılan akademik yayınları inceledikleri çalışmalarında, yolcu erişimi konusunun havalimanı sürdürülebilirliği literatüründe merkezi bir yer tutmadığını belirtmişlerdir. Uçak emisyonları üzerine odaklanan çoğu çalışma, yolcuların havalimanına ulaşım tercihlerinden kaynaklanan emisyonları ikincil kaynak olarak görme eğilimi göstermiştir. Pasha ve Hickman (2016) yaptıkları literatür taramasında, yolcu mod tercihlerinin çevresel etkileri konusunda daha derinlemesine çalışmalara ihtiyaç olduğuna dikkat çekmiş ve çalışan erişiminin dahi yeterince incelenmediğini vurgulamışlardır. Alandaki güncel çalışmalar karayolu erişiminin ikincil değil; aksine müdahale edilebilir bir kaynak olduğunu ortaya koymaktadır. Bologna Havalimanı'nda yapılan bir çalışma, erişimin karbon ayak izi içindeki payının %41,4'e ulaşabildiğini göstermiş ve uçuş emisyonlarının ise %49,3 oranında bir paya sahip olduğunu ortaya koymuştur (Postorino ve Mantecchini, 2014). Benzer şekilde, Gatwick Havalimanı (2021) verilerine göre toplam havalimanı kaynaklı CO₂ emisyonlarının %33'ünün yolcu ve personel erişiminden kaynaklandığı bildirilmiştir (London Gatwick Airport, 2021).

Karayolu tabanlı yolcu taşımacılığına ilişkin modlar ve emisyon profilleri detaylı biçimde değerlendirildiğinde, özel otomobillerin, içten yanmalı motorlara olan

bağımlılıkları nedeniyle CO₂, NO_x ve PM gibi kirleticileri yüksek oranda saldıgı görülmektedir. Brüksel Havalimanı'nda yapılan bir çalışmada, hibrit ve elektrikli araçların devreye alınmasıyla %30'dan fazla CO₂ emisyon azaltımı sağlanabileceği ortaya konmuştur (Matheys vd., 2009). Benzer şekilde, Thomas ve Serrenho (2024), özel otomobil kullanımının %27 oranında azaltılmasının, demiryolu gibi verimli modlara yönelimin toplam emisyonları %30 oranında azaltabileceğini ifade etmektedir.

Bireysel araçlardan sonra en çok tercih edilen modlardan biri olan taksiler ise şehir içi yoğun trafik koşullarında çalışmaları ve çoğunlukla boş sefer gerçekleştirmeleri nedeniyle emisyon kaynakları arasında öne çıkmaktadır. Liu (2024), taksi kaynaklı emisyonların ticaret merkezleri ve havalimanı çevresinde yoğunlaştığını belirtmiş elektrikli filo dönüşümünün çevresel etkileri azaltmada etkin rol oynayabileceğini vurgulamıştır. Sperling ve Henao (2020) da benzer şekilde taksi filolarının elektrifikasyonunun hem emisyon hem de maliyet avantajı sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Araç ve yolculuk paylaşımı uygulamaları da bu sistematik içerisinde karmaşık çevresel etkileri ile değerlendirilmektedir. Zhang et al. (2023), algoritmik olarak optimize edilen eşleştirme sistemlerinin, tekil yolculuklara kıyasla %34,52 oranında CO₂ azaltımı sağlayabildiğini belirtmiş; ancak Zhang et al. (2024), rota örtüşmesinin zayıf olduğu durumlarda bu sistemlerin emisyonları artırabileceğini ifade etmiştir.

Taşıma modlarına ilişkin tüm bu çevresel etkiler değerlendirildiğinde, karayolu erişiminin, sera gazı (GHG) salımlarına etkisinin, sürdürülebilirlik açısından belirleyici bir unsur olduğu görülmektedir. Matheys et al. (2009) ve Higgins (1994), genel havalimanı emisyonlarının %30'una kadarının kara erişiminden kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Bunun yanında, NO_x, VOC ve PM gibi yerel hava kirleticilerinin özellikle yoğun yolcu trafiği alanlarında birikim gösterdiği ve hava kalitesini olumsuz etkilediği de ifade edilmektedir (Liu, 2024). Ayrıca, Sun et al. (2021), taksi yörünge verilerine dayanarak sabah ve akşam saatlerinde emisyon yoğunlaşmasının arttığını; bu emisyonların mekânsal olarak da belli bölgelerde kümелendiğini belirtmektedir.

Emisyonların azaltımına yönelik sunulan stratejiler ise üç ana başlık altında şekillenmektedir. İlk olarak, teknolojik yenilikler çerçevesinde elektrikli ve otonom araç sistemlerinin entegrasyonu önem kazanmaktadır. Hájník et al. (2021), bu sistemlerin hem trafik tıkanıklığını hem de karbon emisyonlarını azaltmada etkili olduğunu belirtmektedir. İkinci olarak, politika araçları üzerinden geliştirilen vergi teşvikleri, öncelikli park imkânları ve toplu taşıma yatırımları gibi mekanizmaların, mod tercihini daha sürdürülebilir yönere kaydırabildiği ifade edilmektedir (Matheys et al. ,2009; Ryley et al. ,2013). Üçüncü olarak davranışsal düzeyde yürütülen stratejilerin de etkili olduğu görülmektedir. Shao et al. (2023), çevresel farkındalığın yüksek olduğu durumlarda ve seyahat süresi belirsizliğinin düşük olduğu senaryolarda, yolcuların daha

sürdürülebilir ulaşım seçeneklerine yöneldiğini ayrıca karbon bilinci kampanyalarının yolcuların ulaşım modu tercihleri üzerinde etkili olduğunu belirtmektedir. Mahesh ve Calvert (2025), teknik ve yönetsel açıdan bütüncül bir yaklaşım olarak kara tarafı ulaşım süreçlerinin seyahat davranışı, ulaşım altyapısı, politika yaklaşımları ve alan sürdürülebilirliği olmak üzere dört temel başlıkta analiz edilmesini önermektedir.

Tüm bu bulgular, vaka çalışmaları üzerinde de görülebilmektedir. Higgins (1994), Kaliforniya'daki büyük havalimanlarında karayolu erişiminden kaynaklanan emisyonları yolcu hacmi, araç tipi ve yolculuk mesafesi gibi parametrelerle modellemiş; elektrikli araç kullanım oranının artırılması ve çalışanlara yönelik ulaşım stratejilerinin, emisyonları anlamlı şekilde düşürdüğünü belirlemiştir. Avogadro et al. (2024), Milan-Bergamo Havalimanı'nda yaptıkları çalışmada, mod seçim modellemesi ile trafik simülasyonunu birleştirerek otopark yönetimi, paylaşım teşvikleri ve toplu taşıma yatırımlarının emisyon azaltımına katkısını ortaya koymuştur. Shao et al. (2023) ise Xi'an Xianyang Havalimanı'na yönelik analizlerinde, yolcuların karbon azaltımı yönündeki farkındalığı ile seyahat süresi belirsizliğinin mod tercihlerinde belirleyici olduğunu ortaya koymuş ve psikolojik faktörlerin altyapısal müdahalelerle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini savunmuştur. Benzer şekilde Zhang et al. (2023), Chengdu ve Xi'an'daki çalışmalarında, yolculuk paylaşımının tekil sürüşlere göre %13,4 ila %34,5 oranında emisyon azaltımı sağladığını; ancak bu etkinin eşleştirme verimliliğine bağlı olduğunu vurgulamıştır. Liu (2024) tarafından New York'ta yürütülen çalışmada ise yüksek taksi yoğunluğuna sahip bölgelerde hava kalitesinin ciddi şekilde bozulduğu, coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve büyük veri analitiği ile rota planlamasının optimize edilmesinin emisyonları ve boş seyir oranlarını azalttığı gösterilmiştir. Havalimanına erişimde karayolu tabanlı yolcu taşımacılığının emisyon dinamikleri çok katmanlı, zamansal ve mekânsal olarak değişkenlik gösteren, teknik olduğu kadar yönetsel müdahale gerektiren bir konu olarak öne çıkmaktadır. Ison, Merkert ve Mulley (2014), farklı ülke bağlamlarında geliştirilen ulaşım politikalarının etkililiğine dikkat çekmiş ve yerel bağlamların stratejik planlamaya entegre edilmesinin önemini vurgulamıştır. Dolayısıyla, havalimanlarının karbon azaltım hedeflerine ulaşabilmesi için teknolojik

dönüşüm, politika mekanizmaları ve davranışsal müdahalelerin birlikte ve entegre bir biçimde ele alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada kavramsal çerçevede ortaya konan emisyon dinamiklerinin havalimanı erişim süreçlerindeki etkisini somutlaştırmak amacıyla Amsterdam Schiphol havalimanı üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir.

3. Materyal ve Yöntem

Araştırmada ikincil veri analizi benimsenmiştir. Schiphol Havalimanı'na yolcu erişiminde kullanılan ulaşım modlarına ilişkin veriler, resmi istatistikler, literatür kaynakları ve çevrimiçi veri setleri üzerinden toplanmıştır. Kaynaklar, veri seti ile birlikte metin içinde verilmiştir. Ulaşım modlarının yolcu oranları, ortalama mesafeleri ve karbon emisyon faktörleri dikkate alınarak kişi başı CO₂ emisyonları hesaplanmış ve toplam erişim kaynaklı karbon ayak izi tahmini yapılmıştır. Ayrıca analiz kapsamında çeşitli şehirler, demografik gruplar ve seyahat türlerine göre ulaşım tercihleri değerlendirilmiş; karayolu ulaşımının emisyon üzerindeki etkisi ortaya konmuştur.

4. Bulgular

Amsterdam Schiphol Havalimanı'nda, 2024 yılı verilerine göre yaklaşık olarak seyahat eden 66 milyon yolcunun yarısının (%50) havalimanına trenle ulaştığı görülmektedir (Royal Schiphol Group, 2025; Statista, 2023; Statista, 2024; Boersma ve Toet, 2024).

Entegre tren istasyonu ve sık seferlerin de etkisiyle havalimanında demiryolu kullanım seviyesi oldukça yüksektir. Trenle gelen yolcuların, toplam yolcuların yarısını oluşturduğu değerlendirildiğinde, geriye kalan yaklaşık 33 milyon yolcunun diğer ulaşım modları (özel araç -kendi aracıyla gelen veya bir yakını tarafından bırakılan-, otel/hizmet servisleri (shuttle), toplu taşıma, taksi ve bisiklet/yaya) ile havalimanına eriştiği görülmektedir. 2019 verilerine göre Schiphol yolcularının %47 kadarı tren ve otobüs gibi toplu taşıma kullanırken yaklaşık %20'si bir araçla bırakılmayı tercih etmektedir (Statista, 2023; Boersma ve Toet, 2024). Bu oranın 2024'te tren kullanımının artmasıyla birlikte biraz daha değişime uğradığı değerlendirilebilir. Mevcut literatür verileri ve raporlar ışığında 2024 yılı için tahmini yolcu erişim dağılımı Tablo 1'de gösterilmiştir.

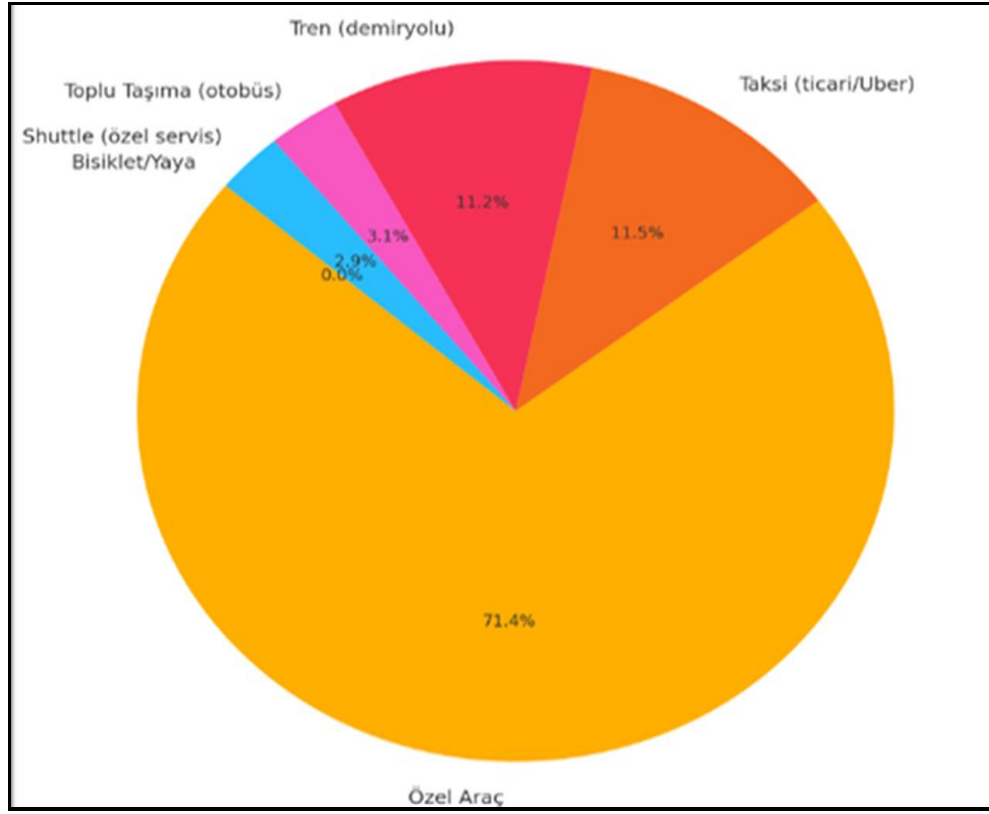
Tablo 1. Schiphol Havalimanı'na erişim modlarına göre yolcu dağılımı ve yıllık CO₂ emisyonları (2024)

Ulaşım Modu	Yolcu Oranı (%)	Yıllık Yolcu (Milyon)	Tek Yön Mesafe (km)	CO ₂ Emisyon Faktörü (g/kişi-km)	Yıllık CO ₂ Emisyonu (ton)	Varsayım ve Kaynaklar
Tren (demiryolu)	50%	33,0	~50 km (ülke içi ort.) (NS Annual Report, 2022)	~14 (elektrikli tren) (AmsterdamTIPS, 2025)	~23,100	Yolcuların ~yarısı trenle gelmektedir (Statista, 2023; Boersma ve Toet, 2024). Hollanda'da elektrikli trenlerin CO ₂ emisyonu çok düşüktür (~14-17 g/pkm) (Greenreporting, 2023). Mesafe ort. ~50 km varsayılmıştır. Toplam ~%30 (2019'da ~%20 bırakılma + ~%10 (3) park etme). Yerli yolcuların özel araç kullanma eğilimi yüksektir (Nijen, 2024n). Mesafe ~60 km; araç başına ~150 g/km ve ~1.2 yolcu varsayımıyla ~120 g/kişi-km alınmıştır (Greenreporting, 2023).
Özel Araç (kendi aracıyla gelen veya bıraktırılan)	~30%	~20,5	~60 km (araçlı yolcular)	~120 (benzin/dizel araç)(9)	~147,300	Yaklaşık %10'luk pay (özellikle iş seyahati ve turist segmenti) (Statista, 2023). Nijen (2024) çalışmasına göre yaşlı ve iş seyahatinde olan yolcular taksiye daha yatkındır. Mesafe ~30 km (Amsterdam ~17 km, çevre kentler ~30-50 km) varsayılmıştır (NS Annual Report, 2022). Emisyon faktörü özel araçla benzer (~120 g/kişi-km) kabul edilmiştir. Düşük bir yolcu payı (~%5) vardır. Amsterdam Airport Express otobüsü vb. çoğunlukla yakın bölgelere hizmet verir. Mesafe kısa (genelde ~15-20 km) alınmıştır. Dizel otobüslerin emisyon faktörü ~96 g/pkm (ortalama dolulukta) olarak kullanılmıştır. Küçük bir kesim (~%3) otel shuttle veya tur servisi gibi paylaşımlı transferleri kullanır. Mesafe ortalama ~30 km varsayılmıştır. Minibüs/servis araçların ~100 g/kişi-km emisyon değerine sahip olduğu öngörülmüştür (doluluk oranına göre). Havalimanına yakın yerleşimlerden bazı yolcular bisiklet veya yaya gelmektedir. Araç kaynaklı doğrudan karbon emisyonu olmadığından 0 g/kişi-km olarak alınmıştır.
Taksi (ticari taksi, Uber vb.)	~10%	~6,6	~30 km (çoğu yakın çevre)	~120 (fosil yakıtlı, rölanti dahil)	~23,760	
Toplu Taşıma (Otobüs)	~5%	~3,3	~20 km (bölgesel hatlar)	~96 (dizel otobüs) (10)	~6,336	
Shuttle (otel servisleri)	~3%	~2,0	~30 km (tahmini ort.)	~100 (minibüs/servis)	~5,940	
Bisiklet/Yaya	~1%	~0,7	~5 km (yakın mesafe)	0 (doğrudan emisyon yok) (7).	~0	

Schiphol Havalimanı'nın toplam emisyon düzeyi incelendiğinde, 2024 yılında Schiphol yolcularının havalimanına ulaşımının yaklaşık 206 bin ton CO₂ emisyonuna yol açtığı görülmektedir. En büyük emisyon payı, büyük oranda fosil yakıtlı araçların kullanımından kaynaklanan özel araç kategorisindedir. Toplam ulaşım

emisyonu açısından tren kaynaklı emisyonların çok düşük olduğu görülmektedir (%11'i). Demiryolu taşımacılığının başarısı görülmekle birlikte aynı yıl içerisinde özel araç ve taksi kullanan yolcuların yaklaşık %41 oranında olması, karayolu erişiminin, toplam emisyonların yaklaşık

%82'sini oluşturmaya neden olmaktadır. Kalan küçük dilimlerde ise otobüs (%5), otel servisleri gibi shuttle araçlar (%3) ve bisiklet/ yaya (%1) ile gelen yolcular yer almaktadır; bu grupların emisyon katkıları da görece düşüktür (Şekil 1)



Şekil 1. Schiphol havalimanı yıllık karbon emisyon dağılımı.

Toplam emisyon oranları incelendiğinde özel araçla yolculuğun yolcu payı her ne kadar %30 civarında olsa da emisyonların yaklaşık %71'ini oluşturduğu görülmektedir. Benzer şekilde taksi ve özel araç toplamı, yolcuların %41'ini taşıyarak karayolu erişim emisyonlarının yaklaşık %82'sini üretmektedir. Trenle gelen yaklaşık %50'lik yolcu ise toplam emisyonun sadece %11'inden sorumludur, zira elektrikli trenlerin emisyon faktörü son derece düşüktür. Bu nedenle, tren kullanım oranının artırılması, havalimanı erişiminden kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltmada önemlidir.

Sürdürülebilir ulaşım modlarına (özellikle demiryolu ve toplu taşıma) yönelimi artırmak havalimanının, toplam karbon emisyonlarını düşürmede en etkili stratejilerden biridir. Bununla birlikte tren kullanım oranı mesafe ve bağlantı imkanlarına göre de değişmektedir; örneğin iyi tren bağlantısı olan Amsterdam şehrinde dahi yolcuların yaklaşık %20'si özel araç/taksi ile gelmeyi tercih etmektedir. Daha uzak bir şehir olan Eindhoven'dan ise

karayolu tercihi %50'ye ulaşabilmektedir. Bu durum, mesafe arttıkça ve doğrudan tren bağlantısı zorlaştıkça karayolu kullanım oranının yükseldiğini göstermekte; karayolu kaynaklı emisyonların mutlak yükünü artırmaktadır. Bu nedenle önemli şehirlerden gelen yolcuların erişim tercihleri de analizde dikkate alınmıştır. Schiphol Havalimanı'nın yolcu potansiyeli büyük ölçüde Amsterdam metropolü ve Randstad bölgesi şehirlerinden beslenmektedir. Bunun yanı sıra ülkenin farklı bölgelerinden ve bazı durumlarda komşu ülkelerden de yolcular karayolu veya demiryolu ile Schiphol'e ulaşmaktadır. Önemli şehirlerden havalimanına uzaklıklar ve tahmini karayolu (özel araç, taksi, otobüs) kullanım oranları içeren bilgiler, doğrudan kamusal kaynaklardan sunulmadığından güncel çalışmalardan (Statista, 2023; Nijen, 2024; Amsterdamtips, 2025) elde edilen genel eğilimler ile demiryolu bağlantısı, yolculuk süresi ve trafik koşulları gibi ölçülebilir parametrelere dayalı tahmini oranlar Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Schiphol'e erişimde önemli şehirlerin mesafeleri ve tahmini tren vs. karayolu kullanım oranları

Şehir	Havalimanına Mesafe (km)	Tren Kullanımı (%)	Karayolu Kullanımı (%)	Açıklama/Notlar
Amsterdam (merkez)	~17 km	~70-80%	~20-30 %	Şehir içi trafik ve park zorlukları nedeniyle tren tercih ediliyor.
Rotterdam	~60 km	~60%	~40%	Intercity Direct ile hızlı tren bağlantısı (~25-30 dk).
Den Haag (Lahey)	~45 km	~60-70%	~30-40%	Özellikle diplomatik ve iş çevreleri tren kullanıyor.
Utrecht	~50 km	~60%	~40%	Aile ve bagajlı yolcular arasında özel araç kullanımı yaygın.
Haarlem	~15 km	~80%	~20%	Tren ve otobüsle erişim 15-20 dk, özel araç kullanımı düşük.
Almere	~40 km	~50%	~50%	Aktarmalı tren (~50-60 dk), grup seyahatlerinde araç tercih ediliyor.
Amersfoort	~70 km	~50% (	~50%	Trenle aktarmalı (~1 saat), otoyolla ~45 dk. Araç ve tren yarı yarıya.
Eindhoven	~120 km	~40-50%	~50-60 %	Uzak mesafe. Gece tren yoksa araçla erişim daha yaygın.

Tablo 2. de yer alan şehir bazlı değerlendirmeler incelendiğinde, Schiphol kaynaklı karayolu trafiğinin önemli bir kısmının Amsterdam ve çevresinden gelen araçlar olduğu, uzak mesafeli şehirlerden ise belirli oranda karayolu akışı bulunduğu görülmektedir. Amsterdam gibi çok iyi tren bağlantısı olan ve yakın mesafedeki bir şehirden bile hâlâ ~%20 oranında yolcu karayolunu kullanmaktadır. Karayolunu kullanan grubun büyük bölümünü üst gelir grubu veya iş amacıyla seyahat eden taksî müşterileri ve ailece seyahat eden, fazla bagajlı olan tatilciler oluşturmaktadır. Eindhoven gibi daha uzak şehirlerde ise tren süresinin uzunluğu ve sefer sıklığı gibi etkenlerle karayolu tercihinin %50'yi bulabildiği görülmektedir. Dolayısıyla, mesafe arttıkça ve doğrudan tren bağlantısı zorlaştıkça karayolu kullanım oranı yükselmektedir. Bu durum, gelecekte hızlı tren

entegrasyonunun geliştirilmesi halinde uzak şehirlerden de tren kullanımının artırılabilirliğini göstermektedir. Diğer yakın/orta mesafeli şehirler olan Rotterdam, Den Haag (Lahey) ve Utrecht için de tren kullanım oranları %70-75 civarında yüksek oranda seyretmekte, ancak bu şehirlerden gelen yolcuların yaklaşık %25-30'luk bir kesimi karayolunu kullanmaktadır. Mesafe arttıkça trenle erişim süresi uzadığından, daha uzak şehirlerde karayolu tercihinin yükseldiği görülmektedir. Örneğin; Eindhoven (120 km mesafe, 1.5 saat tren yolculuğu) yolcularının tren kullanımı %40-50 düzeyinde kalırken, karayolu ile gelenlerin oranı %50-60 bandına çıkabilmektedir. Gece seferi olmaması gibi nedenlerle özellikle çok erken saatte uçuşu olanlar, uzak şehirlerden kendi araçlarıyla gelmeyi tercih edebilmektedir. Ayrıca Eindhoven bölgesinde ayrı bir uluslararası havalimanının bulunması da buradan

Schiphol'e gelen yolcu potansiyelini sınırlamaktadır.

Schiphol kaynaklı karayolu trafiğinin önemli bir bölümünü, Amsterdam ve çevresinden gelen araçların oluşturduğu görülmektedir. Buna karşın uzak mesafeli şehirlerden de belirli oranda karayolu akışı mevcuttur. Mesafe arttıkça ve doğrudan hızlı tren bağlantıları kısıtlı oldukça özel araç/taksi ile havalimanına gitme eğilimi artmaktadır. Havalimanına olan mesafe ve ulaşım kapasitesi haricinde yolcuların ulaşım tercihlerinde yaş grubu ve seyahat amacı da önemli bir değişken olarak rol oynamaktadır.

Nijen, (2024), yaşı 61 üzeri olan yolcuların taksi kullanmaya daha yatkın olduğunu ortaya koymuştur; buna karşın özellikle 11-20 ve 21-30 yaş gruplarını içeren genç yolcular özel araçla gelmeye daha az meyilli olup toplu taşımayı daha fazla tercih etmektedirler. Bu durumun muhtemel sebepleri arasında genç yolcular arasında araç sahipliğinin daha düşük olması ve toplu taşımının ekonomik bir seçenek olması sayılabilir. İş seyahati amacıyla yolculuk yapanlar arasında taksi veya araç kiralama kullanım oranı görece daha yüksek bulunmuştur. Buna karşılık tatil/gezi amaçlı yolcuların bir yakını tarafından arabayla bırakılma oranı daha düşüktür. Örneğin, iş insanı kategorisindeki yolcuların havalimanına ulaşımında taksi veya kiralık araç kullanma eğilimi yüksek tir. Tatil amaçlı seyahat edenler ise genellikle daha uzun süreli seyahat ettiklerinden, uzun süreli park ücretinden kaçınmak veya daha ekonomik olduğu için toplu taşımayı tercih edebilmektedirler. Ayrıca yurt içinden (yerli) gelen yolcuların kendi araçlarıyla gelip park etme eğiliminin, yurt dışından gelen uluslararası yolculara kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Demografik kırılımlar da belirli gruplara yönelik hedefli ulaşım politikaları geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

5. Tartışma ve Sonuç

Havalimanı işletmeleri açısından sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak, yalnızca operasyonel verimliliği değil, aynı zamanda karbon emisyonlarının kapsamlı şekilde yönetilmesini de zorunlu kılmaktadır. Özellikle küresel iklim politikaları doğrultusunda, havalimanlarının toplam emisyon envanterinde yer alan tüm kaynakların sistematik biçimde izlenmesi ve raporlanması önem kazanmaktadır. Bu doğrultuda, yolcuların havalimanına erişiminde tercih ettikleri ulaşım türlerinin oluşturduğu emisyonlar da değerlendirme kapsamına alınmakta; bu emisyonlar genellikle dolaylı nitelikte olup Scope 3 kategorisinde sınıflandırılmaktadır. Literatürde, erişim modlarının karbon ayak izi üzerindeki etkisinin ayrıntılı incelenmesi, sürdürülebilir ulaşım stratejilerinin geliştirilmesinde temel referanslardan biri olarak ele alınmaktadır. Bu çalışma, Amsterdam Schiphol Havalimanı örneği üzerinden, yolcu erişiminde kullanılan ulaşım modlarının emisyon düzeylerini karşılaştırmalı olarak analiz etmekte ve belirli yolcu segmentlerine göre değişen tercihler üzerinden değerlendirmeler sunmaktadır.

Yapılan segment bazlı hesaplamalara göre 2024 yılında
BSJ Eng Sci / Firdevs Didem GÖÇMEN

Schiphol Havalimanı yolcularının havalimanına ulaşımı sonucunda yaklaşık 206 bin ton CO₂ emisyonu oluşturduğu görülmektedir (Tablo 1). Emisyonlara ait en büyük payın, özel araç kullanımı sonucu oluştuğu görülmektedir (%71). Özel araçla gelen yolcuların sayısı trenle gelenlerin üçte ikisinden az olmasına rağmen, fosil yakıtlı bireysel motorlu araçların karbon yoğunluğu yüksek olduğu için toplam emisyonun büyük bir kısmını oluşturmaktadırlar. Taksi kullanımı, yolcu payı içindeki %10'luk dilime rağmen emisyonların yaklaşık %11.5'ini üretmektedir. Toplu taşıma otobüsleri ve shuttle servisleri, birlikte yolcuların %8 kadarını taşıyıp emisyonların yaklaşık %6'sını oluşturmakta; görece daha verimli bir seçenek olduklarını göstermektedirler. Bisiklet ve yaya ulaşımı, yolcu sayısı bakımından ihmal edilebilir düzeyde olsa da emisyonlara katkısı sıfıra yakın olduğundan sürdürülebilir ulaşımın en çevreci şeklidir. Yolcuların yarısını taşıyan trenler (elektrikli) için hesaplanan emisyonlar, toplam emisyonların yalnızca %11'ini oluşturmaktadır. Hollanda Demiryolları (NS) 2017'den itibaren çekiş enerjisinde %100 yenilenebilir elektrik kullandığını bildirmektedir. Dolayısıyla, burada hesaplanan tren kaynaklı 23 bin ton CO₂, fosil kaynaklı elektrik üzerinden belirlenen değerdir; gerçekte yenilenebilir enerji anlaşmaları sayesinde bu değerın nörtenmesi mümkündür. Nitekim NS resmi verilerine göre tren yolculukları iklim nötr olarak işletilmektedir. Bu nedenle havaalanı erişiminde sürdürülebilir ulaşım modlarına, özellikle demiryolu ulaşımına ve toplu taşımaya yönelimin artırılması, havalimanının toplam karbon ayak izini düşürmek için en etkili stratejilerden biri olmaktadır.

Schiphol Havalimanı'nda yapılan bu analiz, yolcuların yaklaşık yarısının tren ile havalimanına eriştiğini ve bunun sonucunda karayolu trafiği ve emisyonlarının önemli ölçüde azaldığını göstermektedir. Kalan yolcu segmentinin dağılımında özel araç ve taksi kullanımının, özellikle belirli demografik gruplar ve seyahat türlerinde hâlâ yüksek bir paya sahip olduğu görülmektedir. Yaşlı ve iş amaçlı yolcular, oransal olarak daha fazla taksi/araç kullanırken, genç ve tatil amaçlı yolcular toplu taşımaya daha fazla yönelmektedir. Bu farklılıklar, ulaşım politikalarının hedeflenmesinde önem taşımaktadır. İş seyahati yolcularını taksi yerine trene yönlendirmek için şirketlerle teşvik programları geliştirilmesi veya fazla bagajlı tatilciler için havalimanı yakınlarında park et ve trenle devam et (park and ride) imkanlarının artırılması, bölgesel hızlı tren projelerinin hayata geçirilerek uzak mesafeli yolcuların da karayolu yerine demiryolunu seçmesi, halihazırda önceliklendirilen demiryolu ulaşım ağına destek önerilerdir. Bununla birlikte bu araştırmanın ortaya koyduğu üzere hala büyük emisyon kaynağı olan karayolu ulaşımına ilişkin stratejik planlamaların yapılması da önem arz etmektedir.

Analiz verilerine göre yolcu erişiminde tren altyapısının güçlü olması, karayolu trafiğini ve emisyonlarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Bununla birlikte, belirli demografik segmentler ve şehirler için karayolu kullanımı hâlâ yüksek

bir paya sahiptir. Özellikle yaşlı ve iş amaçlı yolcuların oransal olarak daha fazla özel araç/taksi kullandığı, genç ve tatil amaçlı yolcuların ise toplu ulaşımına daha meyilli olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılıklar göz önüne alındığında, havalimanının yolcu ulaşımından kaynaklanan emisyonlarını azaltmaya yönelik çözüm önerileri şu alt başlıklarda özetlenebilir:

Yolcu Ulaşım Verilerinin Doğrudan Toplanması: Birçok havalimanında yolcuların havalimanına ulaşım tercihleri belirli aralıklarla yapılan anketler aracılığıyla toplanmakta fakat anlamlı çıkarımlar yapabilmek için verinin sistematik hale getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle havalimanına gelen yolcuların erişim modlarına dair verilerin doğrudan yolculardan toplanması önerilmektedir. Havayolları ile paydaşlığın geliştirilerek yolcuların ulaşım şeklinin online checkin işlemleri sırasında sorulması ve teşvik için koltuk seçimi sırasında indirimler, mil puanı veya diğer ödüllerin yolcuya sunulması değerlendirilebilir. Gönüllülük esaslı toplanacak gerçek zamanlı veriler, emisyon hesaplamalarının gerçekçi bir zemine oturmasına ve havalimanının yıllık emisyon envanterinde kapsam 3 hesaplamalarını daha sağlıklı ölçmesine yardımcı olacaktır.

Paylaşımlı VIP Araç ve Transfer Hizmetleri: Tren bağlantısının sınırlı olduğu veya karayolu tercihinin yüksek olduğu güzergâhlarda, bireysel araç yerine kullanılabilir paylaşımlı VIP araç servisleri teşvik edilmelidir. Bu hizmetler konforlu ve güvenilir bir alternatif olarak sunulurken özellikle üst gelir grubu ve iş insanlarının taksi yerine bu paylaşımlı araçları kullanması sağlanabilir.

Şirketlerle İş Birliği ve Teşvik Programları: İş seyahati yapan yolcuların, taksi yerine treni tercih etmesini teşvik için şirketlerle ortak programlar geliştirilmelidir. Şirket çalışanlarına tren biletinde indirim, iş gezisi masraflarının tren kullanımına göre karşılanması gibi uygulamalar örnek olarak verilebilir.

Tatilcilere Yönelik Park ve Ride İmkânları: Tatil/gezi amaçlı yolcular, uzun süreli seyahatlerde yüksek park ücreti nedeniyle özel araçtan kaçınma eğilimindedir. Bu yolcular için havalimanı çevresinde güvenli "Park et ve Trenle Devam Et" alanları genişletilebilir. Yolcuların özel araçlarını şehir dışındaki bu noktalara park edip kalan mesafeyi tren veya toplu taşıma ile tamamlaması emisyon düzeylerinin azalmasına katkı sağlayacaktır.

Toplu Taşıma ve Tren Teşvikleri: Havalimanına direkt hizmet veren otobüs hatları ve tren seferleri artırılarak; bilet entegrasyonu, konfor iyileştirmeleri ve gerekirse ücret sübvansiyonu ile daha fazla yolcunun bu modlara yönelmesi sağlanabilir. Özellikle gece uçuşu olanlar için geç saatlerde toplu ulaşım alternatifleri geliştirmek de karayolu bağımlılığını azaltacaktır.

Elektrikli/Hibrit Araç Destekleri: Havalimanına erişimde kullanılan karayolu araç filosunun daha temiz hale gelmesi için elektrikli ve hibrit araç kullanımının teşviki de önemlidir. Havalimanı otoparklarında ev şarj istasyonları yaygınlaştırılmalı, elektrikli taksi ve indirimli

park, öncelikli bekleme alanları gibi transfer araçlarına yönelik ayrıcalıklar tanınmalıdır.

Havalimanı Yer Seçimi, Erişim Planlaması ve Yerel Yönetimlerin Sorumlulukları: Havalimanlarının yer seçimi, mania planlaması, şehir, havalimanı mesafesi ve ulaşım bağlantıları, erişim kaynaklı karbon emisyonlarının oluşumunu doğrudan etkilemektedir. Uygun olmayan yer seçimi, kentsel merkezlere uzak konumlandırma veya yetersiz toplu taşıma bağlantıları, karayolu kullanımını artırmakta ve buna bağlı olarak CO₂ salımlarını yükseltmektedir (Budd ve Ison, 2017). Bu nedenle, yerel yönetimler kentsel gelişim planlarını havalimanı erişimi ile entegre ederek düşük karbonlu ulaşım modlarını teşvik etmeli ve erişim mesafelerinden kaynaklanan çevresel etkileri en aza indirmeye yönelik stratejiler geliştirmelidirler. Ulaşım politikalarının başarısı, farklı bölgelerde yerel koşulların stratejik planlamaya ne ölçüde entegre edildiğine bağlı olarak da değişkenlik göstermektedir.

Schiphol Havalimanı örneğinde analiz edilen veriler, yolcuların karayolu ulaşımının mutlak emisyon yükü açısından hala önemli olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada yolcu ulaşımı esas alınmakla birlikte sonraki araştırmalarda çalışan ulaşımının da değerlendirmeye dahil edilmesi alan yazına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, uzun bekleme sürelerine sahip transit yolcuların terminal içi faaliyetleri ve bekleme süresini şehir merkezine giderek değerlendirmeye yönelik ulaşım tercihlerinin, erişim kaynaklı dolaylı emisyonlar üzerindeki potansiyel etkilerinin incelenmesi de konunun kapsamının genişletilmesine katkı sunacaktır. Tren ve toplu taşıma kullanımını artırmaya yönelik altyapı ve teşvikler sürerken karayolu kaynaklı emisyonları azaltmaya odaklanan yenilikçi çözümler havalimanı yönetim stratejilerinde devreye alınmalıdır. Veri tabanlı izleme, paylaşımlı araç hizmetleri, demografik kıstasların önceliklendirilmesi ve teşvikler gibi öneriler paketinin, havalimanlarının sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

Katkı Oranı Beyanı

Yazarın katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Yazar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	F.D.G.
K	100
T	100
Y	100
VTI	100
VAY	100
KT	100
YZ	100
KI	100
GR	100
PY	100
FA	100

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

Çatışma Beyanı

Yazar, bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay Beyanı

Bu araştırmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Kaynaklar

- Avogadro M, Colovic A, Rossi M. 2024. Assessing airport ground access interventions: An integrated simulation approach. *J Air Transp Manag*, 119: 102451.
- Boersma K, Toet A. 2024. The future is multimodal. *Airport World*, 25 Mar 2024. <https://airport-world.com/the-future-is-multimodal/> (accessed date: June 02, 2025).
- Budd L, Ison S, Budd T. 2016. Improving the environmental performance of airport surface access in the UK: The role of public transport. *Res Transp Econ*, 59: 185-195.
- Cerasi C Ç, Yaman F. 2024. Luggage management system in order to reduce carbon emissions and ensure sustainability. *Darnios Aplinkos Vystymas*. 2024: 1-6. <https://doi.org/10.52320/dav.v21i1.303>
- Dijkstra A. 2010. Mapping and reducing CO₂ emissions at Amsterdam Airport Schiphol: Developing a model to assess CO₂ reduction at Amsterdam Airport Schiphol [Master's thesis, TU Delft]. TU Delft Repository, Amsterdam, Netherlands, pp: 56-59.
- Gössling S, Humpe A, Sun Y-Y. 2024. Are emissions from global air transport significantly underestimated? *Curr Issues Tour*, 28(5): 695-708. <https://doi.org/10.1080/13683500.2024.2337281>
- Greenreporting.nl. 2023. De CO₂-uitstoot per vervoersmiddel: wat je moet weten. <https://greenreporting.nl/co2-uitstoot-per-vervoersmiddel/> (accessed date: June 01, 2025)
- Greer F, Rakas J, Horvath A. 2020. Airports and environmental sustainability: A comprehensive review. *Environ Res Lett*, 15(10): 103007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb42a>
- Hájnik A, Harantová V, Kalašová A. 2021. Use of electromobility

- and autonomous vehicles at airports in Europe and worldwide. *Transp Res Procedia*, 55: 71-78.
- Hernández-Martín R, Padrón-Ávila H. 2021. The carbon footprint of airport ground access as part of an outbound holiday trip. *Sustainability*, 13(16): 9085. <https://doi.org/10.3390/su13169085>
- Higgins TJ. 1994. California Airports: Ground Access Vehicle Trips, Emissions And Emission Reduction Strategies. *Aviation Crossroads*, California, USA, pp: 54-96.
- Ison S, Merkert R, Mulley C. 2014. Policy approaches to public transport at airports—Some diverging evidence from the UK and Australia. *Transp Policy*, 35(C): 265-274.
- Li DC, Merkert R. 2023. “Door-to-door” carbon emission calculation for airlines—Its decarbonization potential and impact. *Transp Res Part D: Transp Environ*, 121: 103849.
- Liu K. 2024. Comprehensive Analysis of Taxi Service Distribution, Demand Hot spots, and Air Pollution Impact: A GIS and Big Data Approach. *Appl Comput Eng*, 110: 188-194.
- London Gatwick Airport. 2021. Decade of Change Performance Summary. Gatwick Airport Ltd, Crawley, UK, pp: 56-75.
- London Heathrow Airport. 2022. ULEZ consultation summary report. Heathrow Airport Ltd., London, UK, pp: 26-63.
- Mahesh R, Calvert SC. 2025. Decarbonizing airport ground access: A framework of user behavior, infrastructure, and policy. *Transp Res Part D: Transp Environ*, In press, pp: 54-55.
- Matheys J, Van Autenboer W, Timmermans H. 2009. Improvement of the CO₂ balance of the landside accessibility of Brussels Airport through implementation of electric vehicles and general policy measures. *J Asian Electr Veh*, 7(1): 1265-1271.
- Meindl M, De Ruiter C, Marciello V, Di Stasio M, Saavedra Rubio K, Laurent A, Ruocco M, Maerz M. 2024. Greening Regional Airports: A Vision for Carbon Neutral Infrastructure. In: RY Qassim (Ed.), *Contemporary Perspective on Sci, Technol and Res*, 3: 165-201.
- Milieu Centraal. 2020. CO₂-uitstoot fiets, ov en auto. (Bisiklet, toplu taşıma ve araba CO₂ karşılaştırması), Amsterdam, Netherlands, pp: 45-46.
- Miyoshi C, Mason KJ. 2013. The damage cost of carbon dioxide emissions produced by passengers on airport surface access: The case of Manchester Airport. *J Transp Geogr*, 28: 137-143. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.12.003>
- Morch A, Laveneziana L, Erga I, Foss M, Wolden HK, Hennig M. 2024. Electrification of airports and air transport: Airports becoming integrated energy systems. *Proc 21st Int Conf European Energy Market (EEM)*, Held 27-29 May 2025, Lisbon, Portugal, pp: 63. <https://doi.org/10.1109/eem60825.2024.10608967>
- Nijen N. 2024. Explaining Access Mode Choice for Passengers and Personnel travelling to Schiphol Airport. *Yüksek Lisans Tezi*, Univ Twente, Enschede, Netherlands, pp:54-65.
- NS Annual Report. 2022. <https://2022.nsannualreport.nl/annual-report-2021/our-activities-and-achievements-in-the-netherlands/performance-on-sustainability> (accessed date: June 12, 2025)
- Pasha MM, Hickman M. 2016. Airport ground accessibility: Review and assessment. *38th Australasian Transp Res Forum (ATRF)*, pp: 1-12.
- Postorino MN, Mantecchini L. 2014. A transport carbon footprint methodology to assess airport carbon emissions. *J Air Transp Manag*, 37: 76-86.
- Qiao B, He J, Yan X, Chen H, Liu Y, Zhang J. 2021. Assessing emission reduction effects from shifts of urban passenger transport modes by implementing targeted emission tax considering the whole fuel cycle. *Environ Sci Pollut Res*, 28(9):

- 11758-11775. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14226-5>
- Risby J, Guest S, Warnock-Smith D. 2022. A critical analysis of Bristol Airport's ground access strategy in a post-COVID context. *Case Stud Transp Policy*, 10(4): 2161-2170.
- Rome2Rio. 2023. Amsterdam Airport to Rotterdam – Distance and travel options. <https://www.rome2rio.com/map/Amsterdam-Airport-Schiphol/Rotterdam> (accessed date: May 15, 2025)
- Royal Schiphol Group. 2025. 2024 Yılı Faaliyet Raporu (Yolcu ve Ulaşım İstatistikleri). Amsterdam: Schiphol Group, Amsterdam, Netherlands, pp: 24-26.
- Ryley T, Burchell J, Davison L. 2013. Valuing air transportation and sustainability from a public perspective: Evidence from the United Kingdom and the United States. *Res Transp Bus Manag*, 7: 114-119.
- Schneider A, Stern C, Sachdeva N, Dar Z. 2024. Can airports be a catalyst for reducing aviation's effect on the climate? *One Earth*, 7(6): 695-709. <https://doi.org/10.69554/oibc8419>
- Shao M, Chen C, Lu Q, Zuo X, Liu X, Gu X. 2023. The Impacts of Low-Carbon Incentives and Carbon-Reduction Awareness on Airport Ground Access Mode Choice under Travel Time Uncertainty: A Hybrid CPT-MNL Model. *Sustainability*, 15(16): 12610.
- Smirti M. 2008. Modeling and measuring greenhouse gas reduction from low carbon airport access modes [Research report]. *Research Papers in Economics*, pp: 156-169.
- Sperling J, Henao A. 2020. Electrification of high-mileage mobility services in cities and at airports. *Intell and Eff Transp Syst*, 65: 1-15.
- Statista. 2023. Choice of transport to and from Amsterdam Airport Schiphol 2015–2019. Statista Research Department. <https://www.statista.com/statistics/688080/choice-of-transport-to-and-from-amsterdam-airport-schiphol-the-netherlands/> (accessed date: March 13, 2025)
- Statista. 2024. Number of passengers utilizing Amsterdam Airport Schiphol (2024). <https://www.statista.com/statistics/652766/number-of-passengers-utilizing-amsterdam-airport-schiphol/> (accessed date: May 08, 2025)
- Sun M, Xue C, Cheng Y, Zhao L, Long Z. 2021. Analyzing spatiotemporal daily travel source carbon emissions based on taxi trajectory data. *IEEE Access*, 9: 107012-107023.
- Thomas H, Serrenho A. 2024. Using different transport modes: An opportunity to reduce UK passenger transport emissions? <https://doi.org/10.17863/CAM.104214>
- Travelmath. 2023. Driving distance from AMS to Amersfoort, NL. <https://www.travelmath.com> (accessed date: June 24, 2025)
- Yılmaz O, Frost M, Timmis A, Ison S. 2023. Investigation of employee-related airport ground access emissions. *Transp Res Procedia*, 64: 350-359.
- Zhang Z, Peng ZR, He HD, Yang JM, Gao K, Jia R. 2024. Environmental impacts of ridesplitting considering modal substitution and associations with built environment. *Transp Res Part D: Transp Environ*, 130: 104160. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104160>
- Zhang Z, Gao K, He HD, Yang JM, Jia R, Peng ZR. 2023. How do travel characteristics of ridesplitting affect its benefits in emission reduction? Evidence from Chengdu. *Transp Res Part D: Transp Environ*, 123: 103912.