

G7 Ülkelerinde Küreselleşme, Enerji Tüketimi ve Hava Taşımacılığının CO₂ Emisyonları Üzerindeki Etkileri: Panel Veri Analizi*

Didem ERŞEN¹

Alper ASLAN²

Özet

Küreselleşmenin hız kazanması, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişimini destekleyerek enerji talebini artırmış; bu durum çevre kirliliği ve çevre kalitesi sorunlarını gündeme taşımıştır. Bu çalışma, 1997–2020 dönemine ait verilerle G7 ülkelerinde küreselleşme, enerji tüketimi ve hava taşımacılığının çevre kalitesi üzerindeki etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çevresel kaliteyi temsilen CO₂ emisyonu bağımlı değişken olarak kullanılmış; bağımsız değişkenler ise genel küreselleşme endeksi, enerji tüketimi ve hava kargo yük miktarı olarak belirlenmiştir. Dinamik Ortak İlişkili Etkiler (CCE–ARDL) tahminlerinin sonuçları, kısa dönemde enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilediğini, hava kargo taşımacılığı ve küreselleşmenin kısa dönemli etkilerinin anlamlı olmadığını göstermektedir. Hata düzeltme katsayısının negatif ve anlamlı olması, değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığını sergiler. Granger nedensellik testleri, CO₂ emisyonlarının diğer değişkenlere doğru tek yönlü olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji tüketimi, hava kargo taşımacılığı, küreselleşme, CO₂ emisyonu, G7 ülkeleri.

JEL Kodları: C33, N70

Globalization, Energy Consumption, and Air Transportation Effects on CO₂ Emissions in G7 Countries: A Panel Data Analysis

Abstract

The acceleration of globalisation has supported countries' economic and social development by increasing energy demand, thereby bringing environmental pollution and environmental quality issues to the forefront. This study aims to analyse the effects of globalisation, energy consumption, and air transportation on environmental quality in G7 countries for the period 1997–2020. The results obtained from the Dynamic Common Correlated Effects (CCE–ARDL) Mean Group estimator indicate that, in the short run, energy consumption has a statistically significant and positive effect on CO₂ emissions, whereas the short-run effects of air freight transportation and globalisation are not statistically significant. The negative, significant error-correction coefficient confirms the existence of a long-run equilibrium relationship among the variables. Granger causality

*Bu makale, ikinci yazar danışmanlığında birinci yazar tarafından hazırlanan “Küreselleşme, Enerji Tüketimi ve Hava Taşımacılığının Çevre Kalitesine Etkisi: G7 Ülkeleri” başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

¹Arş. Gör., Erciyes Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, didemover@erciyes.edu.tr, orcid.org//0000-0001-6349-7796

²Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, alperaslan@erciyes.edu.tr, orcid.org//0000-0003-1408-0921

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 03.12.2025

Kabul Tarihi / Accepted: 26.02.2026

tests show that the relationships are predominantly unidirectional, running from CO₂ emissions to the other variables.

Key Words: *Energy consumption, air cargo transportation, globalization, CO₂ emission, G7 countries.*

Jel Codes: *C33, N70*

1. Giriş

Günümüzde doğal kaynakların düzensiz, plansız ve yoğun bir biçimde tüketilmesi, çevresel sürdürülebilirliği tehdit eden en önemli küresel sorunlardan biri haline gelmiştir. Kaynakların kontrolsüz biçimde kullanımı, çevrenin taşıma kapasitesinin zorlanmasına, ekosistem dengesinin bozulmasına ve gelecek nesillere aktarılması gereken yaşanabilir bir çevrenin giderek risk altına girmesine yol açmaktadır. Bu çerçevede iklim değişikliği, küresel ısınma, çevresel bozulma ve sürdürülebilir kalkınma gibi konular, uluslararası düzeyde düzenlenen toplantıların ve politik tartışmaların odak noktası olmuştur. Sanayileşmenin hız kazanması, kentleşmenin yaygınlaşması, nüfusun artması, teknoloji yoğun üretim modellerinin benimsenmesi ve ekonomik faaliyetlerde uzmanlaşmanın artması hem enerji talebini yükseltmiş hem de doğal kaynakların daha hızlı tüketilmesine neden olmuştur. Bu süreç aynı zamanda fosil yakıt kullanımını artırarak atmosfere salınan karbondioksit miktarını yükseltmiş, böylece küresel ısınmanın dünya çapında ciddi bir tehdit haline gelmesine zemin hazırlamıştır. Fosil yakıtların yoğun biçimde kullanılması, günümüzde çevre kirliliğinin ve iklim değişikliğinin temel belirleyicileri arasında yer almaktadır.

Çevresel sorunların ulusal sınırlar içinde sınırlı kalmaması ve küresel ölçekte etkiler yaratması, ülkelerin çevre politikalarını yeniden gözden geçirmesine ve ortak eylem mekanizmaları geliştirmesine neden olmuştur. Bu kapsamda çevrenin korunması, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı, çevresel yönetim mekanizmalarının oluşturulması ve sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin benimsenmesi, uluslararası kuruluşlar ve devletler tarafından öncelikli politika alanları haline getirilmiştir. Bu doğrultuda düzenlenen küresel zirveler ve uluslararası anlaşmalar, çevre sorunlarıyla mücadelede önemli kilometre taşları olarak değerlendirilmektedir. 1972 yılında Stockholm’de gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı, çevre sorunlarını uluslararası siyaset gündemine taşıyan ilk büyük toplantı olarak kabul edilmektedir. Bu konferans sonucunda yayımlanan BM İnsan Çevresi Bildirgesi, çevresel hak ve sorumluluklara ilişkin temel ilkeleri ortaya koymuştur (Carlisle,1972). Ayrıca 1987’de Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun hazırladığı Brundtland Raporu ile “sürdürülebilir kalkınma” kavramı literatüre kazandırılmış ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan kalkınmanın sürdürülmesi gerektiği vurgulanmıştır (Keeble,1988). Ardından 1992 yılında Rio de Janeiro’da düzenlenen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı, çevre dostu yönetim anlayışının geliştirilmesi bakımından önemli bir dönüm noktası olmuştur. Bu sürecin devamında 1997 yılında imzalanan ve 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü ise ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltmayı taahhüt ettiği ilk bağlayıcı uluslararası anlaşma niteliğini taşımaktadır (Chazournes,1998).

Sürdürülebilirlik ve çevresel kaliteye yönelik farkındalığın artmasına rağmen, ekonomik büyüme, enerji talebindeki hızlı artış ve özellikle fosil yakıtlara olan bağımlılık çevresel baskıları artırmaya devam etmektedir. Refah seviyesinin yükselmesi, sanayi ve ulaşım teknolojilerinde yaşanan gelişmelerle birlikte enerji tüketimi hızlı bir şekilde artmış; bu artış çevre kalitesini tehdit eden temel faktörlerden biri olarak karşımıza çıkmıştır. Enerji kullanımındaki artış, özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde çevre kirliliği, iklim değişikliği ve doğal kaynakların tükenmesi gibi sorunları daha da derinleştirmiştir. Bu süreçte hava taşımacılığı, küresel enerji tüketimi ve karbon salınımı açısından dikkat çeken sektörlerden biri olmuştur. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA) verilerine göre havacılık sektörü, yılda milyarlarca yolcu ve milyonlarca ton kargo taşımakta; bu faaliyetler sonucunda küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %2'sini oluşturmaktadır. Mevcut veriler, bu oranın 2050 yılında %5 seviyesine ulaşabileceğini göstermektedir (IATA,2019). Dolayısıyla havacılık sektörünün çevre üzerindeki etkilerinin analizi, sürdürülebilirlik politikalarının geliştirilmesi açısından stratejik bir önem taşımaktadır

Bu kapsamda dünya ekonomisinin yaklaşık yarısını oluşturan ve küresel sermayenin büyük bir kısmını elinde bulunduran G7 ülkeleri, yüksek enerji tüketimi, yoğun sanayileşme düzeyi ve tarihsel karbon salınımındaki ağırlıkları nedeniyle çevresel sürdürülebilirlik tartışmalarının merkezinde yer almaktadır. Sanayileşmenin başlangıcından bu yana dünya çapında en fazla CO₂ emisyonuna neden olan ülkeler arasında yer alan G7 ülkeleri hem enerji politikaları hem de çevresel performansları bakımından kapsamlı bir incelemeyi gerektirmektedir. Bu doğrultuda çalışmanın temel amacı, G7 ülkelerinde küreselleşme, enerji tüketimi ve hava kargo taşımacılığı gibi değişkenlerin çevre kalitesi üzerindeki etkilerini analiz ederek sürdürülebilirlik politikaları açısından ülke bazlı karşılaştırmalı sonuçlar elde etmektir.

Bu çalışma, G7 ülkeleri özelinde küreselleşme, enerji tüketimi ve hava kargo taşımacılığının çevre kalitesi (CO₂ emisyonları) üzerindeki etkilerini birlikte ele alarak literatüre özgün bir katkı sunmaktadır. Mevcut çalışmalardan farklı olarak, hava taşımacılığını yalnızca yolcu bazlı değil kargo taşımacılığı boyutuyla analiz etmekte; ayrıca yatay kesit bağımlılığı ve heterojenliği dikkate alan ikinci nesil panel veri yöntemleri kullanarak daha güvenilir ve tutarlı ampirik bulgular üretmektedir. Bu yönüyle çalışma, G7 ülkeleri için sektörel (havacılık), enerji temelli ve küreselleşme odaklı çevre politikalarının tasarımına yönelik ülke bazlı ve karşılaştırmalı politika çıkarımları sunarak literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır.

Bu çalışmada, öncelikle konuya ilişkin güncel ve ampirik literatür sistematik biçimde taranmış; ardından araştırma modeli ve veri seti tanıtılarak metodolojik çerçeve oluşturulmuştur. Bu kapsamda, yatay kesit bağımlılığı ve heterojenliği dikkate alan Dinamik Ortak İlişkili Etkiler (CCE-ARDL) Ortalama Grup Tahmincisi kullanılarak kısa ve uzun dönem ilişkileri analiz edilmiştir. Ayrıca değişkenler arasındaki nedensellik yapısını incelemek amacıyla Granger nedensellik testleri uygulanmış ve elde edilen bulgular bütüncül bir

değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

2. Literatür

Çalışmada, CO₂ emisyonu bağımlı değişken olarak belirlenmiş ve bağımsız değişkenler bu değişkenle oluşturdukları ikili ilişkilere göre literatür kapsamında gruplandırılmıştır.

2.1. Küreselleşmenin CO₂ Emisyonları Üzerindeki Etkisine İlişkin Literatür

Antweiler vd. (2001), 1971–1996 döneminde 44 ülkeye ait verilerle yürüttükleri çalışmalarında, ekonomik küreselleşmenin bir göstergesi olarak kullanılan ticari açıklığın çevre kirliliği üzerindeki etkisini kapsam, teknik ve bileşim yönlerinden değerlendiren bir model oluşturmuşlardır. Ulaşılan bulgular, ticari açıklığın çevre kalitesini iyileştirici etkiler doğurduğunu göstermektedir. Dinda (2006) ise 1968–1990 yılları arasındaki 54 ülkeli panel veri setini kullanarak küreselleşmenin çevresel sonuçlarını incelemiş ve küreselleşmenin CO₂ emisyonlarını artırdığı sonucuna varmıştır.

Shahbaz vd. (2017) Çin ekonomisi için 1971–2012 dönemini ele alarak kömür tüketimi ve küreselleşmeyi CO₂ emisyon fonksiyonuna dahil etmiş hem kısa hem uzun dönemde Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin geçerli olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca küreselleşme endekslerinin Çin’de CO₂ salınımını azalttığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Khan vd. (2019) Pakistan’da 1971–2016 yıllarını kapsayan çalışmada dinamik ARDL simülasyonlarını kullanarak ekonomik, sosyal ve politik küreselleşmenin CO₂ emisyonları üzerinde anlamlı etkiler yarattığını belirlemişlerdir.

Liu vd. (2020), G7 ülkeleri için 1970–2015 verilerini kullanarak küreselleşme ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemiş ve bulguların ters U şeklindeki ilişkiyi doğruladığını, dolayısıyla EKC hipotezinin desteklendiğini belirtmişlerdir.

Aslam vd. (2021) ise Malezya’da 1971–2016 dönemine ilişkin analizlerinde ticari açıklık ve küreselleşmenin CO₂ salınımını artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca kısa dönemde ekonomik büyüme, küreselleşme, sanayileşme ve ticari açıklıktan CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir.

Mehmood (2021) Singapur için 1970–2014 dönemini dikkate almış ve hem kısa hem uzun dönemde ekonomik ve sosyal küreselleşmenin CO₂ emisyonlarını azalttığını belirlemiştir. Pata (2021), BRIC ülkelerinde 1971–2016 yıllarına ait veriler üzerinden yenilenebilir enerji, tarım, küreselleşme ve çevresel bozulma arasındaki ilişkileri değerlendirmiş; özellikle Çin ve Brezilya’da değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunduğunu, küreselleşmenin çevresel baskıları artırırken yenilenebilir enerjinin Çin’de çevresel kaliteyi iyileştirdiğini ifade etmiştir.

Yang vd. (2021), OECD ülkelerinin 1971–2016 verilerini analiz ederek ekonomik küreselleşme ile nüfus yaşlanmasının uzun dönemde CO₂ emisyonlarını azalttığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca her iki değişkenden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkileri bulunmuştur. Yurtkuran (2021) Türkiye için gerçekleştirdiği çalışmada tarım sektörü, yenilenebilir enerji üretimi ve küreselleşmenin çevre

kirliliğini artırdığını ifade etmiştir.

Farooq vd. (2022), 1980–2016 dönemine ait 180 ülkeden oluşan geniş panel veri setini kullanarak küreselleşmenin çevresel bozulma üzerindeki etkilerini analiz etmişler ve küreselleşmenin çevresel kaliteyi iyileştirdiğini göstermişlerdir. Le ve Le (2023), 128 ülke için 2001–2014 verilerini kullanarak küreselleşmenin dört boyutunun çevresel bozulma üzerindeki etkisini değerlendirmişler; ekonomik ve sosyal küreselleşmenin ekosistemlere olumlu katkı sağladığını, politik küreselleşmenin ise çevresel tehdit oluşturduğunu ortaya koymuşlardır.

Son olarak Nguyen (2024), Güneydoğu Asya ülkelerinde 1990–2019 dönemine ilişkin verilerle uluslararası ticaret, doğrudan yabancı yatırım ve hava yolcu taşımacılığı gibi küreselleşme göstergelerinin CO₂ emisyonlarını artırdığını göstermiştir. Bulgular, bu göstergelerdeki %1’lik artışın emisyonlarda anlamlı oranlarda yükselişe neden olduğunu ortaya koymaktadır.

Genel anlamda küreselleşme, üretim ölçeğinin genişlemesi, ticaret hacminin artması ve sermaye hareketlerinin yoğunlaşması yoluyla enerji talebini artırarak karbon emisyonları üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olabilmektedir. Özellikle sanayi üretiminin çevresel düzenlemelerin görece zayıf olduğu ülkelere kayması, “kirlilik sığmağı hipotezi” çerçevesinde emisyon artışına neden olabilmektedir. Buna karşılık, teknoloji transferi ve çevre dostu üretim tekniklerinin yaygınlaşması ise uzun dönemde emisyon azaltıcı bir kanal oluşturabilmektedir.

2.2. Enerji Tüketiminin CO₂ Emisyonları Üzerindeki Etkisine İlişkin Literatür

Öztürk ve Acaravcı (2010), Türkiye’de 1968–2005 yıllarını kapsayan verilerle ekonomik büyüme, enerji tüketimi, istihdam ve CO₂ emisyonu arasındaki nedensellik ilişkilerini incelemiş ve enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasında anlamlı bir nedensellik bulamamışlardır. Al-Mulali vd. (2013) ise MENA ülkeleri için 1980–2009 döneminde kentleşme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi analiz etmişler; DOLS sonuçları bu değişkenler arasında uzun dönemde çift yönlü pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Kesgingöz ve Karamelikli (2015), 1960–2011 Türkiye verileriyle dış ticaret, enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini ARDL yöntemiyle değerlendirmişler ve tüm değişkenlerin uzun vadede çevre kirliliğini artırdığını ortaya koymuşlardır. Sancar ve Polat (2018) ise G7 ülkelerinde 1980–2011 dönemine ilişkin panel analizde enerji tüketimindeki %1’lik artışın CO₂ emisyonlarını yaklaşık %0,90 yükselttiğini bulmuşlardır.

Muhammad (2019), 68 ülkeyi kapsayan çalışmasında enerji tüketimindeki artışın tüm ülkelerde CO₂ emisyonlarını yükselttiğini tespit etmiştir. Yıldız (2019), E7 ülkeleri için yaptığı Granger nedensellik analizinde Çin ve Rusya’da CO₂–enerji tüketimi arasında çift yönlü, Brezilya, Endonezya ve Türkiye’de ise enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığını belirlemiştir. Hindistan ve Meksika’da ise anlamlı bir ilişki saptanamamıştır.

Wasti ve Zaidi (2020), Kuveyt için 1971–2017 verileriyle yaptıkları çalışmada enerji tüketimi ile CO₂ emisyonları arasında çift yönlü nedensellik bulmuşlardır.

Rasheed vd. (2022) ise 30 Avrupa ülkesini kapsayan analizlerinde yenilenemeyen enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını artırdığını, yenilenebilir enerjinin ise emisyonları azalttığını ortaya koymuşlardır.

Raihan (2023), Vietnam’da enerji kullanımının ve ekonomik büyümenin CO₂ emisyonlarını artırarak çevresel bozulmayı şiddetlendirdiğini göstermiştir. Ayhan vd. (2023), G7 ülkelerinde enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin güçlü ve pozitif olduğunu tespit ederken, etkinin büyüklüğünün ülkelere göre değiştiğini belirtmiştir. Adebayo vd. (2023) ise MINT ülkelerinde yenilenebilir enerji kullanımının çevre kalitesini iyileştirdiğini bulmuşlardır. Kirikkaleli vd. (2023) Portekiz’deki NARDL analizinde enerji tüketimindeki artışın CO₂ emisyonlarını uzun dönemde yükselttiğini ifade etmişlerdir.

Son olarak Erdoğan vd. (2024), Kanada için 1965–2017 verilerini inceleyerek yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketiminin, ekonomik büyümenin ve enerji bileşenlerinin CO₂ emisyonları üzerinde uzun vadede asimetrik etkilere sahip olduğunu ortaya koymuşlardır.

Genel anlamda enerji tüketimi, fosil yakıt ağırlıklı üretim yapısı nedeniyle doğrudan karbon emisyonlarının temel kaynağını oluşturmaktadır. Elektrik üretimi, sanayi faaliyetleri ve ulaşım sektörlerinde artan enerji talebi, enerji karmasında yenilenebilir kaynakların payı sınırlı kaldığı sürece CO₂ emisyonlarını artırmaktadır.

2.3. Taşımacılığın CO₂ Emisyonları Üzerindeki Etkisine İlişkin Literatür

Lakshmanan ve Han (1997), 1970–1991 dönemine ait ABD ulaşım verilerini inceleyerek seyahat talebi, nüfus artışı ve GSYİH’deki yükselişin ulaştırma kaynaklı enerji tüketimi ve CO₂ emisyonlarını artıran temel unsurlar olduğunu belirlemişler; emisyon artışının yolcu taşımacılığından ziyade yük taşımacılığındaki genişlemeden kaynaklandığını göstermişlerdir. Sgouridis vd. (2011), ticari havacılığın emisyonlarını azaltmaya yönelik beş temel politika setini simülasyon teknikleri ile değerlendirmişler ve teknolojik-operasyonel verimlilik artışı, karbon fiyatlandırması, talep yönetimi ve biyoyakıt kullanımının birlikte uygulanmasıyla kapasite artışının emisyonlara sınırlı düzeyde yansıtıldığını ortaya koymuşlardır.

Loo ve Li (2012), Çin’de yolcu taşımacılığı kaynaklı CO₂ emisyonlarının tarihsel eğilimini incelemişler ve karayolu taşımacılığının en büyük emisyon kaynağı olduğunu tespit etmişlerdir. Hava taşımacılığının emisyon payı 1998 sonrası artmasına rağmen karayolu taşımacılığının gerisinde kalmıştır. Alonso vd. (2014) ise AB ülkelerinde hava trafiği verilerini analiz etmişler ve Fransa, Almanya, İtalya, İspanya ve Birleşik Krallık’ta Ücretli Yolcu Kilometresi (ÜYK) yoğunlaşmasının CO₂ emisyonları ile güçlü bir bağlantı gösterdiğini saptamışlardır.

Lin ve Xie (2014), Çin ulaşım sektöründeki petrol tüketiminin ülke petrol talebinin yaklaşık üçte birini oluşturduğunu ve bu tüketimin CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde artırdığını belirtmişlerdir. Yin vd. (2015) ise Çin’in ulaştırma sektörü için uzun vadeli projeksiyonlar yaparak emisyonlarda 2060–2080 döneminde zirveye ulaşılacağını ve sonraki yıllarda anlamlı düşüşler yaşanacağını öngörmüşlerdir.

Talbi (2017), Tunus'ta ulaşım kaynaklı CO₂ emisyonlarının belirleyicilerini incelemiş ve enerji verimliliği ile yakıt türü bileşiminin emisyon azaltımında kritik rol oynadığını göstermiştir.

Lo vd. (2020), Lombardiya bölgesindeki uçuş verileriyle havacılık kaynaklı emisyonların belirleyicilerini analiz etmişler; uçak boyutu ve hat mesafesi arttıkça toplam emisyonun yükseldiğini, ancak AKK başına emisyon yoğunluğunun azaldığını bulmuşlardır. Wang vd. (2020), 51 ülkede ulaştırma emisyonlarının mekânsal yapısını incelemişler ve Orta-Batı Asya ile Kuzey Afrika'da yoğunlukların daha yüksek olduğunu, Güneydoğu Asya'da ise güçlü mekânsal korelasyon bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Habib vd. (2022), G20 ülkelerinde hava yolcu ve kargo taşımacılığının CO₂ emisyonları üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir. Avotra ve Nawaz (2023) ise Pakistan için hava taşımacılığı, enerji kullanımı, ekonomik büyüme ve petrol fiyatlarının CO₂ emisyonları üzerindeki asimetrik etkilerini analiz ederek hava taşımacılığındaki artışın ülkenin enerji talebi ve karbon salınımı üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymuşlardır. Xian vd. (2024), Çin'de sektör ve bölge ölçeğinde karbon ve hava kirliliği azaltım politikalarının etkilerini değerlendirmişler ve politikaların CO₂ emisyon artış hızını düşürdüğünü, ancak sektörler arasında sinerjinin farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir.

Genel olarak literatür, ulaşım sektörünün enerji yoğun yapısı nedeniyle çevre üzerinde ciddi bir baskı oluşturduğunu ve çoğu ulaşım modunda CO₂ emisyonlarının ekonomik büyüme, nüfus, ulaşım talebi ve yakıt tüketimi ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında literatürdeki farklı bulgular dikkate alınarak aşağıdaki araştırma soruları ele alınmaktadır:

1. Küreselleşmenin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı mıdır?
2. Enerji tüketimi ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişki ülke gruplarına göre farklılaşmakta mıdır?
3. Hava kargo taşımacılığının CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi, yolcu hava taşımacılığına kıyasla farklılaşmakta mıdır?

Mevcut literatürde küreselleşme, enerji tüketimi ve hava taşımacılığı değişkenlerinin CO₂ emisyonları üzerindeki etkilerine ilişkin bulguların ülke grupları ve dönemler arasında farklılaştığı görülmektedir. Bu nedenle çalışma, söz konusu ilişkileri yeniden test etmeyi amaçlamaktadır.

3. Metodoloji

Bu çalışmada öncelikle modelde yer alan değişkenlerin durağanlık yapısını belirlemek amacıyla panel veri birim kök testlerinden Levin, Lin ve Chu (LLC) ile Im, Pesaran ve Shin (IPS) testleri uygulanmıştır. Serilerin bütünleşme derecelerinin tespit edilmesinin ardından değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin var olup olmadığını incelemek üzere Pedroni eşbütünleşme testi yapılmıştır. Eşbütünleşme

ilişkisi doğrulandıktan sonra uzun dönem katsayılarını ve kısa dönem dinamiklerini tahmin etmek için Panel ARDL modeli tercih edilmiştir. Son aşamada ise değişkenler arasındaki nedensel ilişkiyi ortaya koymak amacıyla Granger nedensellik analizinden yararlanılmıştır.

3.1. Veri Seti ve Model

Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin veri seti 1997–2020 dönemini kapsamaktadır. Analizde kullanılan değişkenler, dönem bilgileri, kısaltmaları ve veri kaynakları Tablo 1’de sunulmuştur.

CO₂ değişkeni kişi başı metrik ton cinsinden karbon emisyonunu; EC petrole eşdeğer kilogram cinsinden kişi başı enerji tüketimini; FRE hava kargo taşımacılığını milyon ton-kilometre olarak göstermektedir. Bu değişkenlere ait tüm veriler Dünya Bankası ve KOF küreselleşme veri tabanından elde edilmiştir.

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Değişkenler

Değişkenler	Dönem	Kısaltma	Kaynak
Kişi Başı CO ₂ Emisyonu (metrik ton)	1997-2020	CO ₂	Dünya Bankası
Kişi Başı Enerji Tüketimi (kgoe)	1997-2020	EC	Dünya Bankası
Küreselleşme Endeksi	1997-2020	KOFGI	KOF İsviçre Ekonomi Enstitüsü
Hava Kargo Taşımacılığı (milyon ton-km)	1997-2020	FRE	Dünya Bankası

Modelde çevre kalitesinin göstergesi olarak CO₂ emisyonu bağımlı değişken olarak ele alınmıştır. Enerji tüketimi, küreselleşme ve hava taşımacılığı (hava kargo) ise bağımsız değişkenler olarak modele dâhil edilmiştir. Değişkenlerin seçiminde Shahbaz vd. (2017), Wasti ve Zaidi (2020) ve Habib vd. (2022) gibi literatürde sıkça başvurulan çalışmalardan yararlanılmıştır. Modele ilişkin fonksiyonel form Denklem 1’de gösterilmiştir:

$$CO_2 = f(EC, KOFGI, FRE) \quad (1)$$

Ekonometrik analizlerde değişkenlerin logaritmik dönüşümü yapılmış ve panel veri modeli Denklem 2’deki biçimiyle tahmin edilmiştir:

$$\ln CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 \ln EC_{it} + \beta_2 \ln KOFGI_{it} + \beta_3 \ln FRE_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

Denklem (II)’de i yatay kesit birimini, t zaman boyutunu, β_0 sabit terimi, β_1, β_2 ve β_3 ilgili değişkenlere ait katsayı parametrelerini, μ_{it} ise hata terimini temsil etmektedir. Modelde yer alan tüm değişkenler doğal logaritmik forma dönüştürülmüştür. Buna göre $\ln(CO_{2,it})$ karbon dioksit emisyonunu, $\ln(EC_{it})$ enerji tüketimini, $\ln(KOFGI_{it})$ küreselleşme endeksini ve $\ln(FRE_{it})$ hava kargo taşımacılığı hacmini ifade etmektedir.

4. Bulgular

Tablo 2’de logaritmik dönüşüm uygulanmış değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler sunulmaktadır. Ortalama ve ortanca değerlerin birbirine yakın olması, değişkenlerin genel olarak dengeli bir dağılım sergilediğini göstermektedir. $\ln FRE$ değişkeni görece daha yüksek bir oynaklığa sahipken, $\ln KOFGI$ en düşük standart

sapma değeri ile en istikrarlı değişken olarak öne çıkmaktadır. Jarque–Bera testi sonuçları, bazı değişkenlerin normal dağılım varsayımını sağlamadığını göstermektedir. Ancak bu durum, çalışmada kullanılan panel ARDL yaklaşımının uygulanabilirliğini etkilememektedir.

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler

	ln FRE	lnCO2	lnEC	lnKOFGI
Ortalama	3,731	0,979	3,653	1,910
Ortanca	3,782	0,959	3,604	1,913
Maksimum	4,633	1,311	3,927	1,951
Minimum	2,602	0,65	3,382	1,804
Standart Sapma	0,453	0,182	0,159	0,030
Olasılık	0,418	0,015	0,000	0,000
Skewness	0,201	0,212	0,595	-1,183
Jarque-Bera	1,740	8,397	17,90	56,347
Gözlem sayısı	168	168	168	168

Tablo 3’te, tüm değişkenler için uygulanan yatay kesit bağımlılığı testleri sonucunda, “yatay kesit bağımlılığı yoktur” şeklindeki sıfır hipotezi %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Bu bulgu, paneli oluşturan birimlerin ortak şoklar ve küresel etkiler nedeniyle birbirlerinden bağımsız hareket etmediğini göstermektedir. Bu nedenle, çalışmada yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil panel veri testleri tercih edilmiştir.

Tablo 3: Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

Değişken	FRE	CO ₂	EC	KOFGI
Breusch–Pagan LM	74,41	475,57	503,91	503,65
p-değeri	0,000	0,000	0,000	0,000
Pesaran Scaled LM	8,24	70,14	74,51	74,47
p-değeri	0,000	0,000	0,000	0,000
Bias-Corrected LM	8,09	69,99	74,36	74,32
p-değeri	0,000	0,000	0,000	0,000
Pesaran CD	2,32	21,8	22,45	22,44
p-değeri	0,02	0,000	0,000	0,000
Sonuç	YKB var	YKB var	YKB var	YKB var

Tablo 4’te gösterilen CIPS testi sonuçları, değişkenlerin seviyede durağanlık açısından heterojen bir yapı sergilediğini ve I(0)–I(1) arasında bütünleşik olduklarını göstermektedir. Hiçbir değişkenin I(2) olmaması, panel ARDL (CCE-ARDL) yaklaşımının uygulanabilirliğini teyit etmektedir.

Tablo 4: Pesaran (2007) CIPS Panel Birim Kök Test Sonuçları

Değişken	Deterministik	CIPS İstatistiği	Truncated CIPS	Sonuç
FRE	Sabit	-0,343	-1,848	Durağan değil
FRE	Sabit + Trend	-1,329	-1,329	Durağan değil
CO ₂	Sabit	-1,378	-2,225*	Zayıf durağan
CO ₂	Sabit + Trend	-2,559	-2,559	Durağan değil
EC	Sabit	-0,552	-1,818	Durağan değil
EC	Sabit + Trend	-3,214***	-3,214***	Durağan
KOFGI	Sabit	-15,782***	-2,227*	Durağan
KOFGI	Sabit	-2,558**	-2,558**	Durağan

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı gösterir.

Tablo 5'te gösterilen testte sıfır hipotezi, kesitsel birimler arasında eğim katsayılarının homojen olduğunu varsaymaktadır. Sıfır hipotezin reddedilmesi, değişkenler arasındaki ilişkilerin birimler itibarıyla farklılaştığını, yani eğim heterojenliğinin varlığını göstermektedir.

Tablo 5: Pesaran and Yamagata (2008) Eğim Heterojenliği Test Sonuçları

Test İstatistiği	Değer	p-değeri	Karar
Delta (Δ)	2,318	0,020	H ₀ reddedilir
Ayarlanmış Delta (Δ_{adj})	2,540	0,011	H ₀ reddedilir

Tablo 6'da gösterilen tüm test istatistikleri için hem asimptotik p-değerlerinin hem de bootstrap p-değerlerinin geleneksel anlamlılık düzeylerinin (%1, %5 ve %10) oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Özellikle bootstrap p-değerlerinin yüksek olması, yatay kesit bağımlılığı dikkate alındığında da sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir. Bu çerçevede, Gt, Ga, Pt ve Pa testlerinin tamamında sıfır hipotezi reddedilememektedir.

Sonuç olarak, paneli oluşturan birimler için değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisine dair istatistiksel olarak anlamlı bir kanıt bulunmamaktadır. Bu bulgu, ele alınan değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket etmediğini ve kalıcı bir denge ilişkisi oluşturmadığını göstermektedir.

Tablo 6: Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi (Sadece Sabit)

İstatistik	Değer	Z-değeri	Asimptotik p-değeri	Bootstrap p-değeri
Gt	-1,477	2,121	0,983	0,843
Ga	-4,804	2,318	0,990	0,238
Pt	-2,755	2,201	0,986	0,765
Pa	-1,771	2,295	0,989	0,658

Tablo 7'de belirtilen, Gt, Pt ve Pa istatistikleri için hem asimptotik p-değerleri hem de bootstrap p-değerleri geleneksel anlamlılık düzeylerinin (%1, %5 ve %10) üzerindedir. Bu nedenle, bu istatistikler açısından sıfır hipotezi reddedilememektedir. Buna karşılık, Ga istatistiğine ait bootstrap p-değeri 0.000 olup %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu bulgu, yatay kesit bağımlılığı dikkate alındığında en azından paneldeki bazı birimler için uzun

dönemli eşbütünleşme ilişkisinin varlığına işaret etmektedir.

Sonuç olarak, Westerlund eşbütünleşme testi genelinde sonuçlar zayıf ve sınırlı bir eşbütünleşme kanıtı sunmaktadır. Yalnızca Ga istatistiğinin bootstrap sonucunun anlamlı olması, eşbütünleşme ilişkisinin tüm panel geneline yayılmadığını; ancak bazı kesitsel birimlerde uzun dönemli bir ilişki bulunabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, panel genelinde güçlü ve yaygın bir eşbütünleşme ilişkisinden söz etmek mümkün değildir.

Tablo 7: Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi (Sabit + Trend)

İstatistik	Değer	Z-değeri	Asimptotik p-değeri	Bootstrap p-değeri
Gt	-1,194	4,588	1,000	0,955
Ga	-4,187	3,734	1,000	0,000*
Pt	-1,738	5,079	1,000	0,898
Pa	-1,178	3,818	1,000	0,107

Tablo 8 bulgularına göre kısa döneme ilişkin sonuçlar incelendiğinde:

- Δ FRE değişkeninin katsayısı negatif olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0.358$). Bu durum, kısa dönemde hava taşımacılığındaki değişimlerin CO₂ emisyonları üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmadığını göstermektedir.
- Δ EC değişkeni pozitif ve istatistiksel olarak %1 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır ($p = 0.000$). Buna göre, enerji tüketimindeki artışlar kısa dönemde CO₂ emisyonlarını anlamlı biçimde artırmaktadır.
- Δ KOFGI değişkeninin katsayısı istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0.334$). Dolayısıyla, kısa dönemde küreselleşme endeksindeki değişimlerin CO₂ emisyonları üzerinde belirgin bir etkisi tespit edilememiştir.

Uzun dönem ilişkilere ve hata düzeltme terimine bakıldığında:

- Hata düzeltme terimi [L.CO₂ (ECM)] negatif işaretli ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($p = 0.000$). Bu sonuç, sistemde kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin uzun dönemde giderildiğini ve modelin kararlı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Katsayının mutlak değerinin yüksek olması, dengenin hızlı bir şekilde yeniden sağlandığına işaret etmektedir.
- Uzun dönemde L.FRE ve L.KOFGI değişkenlerinin katsayıları istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu bulgu, hava taşımacılığı ve küreselleşmenin uzun dönemde CO₂ emisyonları üzerinde belirgin ve kalıcı bir etkisinin bulunmadığını göstermektedir.
- Buna karşılık, L.EC değişkeni uzun dönemde de pozitif ve %1 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır. Bu sonuç, enerji tüketiminin hem kısa hem de uzun dönemde CO₂ emisyonlarını artıran temel belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 8. Dinamik Ortak İlişkili Etkiler (CCE–ARDL) Ortalama Grup Tahminleri (Bağımlı değişken: ΔCO_2)

Değişkenler	Katsayı	Standart hata	z-istatistiği	p-değeri
Kısa vadeli dinamikler				
ΔFRE	-0,0285	0,0310	-0,92	0,358
ΔEC	0,8804*	0,2119	4,16	0,000
ΔKOFGI	-0,3200	0,3316	-0,97	0,334
Hata düzeltme ve uzun vadeli				
L.CO ₂ (ECM)	-0,8838*	0,0976	-9,06	0,000
L.FRE	-0,0374	0,0560	-0,67	0,504
L.EC	0,8807*	0,2119	4,16	0,000
L.KOFGI	-0,3946	0,4595	-0,86	0,391

Not: * %1 düzeyinde anlamlılığı gösterir.

Tablo 10’da yer alan bulgular, panel veri kapsamında uygulanan nedensellik testi (Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik testi) sonuçlarını göstermektedir. Bu test, değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin yönünü ve istatistiksel anlamlılığını incelemeyi amaçlamaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre:

- CO₂ → FRE yönünde p-değerinin 0.000 olması, CO₂ emisyonlarından hava taşımacılığına doğru istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunduğunu göstermektedir.
- Buna karşılık FRE → CO₂ yönünde p-değeri 0.863 olup, hava taşımacılığında CO₂ emisyonlarına doğru nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir.
- CO₂ → EC yönünde p-değerinin 0.000 olması, CO₂ emisyonlarının enerji tüketimini nedensel olarak etkilediğini göstermektedir.
- EC → CO₂ yönünde ise p-değeri 0.103 olup, geleneksel anlamlılık düzeylerinde nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır.
- CO₂ → KOFGI yönünde p-değerinin 0.008 olması, CO₂ emisyonlarından küreselleşme endeksine doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunduğunu ortaya koymaktadır.
- KOFGI → CO₂ yönünde ise nedensellik tespit edilememiştir.
- EC → KOFGI yönünde p-değerinin 0.002 olması, enerji tüketiminin küreselleşme endeksini nedensel olarak etkilediğini göstermektedir.
- Buna karşın KOFGI → EC yönünde istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır.
- FRE ile EC ve FRE ile KOFGI arasındaki nedensellik ilişkileri her iki yönde de istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Tablo 10. Dumitrescu–Hurlin (2012) Panel Granger Nedensellik Sonuçları
(Gecikme uzunluğu = 2; Örneklem dönemi: 1997–2020)

Sıfır Hipotezi	W-ist.	\bar{Z} -ist.	p-değeri	Nedensellik
CO ₂ → FRE	8,142	5,997	0,000	Evet
FRE → CO ₂	2,098	-0,172	0,863	Hayır
EC → FRE	3,459	1,217	0,223	Hayır
FRE → EC	1,356	-0,930	0,352	Hayır
KOFGI → FRE	1,684	-0,595	0,552	Hayır
FRE → KOFGI	1,081	-1,211	0,226	Hayır
EC → CO ₂	3,866	1,633	0,103	Hayır
CO ₂ → EC	6,831	4,659	0,000	Evet
KOFGI → CO ₂	1,742	-0,535	0,592	Hayır
CO ₂ → KOFGI	4,873	2,660	0,008	Evet
KOFGI → EC	3,144	0,895	0,371	Hayır
EC → KOFGI	5,370	3,167	0,002	Evet

5. Sonuç

Küresel ısınma, iklim değişikliği ve sera gazı kullanımındaki artış, dünya genelinde çevresel bozulmayı hızlandırmış ve özellikle CO₂ emisyonlarının yükselmesine neden olmuştur. Bu nedenle uluslararası toplum, Kyoto Protokolü gibi bağlayıcı anlaşmalar ve çeşitli küresel girişimlerle çevre kalitesinin iyileştirilmesine yönelik adımlar atmıştır. Enerji tüketiminin yüksek olduğu gelişmiş ekonomilerde çevresel farkındalık ve yasal düzenlemeler giderek artmış; bu ülkeler çevre koruma politikalarını ekonomik büyüme hedefleriyle uyumlu hale getirmeye çalışmışlardır.

G7 ülkeleri, küresel ekonomi ve politika üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olmaları nedeniyle sürdürülebilirlik, çevre koruma ve enerji dönüşümü konularında özel bir sorumluluk üstlenmektedir. Bu ülkeler, yenilenebilir enerji teşvikleri, karbon azaltım hedefleri ve uluslararası iş birlikleri yoluyla küresel çevresel gündemi şekillendiren aktörlerdir.

Bu çalışma, 1997–2020 dönemine ait G7 verilerini kullanarak enerji tüketimi, küreselleşme ve hava kargo taşımacılığının CO₂ emisyonları üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Kullanılan veri seti KOF Küreselleşme Endeksi ve Dünya Bankası kaynaklarından elde edilmiştir. G7 ülke grubuna ait veri kısıtı sebebiyle yalnızca 1997-2020 dönemine ait veriler kullanılmıştır. Bu da çalışmanın sınırlılığını oluşturmaktadır. Analiz sürecinde değişkenlerin temel istatistiksel özellikleri, kesitler arası bağımlılık ve eğim homojenliği testleri, durağanlık analizleri, eş bütünleşme sınamaları ve dinamik panel tahminleri birlikte değerlendirilmiştir.

CCE-ARDL ortalama grup tahminleri sonuçları, kısa dönemde enerji tüketimindeki artışın CO₂ emisyonlarını istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, enerji tüketiminin çevresel bozulmanın temel belirleyicisi olduğunu vurgulayan ve özellikle fosil yakıt ağırlıklı enerji yapısına sahip ülkelerde enerji talebi ile karbon emisyonları arasında güçlü bir ilişki tespit eden önceki ampirik çalışmalarla uyumludur. Buna karşılık, hava kargo taşımacılığı ve küreselleşmenin kısa dönemli etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı

bulunmaması, bu değişkenlerin çevresel etkilerinin doğrudan ve anlık olmaktan ziyade dolaylı ve zamana yayılan mekanizmalar üzerinden ortaya çıktığını savunan literatürü desteklemektedir. Hata düzeltme katsayısının negatif ve yüksek derecede anlamlı olması ise, kısa dönemde meydana gelen sapmaların uzun dönem dengesine hızla geri döndüğünü göstererek, değişkenler arasında istikrarlı bir uzun dönem ilişkisinin varlığına işaret etmekte ve benzer dinamik panel çalışmalarında elde edilen bulgularla örtüşmektedir.

Granger nedensellik testlerinden elde edilen bulgular, değişkenler arasındaki ilişkilerin ağırlıklı olarak tek yönlü bir yapı sergilediğini göstermektedir. Sonuçlar, CO₂ emisyonlarından hava kargo taşımacılığına (CO₂ → FRE), enerji tüketimine (CO₂ → EC) ve küreselleşmeye (CO₂ → KOFGI) doğru istatistiksel olarak anlamlı nedensellik ilişkilerinin varlığına işaret etmektedir. Bu bulgu, çevresel baskının ekonomik ve enerjiye dayalı kararlar üzerinde geri besleme etkisi yarattığını savunan ve çevresel bozulmanın politika tercihleri ile üretim yapısını yönlendirdiğini öne süren literatürle uyumludur. Ayrıca enerji tüketiminden küreselleşmeye (ENERGY → KOFGI) doğru tespit edilen nedensellik ilişkisi, enerji kullanımının üretim kapasitesi, ticaret hacmi ve küresel entegrasyon süreci üzerinde belirleyici bir rol oynadığını ortaya koyan önceki çalışmalarla örtüşmektedir. Buna karşılık, hava kargo taşımacılığında CO₂ emisyonlarına, enerji tüketimine ve küreselleşmeye doğru herhangi bir nedensellik ilişkisinin tespit edilmemesi, taşımacılık faaliyetlerinin çevresel ve ekonomik etkilerinin kısa vadede doğrudan değil, daha çok dolaylı ve zamana yayılan kanallar aracılığıyla ortaya çıktığını vurgulayan ampirik bulguları desteklemektedir. Diğer değişken çiftleri için elde edilen istatistiksel olarak anlamsız sonuçlar ise, söz konusu ilişkilerin ülke yapısına ve dönemsel koşullara bağlı olarak zayıf veya belirsiz olabileceğine işaret etmektedir.

G7 ülkelerinin küresel ekonomideki payı ve enerji tüketimindeki büyüklükleri dikkate alındığında, çevre kirliliği ile mücadelede yenilenebilir enerji yatırımlarını artırmaları, enerji verimliliğini geliştirmeleri ve çevre dostu teknolojileri desteklemeleri stratejik önem taşımaktadır. Bu tür politikalar yalnızca G7 ülkeleri için değil, küresel çevre politikalarının geleceği açısından da belirleyici olacaktır.

Son olarak, elde edilen ampirik bulguların politika yapımcılar için daha uygulanabilir hale getirilmesi amacıyla, gelecek araştırmalar: karbon vergisi, sürdürülebilir yakıt zorunlulukları, enerji dönüşüm senaryoları üzerinden karşılaştırmalı politika simülasyonları ve senaryo analizleri gerçekleştirilebilir.

Kaynakça

Adebayo, T. S., Kartal, M. T., Ağa, M., Al-Faryan, M. A. S. (2023), "Role of Country Risks and Renewable Energy Consumption on Environmental Quality: Evidence from MINT Countries", *Journal of Environmental Management*, 327: 116884.

Al-Mulali, U., Fereidouni, H. G., Lee, J. Y., Sab, C. N. B. C. (2013), "Exploring the Relationship between Urbanization, Energy Consumption, and CO₂ Emission

- in MENA Countries”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23: 107-112.
- Alonso, G., Benito, A., Lonza, L., Kousoulidou, M. (2014), “Investigations on the Distribution of Air Transport Traffic and CO2 Emissions Within the European Union”, *Journal of Air Transport Management*, 36: 85-93.
- Antweiler, W., Copeland, B. R., Taylor, M. S. (2001), “Is Free Trade Good for the Environment?”, *American Economic Review*, 91(4): 877-908.
- Aslam, B., Hu, J., Hafeez, M., Ma, D., AlGarni, T. S., Saeed, M., ... Hussain, S. (2021), “Applying Environmental Kuznets Curve Framework to Assess the Nexus of Industry, Globalization, and CO2 Emission”, *Environmental Technology & Innovation*, 21: 101377.
- Avotra, A. A. R. N., Nawaz, A. (2023), “Asymmetric Impact of Transportation on Carbon Emissions Influencing SDGs of Climate Change”, *Chemosphere*, 324: 138301.
- Ayhan, F., Kartal, M. T., Kılıç Depren, S., Depren, Ö. (2023), “Asymmetric Effect of Economic Policy Uncertainty, Political Stability, Energy Consumption, and Economic Growth on CO2 Emissions: Evidence From G-7 Countries”, *Environmental Science and Pollution Research*, 30(16): 47422-47437.
- Carlisle, A. (1972), “The United Nations Conference on the Human Environment Stockholm 1972”, *The Forestry Chronicle*, 48(3): 118-118.
- Chazournes, L. B. (1998), “Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change”, UN’s Audiovisual Library of International Law <http://untreaty.un.org/cod/avl/ha/kpccc/kpccc.html> (30. 04. 2025).
- Dinda, S. (2006), “Globalization and Environment: Can Pollution Haven Hypothesis Alone Explain the Impact of Globalization on Environment?”, *Munich Personal RePEc Archive*, https://mpra.ub.uni-muenchen.de/50590/1/MPRA_paper_50590.pdf (30. 04. 2025).
- Erdoğan, E., Serin Oktay, D., Manga, M., Bal, H., Algan, N. (2024), “Examining the Effects of Renewable Energy and Economic Growth on Carbon Emission in Canada: Evidence from the Nonlinear ARDL Approaches”, *Evaluation Review*, 48(1): 63-89.
- Farooq, S., Ozturk, I., Majeed, M. T., Akram, R. (2022), “Globalization and CO2 Emissions in the Presence of EKC: A Global Panel Data Analysis”, *Gondwana Research*, 106: 367-378.
- Habib, Y., Xia, E., Hashmi, S. H., Yousaf, A. U. (2022), “Testing the Heterogeneous Effect of Air Transport Intensity on CO2 Emissions in G20 Countries: An Advanced Empirical Analysis”, *Environmental Science and Pollution Research*, 29(29): 44020- 44041.
- IATA, (2019) Annual Review 2019, <https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iataannual-review-2019.pdf> (30. 04. 2025).

Keeble, B. R. (1988), “The Brundtland Report: ‘Our Common Future’”, *Medicine and War*, 4(1): 17-25.

Kesgingöz, H., Karamelikli, H. (2015), “Dış Ticaret-Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyümenin CO2 Emisyonu Üzerine Etkisi”, *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3): 7-17.

Khan, M. K., Teng, J. Z., Khan, M. I., Khan, M. O. (2019), “Impact of Globalization, Economic Factors and Energy Consumption on CO2 Emissions in Pakistan”, *Science of the Total Environment*, 688: 424-436.

Kirikaleli, D., Awosusi, A. A., Adebayo, T. S., Otrakçı, C. (2023), “Enhancing Environmental Quality in Portugal: Can CO2 Intensity of GDP and Renewable Energy Consumption be the Solution?”, *Environmental Science and Pollution Research*, 30(18): 53796-53806.

Lakshmanan, T. R., Han, X. (1997), “Factors Underlying Transportation CO2 Emissions in the USA: A Decomposition Analysis”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(1): 1-15.

Le, H. C., Le, T. H. (2023), “Effects of Economic, Social, And Political Globalization on Environmental Quality: International Evidence”, *Environment, Development and Sustainability*, 25(5): 4269-4299.

Lin, B., Xie, C. (2014), “Reduction Potential of CO2 Emissions in China's Transport Industry”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33: 689-700.

Liu, M., Ren, X., Cheng, C., Wang, Z. (2020), “The Role of Globalization in CO2 Emissions: A Semi-parametric Panel Data Analysis for G7”, *Science of the Total Environment*, 718: 137379.

Lo, P. L., Martini, G., Porta, F., Scotti, D. (2020), “The Determinants of CO2 Emissions of Air Transport Passenger Traffic: An Analysis of Lombardy (Italy)”, *Transport Policy*, 91: 108-119.

Loo, B. P., Li, L. (2012), “Carbondioxide Emissions from Passenger Transport in China Since 1949: Implications for Developing Sustainable Transport”, *Energy Policy*, 50: 464-476.

Mehmood, U. (2021), “Globalization-driven CO2 Emissions in Singapore: An Application of ARDL Approach”, *Environmental Science and Pollution Research*, 28(9): 11317- 11322.

Muhammad, B. (2019), “Energy Consumption, CO2 Emissions and Economic Growth in Developed, Emerging and Middle East and North Africa Countries”, *Energy*, 179, 232-245.

Nguyen, Q. H. (2024), “The Influence of Key Economic Globalization Factors on Economic Growth and Environmental Quality: An Empirical Study in Southeast Asian Countries”, *The Journal of International Trade & Economic Development*, 33(1): 57-75.

Oluç, İ., Güzel, İ. (2021), “Küreselleşme ve Enerji Tüketimi İlişkisi: Türkiye

Örnekleme”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (59): 177-196.

Öztürk, I., Acaravci, A. (2010), “CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Turkey”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9): 3220-3225.

Pata, U. K. (2021), “Linking Renewable Energy, Globalization, Agriculture, CO2 Emissions and Ecological Footprint in BRIC Countries: A Sustainability Perspective”, *Renewable Energy*, 173: 197-208.

Raihan, A. (2023), “An Econometric Evaluation of the Effects of Economic Growth, Energy Use, and Agricultural Value Added on Carbon Dioxide Emissions in Vietnam”, *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 7(3): 665-696.

Rasheed, M. Q., Haseeb, A., Adebayo, T. S., Ahmed, Z., Ahmad, M. (2022), “The Long-Run Relationship Between Energy Consumption, Oil Prices, and Carbondioxide Emissions in European Countries”, *Environmental Science and Pollution Research*, 29(16): 24234-24247.

Sancar, C., Polat, M. A. (2018), “CO2 Emisyonu-Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: G7 Ülkeleri Üzerine Ekonometrik Bir Analiz”, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 21: 33-46.

Sgouridis, S., Bonnefoy, P. A., Hansman, R. J. (2011), “Air Transportation in a Carbon Constrained World: Long-term Dynamics of Policies and Strategies for Mitigating the Carbon Footprint of Commercial Aviation”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(10): 1077-1091.

Shahbaz, M., Khan, S., Ali, A., Bhattacharya, M. (2017), “The Impact of Globalization on CO2 Emissions in China”, *The Singapore Economic Review*, 62(04): 929-957.

Talbi, B. (2017), “CO2 Emissions Reduction in Road Transport Sector in Tunisia”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69: 232-238.

Türker, O. (2020), “Kamu Harcamalarının Dış Ticaret Üzerindeki Etkisi: G-7 Ülkeleri Örneği”, *The Journal of Social Sciences*, 27(27): 141-156.

Wang, C., Wood, J., Wang, Y., Geng, X., Long, X. (2020), “CO2 Emission in Transportation Sector Across 51 Countries Along the Belt and Road from 2000 to 2014”, *Journal of Cleaner Production*, 266: 122000.

Wasti, S. K. A., Zaidi, S. W. (2020), “An Empirical Investigation between CO2 Emission, Energy Consumption, Trade Liberalization and Economic Growth: A Case of Kuwait”, *Journal of Building Engineering*, 28: 101104.

Xian, B., Xu, Y., Chen, W., Wang, Y., Qiu, L. (2024), “Co-benefits of Policies to Reduce Air Pollution and Carbon Emissions in China”, *Environmental Impact Assessment Review*, 104: 107301.

Yang, X., Li, N., Mu, H., Pang, J., Zhao, H., Ahmad, M. (2021), “Study on The Long-term Impact of Economic Globalization and Population Aging on CO2

Emissions in OECD Countries”, *Science of The Total Environment*, 787: 147625.

Yıldız, B. (2019), “E7 Ülkelerinde CO2 Emisyonu, Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Kentleşme Arasındaki İlişki”, *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 8(3): 283-297.

Yin, X., Chen, W., Eom, J., Clarke, L. E., Kim, S. H., Patel, P. L., Yu, S., Kyle, G. P. (2015), “China's Transportation Energy Consumption and CO2 Emissions from a Global Perspective”, *Energy Policy*, 82: 233-248.

Yurtkuran, S. (2021), “The Effect of Agriculture, Renewable Energy Production, and Globalization on CO2 Emissions in Turkey: A Bootstrap ARDL Approach”, *Renewable Energy*, 171: 1236-1245.

Yazar Katkıları

Didem ERŐEN: Kavramsal çerçeve, Literatür, Yöntem, Veri toplama, Analizler, Makale yazım

Alper ASLAN: Yöntem, Analizler, Danışmanlık