

ÖZGÜN ARAŞTIRMA / ORIGINAL ARTICLE



Copyright@Author(s) - Available online at dergipark.org.tr/en/pub/igusbd.
Content of this journal is Licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (CC BY-NC-ND) International License.

Taşımacılıktan Kaynaklanan CO₂ Emisyonları ile Dış Ticaret Performansı Arasındaki İlişki: ARDL Yaklaşımı

The Relationship Between Transport-Related CO₂ Emissions and Foreign Trade Performance: An ARDL Approach

Uğur ERDOĞAN 

Öz

Amaç: Günümüzde uluslararası ticaret hacmindeki artış, ekonomik büyümeyi destekleyen temel bir unsur olarak değerlendirilirken, bu sürecin çevresel maliyetleri de giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Özellikle taşımacılık faaliyetleri, küresel karbon emisyonlarının önemli bir bileşeni hâline gelmiştir. Bu bağlamda, dış ticaret performansı ile taşımacılıktan kaynaklanan çevresel etkiler arasındaki ilişkinin incelenmesi, sürdürülebilir kalkınma politikaları açısından stratejik bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'nin dış ticaret performansı ile taşımacılıktan kaynaklanan karbondioksit (CO₂) emisyonları arasındaki ilişkiyi 2005–2023 dönemi için incelemeyi amaçlamaktadır.

Yöntem: İhracat ve dış ticaret oranı (ihracat/ithalat) değişkenlerinin taşımacılık kaynaklı CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi, zaman serisi analiz tekniklerinden biri olan Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) modeli aracılığıyla analiz edilmiştir. ADF birim kök testi sonuçları, değişkenlerin farklı bütünlüşme derecelerine sahip olduğunu I(0) ve I(1) ortaya koymuş; bu durumda ARDL analizi kullanılmıştır.

Bulgular: ARDL sınır testi sonuçlarına göre, değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünlüşme ilişkisi tespit edilememiştir. Ancak kısa dönemli analizlerde hem ihracat hem de dış ticaret oranının taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyonları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri olduğu belirlenmiştir. Özellikle ihracatın ve dış ticaret oranının hem cari hem de gecikmeli değerlerinin emisyon seviyelerini anlamlı biçimde etkilediği saptanmıştır. Ayrıca modelin tahmin sonuçları, serisel korelasyon, heteroskedastisite, normallik ve yapısal kırılma gibi varsayımları büyük ölçüde sağladığını göstermektedir.

Sonuçlar: Elde edilen bulgular, Türkiye'nin dış ticaret politikalarının çevresel sürdürülebilirlik ilkeleriyle bütünlüştür bir biçimde ele alınması gerektiğine işaret etmektedir. Bu doğrultuda, düşük karbonlu taşıma modlarının teşvik edilmesi, ihracat odaklı stratejilerde çevresel

Dr. Öğr. Üyesi, Selçuk Üniversitesi,
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
Uluslararası Ticaret ve Finansman
Bölümü, Konya, Türkiye.
✉ uerdogan@selcuk.edu.tr

Geliş/Received: 31.05.2025
Kabul/Accepted: 03.03.2026

Uğur ERDOĞAN, "The Relationship Between Transport-Related CO₂ Emissions and Foreign Trade Performance: An ARDL Approach", Istanbul Gelism University Journal of Social Sciences, 12 (4), Special Issue on Sustainability, 2026, pp. 1694-1706.

maliyetlerin dikkate alınması ve karbon fiyatlama mekanizmalarının dış ticaret politikalarına entegre edilmesi önerilmektedir. Bu çalışma, çevresel etkileri dikkate alan ticaret politikalarının geliştirilmesine yönelik ampirik bir katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Dış Ticaret, CO₂ Emisyonu, Sürdürülebilirlik, ARDL Modeli, İhracat, Taşımacılık

Abstract

Purpose: While the increasing volume of international trade is considered a key driver of economic growth today, the environmental costs associated with this process have become increasingly significant. In particular, transportation activities have emerged as a major contributor to global carbon emissions. In this context, examining the relationship between foreign trade performance and the environmental impacts stemming from transportation has become a strategic necessity for sustainable development policies. This study aims to investigate the relationship between Turkey's foreign trade performance and transport-related carbon dioxide (CO₂) emissions for the period 2005–2023.

Method: The impact of export and foreign trade ratio (export/import) variables on transport-related CO₂ emissions was analyzed using the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model, one of the time series analysis techniques. The ADF unit root test results indicated that the variables have different integration orders (I(0) and I(1)), justifying the use of the ARDL approach.

Findings: According to the ARDL bounds test results, no long-term cointegration relationship was found among the variables. However, the short-term analysis revealed that both export and foreign trade ratio have statistically significant effects on transport-related CO₂ emissions. In particular, both the current and lagged values of export and foreign trade ratio were found to significantly affect emission levels. Moreover, the model estimation results largely satisfied the assumptions of serial correlation, heteroskedasticity, normality, and structural stability.

Conclusion: The findings suggest that Turkey's foreign trade policies should be integrated with environmental sustainability principles. Accordingly, it is recommended to promote low-carbon transport modes, account for environmental costs in export-oriented strategies, and incorporate carbon pricing mechanisms into trade policies. This study provides an empirical contribution to the development of trade policies that consider environmental impacts.

Keywords

Foreign Trade, CO₂ Emissions, Sustainability, ARDL Model, Export, Transportation

Giriş

Günümüzde ekonomik büyüme ve dış ticaret performansı, ülkelerin kalkınma süreçlerinde belirleyici unsurlar arasında yer almaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkeler için ihracat odaklı stratejiler daha çok ön plana çıkmaktadır. Bu doğrultuda küresel ticaret ile birlikte artan ekonomik faaliyetlerin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri giderek daha fazla sorgulanmaktadır. Sanayi üretimi, tüketim alışkanlıkları ve uluslararası lojistik faaliyetler, artan karbon salımı yoluyla çevre üzerinde olumsuz sonuçlara ortaya çıkarmakta ve küresel iklim değişikliği sürecini derinleştirmektedir. Bu bağlamda, dış ticaret faaliyetlerinin çevresel maliyetlerinin ölçülmesi ve sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle ne ölçüde uyumlu olduğunun belirlenmesi, çevre-ekonomi etkileşiminin incelenmesi suretiyle literatürde önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir.

Taşımacılık sektörü, dış ticaretin gerçekleştirilmesinde vazgeçilmez bir unsur olmakla birlikte, aynı zamanda önemli bir karbon emisyonu kaynağıdır. Türkiye gibi dışa açık ve ihracat odaklı büyüme modelini benimsemiş ülkelerde, taşımacılığa dayalı karbon emisyonlarının yıllar içindeki seyri, dış ticaretin çevresel boyutunun analiz edilmesini gerekli kılmaktadır. Bununla birlikte, emisyonların yalnızca ekonomik büyüme veya sanayi üretimi ile değil, örneğin ihracat ve ithalat, dış ticaret dengesi gibi doğrudan dış ticaret göstergeleriyle de yakından ilişkili olduğu yönünde bulgular artmaktadır.

Ancak bu ilişki, zamansal değişkenlikler, ticaret politikalarının dönüşümü ve taşıma modlarındaki farklılıklar nedeniyle oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir.

Mevcut literatürde dış ticaret, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkileri inceleyen çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte, bu çalışmaların önemli bir kısmı toplam karbon emisyonlarını esas almakta veya taşımacılık sektörünü ayrı bir analitik çerçevede ele almamaktadır. Oysa taşımacılık faaliyetleri, dış ticaretin gerçekleşmesinde doğrudan rol oynayan ve karbon emisyonları açısından kritik öneme sahip bir sektördür. Bu nedenle, dış ticaret göstergeleri ile özellikle taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin kısa ve uzun dönemli etkileriyle birlikte incelenmesi, literatürde önemli bir boşluk olduğunu göstermektedir. Türkiye gibi dış ticarete dayalı büyüme stratejisi izleyen ve taşımacılık faaliyetlerinde büyük ölçüde karayoluna bağımlı olan bir ekonomi açısından bu boşluğun giderilmesi, hem akademik literatür hem de sürdürülebilirlik temelli politika tartışmaları açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışma, Türkiye'nin taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyonlarının dış ticaret performansı çerçevesinde nasıl şekillendiğini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, 2005–2023 dönemi için ihracat ve dış ticaret oranı (ihracat/ithalat) değişkenleri ile taşımacılık kaynaklı CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiler, zaman serisi analizine dayalı olarak Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) modeli ile analiz edilmiştir. Çalışmada hem kısa hem de uzun dönemli etkiler dikkate alınmış, dış ticaret değişkenlerinin taşımacılık emisyonları üzerindeki etkileri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bu yönüyle araştırma, dış ticaretin çevresel maliyetlerini analiz eden sınırlı sayıda çalışmaya katkı sağlamayı ve politika yapıcılara sürdürülebilir uluslararası ticaret stratejileri geliştirme konusunda bir çerçeve sunmayı hedeflemektedir.

Literatür İncelemesi

Günümüzde insanlığı tehdit eden en önemli çevresel sorunlardan biri, küresel sıcaklıkların giderek yükselmesidir. Bu sorunun temelinde ise, atmosferdeki karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazlarının yoğunluğunda meydana gelen artış yer almakta olup, söz konusu gazlar iklim değişikliğinin başlıca tetikleyicileri arasında gösterilmektedir (Majumder vd., 2022). CO₂ emisyonu, karbon dioksit gazının atmosfere salınmasını ifade etmekte olup, başta fosil yakıtların yakılması olmak üzere, endüstriyel üretim süreçleri, ormansızlaşma ve tarımsal faaliyetler gibi çeşitli insan kaynaklı faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Son yıllarda CO₂ emisyonlarında gözlemlenen artış ve bu artışın yol açtığı olumsuzluklar, dünya genelinde işletmeler, sanayi kuruluşları ve politika yapıcılar açısından giderek daha kritik bir mesele haline gelmektedir. Küresel ısınmanın ivme kazanması, çevre üzerinde ciddi etkiler yaratan CO₂ emisyonlarına yönelik ilgiyi artırmış ve bu konuda alınması gereken önlemleri gündeme taşımıştır (Göv ve Kaya, 2023).

Tedarik zinciri ve lojistik süreçlerin temel bileşenlerinden biri olan taşımacılık sektörü, tarihsel süreç boyunca dünya genelinde ekonomik faaliyetlerin ayrılmaz ve vazgeçilmez bir unsuru olmuştur. Gerek hammaddelerin üretim merkezlerine ulaştırılmasında gerekse de üretim tesislerinde imal edilen ürünlerin son kullanıcıya aktarılmasında taşımacılık faaliyetleri ekonomik sistemin işleyişine önemli katkılar sunmaktadır. Küreselleşme ile birlikte ülkeler arasındaki uluslararası ticaret hacminin artmasıyla beraber dünya genelinde taşımacılık faaliyetleri de sürekli artmaktadır. Ayrıca, ulusal ve uluslararası düzeyde insan hareketliliğinin sağlanmasında da merkezi bir rol oynamakta olan bu sektör, ekonomik kalkınma açısından stratejik bir öneme sahiptir.

Uluslararası ticaret alanında ve bununla birlikte taşımacılıkta meydana gelen artış karbon emisyonlarının yükselmesine yol açmaktadır (Topallı, 2017). Karbon ayak izinin azaltılması açısından köklü dönüşümlere ihtiyaç duyulan alanlardan biri olarak öne çıkan lojistik ve taşımacılık sektörü, uluslararası düzeyde çevresel sürdürülebilirlik hedeflerinin merkezinde yer almaktadır. Bu bağlamda, Avrupa Birliği başta olmak üzere birçok ülke, taşımacılıktan kaynaklanan emisyonları azaltmaya yönelik önemli politikalar ve stratejik hedefler belirlemiştir. Bu kapsamda Avrupa Birliği 2050 yılına kadar ulaşım kaynaklı karbon emisyonlarını %60 oranında düşürmeyi hedeflemektedir (Liljestrand vd., 2015).

Uluslararası ticaretin ivme kazanması, sadece ekonomik büyümeyi desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda gelişmekte olan ülkelerde yoğun enerji tüketimini ve buna bağlı olarak karbon emisyonlarında artışı da beraberinde getirmektedir (Weber vd., 2008). Karbondioksit (CO₂), toplam

sera gazı emisyonları içerisinde yaklaşık %70'lik bir paya sahiptir. Atmosfere salındıktan sonra ise 5 yıldan 200 yıla kadar değişen sürelerle atmosferde kalıcılığını sürdürebilmektedir (Yılmaz ve Karabiber, 2022).

Avrupa'da yük taşımacılığına ilişkin karbon yoğunluğunun 2050 yılına kadar 2015 seviyesinin altıda birine düşürülmesi hedeflenmekte olup, bu dönemde kara yolu taşımacılığının iki katına çıkması beklenmektedir. Ancak son otuz yılda, Avrupa genelinde ulaştırma kaynaklı emisyonlarda %23'ün üzerinde bir artış yaşanmış ve bu artışın yaklaşık %95'i kara yolu taşımacılığından kaynaklanmıştır (Enzmann ve Ringel, 2020).

Uluslararası taşımacılıktan kaynaklanan emisyonların hangi ülkeye atfedileceği, genellikle üretim veya tüketim temelli sorumluluk anlayışına göre belirlenmektedir. Bu çerçevede, emisyonların sorumluluğu ya malı üreten (ihracatçı) ülkeye ya da malı tüketen (ithalatçı) ülkeye ait olmaktadır. Üretim temelli yaklaşıma göre, uluslararası taşımacılık hizmetlerini kullanarak ürün ihraç eden ülkeler bu faaliyetler sonucu ortaya çıkan CO₂ emisyonlarından sorumlu kabul edilirken; tüketim temelli yaklaşıma göre, bu hizmetleri kullanarak ürün ithal eden ülkeler söz konusu emisyonların sorumluluğunu taşımaktadır (Yoon vd., 2018).

Gurtu ve arkadaşları (2017), işletmelerin tedarik süreçlerinde uluslararası ticarete bağlı taşımacılık kaynaklı CO₂ emisyonlarını göz önünde bulundurmasının gerekliliğine dikkat çekmekte ve bu emisyonların ulusal taşımacılık emisyon envanterleri üzerindeki potansiyel etkilerinin incelenmesinin önemini vurgulamaktadır. Janic ve Vleugel (2012), Avrupa koridorunda kara yolu taşımacılığı yerine demir yolu yük taşımacılığı kullanımının çevresel etkilerini değerlendirmiş ve bu geçişin sera gazı emisyonlarını azaltma açısından özellikle olumlu sonuçlar doğurduğunu tespit etmiştir.

Farhani ve arkadaşları (2014), Tunus'un 1971–2008 dönemine ait karbon emisyonu, dış ticaret, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme verilerini kullanarak, bu değişkenler arasındaki ilişkileri ARDL modeli aracılığıyla analiz etmiştir. Elde edilen bulgular, söz konusu değişkenler arasında uzun vadeli bir ilişki bulunduğunu ve bu ilişkinin çift yönlü nedensellik taşıdığını ortaya koymaktadır.

Anatasia (2015), Tayland ve Malezya için 1978–2008 dönemine ait gayrisafi yurt içi hasıla (GSYİH), enerji tüketimi, ihracat ve karbon emisyonu verilerini kullanarak söz konusu değişkenler arasındaki ilişkileri analiz etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Tayland'da ihracat ve GSYİH'den, karbon emisyonu ile enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Malezya açısından ise, enerji tüketimi ve ihracattan karbon emisyonuna doğru yine tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

He ve arkadaşları (2017), küresel ölçekte yeşil ve düşük karbonlu kalkınma yaklaşımının önem kazandığını belirtmektedir. Çalışma, Çin'de düşük karbonlu lojistik uygulamalarının, net bir stratejik çerçevenin ve etkin performans ölçüm sistemlerinin eksikliği nedeniyle sınırlı kaldığını ortaya koymaktadır.

Tedarik ve taşımacılık faaliyetleri, tedarik zinciri süreçleri içerisinde en yüksek karbon emisyonuna yol açan operasyonlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, Kaur ve Singh (2017), çevresel sürdürülebilirliği esas alan bir tedarik ve lojistik modeli geliştirmiştir. Ancak, söz konusu çalışmanın karbon lojistik emisyonlarına ilişkin değerlendirmelerinin tek boyutlu olduğu görülmektedir. Bu eksiklikten yola çıkan mevcut çalışma, ilgili literatürü tarayarak ve uluslararası ticaret dinamiklerini dikkate alarak lojistik karbon emisyonları modelini daha kapsamlı ve optimize edilmiş bir yapıya kavuşturmayı amaçlamaktadır.

Mania (2020), 1995–2013 döneminde 98 ülkeye ait verilerle ihracat çeşitlendirmesinin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini Çevresel Kuznets Eğrisi çerçevesinde incelemiştir. GMM ve PMG yöntemleriyle elde edilen bulgular, EKC hipotezinin geçerli olduğunu ve ihracat çeşitlendirmesinin emisyonları artırıcı etki yarattığını göstermektedir. Bu sonuçlar, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ihracat stratejilerinin çevresel sürdürülebilirlik boyutunun dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir.

Bin ve arkadaşları (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Çin'deki meyve ve sebzelerin soğuk zincir lojistiği süreçlerinde ortaya çıkan karbon ayak izi, yaşam döngüsü değerlendirme (LCA) yöntemiyle analiz edilmiştir. Yapılan çalışmada, 1 kilogram meyve ve sebzeye ilişkin toplam karbon emisyonunun yaklaşık %82'sinin taşıma ve lojistik süreçlerinden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Stojanović ve arkadaşları (2021), uluslararası ticarete bağlı taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyonlarının değerlendirilmesinde lojistik sorumluluk yaklaşımını ele almıştır. Çalışmada, mevcut emisyon hesaplama yöntemlerinin ticaretin çevresel etkilerini yeterince yansıtmadığı belirtilerek, Incoterms kurallarına dayalı bir “Taşımacılık Emisyonları Sorumluluk Endeksi” önerilmiştir. Geliştirilen yaklaşım, ülkelerin ticarete bağlı taşımacılık emisyonlarındaki sorumluluklarını daha açık biçimde ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Mundaca ve arkadaşları (2021) ABD’ye yönelik ithalat verileri kullanılarak yapılan analizde, deniz taşımacılığındaki sıkı emisyon kısıtlamalarının, daha yüksek karbon yoğunluğuna sahip hava taşımacılığına kayma riskini artırdığını göstermektedir. Bu durumun, toplam taşımacılığa bağlı CO₂ emisyonlarında kısa vadede artışa neden olabileceği belirtilmektedir. Ayrıca, deniz taşımacılığında hız azaltımı gibi önlemler, taşıma kapasitesini düşürerek tüketici refahında azalmaya yol açabilmektedir. Çalışma, bu tür düzenlemelerin sektörel etkilerini değerlendirerek, daha dengeli ve etkili çevre politikalarının geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Gola ve Noussia (2022), karbon yakalama ve depolama (CCS) teknolojilerinin uluslararası düzeyde uygulanmasında karşılaşılan düzenleyici sorunları incelemiştir. Çalışma, CO₂’nin sınır ötesi taşınması ve depolanmasına ilişkin mevcut uluslararası düzenlemelerin yetersiz kaldığını ve bu durumun CCS uygulamalarının yaygınlaşmasını sınırladığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle, CCS’nin etkin biçimde uygulanabilmesi için uluslararası iş birliğine dayalı uyumlu düzenleyici çerçevelerin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Liu ve arkadaşları (2023), COVID-19 pandemisinin küresel ticaretle ilişkili karbon emisyonları üzerindeki etkisini incelemiştir. Bulgular, pandemi sürecinde toplam karbon emisyonlarının azalmasına rağmen, ihracat kaynaklı emisyonların büyük ölçüde değişmediğini göstermektedir. Bu durum, sürdürülebilir ticaret politikalarının önemini ortaya koymaktadır.

Faria ve arkadaşları (2023) tarafından yürütülen araştırma ihracat ve ithalat teşviklerinin Brezilya ve diğer birçok bölgede emisyonları artıracaklarını göstermektedir. Bu artışın başlıca nedenleri arasında, enerji ürünlerini yoğun şekilde ara girdi olarak kullanan sektörlerdeki ekonomik faaliyet seviyesinin yükselmesi ve yabancı ürünlerin görece ucuzlamasıyla Brezilya’nın enerji girdilerini daha kolay temin etmesi yer almaktadır.

Wang ve Li (2024), Çin’de 282 kente ait 2010–2016 dönemi verilerini kullanarak ithalat ve ihracatın karbon emisyonları üzerindeki etkisini mekânsal ekonometrik yöntemlerle analiz etmiştir. Bulgular, ithalatın yerel karbon emisyonlarını azaltıcı, ihracatın ise artırıcı etki yarattığını göstermektedir.

Yıldırım ve arkadaşları (2024) yürütülen araştırma, deniz taşımacılığının çevresel etkilerini inceleyerek, konteyner limanı hacimleri ile karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, 2000–2020 yılları arasında seçilen ülkelerin konteyner limanı yük hacmi verileri ile karbondioksit (CO₂) emisyon düzeyleri panel veri analizine tabi tutulmuştur. Araştırma sonucu konteyner limanı hacmindeki artış ile karbon emisyonları arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur.

Turgut ve Demir (2024) tarafından yapılan çalışmada uluslararası ticarete sürdürülebilir taşıma modu seçiminde en önemli kriterin maliyet olduğu belirlenmiş, bunu zaman ve mesafe takip etmiştir. Buna karşılık, yeşil operasyonlar ve çevresel-sosyal yetkinlikler en az önem verilen kriterler olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar, işletmelerin çevresel faktörlere yeterince önem vermediğini ve ekonomik kriterlerin öncelikli olduğunu ortaya koymaktadır.

Mal ve hizmet ihracatı, ekonomik büyümeyi destekleyen temel unsurlardan biri olmakla birlikte, çevresel etkileri açısından da özellikle karbon emisyonları bağlamında önemli sonuçlar doğurabilmektedir. Asya ülkelerinin dış ticaret yapıları incelendiğinde, ihracat ve ithalat arasındaki dengenin, bazı ülkelerde CO₂ emisyon seviyelerinde kayda değer farklılıklar yarattığı gözlemlenmiştir (Voumik vd., 2023).

Al Shammre (2024), Suudi Arabistan’da ulaştırma sektörüne ilişkin karbon emisyonlarının belirleyicilerini incelemiştir. 1980–2020 dönemine ait zaman serisi verilerine dayanan bulgular, yenilenemez enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını artırdığını, yenilenebilir enerji kullanımının ise emisyonları azaltıcı yönde etkilediğini göstermektedir. Ekonomik büyüme ve dış ticaret açıklığının emisyonlar üzerindeki etkilerinin ise dönemsel olarak farklılaştığı tespit edilmiştir.

Shaheen ve arkadaşları (2025) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 2011–2020 dönemine ait 30 ülkeyi kapsayan veri seti üzerinden, ihracata dayalı küresel taşımacılık faaliyetlerinde nüfus artışının CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi incelenmektedir. Panel veri analizinde CIPS, CADF, Kao ve Pedroni eşbütünleşme testleri ile GMM yöntemleri kullanılarak yapılan analizlerde, ihracata yönelik üretim ve taşımacılık faaliyetlerinin artan enerji tüketimi aracılığıyla CO₂ emisyonlarını anlamlı şekilde artırdığı tespit edilmiştir.

Literatürde yer alan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde dış ticaret, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasındaki ilişkilerin farklı ülke ve dönemler için yaygın biçimde incelendiği görülmektedir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmaların büyük bir kısmı toplam CO₂ emisyonlarını esas almakta, taşımacılık sektörünü dış ticaretle doğrudan ilişkilendiren ampirik analizler ise sınırlı kalmaktadır. Özellikle Türkiye için dış ticaret performansını ihracat ve dış ticaret oranı gibi göstergeler üzerinden ele alarak taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyonları ile olan ilişkisini zaman serisi yöntemleriyle inceleyen çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Ayrıca mevcut literatürde değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli etkilerin birlikte değerlendirildiği ve dönemsel dinamiklerin analiz edildiği çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Bu çalışma, dış ticaret göstergeleri ile taşımacılık kaynaklı CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi Türkiye örneğinde kısa ve uzun dönem ayrımıyla ele alarak, literatürdeki bu boşluğu doldurmayı ve ilgili tartışmalara özgün bir katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Yöntem

Bu çalışmada, taşımacılıktan kaynaklanan karbon emisyonlarının belirleyicileri arasında yer alan Türkiye'ye ait ihracat ve dış ticaret oranı ile olan ilişkiler zaman serisi veri seti kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti, Türkiye'ye ait 2005–2023 dönemini kapsayan yıllık zaman serisi verilerinden oluşturulmuştur. İlgili verilere TÜİK ile Dünya Bankası veri tabanlarından ulaşılmıştır. Zaman serisi analizlerinde, değişkenlerin durağanlık düzeyleri model seçimi açısından kritik önem taşımaktadır. Bu kapsamda yapılan Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi sonuçlarına göre; bağımlı değişken olan CO₂ emisyonları ile bağımsız değişkenlerden ihracat değişkeni birinci farkta durağan (I(1)), dış ticaret oranı ise düzeyde durağan (I(0)) olarak belirlenmiştir. Değişkenlerin farklı bütүнleşme derecelerine sahip olması (I(0) ve I(1)) klasik eşbütünleşme analizlerinin uygulanabilirliğini kısıtladığından, bu tür heterojen yapılarla çalışabilen ve uzun ile kısa dönem ilişkilerini birlikte modelleyebilen Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) yaklaşımı tercih edilmiştir.

Bu çalışmada model, dış ticaret performansını temsil eden ihracat ve dış ticaret oranı (ihracat/ihtalat) değişkenleri üzerinden kurgulanmıştır. Değişken seçimi, çalışmanın temel amacına uygun olarak dış ticaret faaliyetlerinin taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyonları üzerindeki doğrudan etkisini incelemeye odaklanmaktadır. Bu nedenle literatürde sıklıkla kullanılan enerji tüketimi, gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH), petrol fiyatları veya nüfus gibi makroekonomik değişkenler modele dâhil edilmemiştir. Söz konusu değişkenlerin dış ticaret ile CO₂ emisyonu ilişkisini dolaylı olarak etkileyebileceği dikkate alınarak bu çalışmada modelin yalınlığını ve doğrudan ilişkiyi ortaya koyma gücünü korumak amacıyla analiz kapsamı sınırlandırılmıştır.

Pesaran ve arkadaşları (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi yöntemi, farklı durağanlık düzeylerinde olan değişkenlerle analiz yapılmasına olanak tanınması ve küçük örneklemle dahi güvenilir sonuçlar sunabilmesi açısından literatürde yaygın biçimde tercih edilmektedir. Ayrıca, ARDL modeli gecikme yapılarını dikkate alarak hem bağımlı hem de bağımsız değişkenlerin geçmiş değerlerinin etkisini değerlendirebilmekte ve bu sayede nedensel ilişkilerin daha ayrıntılı biçimde ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır.

Tablo 1. Değişkenlere ait bilgiler

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
Ihracat	Milyar Dolar	TÜİK
Dış Ticaret Oranı	Oran	TÜİK
Taşımacılık Kaynaklı CO ₂	Milyon Ton	Dünya Bankası

Çalışma kapsamında bağımlı değişken olan taşımacılık kaynaklı CO₂ emisyonları ile ihracat ve dış ticaret oranı (ihracat / ithalat) arasındaki kısa dönem ilişkileri analiz etmek amacıyla Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) modeli uygulanmıştır. Modelinin genel biçimi aşağıdaki gibidir:

$$CO2TR_t = \alpha^0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i CO2TR_{t-i} + \sum_{j=0}^{q_1} \beta_j EXP_{t-j} + \sum_{k=0}^{q_2} \gamma_k TradeRatio_{t-k} + \varepsilon_t$$

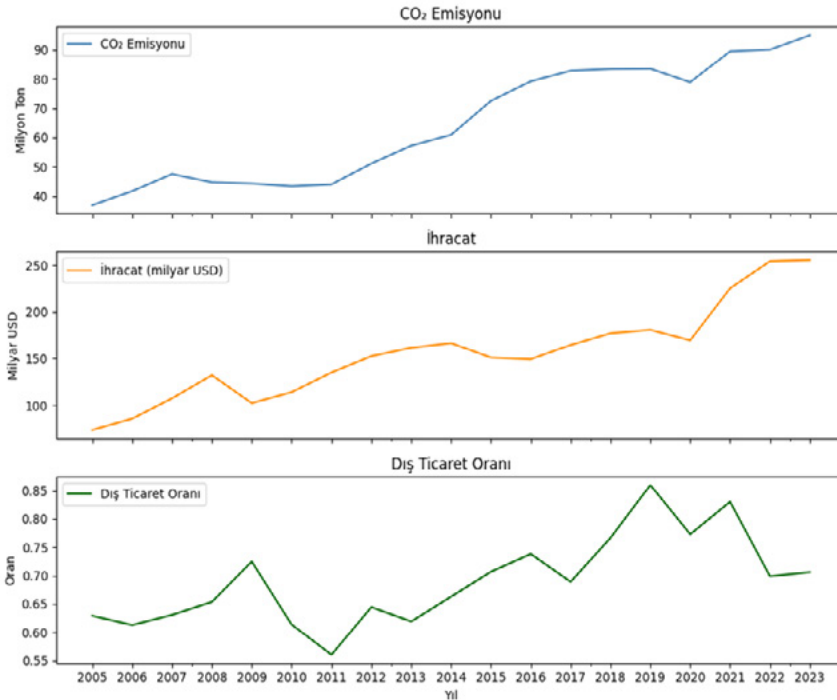
Burada;

- CO2TR: Taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyonlarını,
- EXP: İhracatı,
- TradeRatio: İhracat/İthalat oranını,
- $\alpha_i, \beta_j, \gamma_k$: Katsayıları,
- p, q_1, q_2 : gecikme uzunluklarını
- ε_t : Hata terimini temsil etmektedir.

Model, kısa dönem dinamikleri tahmin etmekle kalmayıp, eşbütünleşme testi ile uzun dönem denge ilişkilerinin varlığını da sınavabilmektedir. Bu kapsamda ilk olarak değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olup olmadığı test edilmiş, ardından varsa bu ilişkinin katsayıları, yoksa kısa dönem etkiler modellenmiştir.

Bulgular

Şekil 1’de CO₂ emisyonu, ihracat ve dış ticaret oranının yıllar içindeki seyri sunulmuştur. CO₂ emisyonlarının ve ihracat değerlerinin yıllar içerisinde istikrarlı biçimde artış gösterdiği gözlenmektedir. Özellikle 2015 sonrası bu artış hız kazanmıştır. Bu durum, ihracata dayalı ekonomik büyümenin taşımacılık faaliyetlerini artırarak emisyonlar üzerinde baskı oluşturduğunu göstermektedir. Dış ticaret oranı ise dalgalı bir seyir izlemekte olup, 2019 yılında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. 2020 yılında dış ticaret ve CO₂ emisyonlarındaki artışın sınırlı kalması, pandemi süreciyle birlikte ihracat ile taşımacılık hacmindeki daralma ve lojistik faaliyetlerdeki geçici yavaşlamalarla açıklanabilir. Bu grafiksel eğilimler, ekonomik faaliyetlerdeki artışın ve dış ticaret yapısının taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyonları üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.



Şekil 1. Türkiye’nin Taşımacılık Kaynaklı CO₂ Emisyonu, İhracat ve Dış Ticaret Oranı Zaman Serileri (2005–2023)

Birim Kök Testi Sonuçları

Zaman serisi analizlerinde, değişkenlerin durağan olup olmadığının belirlenmesi model seçimi açısından kritik öneme sahiptir. Durağan olmayan seriler, yanlış modellemeye ve yanıltıcı sonuçlara yol açabileceğinden, serilerin düzeyde mi yoksa fark alındıktan sonra mı durağanlaştığı dikkatle incelenmelidir. Bu kapsamda, çalışmada kullanılan CO₂ emisyonları (CO2TR), ihracat (EXP) ve dış ticaret oranı (TradeRatio) değişkenlerinin durağanlık düzeylerini belirlemek amacıyla Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre, CO₂ emisyonları (CO2TR) ve ihracat (EXP) değişkenleri düzeyde durağan değildir ancak birinci farkları alındığında durağan hale gelmiştir (I(1)). Öte yandan, dış ticaret oranı (TradeRatio) değişkeni düzeyde durağan bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, değişkenlerin farklı bütünleşme düzeylerinde (I(0) ve I(1)) olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, farklı bütünleşme seviyelerine sahip değişkenlerle çalışabilen ve uzun/kısa dönem ilişkilerini birlikte modelleyebilen ARDL yöntemi tercih edilmiştir. Zira klasik eşbütünleşme analiz yöntemleri, yalnızca aynı derecede bütünleşik serilerle uygulanabilirken, ARDL modeli bu kısıtı aşmakta ve daha esnek bir uygulama alanı sunmaktadır (Pesaran et al., 2001). ARDL yöntemi, diğer eşbütünleşme analizleriyle karşılaştırıldığında, özellikle küçük örneklem ve değişkenlerin farklı düzeylerde durağanlık göstermesi durumlarında daha güvenilir ve sağlam sonuçlar üretebilmektedir (Akel ve Gazel, 2014). ADF testine dayalı durağanlık analizi, model seçiminin ve tahmin sürecinin ilk adımı olup, elde edilen sonuçlar ARDL modelinin teorik ve istatistiksel olarak uygun bir yöntem olduğunu desteklemektedir.

Tablo 2. ADF Birim Kök Test Sonuçları

Değişken	Düzy ADF İstatistiği	Düzy p-değeri	Düzyde Durağanlık	1. Fark ADF İstatistiği	1. Fark p-değeri	1. Farkta Durağanlık
CO ₂ Emisyonları (CO2TR)	0.7246	0.9903	Hayır	-3.8398	0.0025	Evet
İhracat (EXP)	-0.3591	0.9167	Hayır	-3.9363	0.0018	Evet
Dış Ticaret Oranı (TradeRatio)	-3.6525	0.0048	Evet	—	—	—

ARDL Yöntemi Sonuçları

Çalışmada bağımlı değişken olan taşımacılık kaynaklı CO₂ emisyonları ile bağımsız değişkenler olan ihracat ve dış ticaret oranı arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığını test etmek amacıyla ARDL sınır testi uygulanmıştır. Sam ve arkadaşları (2019), geleneksel ARDL yaklaşımını geliştirerek, bağımsız değişkenlerin gecikmeli düzey değerlerine yönelik ilave bir F testi önermiştir. Bu katkı, modelin uzun dönemli ilişkilere dair daha hassas sonuçlar üretmesine olanak sağlamaktadır. Hesaplanan F-istatistiği 2.454 olup, bu değer bağımsız değişken sayısının iki (k=2) olduğu durumda kullanılan kritik değerlere göre değerlendirilmiştir. Pesaran vd. (2001) tarafından önerilen kritik değerlere göre %10 anlamlılık düzeyinde alt sınır değeri 2.45, üst sınır değeri ise 3.52 olarak belirlenmiştir. F-istatistiği bu aralıkta alt sınır değerini hemen altında (2.454<2.45) kaldığından, H₀ hipotezi reddedilememektedir. Buna göre bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığından söz edilemez. Uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilememesi, dış ticaret faaliyetleri ile taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin iktisadi açıdan kalıcı bir denge yapısı sergilemediğini göstermektedir. Bu durum, analiz döneminde yaşanan küresel ve ulusal ekonomik şoklar, COVID-19 Pandemisi ile ticaret ve taşımacılık yapısında meydana gelen yapısal değişimlerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, lojistik süreçlerdeki teknolojik gelişmeler ve enerji verimliliğini artırmaya yönelik uygulamalar, ihracat artışının emisyonlar üzerindeki uzun dönemli etkisini sınırlamaktadır. Bu sonuç doğrultusunda, modelde yer alan değişkenler arasındaki ilişkiler yalnızca kısa dönemli etkileşimler üzerinden değerlendirilmiştir.

Çalışmada CO₂ emisyonları üzerine etkili olan değişkenlerin kısa dönemli ilişkilerini belirlemek amacıyla ARDL (2,2,1) modeli kullanılmış ve standart hatalar, serisel korelasyon ve heteroskedastisiteye karşı dayanıklı hale getirilmek üzere HAC (Newey-West) yöntemiyle düzeltilmiştir. Modelin belirleyicilik katsayısı oldukça yüksektir (R² = 0.976) ve model genel olarak anlamlıdır (F = 511.7; p < 0.001).

Gecikmeli CO₂ emisyonları (CO2TR_L1 ve CO2TR_L2), ihracat (EXP_L0, EXP_L1, EXP_L2) ve dış ticaret oranı (TR_L0 ve TR_L1) değişkenleri modele dahil edilmiştir. Buna göre, CO₂ emisyonlarının bir önceki yıl değeri pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($\beta = 1.1072$, $p < 0.001$), ikinci gecikmesi ise negatif ve anlamlıdır ($\beta = -0.3398$, $p = 0.001$). Cari yıl ihracatı (EXP_L0) emisyonları artırmakta ($\beta = 0.0991$, $p = 0.038$), bir yıl önceki ihracat azalma yönlü etkide bulunmakta ($\beta = -0.1137$, $p = 0.018$) ve iki yıl gecikmeli ihracat değeri pozitif ve yüksek anlamlılık göstermektedir ($\beta = 0.1473$, $p = 0.001$).

Ayrıca, dış ticaret oranı cari yılda CO₂ emisyonlarını anlamlı biçimde artırmaktadır ($\beta = 32.1185$, $p = 0.013$), ancak bir yıl gecikmeli değeri bu etkiyi tersine çevirmektedir ($\beta = -35.8987$, $p = 0.002$).

Tablo 3. ARDL (2,2,1) Modeline Ait Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı (β)	HAC Std. Hata	t-değeri	p-değeri
Sabit	-0.4408	6.992	-0.063	0.951
CO2TR_L1	1.1072	0.071	15.652	<0.001***
CO2TR_L2	-0.3398	0.074	-4.618	0.001**
EXP_L0	0.0991	0.041	2.434	0.038*
EXP_L1	-0.1137	0.040	-2.878	0.018*
EXP_L2	0.1473	0.029	5.027	0.001**
TR_L0	32.1185	10.332	3.109	0.013*
TR_L1	-35.8987	8.011	-4.481	0.002**

Not: Model, HAC (White-Huber) düzeltilmeli standart hatalarla tahmin edilmiştir. Anlamlılık düzeyleri:

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$.

Modelin varsayımlarının geçerliliğini değerlendirmek amacıyla çeşitli tanısal testler uygulanmıştır. Otokorelasyon varlığına ilişkin bilgi edinmek için kullanılan Durbin-Watson testi sonucunda istatistik değeri 2.735 olarak bulunmuştur. Bu değer, artıklar arasında anlamlı bir serisel bağımlılığın olmadığını göstermektedir.

White heteroskedastisite testi sonuçlarına göre, modelde değişen varyans problemi bulunmamaktadır ($p = 0.3856 > 0.05$). Ayrıca, modelin fonksiyonel formunun doğruluğunu test etmek amacıyla uygulanan Ramsey RESET testi, modelin doğru şekilde belirtildiğini ortaya koymaktadır ($p = 0.9173 > 0.05$).

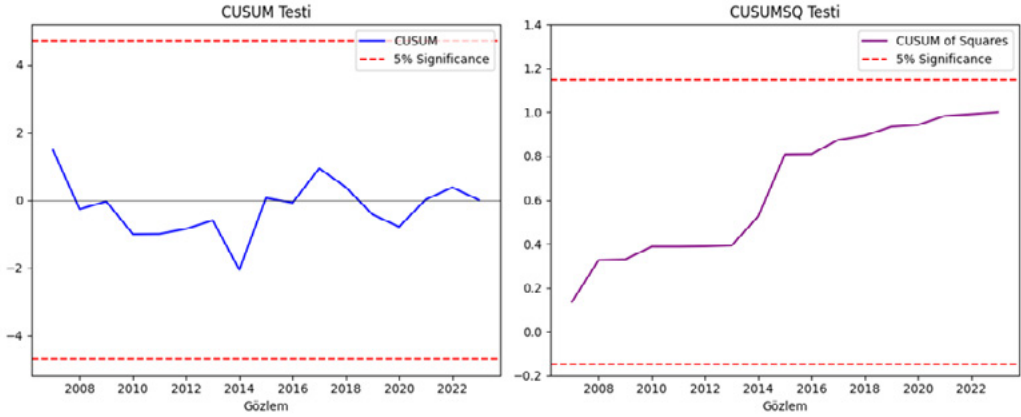
Son olarak, artıkların normal dağılıma uygunluğunu değerlendirmek amacıyla yapılan Jarque-Bera testi sonucunda da normal dağılıma aykırı bir durum tespit edilmemiştir ($p = 0.881$). Bu testlerin sonuçları, kurulan ARDL modelinin temel varsayımları büyük ölçüde sağladığını ve elde edilen tahmin sonuçlarının geçerliliğini desteklediğini göstermektedir.

Tablo 4. Tanısal Test İstatistikleri

Test Adı	Test İstatistiği	p-değeri
Durbin Watson Testi	2.735	-
White Heteroskedastisite Testi (LM)	17.0000	0.3856
Ramsey RESET Testi	0.0115 (F)	0.9173
Jarque-Bera Normallik Testi	0.254	0.881

Modelin yapısal istikrarını değerlendirmek amacıyla CUSUM ve CUSUM of Squares (CUSUMSQ) testleri uygulanmıştır. Bu testler, tahmin edilen regresyon modelinin zaman içinde parametrelerinin sabit kalıp kalmadığını ve yapısal bir kırılma olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır. Ancak, çalışmada kullanılan model HAC (White-Huber) düzeltilmeli olduğu için bu testler doğrudan uygulanamamaktadır. Bu nedenle, testler modelin klasik OLS ile tahmin edilen versiyonunun artıklarına uygulanmıştır.

Şekil 2’de yer alan CUSUM ve CUSUMSQ grafiklerine göre, her iki test çizgisi de %5 anlamlılık sınırları içerisinde kalmaktadır. Bu durum, modelin parametrelerinde zaman içinde anlamlı bir sapma olmadığını ve modelin yapısal olarak istikrarlı olduğunu göstermektedir. Özellikle CUSUMSQ testinin kümülatif varyans eğrisi de kırmızı kritik sınırları aşmamıştır, bu da modelin parametre varyanslarında istikrarsızlık veya ani değişiklik bulunmadığını desteklemektedir. Dolayısıyla, bu bulgular modelin tahmin gücünün zamana karşı duyarlı olmadığını ve analiz edilen dönemde yapısal bir kırılma içermediğini göstermektedir. Yapısal istikrarın sağlanmış olması, tahmin edilen ilişkilerin analiz dönemi boyunca tutarlı olduğunu ve modelin politika üretiminde güvenle kullanılabileceğini göstermektedir. Özellikle dış ticaret ve çevresel sürdürülebilirlik gibi zamanla dinamik etkiler gösterebilecek alanlarda bu tür istikrar analizleri, elde edilen bulguların güvenilirliği açısından önem taşımaktadır.



Şekil 2. CUSUM ve CUSUMQ Testi Sonuçları

Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye’nin 2005–2023 yılları arasındaki taşımacılık kaynaklı karbondioksit (CO_2) emisyonlarının belirleyicileri olarak ihracat ve dış ticaret oranı dikkate alınarak ilişkilerin yönü ve gücü analiz edilmiştir. Zaman serisi kapsamında yapılan analizlerde öncelikle değişkenlerin durağanlık düzeyleri ADF birim kök testi ile değerlendirilmiş, CO_2 emisyonları ve ihracat değişkenlerinin birinci farkta durağan olduğu, dış ticaret oranının ise düzeyde durağan olduğu belirlenmiştir.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki ARDL sınır testi ile sınanmıştır. Elde edilen F-istatistiği kritik üst sınırın altında kalmıştır. Bu nedenle modelde uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi tespit edilememiştir. Değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilememesi, dış ticaret faaliyetleri ile taşımacılıktan kaynaklanan CO_2 emisyonları arasındaki ilişkinin yapısal olarak istikrarlı ve kalıcı bir denge ilişkisi sergilemediğini göstermektedir. Bu durumun olası nedenleri arasında, Türkiye’nin dış ticaret ve lojistik yapısında analiz döneminde meydana gelen yapısal kırılmalar öne çıkmaktadır. Özellikle 2008 küresel finans krizi, 2018 döviz kuru şoku ve 2020–2021 COVID-19 pandemisi gibi makroekonomik ve küresel ölçekli şokların dış ticaret hacmi ile taşımacılık faaliyetleri arasındaki ilişkinin uzun dönemli bir dengeye oturmasını zorlaştırmış olabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, taşımacılık sektöründe enerji verimliliğini artırmaya yönelik politikalar, taşıma modları arasındaki geçişler ve teknolojik iyileşmeler, ihracat artışının emisyonlar üzerindeki uzun vadeli etkisini sınırlandırmaya katkı sağlamaktadır. Buna karşılık, modelin kısa dönemli ilişkilerini analiz etmek üzere kurulan ARDL (2,2,1) modeli HAC (White–Huber) düzeltmeli standart hatalar ile tahmin edilmiş ve yüksek doğrulukla anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Kısa dönemli analiz bulgularına göre, ihracatın cari ve gecikmeli değerleri CO_2 emisyonları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir. Ayrıca, dış ticaret oranı da emisyonlar üzerinde anlamlı bir belirleyici olarak ortaya çıkmaktadır.

Modelin varsayımlarını test etmek amacıyla yapılan tanısal testler sonucunda, serisel korelasyon ve değişen varyans problemlerinin bulunmadığı, modelin fonksiyonel formunun doğru olduğu ve artıkların normal dağılıma uygunluk gösterdiği görülmüştür. Ek olarak, klasik OLS modeli temel alınarak uygulanan CUSUM ve CUSUMSQ testleri, modelin yapısal olarak istikrarlı olduğunu ve analiz dönemi boyunca parametrelerinde anlamlı bir kırılma bulunmadığını ortaya koymuştur.

İhracat değişkenine ilişkin sonuçlar, emisyonlar üzerinde hem cari hem de gecikmeli dönemlerde istatistiksel olarak anlamlı etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Cari yıl ihracatı emisyonları artırmakta ($\beta = 0.0991$; $p = 0.038$), bir yıl gecikmeli ihracat ise azaltıcı etki göstermektedir ($\beta = -0.1137$; $p = 0.018$). İki yıl gecikmeli ihracat ise yeniden pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir ($\beta = 0.1473$; $p = 0.001$). Bu salınımlı yapı, dış ticaretin karbon emisyonları üzerindeki etkisinin zamana yayılma biçiminde farklılaştığını göstermektedir.

Dış ticaret oranı değişkeni de benzer şekilde, CO₂ emisyonları üzerinde anlamlı etkiler üretmektedir. Cari dönemdeki dış ticaret oranı artışı emisyonları artırırken ($\beta = 32.1185$; $p = 0.013$), bir yıl gecikmeli dış ticaret oranı emisyonları azaltıcı yönde etki göstermektedir ($\beta = -35.8987$; $p = 0.002$). Bu durum, ihracatın ithalata göre baskın olduğu dönemlerde daha fazla taşımacılık faaliyeti ve dolayısıyla daha fazla karbon salımı oluşabileceğini ortaya koymaktadır.

Bu bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, Türkiye’de dış ticaret faaliyetleri ile taşımacılığa bağlı CO₂ emisyonları arasında kısa dönemli ancak istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bulunduğu görülmektedir. İhracat ve dış ticaret dengesinin emisyonlar üzerindeki etkisi yalnızca miktarla değil, aynı zamanda zamanlama ve ticaret yapısının niteliğiyle de ilgilidir. Bu kapsamda, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılabilmesi için dış ticaret politikalarının çevresel etkileri de gözetilen bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Türkiye’nin dış ticaret performansını artırmaya yönelik politikaların, BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (özellikle SDG 9, SDG 12 ve SDG 13) ile uyumlu şekilde yeniden yapılandırılması büyük önem taşımaktadır. Özellikle kısa vadeli emisyon artışlarını azaltmak amacıyla, lojistik sektöründe düşük karbon salımı yapan demiryolu ve denizyolu gibi taşıma modlarının teşvik edilmesi, ihracata dayalı büyüme stratejilerinde çevresel maliyetlerin dikkate alınarak taşıma zincirlerinin yeniden yapılandırılması ve dış ticaret politikalarına karbon fiyatlama mekanizmaları ile yeşil lojistik standartlarının entegre edilmesi gibi bütüncül önlemlerin uygulanması önerilmektedir.

Bu bağlamda, karbon fiyatlama mekanizmalarının Türkiye’de dış ticaret ve taşımacılık sektörü üzerindeki potansiyel etkileri de dikkate alınmalıdır. Taşımacılık faaliyetlerini kapsayan bir karbon vergisi uygulaması, kısa vadede lojistik maliyetlerde sınırlı bir artışa yol açsa da orta ve uzun vadede firmaların daha düşük karbon yoğunluğuna sahip taşıma modlarına yönelmesini teşvik ederek taşımacılıktan kaynaklı CO₂ emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Özellikle karayolu ağırlıklı taşıma yapısına sahip Türkiye’de, karbon fiyatlaması uygulamaları demiryolu ve denizyolu taşımacılığının görece olarak maliyet avantajını artırarak taşıma modları arasında çevresel açıdan daha dengeli bir yapı oluşmasına katkı sunacaktır. Ayrıca, karbon fiyatlama gelirlerinin yeşil lojistik altyapı yatırımlarına yönlendirilmesi, dış ticaret performansı ile çevresel sürdürülebilirlik hedefleri arasında bir denge kurulmasını mümkün kılacaktır.

Kaynaklar

AKEL, V., & GAZEL, S. (2014). Döviz kurları ile BIST sanayi endeksi arasındaki eşbütünleşme ilişkisi: Bir ARDL sınır testi yaklaşımı. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (44), 23–41.

AL SHAMMRE, A. S. (2024). The impact of using renewable energy resources on sustainable development in the Kingdom of Saudi Arabia. *Sustainability*, 16(3), 1324.

ANATASIA, V. (2015). The causal relationship between GDP, exports, energy consumption, and CO₂ in Thailand and Malaysia. *International Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 37–48.

BIN, L., JIAWEI, L., AIQIANG, C., THEODORAKIS, P. E., ZONGSHENG, Z., & JINZHE, Y. (2022). Selection of the cold logistics model based on the carbon footprint of fruits and vegetables in China. *Journal of Cleaner Production*, 334, 130251.

ENZMANN, J., & RINGEL, M. (2020). Reducing road transport emissions in Europe: Investigating a demand side driven approach. *Sustainability*, 12(18), 7594.

FARHANI, S., CHAIBI, A., & RAULT, C. (2014). CO₂ emissions, output, energy consumption, and trade in Tunisia. *Economic Modelling*, 38, 426–434.

- FARIA, W. R., VALE, V. D. A., PEROBELLI, F. S., & JUNIOR, A. A. B. (2023). Assessment of issues related to international trade and environmental impacts (emissions): An analysis for Brazil. *International Journal of Environment and Sustainable Development*, 22(2), 134–166.
- GOLA, S., & NOUSSIA, K. (2022). From CO₂ sources to sinks: Regulatory challenges for trans-boundary trade, shipment and storage. *Resources, Conservation and Recycling*, 179, 106039.
- GÖV, A., & KAYA, S. K. (2023). Türkiye örneğinde çevresel kalitenin belirleyicileri: Lasso yaklaşımı. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (54), 25–37.
- GURTU, A., SEARCY, C., & JABER, M. Y. (2017). Emissions from international transport in global supply chains. *Management Research Review*, 40(1), 53–74.
- HE, Z., CHEN, P., LIU, H., & GUO, Z. (2017). Performance measurement system and strategies for developing low-carbon logistics: A case study in China. *Journal of Cleaner Production*, 156, 395–405.
- JANIC, M., & VLEUGEL, J. (2012). Estimating potential reductions in externalities from rail–road substitution in Trans-European freight transport corridors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(2), 154–160.
- KAUR, H., & SINGH, S. P. (2018). Heuristic modeling for sustainable procurement and logistics in a supply chain using big data. *Computers & Operations Research*, 98, 301–321.
- LILJESTRAND, K., CHRISTOPHER, M., & ANDERSSON, D. (2015). Using a transport portfolio framework to reduce carbon footprint. *The International Journal of Logistics Management*, 26(2), 296–312.
- LIU, Y., ZHU, J., TUWOR, C. P., LING, C., YU, L., & YIN, K. (2023). The impact of the COVID-19 pandemic on global trade-embodied carbon emissions. *Journal of Cleaner Production*, 408, 137042.
- MAJUMDER, S. C., RAHMAN, M. H., FERDAUS, J., RAHMAN, M. M., ABEDIN, M. Z., & RONI, N. (2022). *Nexus between energy consumption, economic growth and quality of environment in BRICS and Next 11 countries: A panel dynamic study* [Preprint]. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1864209/v1>
- MANIA, E. (2020). Export diversification and CO₂ emissions: An augmented environmental Kuznets curve. *Journal of International Development*, 32(2), 168–185.
- MUNDACA, G., STRAND, J., & YOUNG, I. R. (2021). Carbon pricing of international transport fuels: Impacts on carbon emissions and trade activity. *Journal of Environmental Economics and Management*, 110, 102517.
- PESARAN, M. H., SHIN, Y., & SMITH, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326.
- SAM, C. Y., MCNOWN, R., & GOH, S. K. (2019). An augmented autoregressive distributed lag bounds test for cointegration. *Economic Modelling*, 80, 130–141.
- SHAHEEN, W. A., KAZIM, M., SHAFI, N., & PERVEEN, N. (2025). Impact of population growth on CO₂ emissions in export-driven global transport: A 30-country analysis (2011–2020). *Journal of Social Sciences and Economics*, 4(1), 26–41.
- STOJANOVIĆ, Đ., IVETIĆ, J., & VELIČKOVIĆ, M. (2021). Assessment of international trade-related transport CO₂ emissions—A logistics responsibility perspective. *Sustainability*, 13(3), 1138.
- TOPALLI, N. (2017). Ekonomik büyüme, ihracat ve CO₂ arasındaki eşbütünlük ilişkisi: BRICS ve Türkiye örneği. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 4(12), 685–698.
- TURGUT, M., & DEMİR, E. (2024). Uluslararası ticarete sürdürülebilir taşıma modu seçimini etkileyen faktörlerin incelenmesi. *Third Sector Social Economic Review*, 59(3), 1978–1996.
- TÜİK. (2025). *Dış ticaret verileri*. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=dis-ticaret-104>
- VOUMIK, L. C., MIMI, M. B., & RAIHAN, A. (2023). Nexus between urbanization, industrialization, natural resources rent, and anthropogenic carbon emissions in South Asia: CS-ARDL approach. *Anthropocene Science*, 2(1), 48–61.

WANG, J., & LI, J. (2024). Carbon emissions, import, and export: A spatial econometric analysis of the Chinese cities. *Environment, Development and Sustainability*, 26(6), 16057–16072.

WEBER, C. L., PETERS, G. P., GUAN, D., & HUBACEK, K. (2008). The contribution of Chinese exports to climate change. *Energy Policy*, 36(9), 3572–3577.

WORLD BANK. (2025). *CO₂ emissions from transport (% of total fuel combustion)*. <https://data.worldbank.org/indicator/EN.GHG.CO2.TR.MT.CE.AR5>

YILDIRIM, A., ÖZBEY, S., & TIKIZ, İ. (2024). Deniz taşımacılığında çevresel etki: Konteyner limanı hacimleri ile karbon emisyonları arasındaki ilişkinin analizi. *Denizcilik Araştırmaları Dergisi: Amfora*, 3(6), 117–140.

YILMAZER, M., & KARABİBER, B. (2022). Türkiye’de ihracat, doğrudan yabancı yatırımlar, ekonomik büyüme ve karbon emisyonu ilişkisi. *Business and Economics Research Journal*, 13(2), 199–220.

YOON, Y., YANG, M., & KIM, J. (2018). An analysis of CO₂ emissions from international transport and the driving forces of emissions change. *Sustainability*, 10(5), 1677.

Summary

The growing global concern over climate change has intensified scholarly and policy interest in understanding the environmental implications of international trade and transportation. In this context, this study examines the dynamic relationship between Türkiye’s foreign trade performance and carbon dioxide (CO₂) emissions generated specifically by the transportation sector between 2005 and 2023. The study aims to assess whether trade expansion—measured by export volume and the export/import ratio—has a statistically significant impact on transportation-related CO₂ emissions, and whether this relationship is persistent over the long term.

To analyze this relationship, the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds testing approach is employed. This method is particularly suitable when variables exhibit mixed integration orders ($I(0)$ and $I(1)$), as is the case with the time series used in this study. First, Augmented Dickey-Fuller (ADF) unit root tests were applied to determine the stationarity properties of the variables. Following this, the ARDL model was estimated to explore both short-run dynamics and long-run cointegration between the variables. Diagnostic tests, including serial correlation, heteroskedasticity, and normality checks, were conducted to ensure the robustness of the model.

The empirical findings reveal that no significant long-term cointegration exists between foreign trade indicators and transportation-based CO₂ emissions. However, the short-run analysis indicates that both exports and the export/import ratio have a statistically significant and positive effect on CO₂ emissions. This suggests that increases in trade activity, particularly exports, lead to a temporary rise in carbon emissions, most likely due to greater utilization of high-emission transportation modes such as road freight and air cargo.

These results highlight the dual challenge facing Türkiye: fostering economic growth through trade while simultaneously addressing environmental sustainability. Although export-oriented growth strategies remain critical for economic development, their short-term environmental costs necessitate policy interventions. Promoting sustainable transportation systems—such as rail and maritime logistics—could mitigate the environmental impact of trade expansion. Therefore, trade and transport policies should be restructured to align with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 9 (Industry, Innovation, and Infrastructure), SDG 12 (Responsible Consumption and Production), and SDG 13 (Climate Action).

This study contributes to the literature by offering recent empirical evidence on the interaction between trade and emissions in an emerging economy and emphasizes the importance of integrating environmental considerations into trade and logistics policy frameworks.