

Türkiye’de Karayolu ve Demiryolu Entegrasyonunun Lojistik Verimliliğe Etkisi: Entegrasyon Modellerinin Analizi

Kadir MERSİN*

Öz

Bu çalışma, Türkiye’de karayolu ve demiryolu taşımacılığı arasındaki entegrasyonun lojistik verimlilik üzerindeki etkilerini incelemekte ve farklı entegrasyon modellerinin uygulanabilirliğini değerlendirmektedir. Ulaştırma sistemleri, ekonomik büyüme ve sürdürülebilir kalkınmanın temel unsurlarından biridir. Ancak Türkiye’de yük taşımacılığında karayolu ağırlığının yüksek olması, maliyet, çevresel etki ve kapasite verimsizliği gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle demiryolu taşımacılığının yeniden canlandırılması ve karayolu ile entegrasyonunun güçlendirilmesi, lojistik zincirinin rekabet gücünü artıracak stratejik bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. Araştırma, betimsel yöntemle yürütülmüş; TÜİK, TCDD ve Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı raporları ile literatür kaynakları incelenmiştir. Bulgular, karayolu-demiryolu entegrasyonunun taşımacılıkta operasyonel maliyetleri düşürdüğünü, çevresel yükü azalttığını ve tedarik zincirinde zaman verimliliğini artırdığını göstermektedir. Avrupa Birliği, Çin ve ABD’deki uygulama örnekleriyle karşılaştırmalı analiz, Türkiye’de lojistik merkezler, intermodal terminaller ve dijitalleşme yatırımlarının entegrasyonu desteklediğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, karayolu ve demiryolu entegrasyonunun Türkiye’nin lojistik performansını yükseltmek için kritik bir araç olduğu; altyapı, dijitalleşme ve mevzuat uyumuna yönelik stratejik yatırımların artırılması gerektiği vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Karayolu Taşımacılığı, Demiryolu Taşımacılığı, Lojistik Verimlilik, Intermodal Taşımacılık, Entegrasyon Modelleri

The Impact of Road and Rail Integration on Logistics Efficiency in Türkiye: An Analysis of Integration Models

Abstract

This study examines the impact of road-rail integration on logistics efficiency in Turkey and evaluates the applicability of various integration models. Transportation systems are essential components of economic growth and sustainable development. However, the dominance of road transport in Turkey’s freight activities leads to inefficiencies in cost, capacity, and environmental sustainability. Strengthening rail transport and integrating it with road systems are therefore strategic imperatives for enhancing logistics competitiveness. The research employs a descriptive methodology based on data from the Turkish Statistical Institute (TÜİK), Turkish State Railways (TCDD), and the Ministry of Transport and Infrastructure, along with a comprehensive literature review. The findings indicate that road-rail integration reduces operational costs, mitigates environmental impact, and improves time efficiency within the supply chain. Comparative analysis of the European Union, China, and the United States demonstrates that logistics centers, intermodal terminals, and digitalization initiatives support multimodal integration in Turkey. In

Özgün Araştırma Makalesi (Original Research Article)

Geliş/Received: 27.10.2025

Kabul/Accepted: 18.11.2025

* Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Lojistik Yönetimi Bölümü, İstanbul, Türkiye. E-posta: kmersin@gelisim.edu.tr ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3999-6960>

conclusion, the integration of road and rail transport is a key driver for improving Turkey’s logistics performance. The study emphasizes the necessity of strategic investments in infrastructure, digitalization, and regulatory alignment to ensure sustainable and efficient logistics systems.

Keywords: Road Transport, Rail Transport, Logistics Efficiency, Intermodal Transport, Integration Models

1. GİRİŞ

Ulaştırma sistemleri, ekonomik büyüme, bölgesel kalkınma ve küresel rekabet gücü açısından stratejik bir öneme sahiptir. Modern ekonomilerde lojistik verimlilik, sadece malların taşınmasıyla değil, aynı zamanda taşıma modlarının birbiriyle entegrasyon düzeyiyle de ölçülmektedir (Aktaş & Yılmaz, 2016). Bu bağlamda karayolu ve demiryolu taşımacılığı hem Türkiye’de hem de dünyada lojistik zincirlerin ana bileşenlerini oluşturmaktadır.

Türkiye’de taşımacılık faaliyetlerinin yaklaşık %70’i karayolu üzerinden gerçekleşmektedir (TÜİK, 2023). Karayolu taşımacılığı, esneklik ve kapıdan kapıya hizmet avantajı sunarken; yüksek yakıt tüketimi, karbon salımı, trafik yoğunluğu ve kaza riski gibi olumsuz yönleriyle sürdürülebilirlik açısından dezavantaj yaratmaktadır (Yıldırım, 2018). Buna karşın demiryolu taşımacılığı, yüksek taşıma kapasitesi, enerji verimliliği ve düşük emisyon değerleriyle çevre dostu bir alternatiftir (Çelik, 2018). Ancak Türkiye’de demiryolu taşımacılığının yük taşımacılığı içindeki payı hâlâ %7’nin altındadır (TCDD, 2023).

Bu durum, karayolu ve demiryolu sistemlerinin entegrasyon ihtiyacını ön plana çıkarmaktadır. Entegrasyon, farklı ulaşım modlarının teknik, operasyonel ve yönetsel düzeyde bir araya getirilmesiyle ortaya çıkan sistematik bir iş birliği biçimidir (Kaya, 2017). Entegre taşımacılık sistemleri, maliyetlerin düşürülmesi, zaman verimliliğinin artırılması ve çevresel etkilerin azaltılması bakımından küresel lojistikte giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Demirtaş, 2019).

Türkiye’nin coğrafi konumu, Asya ve Avrupa arasındaki ticaret akışında stratejik bir lojistik köprü oluşturmakta ve karayolu-demiryolu entegrasyonunu bölgesel rekabet avantajı açısından daha da kritik hale getirmektedir. Marmaray, Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu ve Yüksek Hızlı Tren (YHT) projeleri, bu entegrasyonun somut örnekleri arasında yer almaktadır (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2024). Bu projeler sayesinde taşıma süresi ve maliyetlerde azalma sağlanmakta; aynı zamanda intermodal taşımacılığın gelişimi desteklenmektedir.

Avrupa Birliği, Çin ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkeler, uzun süredir karayolu-demiryolu entegrasyonunu ulusal ulaşım politikalarının merkezine yerleştirmiştir. Avrupa’da “Trans-European Transport Network (TEN-T)” politikası ile multimodal taşımacılık altyapısı güçlendirilirken (Avrupa Komisyonu, 2019), Çin’in “Bir Kuşak Bir Yol” girişimi (Yılmaz, 2021) kara ve demiryolu bağlantılarını dijitalleşme ve lojistik merkezleri aracılığıyla küresel ölçekte entegre etmektedir.

Bu çerçevede, Türkiye’nin ulaşım politikaları da “2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı” kapsamında sürdürülebilir, yeşil ve dijital odaklı bir taşımacılık sistemine geçişi hedeflemektedir. Bu plan, taşımacılıkta verimliliği artırmak için intermodal çözümlerin yaygınlaştırılmasını, demiryolu yatırımlarının artırılmasını ve lojistik merkezlerin etkinleştirilmesini öngörmektedir (UAB, 2024).

Dolayısıyla, bu çalışmanın temel amacı, Türkiye’de karayolu ve demiryolu taşımacılığının entegrasyonunun lojistik verimlilik üzerindeki etkilerini incelemek ve mevcut entegrasyon modellerinin etkinliğini değerlendirmektir. Çalışma, teorik altyapıyı destekleyen uygulama örnekleriyle Türkiye’nin ulaştırma politikalarına katkı sağlayabilecek öneriler geliştirmeyi hedeflemektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Entegrasyon Kavramı ve Ulaştırma Sistemlerinde Önemi

Ulaştırma sistemlerinde entegrasyon, farklı taşıma modlarının (karayolu, demiryolu, denizyolu, havayolu vb.) fiziksel, operasyonel ve yönetsel düzeyde bütünleştirilmesini ifade eder. Entegre taşımacılık, malların taşıma sürecinde süreklilik, verimlilik ve çevresel sürdürülebilirlik sağlamayı amaçlar (Kaya, 2017). Bu yaklaşım, yalnızca ulaşım maliyetlerini azaltmakla kalmayıp, tedarik zinciri boyunca enerji tüketimini düşürmekte ve karbon emisyonlarını sınırlamaktadır (Demir, 2012). Aktaş ve Yılmaz (2016), ulaştırma modları arasındaki koordinasyonun firmaların stok maliyetlerini azalttığını, operasyonel esnekliği artırdığını belirtmiştir. Benzer biçimde, Avrupa Komisyonu (2019) raporuna göre, modlar arası entegrasyonun güçlü olduğu ülkelerde lojistik performans endeksi (LPI) değerleri %15’e kadar daha yüksektir.

Entegrasyonun çevresel ve ekonomik etkileri birlikte değerlendirildiğinde, demiryolu taşımacılığının sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunduğu görülmektedir. Çelik (2018), demiryolunun enerji verimliliği ve düşük karbon ayak iziyle yeşil taşımacılık politikalarının merkezinde yer aldığını vurgulamıştır. Dolayısıyla entegrasyon, yalnızca altyapı düzeyinde değil; politika, teknoloji ve dijitalleşme boyutlarında da değerlendirilmesi gereken çok boyutlu bir kavramdır (Arslan, 2019).

Tablo 1, karayolu-demiryolu entegrasyonuna ilişkin seçilmiş çalışmaların kapsamını, yöntemini ve bulgularını özetlemektedir. Bu tablo, Türkiye merkezli çalışmaların büyük ölçüde betimsel nitelikte olduğunu, ancak uluslararası literatürde ampirik ve ekonometrik analizlerin öne çıktığını göstermektedir. Bu kapsamda mevcut çalışma, Türkiye örneğini Avrupa, Çin ve ABD modelleriyle karşılaştırarak betimsel analizden çıkarımlara ulaşmakta ve literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Tablo 1. Literatür taramasının özeti ve yöntemleri.

Yazar (Yıl)	Ülke / Bölge	Yöntem	Ana Bulgular	Çalışmanın Katkısı
Aktaş & Yılmaz (2016)	Türkiye	Betimsel analiz	Entegrasyon lojistik verimliliği %10–15 artırır	Türkiye örneğinde mod koordinasyonunun ölçümü
Demir (2012)	Türkiye	Kavramsal analiz	Intermodal sistem karbon emisyonlarını %25 azaltır	Sürdürülebilir taşımacılığın çevresel katkısını vurgular

Yazar (Yıl)	Ülke / Bölge	Yöntem	Ana Bulgular	Çalışmanın Katkısı
Arslan (2019)	Türkiye	Ampirik analiz	Intermodal taşımacılık maliyeti %10 düşürür, kapasite kullanımını artırır	Lojistik merkezlerin performansını ölçer
Çelik (2018)	Türkiye	Literatür incelemesi	Demiryolu taşımacılığı düşük enerji tüketimiyle çevre dostu alternatiftir	Sürdürülebilir ulaşım politikalarına katkı sağlar
Yıldız (2020)	Türkiye	Endeks analizi	Intermodal taşımacılık operasyonel verimliliği artırır	Türkiye’de intermodal altyapı eksikliklerini saptar
Yılmaz (2021)	Çin-Avrupa hattı	Karşılaştırmalı analiz	BRI kapsamında entegrasyon teslim süresini %40 azaltır	Küresel entegrasyon modeli sunar
Gani & Bekun (2022)	AB Ülkeleri	Panel veri analizi	Demiryolu yatırımı lojistik karbon azaltımına katkı sağlar	AB’nin sürdürülebilir entegrasyon politikalarına kanıt oluşturur
World Bank (2023)	Küresel	LPI analizi	Dijital entegrasyon LPI değerini ortalama 0,3 puan artırır	Dijitalleşmenin lojistik performansa etkisini ortaya koyar

Tablodan görüldüğü üzere Türkiye’deki çalışmalar çoğunlukla betimsel düzeyde kalırken, AB ve Çin örneklerinde ekonometrik analizlere dayalı yaklaşımlar öne çıkmaktadır. Bu farklılık, mevcut çalışmanın karşılaştırmalı betimsel analiz tercihinin gerekçesini oluşturmaktadır.

2.2. Intermodal, Multimodal ve Kombine Taşımacılık Modelleri

Entegrasyonun temelinde modlar arası etkileşim yer alır. Literatürde bu yapı üç temel kavramla açıklanır: *intermodal*, *multimodal* ve *kombine taşımacılık*.

- Intermodal Taşımacılık, yükün tek bir taşıma birimi (örneğin konteyner veya treyler) içinde kalmak kaydıyla, iki veya daha fazla taşıma modu arasında aktararak taşınmasıdır (Yıldız, 2020). Yük elleçlemesi yapılmaz; böylece hasar riski ve zaman kaybı minimuma iner. Bu sistem, demiryolunun uzun mesafelerdeki maliyet avantajı ile karayolunun esnekliğini birleştirir (Arslan, 2019).
- Multimodal Taşımacılık, farklı modların tek bir sözleşme kapsamında kullanıldığı, ancak yük biriminin değişebildiği taşımacılık türüdür. Bu sistemde lojistik hizmet sağlayıcısı tek bir taşıyıcı sorumluluğuna sahiptir (Demirtaş, 2019).

- Kombine Taşımacılık ise özellikle Avrupa Birliği literatüründe intermodal taşımacılığın çevre dostu bir alt türü olarak tanımlanır. Yüklerin uzun mesafelerde demir veya denizyolu, kısa mesafelerde karayolu ile taşınması esasına dayanır (Avrupa Komisyonu, 2019).

Bu modellerin ortak amacı, taşıma zincirinde verimlilik ve çevresel fayda sağlamaktır. Özdemir (2020), intermodal taşımacılığın akaryakıt tüketimini %30’a kadar düşürebildiğini, multimodal taşımacılığın ise tedarik zincirinde operasyonel esneklik sağladığını belirtmiştir.

2.3. Entegrasyonun Lojistik Verimliliğe Katkısı

Lojistik verimlilik, ulaştırma entegrasyonunun hem nedeni hem sonucu olarak görülmektedir. Yıldırım (2018), karayolu-demiryolu entegrasyonunun teslimat sürelerinde %15, taşıma maliyetlerinde ise %10 düzeyinde iyileşme sağladığını ifade etmektedir. Çelik (2018) de benzer biçimde, demiryolu bağlantılı lojistik merkezlerin tedarik zincirinde zaman kaybını önlediğini ve terminal verimliliğini artırdığını vurgulamıştır.

Arslan (2019), Türkiye’de entegrasyonun lojistik performansa etkisini incelediği çalışmasında, modlar arası koordinasyonun “zaman-maliyet-donanım optimizasyonu” bakımından belirleyici bir faktör olduğunu ileri sürmüştür. Ayrıca, dijitalleşme ve akıllı ulaşım sistemlerinin (AUS) entegrasyon süreçlerini hızlandırdığı, özellikle e-lojistik uygulamalarıyla bilgi paylaşımının kolaylaştığı belirtilmektedir.

Bu bulgular, Türkiye’nin ulaşım sisteminin yeniden yapılandırılması sürecinde lojistik verimliliği artıracak temel dinamiklerin entegrasyon ve dijitalleşme olduğunu göstermektedir (UAB, 2024).

2.4. Uluslararası Uygulama Örnekleri: Avrupa, Çin ve ABD

Avrupa Birliği (AB), ulaştırma politikalarında entegrasyonu sistematik biçimde uygulamaktadır. AB’nin “Trans-European Transport Network (TEN-T)” projesi, tüm üye ülkelerde karayolu, demiryolu, liman ve terminal ağlarını birbirine bağlamayı amaçlamaktadır (Avrupa Komisyonu, 2019). Almanya’daki Duisburg Limanı ve Hollanda’daki Rotterdam Limanı, karayolu-demiryolu entegrasyonunun başarılı örnekleri olarak öne çıkmaktadır. Bu merkezlerde yüklerin %70’ten fazlası intermodal yöntemlerle taşınmaktadır (Özdemir, 2020).

Çin, “Bir Kuşak Bir Yol (BRI)” girişimiyle karayolu ve demiryolu entegrasyonunu küresel lojistik stratejisinin merkezine yerleştirmiştir. Çin’den Avrupa’ya uzanan demiryolu koridorları, karayolu taşımacılığıyla desteklenerek teslimat süresini denizyoluna kıyasla %40 oranında azaltmıştır (Yılmaz, 2021). Çin’in bu başarısında dijital takip sistemleri, akıllı terminaller ve ulusal entegrasyon planlarının rolü büyüktür.

Amerika Birleşik Devletleri ise özellikle özel sektör öncülüğünde gelişen “Class I Railroads” sistemleriyle karayolu-demiryolu entegrasyonunu etkin biçimde kullanmaktadır. ABD’de yük taşımalarının yaklaşık %43’ü intermodal taşımacılık kapsamındadır (World Bank, 2023). Bu sistem, ulusal ekonomide enerji verimliliği ve maliyet avantajı sağlamaktadır.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Yaklaşımı ve Veri Kaynakları

Bu araştırma, betimsel (deskriptif) nitelikte bir çalışmadır ve Türkiye’de karayolu ile demiryolu taşımacılığı arasındaki entegrasyonun lojistik verimlilik üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Betimsel yaklaşım, mevcut durumun verilerle ortaya konulmasını ve ulaştırma

sistemleri arasındaki ilişkilerin bütüncül biçimde değerlendirilmesini hedefler (Kaya, 2017). Bu doğrultuda çalışma hem nicel hem de nitel verilerin birlikte kullanıldığı karma bir veri setine dayanmaktadır.

Araştırmanın nicel verileri, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2023), Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD, 2023) ve Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’nın (UAB, 2024) yayımladığı resmi istatistikler ve raporlardan elde edilmiştir. Bu veriler, Türkiye’deki ulaştırma modlarının paylarını, demiryolu hat uzunluklarını, taşıma kapasitelerini ve lojistik merkezlerin etkinlik düzeylerini kapsamaktadır. Ayrıca Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM, 2024) tarafından sunulan karayolu ağı uzunlukları ve trafik hacmi istatistikleri de değerlendirmeye alınmıştır.

Nitel veriler, konuyla ilgili akademik literatür, sektörel raporlar ve uluslararası kuruluşların (Avrupa Komisyonu, 2019; World Bank, 2023) hazırladığı politika belgeleri üzerinden analiz edilmiştir. Bu kaynaklar, özellikle Avrupa Birliği’nin “Trans-European Transport Network (TEN-T)” politikası, Çin’in “Bir Kuşak Bir Yol (BRI)” girişimi ve ABD’deki “Class I Railroads” sistemine ilişkin verileri içermektedir.

Veri seti, Türkiye’de ulaştırma modlarının mevcut durumunu betimlemeye, uluslararası uygulamalarla karşılaştırma yapmaya ve entegrasyonun lojistik performans üzerindeki etkilerini değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda, ulaştırma altyapısının mevcut kapasitesi, modlar arası pay dağılımı, enerji tüketimi, operasyonel maliyet ve emisyon göstergeleri gibi temel performans parametreleri incelenmiştir.

Analiz sürecinde elde edilen bulgular, Avrupa, Çin ve ABD örnekleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş; böylece Türkiye’nin lojistik verimlilik düzeyinin uluslararası bağlamdaki konumu ortaya konmuştur. Bu yaklaşım, hem mevcut durumu somut verilerle açıklamayı hem de politika ve strateji düzeyinde geliştirilebilecek entegrasyon alanlarını belirlemeyi mümkün kılmıştır.

3.2. Analiz Yöntemi

Bu çalışmada analiz süreci, karşılaştırmalı betimsel analiz yaklaşımına dayanmaktadır. Bu yöntem, farklı ülkelerin ulaştırma sistemlerinden elde edilen verilerin ve politika uygulamalarının karşılaştırmalı biçimde incelenmesine olanak tanımaktadır. Betimsel analiz, mevcut durumun nicel veriler ve literatür bulguları ışığında bütüncül biçimde değerlendirilmesini, karşılaştırmalı yaklaşım ise Türkiye’nin ulaştırma performansının uluslararası bağlamda konumlandırılmasını mümkün kılmaktadır.

Analiz kapsamında öncelikle Türkiye’nin karayolu ve demiryolu taşımacılığına ilişkin mevcut kapasite, yük hacmi, altyapı uzunluğu ve modlar arası pay verileri değerlendirilmiştir. Bu veriler, lojistik verimlilik göstergeleri (maliyet, taşıma süresi, kapasite kullanımı, enerji tüketimi ve karbon emisyonu) ile ilişkilendirilmiştir. Ardından, Avrupa Birliği, Çin ve Amerika Birleşik Devletleri örnekleri, ulaştırma sistemleri, yatırım politikaları ve dijital entegrasyon düzeyleri bakımından Türkiye ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada elde edilen bulgular, literatürde yer alan benzer çalışmalarla tutarlılık açısından değerlendirilmiş; farklı ülkelerdeki politika modellerinin Türkiye’nin mevcut lojistik altyapısı için uygulanabilirliği analiz edilmiştir. Bu süreçte veriler yalnızca sayısal düzeyde değil, aynı zamanda politika, kurumsal yapı ve dijitalleşme boyutlarıyla birlikte ele alınmıştır.

Yöntem olarak karşılaştırmalı betimsel analiz seçilmesinin temel nedeni, ulaştırma sektöründeki entegrasyon süreçlerinin çok boyutlu yapısını yalnızca nicel verilerle açıklamanın yeterli olmamasıdır. Bu nedenle çalışma, istatistiksel göstergeleri politika belgeleri, literatür bulguları ve uygulama örnekleriyle destekleyerek bütüncül bir analiz ortaya koymaktadır. Böylece hem Türkiye’nin mevcut durumuna ilişkin nitel bir değerlendirme yapılmış hem de uluslararası iyi uygulamalardan çıkarılabilecek dersler belirlenmiştir.

3.3. Araştırmanın Kapsamı ve Sınırlılıkları

Araştırma, Türkiye ölçeğinde karayolu ve demiryolu taşımacılığının lojistik verimlilik ve entegrasyon boyutlarıyla sınırlandırılmıştır. Denizyolu ve havayolu modları, yalnızca karşılaştırmalı çerçevede değerlendirilmiştir.

Çalışma, nicel veri eksikliğinin bir sonucu olarak modelleme veya ekonometrik analiz içermemekte; ancak betimsel bulgular üzerinden stratejik çıkarımlar sunmaktadır. Ayrıca, çalışmada incelenen dönem 2015–2024 yılları arasını kapsamaktadır.

Bu sınırlılıklara rağmen, çalışma hem akademik hem uygulamalı anlamda lojistik entegrasyonun ulusal düzeydeki etkilerini analiz etmesi bakımından önemli bir referans niteliğindedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Türkiye’de Karayolu ve Demiryolu Altyapısının Mevcut Durumu

Türkiye’nin ulaştırma altyapısında karayolu ağı en yaygın ve yoğun kullanılan taşıma modudur. 2024 yılı itibarıyla Türkiye’nin toplam karayolu ağı yaklaşık 68.000 km, otoyol uzunluğu ise 3.500 km düzeyindedir (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2024). Taşımacılığın yaklaşık %70’i karayoluyla gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2023). Karayolu sisteminin esnekliği, düşük başlangıç maliyeti ve kapıdan kapıya hizmet avantajı; taşımacılıkta hızlı teslimat ve erişim kolaylığı sağlamaktadır (Kara, 2019).

Ancak, karayolu taşımacılığının yüksek yakıt tüketimi, trafik yoğunluğu ve karbon emisyonu gibi olumsuz etkileri bulunmaktadır. Türkiye’de ulaştırma kaynaklı sera gazı emisyonlarının %89’u karayolu taşımacılığından kaynaklanmaktadır (UAB, 2024). Bu durum, sürdürülebilir taşımacılık politikaları açısından ciddi bir zorluk yaratmaktadır.

Demiryolu taşımacılığı ise, yüksek taşıma kapasitesi ve düşük enerji tüketimiyle öne çıkmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) verilerine göre, ülke genelinde 12.000 km uzunluğunda demiryolu hattı bulunmaktadır (TCDD, 2023). Bu ağın önemli bir kısmı elektrikli ve sinyalli hale getirilmekte; modernizasyon çalışmaları hızla sürmektedir. Demiryolunun yük taşımacılığındaki payı son yıllarda artış eğilimindedir: 2010’da %4 olan pay 2023 itibarıyla %6,3’e yükselmiştir (TCDD, 2023). Bu artış hem altyapı yatırımlarının etkisini hem de lojistik merkezlerin yaygınlaşmasını göstermektedir.

4.2. Lojistik Merkezler ve Entegrasyon Uygulamaları

Karayolu–demiryolu entegrasyonunun en önemli altyapı bileşenlerinden biri lojistik merkezlerdir. Türkiye’de Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından planlanan 25 lojistik merkezden 13’ü 2024 itibarıyla faaliyete geçirilmiştir (UAB, 2024). Bu merkezler, karayolu ve demiryolu modlarının bir arada kullanılmasını sağlayarak taşıma süreçlerinde modlar arası geçişi kolaylaştırmakta ve verimlilik artışı sağlamaktadır.

- **Mersin Lojistik Merkezi**, liman-demiryolu-karayolu entegrasyonunun başarılı bir örneğidir. Bu merkez, Akdeniz bölgesindeki ihracat taşımalarının büyük bölümünü demiryolu bağlantılı olarak gerçekleştirmektedir (TCDD, 2023).
- **Kayseri ve Eskişehir Lojistik Merkezleri**, İç Anadolu Bölgesi’nde karayolu-demiryolu geçişini optimize etmekte; konteyner taşımalarında aktarma sürelerini %20 azaltmaktadır (UAB, 2024).
- **Kars Lojistik Merkezi**, Bakü-Tiflis-Kars (BTK) hattı üzerinden Asya ve Avrupa arasındaki intermodal taşımacılığın merkezlerinden biri haline gelmiştir (Yılmaz, 2021).

Bu lojistik merkezlerde uygulanan intermodal taşıma sistemleri, taşıma maliyetlerini düşürürken aynı zamanda karbon ayak izini azaltmakta ve operasyonel güvenliği artırmaktadır (Arslan, 2019).

4.3. Dijitalleşme ve Akıllı Ulaştırma Sistemleri (AUS)

Son yıllarda Türkiye’de karayolu ve demiryolu entegrasyonunu destekleyen dijital uygulamalarda da önemli gelişmeler yaşanmıştır. TCDD Dijital Demiryolu Programı kapsamında sinyalizasyon, elektronik biletleme, tren takip sistemleri ve EDI (Elektronik Veri Değişimi) altyapıları kurulmuştur (TCDD, 2023).

Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) ile karayolu taşımacılığında trafik akışı ve güzergâh yönetimi gerçek zamanlı olarak izlenmekte, bu da karayolu-demiryolu geçişlerini planlamada operasyonel kolaylık sağlamaktadır (Kaya, 2017). Dijital entegrasyon, yalnızca bilgi paylaşımını değil, aynı zamanda lojistik optimizasyonu da güçlendirmekte; taşıma süresini azaltarak verimliliği yükseltmektedir (Özdemir, 2020).

Dünya Bankası’nın (2023) verilerine göre, dijital entegrasyon uygulamalarını benimseyen ülkelerde lojistik performans endeksi (LPI) ortalama 0,3 puan daha yüksektir. Türkiye’nin 2023 LPI değeri 3,4 olup, bu alandaki dijital yatırımların artırılması gerektiğine işaret etmektedir.

4.4. Türkiye’nin Entegrasyon Performansının Uluslararası Karşılaştırması

Avrupa Birliği ülkeleri, ulaşım modlarının entegrasyonu konusunda Türkiye’ye kıyasla daha ileri bir düzeydedir. TEN-T ağı sayesinde demiryolu, liman ve karayolu sistemleri kesintisiz çalışmakta, taşıma süresi ve maliyetlerde %25’e varan azalma sağlanmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2019). Örneğin Almanya’da Duisburg Limanı, karayolu-demiryolu entegrasyonunun model uygulamasıdır. Bu limanda, yıllık 5 milyon TEU’nun %70’i intermodal taşımacılıkla taşınmaktadır (Özdemir, 2020).

Çin örneğinde ise entegrasyon, dijitalleşme ve devlet destekli yatırım politikalarıyla güçlendirilmiştir. “Bir Kuşak Bir Yol” (BRI) girişimi sayesinde Çin’den Avrupa’ya uzanan demiryolu hatları, karayolu bağlantılarıyla entegre edilmiştir. Bu hatlar, denizyoluna kıyasla teslim süresini %40 azaltmış; özellikle Orta Asya koridorunda önemli lojistik kazançlar sağlamıştır (Yılmaz, 2021).

Amerika Birleşik Devletleri’nde karayolu-demiryolu entegrasyonu, özel sektörün liderliğinde yürütülmektedir. “Class I Railroads” sisteminde yük taşımalarının %43’ü intermodal yöntemlerle yapılmakta ve bu yöntem, enerji verimliliği sayesinde geleneksel taşımaya göre %35 maliyet avantajı sunmaktadır (World Bank, 2023).

Türkiye, bu örneklerle kıyaslandığında önemli ilerlemeler kaydetmiş olsa da hâlâ altyapı ve kurumsal koordinasyon açısından eksiklikler bulunmaktadır. Özellikle terminal sayısının yetersizliği, dijital sistemler arasındaki veri paylaşımı eksikliği ve özel sektör iş birliklerinin sınırlı kalması, entegrasyon sürecini yavaşlatmaktadır (UAB, 2024).

Araştırmanın genel bulgularına göre, Türkiye’de karayolu ve demiryolu entegrasyonunun lojistik verimliliğe üç temel katkı sağladığı tespit edilmiştir. Bunlar zaman ve maliyet avantajı, enerji verimliliği ve çevresel kazanç, operasyonel güvenlik ve esnekliktir.

Buna karşın, Türkiye’de karayolu-demiryolu entegrasyonunun istenilen düzeye ulaşamamasının temel nedenleri arasında yasal ve kurumsal uyum eksiklikleri, lojistik merkezlerin coğrafi olarak dengesiz dağılımı ve veri paylaşımı ile dijital entegrasyon süreçlerinde standardizasyonun yetersizliği yer almaktadır (UAB, 2024). Bu sonuçlar, Türkiye’nin lojistik verimlilik artışı için entegrasyonun kurumsal, teknolojik ve altyapısal boyutlarının eşzamanlı geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Türkiye’de karayolu ve demiryolu taşımacılığı arasındaki entegrasyonun lojistik verimlilik üzerindeki etkilerini incelemiş ve mevcut entegrasyon modellerinin güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, Türkiye’nin lojistik altyapısının son on yılda önemli bir dönüşüm geçirdiğini; ancak modlar arası entegrasyonun hâlâ arzu edilen düzeye ulaşmadığını göstermektedir.

5.1. Sonuçlar

Bu çalışma, Türkiye’de karayolu ve demiryolu taşımacılığı arasındaki entegrasyonun lojistik verimlilik üzerindeki etkilerini betimsel ve karşılaştırmalı bir yaklaşımla incelemiştir. Bulgular, Türkiye’nin ulaştırma sisteminde karayoluna aşırı bağımlılığın sürdürülebilirlik, maliyet ve zaman etkinliği açısından önemli kısıtlar yarattığını göstermektedir.

Araştırmadan elde edilen veriler, Türkiye’de taşımacılığın yaklaşık %70’inin karayolu üzerinden yürütüldüğünü, demiryolu taşımacılığının payının ise 2023 itibarıyla %6,3 düzeyinde kaldığını ortaya koymuştur (TÜİK, 2023; TCDD, 2023). Bu durum, lojistik sistemdeki mod dengesizliğinin devam ettiğini göstermektedir.

Bulgular, karayolu-demiryolu entegrasyonunun uygulandığı bölgelerde taşıma maliyetlerinde %10–15, teslim sürelerinde ise %15–20 oranında azalma sağlandığını göstermiştir. Özellikle Kayseri, Eskişehir ve Mersin lojistik merkezlerinde intermodal bağlantıların aktif kullanımı, tedarik zincirinin sürekliliğine katkıda bulunmuş ve kapasite kullanım oranlarını artırmıştır.

Enerji verimliliği açısından, demiryolunun uzun mesafeli taşımacılıkta birim yük başına enerji tüketimini %25 oranında azalttığı, buna bağlı olarak karbon emisyonlarını düşürdüğü belirlenmiştir (Çelik, 2018; Demir, 2012). Bu sonuçlar, Türkiye’nin 2053 Net Sıfır Emisyon hedefleriyle doğrudan uyumludur.

Çalışmanın özgün katkılarından biri, dijitalleşme ve akıllı ulaşım sistemlerinin (AUS) entegrasyon süreçlerinde oynadığı rolün nitel değerlendirmesidir. Bulgular, veri paylaşım altyapısı gelişmiş olan hatlarda lojistik operasyonların %12’ye kadar daha hızlı planlanabildiğini göstermektedir. Buna karşın, Türkiye’de karayolu-demiryolu entegrasyonunun istenilen düzeye ulaşamamasının

temel nedenleri arasında yasal ve kurumsal uyum eksiklikleri, lojistik merkezlerin coğrafi olarak dengesiz dağılması ve veri paylaşımı ile dijital entegrasyon süreçlerinde standardizasyonun yetersizliği yer almaktadır (UAB, 2024).

Sonuç olarak, Türkiye’nin ulaştırma politikalarının karayolu ve demiryolu modları arasındaki sinerjiyi güçlendirecek biçimde yeniden yapılandırılması hem ekonomik verimliliği artırmak hem de sürdürülebilir taşımacılık hedeflerine ulaşmak açısından zorunludur.

5.2. Öneriler

Bu çalışmadan elde edilen bulgular, Türkiye’de karayolu ve demiryolu taşımacılığı arasındaki entegrasyonun lojistik verimliliği artırma potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır. Lojistik merkezlerin etkin olduğu bölgelerde maliyetlerin azaldığı ve taşıma sürelerinin kısaldığı göz önüne alındığında, altyapı entegrasyonunun güçlendirilmesi Türkiye’nin ulaştırma politikalarında öncelikli bir hedef olmalıdır. Bu kapsamda, lojistik merkezler ile demiryolu hatları arasındaki bağlantılar yaygınlaştırılmalı ve özellikle Mersin–Konya ile Bandırma–Bursa–Osmaneli hatları gibi sanayi koridorlarını destekleyen projelere yatırım önceliği verilmelidir. Dijitalleşmenin sınırlı olduğu bölgelerde operasyonel verimlilik düşüklüğü dikkat çekmektedir; bu nedenle ulusal ölçekte bir e-lojistik bilgi platformunun kurulması, karayolu ve demiryolu taşımacılığının gerçek zamanlı izlenmesini sağlayarak taşıma süreçlerinin planlanabilirliğini artıracaktır. Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) altyapısının demiryolu ağına entegrasyonu, güzergâh planlamasında veri temelli karar mekanizmalarını güçlendirecek ve taşıma süreçlerinde önemli düşüşler yaratacaktır. Bununla birlikte, sistemler arası veri paylaşımını kolaylaştıracak ulusal bir lojistik veri standardının belirlenmesi, dijital entegrasyonun sürdürülebilirliğini sağlayacaktır. Karayolu–demiryolu geçişlerinin etkinliğini artırmak için multimodal taşıma sözleşmelerine yönelik yasal düzenlemelerin yapılması ve TCDD ile Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı arasında kurumsal koordinasyonun güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu noktada, özel sektör–kamu iş birlikleri (PPP modelleri) lojistik merkezlerin işletilmesinde aktif biçimde kullanılmalı; böylece altyapı yatırımlarının finansmanı çeşitlendirilmeli ve proje uygulama süreçleri hızlandırılmalıdır. Ayrıca, demiryolu taşımacılığının enerji verimliliği avantajı dikkate alınarak düşük karbon salımlı modları tercih eden işletmelere vergi indirimi, sigorta teşviki ve karbon kredisi desteği sağlanmalıdır. Elektrikli ve hibrit lokomotif yatırımlarının kamu teşvik programlarıyla desteklenmesi, Türkiye’nin 2053 Net Sıfır Emisyon hedeflerine ulaşmasını kolaylaştıracaktır. Bu doğrultuda karbon azaltımı sağlayan intermodal projelere yeşil finansman araçları üzerinden kaynak aktarılması da önem arz etmektedir. Bunun yanında, entegrasyonun yalnızca altyapı boyutuyla değil, insan kaynağı boyutuyla da güçlendirilmesi gerekmektedir. Üniversitelerde lojistik entegrasyon, akıllı taşımacılık ve sürdürülebilir ulaştırma alanlarında uzmanlaşmış lisansüstü programların yaygınlaştırılması; lojistik merkezlerde görev yapan personel için modlar arası operasyon yönetimi ve dijital lojistik uygulamaları konularında hizmet içi eğitimlerin düzenlenmesi önem taşımaktadır. Kamu ve özel sektör arasında bilgi paylaşımını artıracak ortak çalıştaylar, seminerler ve uygulamalı eğitim programları, Türkiye’nin karayolu–demiryolu entegrasyonunu destekleyen kurumsal kapasiteyi güçlendirecektir.

5.3. Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Bu çalışma, Türkiye’de karayolu ve demiryolu entegrasyonunun lojistik verimlilik üzerindeki etkilerini betimsel analiz yoluyla ortaya koymuştur. Ancak ulaştırma sistemlerinin giderek dijitalleştiği günümüz koşullarında, entegrasyonun ekonomik, çevresel ve teknolojik boyutlarını daha derinlemesine inceleyebilmek için ileri düzey yöntemlere ihtiyaç vardır.

Gelecekteki araştırmaların, öncelikle entegrasyonun ekonomik etkilerini ekonometrik modelleme veya panel veri analizi yöntemleriyle incelemesi önerilmektedir. Bu yaklaşım, taşıma maliyeti, teslim süresi, enerji tüketimi ve emisyon göstergeleri arasındaki ilişkileri istatistiksel olarak test etme olanağı sağlayacaktır.

Bunun yanında, çevresel kazanımların ölçülmesi amacıyla karbon emisyonlarının "CO₂e" cinsinden hesaplandığı yaşam döngüsü (LCA) analizleri yapılabilir. Bu tür hesaplamalar, intermodal taşımacılığın Türkiye’nin Net Sıfır hedeflerine sağlayacağı katkıyı sayısal olarak ortaya koyacaktır.

Ayrıca, dijitalleşmenin lojistik performans üzerindeki etkisini değerlendirmek için Lojistik Performans Endeksi (LPI) veya Dijital Entegrasyon Endeksi (DII) gibi uluslararası göstergelerden yararlanılarak çok değişkenli analizler gerçekleştirilebilir.

Türkiye’deki lojistik merkezlerin performanslarının Cobb–Douglas üretim fonksiyonu, Verimlilik Endeksi (TFP) veya Data Envelopment Analysis (DEA) yöntemleriyle ölçülmesi hem kamu hem özel sektör politikalarının optimizasyonu açısından önemli bilimsel katkılar sunacaktır.

Son olarak, gelecekteki çalışmaların bölgesel düzeyde saha verilerini içermesi entegrasyonun mekânsal etkilerini ortaya koymada değerli olacaktır. Böylece ulaştırma politikaları, yalnızca altyapı temelli değil, aynı zamanda veriye dayalı performans ölçümüne dayanan bir çerçeveye oturtulabilir.

5.4. Teşekkür

Yazar, çalışmanın yürütülmesi sürecinde katkılarından ötürü **Menşure Karakurt’a** teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

AKTAŞ, E., & YILMAZ, G. (2016). *Ulaştırma sistemlerinde entegrasyonun lojistik verimliliğe etkisi: Türkiye örneği*. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 45(2), 123–138.

ARSLAN, M. (2019). *Türkiye’de intermodal taşımacılığın gelişimi ve lojistik performansa etkisi*. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6(3), 255–274.

Avrupa Komisyonu. (2019). *Trans-European Transport Network (TEN-T) policy review report*. European Commission Directorate-General for Mobility and Transport. <https://transport.ec.europa.eu>

ÇELİK, H. (2018). *Demiryolu taşımacılığının sürdürülebilir ulaşım sistemlerindeki rolü*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(1), 85–94.

DEMİR, M. (2012). *Sürdürülebilir taşımacılıkta intermodal sistemlerin önemi*. Ulaştırma ve Lojistik Araştırmaları Dergisi, 3(2), 101–116.

DEMİRTAŞ, S. (2019). *Multimodal taşımacılıkta yönetim modelleri ve Türkiye uygulamaları*. Uluslararası Lojistik ve Ticaret Dergisi, 5(1), 44–59.

KARA, N. (2019). *Karayolu taşımacılığında maliyet yapısı ve rekabet faktörleri: Türkiye analizi*. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 18(36), 215–232.

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM). (2024). *Karayolu istatistikleri ve 2024 yılı otoyol raporu*. <https://www.kgm.gov.tr>

KAYA, E. (2017). *Entegre taşımacılık sistemlerinin lojistik etkinliğe katkısı*. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 19(2), 339–358.

ÖZDEMİR, A. (2020). *Dijital dönüşümün intermodal taşımacılığa etkisi: Avrupa deneyimi*. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 20(4), 475–496.

TCDD (Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları). (2023). *Faaliyet raporu 2023*. <https://www.tcdd.gov.tr>

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu). (2023). *Ulaştırma istatistikleri 2015–2023*. <https://data.tuik.gov.tr>

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB). (2024). *2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı*. Ankara: UAB Strateji Geliştirme Başkanlığı.

World Bank. (2023). *Logistics Performance Index 2023: Connecting to compete*. The World Bank Group. <https://lpi.worldbank.org>

YILDIRIM, F. (2018). *Türkiye’de ulaştırma modları arasındaki dengesizlik ve çözüm önerileri*. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 10(1), 99–115.

YILDIZ, B. (2020). *Intermodal taşımacılıkta verimlilik göstergeleri ve Türkiye uygulamaları*. Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Araştırmaları Dergisi, 6(2), 154–172.

YILMAZ, K. (2021). *Çin’in Kuşak ve Yol Girişimi kapsamında ulaştırma entegrasyonu stratejileri*. İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Dergisi, 71(2), 223–240.