

Türkiye’de Kirlilik Cenneti Hipotezi Geçerli Mi? Ekolojik Ayak İzinden Kanıtlar

Is The Pollution Haven Hypothesis Valid In Türkiye? Evidence From Ecological Footprint

Dilek Atılğan¹, Tuğçe Dallı²

Öz

Doğrudan yabancı yatırımların (FDI) çevre kalitesi üzerindeki etkisi, son yıllarda çevre ekonomisi literatüründe artan bir ilgiyle ele alınmaktadır. Bu kapsamda, Kirlilik Cenneti Hipotezi, FDI’nın gelişmekte olan ülkelerde çevresel bozulmaya yol açabileceğini savunmaktadır. Hipoteze göre, gelişmiş ülkelerdeki sıkı çevre politikaları ve yüksek uyum maliyetlerinden kaçınmak isteyen firmalar, daha esnek çevre düzenlemelerine sahip ülkelere yönelmektedir. Bu bağlamda, çalışma Türkiye’de 1989-2022 dönemi için söz konusu hipotezin geçerliliğini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Ampirik analizde Gecikmesi Dağıtılmış Otoresgresif Model yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, uzun dönemde FDI’daki artışın EF üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Uzun dönem tahminlerinde ARDL ile FMOLS, DOLS ve CCR yöntemleri tutarlı ve benzer sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar, Türkiye özelinde kirlilik cenneti hipotezinin geçerli olduğunu ortaya koymaktadır. Politik olarak, çevre dostu FDI girişlerini teşvik eden düzenlemelerin hayata geçirilmesi, sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından önem arz etmektedir. Ayrıca, çevre standartlarını düşürmeden uluslararası yatırımları çekebilecek yapısal dönüşümlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ekolojik Ayak İzi, Kirlilik Cenneti, Doğrudan Yabancı Yatırımlar.

Abstract

The impact of foreign direct investment (FDI) on ecological quality has garnered increasing attention in recent environmental economics literature. Within this context, the Pollution Haven Hypothesis posits that FDI may lead to environmental degradation in developing countries. According to the hypothesis, firms from developed countries seek to avoid the additional costs associated with stringent environmental regulations by relocating their operations to countries with more lenient environmental standards. In this regard, the present study investigates the validity of the Pollution Haven Hypothesis for Turkey over the period 1989–2022. The empirical analysis employs the Autoregressive Distributed Lag model. The findings indicate that, in the long run, increases in FDI have a positive and statistically significant effect on EF. In the long-run estimations, the ARDL, FMOLS, DOLS, and CCR methods produced consistent and similar results. These results provide empirical support for the validity of the Pollution Haven Hypothesis in the Turkish context. From a policy perspective, it is crucial to implement regulatory frameworks that encourage ecological sustainable FDI inflows. Moreover, structural reforms aimed at attracting international investment without compromising environmental standards are essential for achieving sustainable development goals.

Keywords: Ecological Footprint, Pollution Haven, Foreign Direct Investment.

JEL Codes: F18, Q57, F49

Submitted: 07 / 02 / 2025

Accepted: 23 / 09 / 2025

¹Dr. Öğretim Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü Öğretim Üyesi, Kahramanmaraş, Türkiye, atlgndilek@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3776-558X>.

²YÖK 100/2000 Bursiyeri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü Doktorantı, Kahramanmaraş, Türkiye, dallitugce1@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5862-1964>.

Giriş

Uluslararası ticaret ile çevre arasındaki ilişki, 1970'li yıllardan itibaren akademik ve politik çevrelerde tartışılmaya başlanmış olup, 1990'lı yıllarda ticaretin serbestleşmesine yönelik gelişmelerle birlikte bu tartışmalar daha da yoğunlaşmıştır. Özellikle, "Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED), Kuzey Amerika Serbest Ticaret Anlaşması (NAFTA), Uruguay Raundu, Gümrük Tarifeleri ve Ticaret Genel Anlaşması (GATT) ve Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ)" gibi uluslararası anlaşmalar ve kurumlar, ticaret politikalarının çevresel etkileri konusundaki tartışmaları küresel boyutta artırmıştır (Gill vd., 2018: 167). Ticaretin serbestleşmesiyle birlikte küreselleşmenin önemli unsurlarından biri haline gelen FDI, özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin cari açıklarının finansmanında temel bir kaynak olmanın yanı sıra, gelir, yatırım ve istihdam üzerinde belirgin ekonomik etkiler yaratmaktadır. Diğer yandan, doğrudan yabancı yatırımlar aracılığıyla teknoloji, bilgi ve yönetim yetkinlikleri yatırımcı ülkeden ev sahibi ülkeye transfer edilmekte, bu da kalkınma sürecine doğrudan katkıda bulunmaktadır (Uğur ve Taş, 2022: 457). Ancak, FDI'nın ekonomik kazanımları yanında, çevre ekonomisi literatüründe giderek genişleyen hem kuramsal hem de ampirik araştırmalar, doğrudan yabancı yatırımların ev sahibi ülkelerdeki çevresel kalite üzerindeki negatif etkilerini analiz etmektedir (Cole ve Elliott, 2005). Bu bağlamda, sanayi yatırımlarının çevreye olan etkileri, artan enerji tüketimi, sera gazı emisyonları, doğal kaynakların aşırı kullanımı ve çevresel bozulma gibi unsurlar üzerinden değerlendirilmektedir (Pao ve Tsai, 2011). Son yıllarda yapılan araştırmalar, FDI'nın çevresel sürdürülebilirlik açısından bazı tehditler oluşturabileceğini ve bu durumun politika yapıcılar açısından dikkate alınması gereken bir konu olduğunu ortaya koymaktadır.

FDI'nın ekonomik kazanımlarının yanı sıra, çevre ekonomisi literatüründe giderek artan sayıda kuramsal ve ampirik çalışma, bu yatırımların ev sahibi ülkelerdeki çevresel kalite üzerindeki etkilerini iki zıt hipotez çerçevesinde ele almaktadır. Kirillik Cenneti /Sığınağı Hipotezi (KCH) gelişmiş ülkelerde uygulanan sıkı çevre politikalarının doğurduğu yüksek uyum maliyetlerinden kaçınmak isteyen yatırımcıların, daha gevşek çevre düzenlemelerine sahip gelişmekte olan ülkelere yönelerek çevresel açıdan kirliliği üretim faaliyetlerini bu ülkelere kaydırarak ileri sürmektedir (Bulut vd., 2022). Bu bağlamda, çevre düzenlemelerinin zayıf olduğu gelişmekte olan ülkeler, zamanla daha yüksek çevresel risk taşıyan sanayi kollarında uzmanlaşmakta; bu durum ise doğal kaynakların aşırı kullanımı, artan sera gazı emisyonları ve ekolojik dengenin bozulması gibi çevresel tehditleri beraberinde getirmektedir (Balsobre-Lorente vd., 2019; Gür, 2019; Terzi ve Pata, 2020; Udemba, 2021). Buna karşılık, Kirillik Halesi Hipotezi FDI'nın gelişmekte olan ülkelere yalnızca finansal sermaye değil, aynı zamanda çevre dostu teknolojiler, enerji verimli üretim teknikleri ve gelişmiş çevresel yönetim uygulamaları taşıdığı varsayımına dayanmaktadır (Pao ve Tsai, 2011: 686). Bu çerçevede, çok uluslu şirketlerin faaliyetleri aracılığıyla sağlanan bilgi ve teknoloji transferi, ev sahibi ülkelerin çevresel performansını iyileştirebilir ve uzun vadede sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunabilir (Jorgenson, 2007: 138). Dolayısıyla, FDI'nın çevresel etkileri tek yönlü değildir; ev sahibi ülkenin kurumsal kapasitesi, çevresel düzenlemelerin etkinliği ve teknolojik adaptasyon yetkinliği gibi faktörlere bağlı olarak bu etkiler olumlu ya da olumsuz şekilde şekillenebilmektedir (Tamazian vd., 2009: 248). Bu durum, gelişmekte olan ülkelerde doğrudan yabancı yatırımlar ile çevre arasındaki ilişkinin yalnızca ekonomik göstergelerle değerlendirilmesinin yetersiz olduğunu, çevresel sürdürülebilirliğin de çok boyutlu bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışmanın arka planındaki temel motivasyon şu şekilde açıklanmaktadır. 2004 yılından itibaren Türkiye'nin yakaladığı makroekonomik istikrar ile birlikte, gelişmekte olan diğer ekonomilere kıyasla sunduğu yüksek getiri oranları, ülkeyi doğrudan yabancı yatırımlar açısından cazip bir yatırım merkezi haline getirmiştir (Gökmenoğlu ve Taşpınar, 2016: 708). Özellikle 2008 küresel finans krizinin ardından uygulamaya konulan yatırım teşvik politikaları, Türkiye'nin FDI çekme kapasitesini artırmış ve yabancı yatırımcılar açısından daha elverişli bir yatırım ortamı yaratmıştır (Erdoğan ve Ataklı, 2012: 1184). Bu çerçevede, Türkiye'ye yönelen FDI'ların artışı ile çevresel kirlilik arasındaki ilişki, detaylı bir şekilde incelenmesi gereken önemli bir araştırma konusu olarak öne çıkmaktadır. Çalışma, Türkiye'de 1989-2022 dönemi için KCH'nin geçerli olup olmadığını incelemektedir. Bu bağlamda ekolojik ayak izi, kişi başına GDP ve doğrudan yabancı yatırım verilerini kullanarak hipotezin geçerliliğini Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Model (ARDL) yöntemiyle test etmektedir. Çalışmanın özgün katkıları ve mevcut literatüre sağladığı yenilikler şu şekilde detaylandırılmaktadır. Birincisi, FDI ve gelir seviyesinin çevresel bozulma üzerindeki etkisini inceleyen mevcut literatür, çevresel bozulmayı büyük ölçüde karbondioksit (CO₂) emisyonları üzerinden değerlendirmektedir (Antweiler vd., 2001; Cole ve Elliott, 2005; Shahbaz vd., 2015; Paramati vd., 2016). Ancak CO₂ emisyonları, çevresel bozulmanın yalnızca tek boyutunu yansıtmaktadır. Buna karşın bu çalışmada, çevresel kirliliği daha kapsamlı biçimde temsil eden kişi başına ekolojik ayak izi (EF) kullanılmıştır. EF; arazi kullanımı, ormansızlaşma, enerji tüketimi ve biyolojik kapasite aşımı gibi çok boyutlu çevresel etkileri kapsayan daha bütüncül bir göstergedir. Bu yönüyle çalışma, mevcut literatürdeki göstergesel sınırlılığı aşmakta ve çevresel sürdürülebilirliğe dair daha derinlemesine bir analiz sunmaktadır. İkincisi, literatürde Türkiye bağlamında FDI ile çevresel bozulma arasındaki ilişkinin yönü ve büyüklüğünü inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır ve özellikle KCH'nin geçerliliği yeterince test edilmemiştir. Bu çalışma, Türkiye özelinde FDI artışının çevre kalitesi üzerindeki etkisini analiz ederek bu önemli boşluğu gidermeyi amaçlamaktadır. Üçüncüsü, çalışmada çevresel bozulma, kişi başına GDP ve FDI değişkenleri birlikte ele alınarak, ARDL yöntemi aracılığıyla ampirik olarak test edilmiştir. ARDL

yöntemi, değişkenler arasındaki hem kısa hem de uzun dönemli ilişkileri aynı model çerçevesinde analiz etme olanağı sunmakta ve bu sayede hipotezin dinamik boyutlarının incelenmesine imkân tanımaktadır. Buna ek olarak, uzun dönem tahminlerinin güvenilirliğini artırmak ve bulguların sağlamlığını test etmek amacıyla FMOLS, DOLS ve CCR tahmincileri de kullanılmıştır. Söz konusu yöntemler, içsellik ve otokorelasyon sorunlarını minimize etmeleri ve küçük örneklemelerde dahi tutarlı sonuçlar sunmaları nedeniyle uzun dönem analizlerinde sıkça tercih edilmektedir.

Makalenin geri kalan kısmında ilk olarak literatür özeti sunulmaktadır. Daha sonra veri seti ve metodoloji açıklanıp ampirik bulgular ortaya koyulmuştur. Sonuç bölümünde ise ampirik bulgular uluslararası literatür kapsamında değerlendirilerek politika önerilerine yer verilmiştir. Son olarak gelecekteki çalışmalar için tavsiyelere değinilmiş ve çalışma sonlandırılmıştır.

1. Literatür Özeti

KCH çevresel düzenlemelerin nispeten gevşek olduğu ülkelerin DYY'yi çekerek çevresel bozulmaya maruz kaldığını savunmaktadır. Bu bağlamda, ampirik literatür oldukça geniştir ve farklı ülke grupları, dönemler ve metodolojik yaklaşımlar kullanılarak yapılan çalışmalar hipotezin geçerliliği konusunda farklı sonuçlara ulaşmıştır. Konuya ilişkin literatürde yer alan çalışmalar incelenmiş ve elde edilen bulgular özet halinde sunulmuştur. Bu kapsamda, seçilen çalışmaların temel amaçları, yöntemsel yaklaşımları, veri setleri ve ulaşılan sonuçlar analiz edilmiş, böylece mevcut literatürdeki yaklaşımlar ve bulgular arasındaki benzerlikler ile farklılıklar ortaya koyulmuştur.

OECD ülkeleri üzerine yapılan erken dönem çalışmalardan biri olan Kearsley ve Riddel (2010), 1980-2004 yılları arasında 27 OECD ülkesine ilişkin CO₂ ve SO₂ emisyonları ile dışa açıklık ve gelir düzeyini analiz etmiş; sabit etkiler modeli ile yapılan analiz sonucunda KCH'nin geçerli olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde, ASEAN-5 ülkelerini kapsayan Zhu vd., (2016) ile MENA bölgesini inceleyen Salehnia vd., (2020) da panel kantil regresyon yöntemi ile yaptıkları çalışmalarda hipotezi doğrulamamıştır. Hindistan, Endonezya, Brezilya, Türkiye ve Güney Afrika'yı kapsayan panel nedensellik analizi ile çalışan Sökmen (2021) ve 104 ülkeyi kapsayan Wang ve Wang (2021) da KCH'nin geçersiz olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Murshed vd., (2022) ise Güney Asya ülkelerinde AMG ve CCEM tahmincileriyle yaptıkları analizde benzer bir bulguya ulaşmıştır.

Buna karşılık, özellikle Türkiye odaklı çalışmalarda KCH'nin geçerliliği yönünde güçlü bulgular rapor edilmiştir. Örneğin; Yıldırım vd., (2017), Koçak ve Şarkgüneşi (2018), Gür (2019), Terzi ve Pata (2020), Mike (2020), Bulut vd., (2021), Yurtkuran (2021), Özkan ve Çoban (2022), Ursavaş (2024), Holtbrügge ve Raghavan (2025) gibi araştırmalar, farklı dönemler ve ekonometrik yöntemleri (ARDL, eşbütünleşme, nedensellik, DOLS, Fourier ADL vb.) kullanarak Türkiye'de DYY ile çevresel bozulma arasında pozitif bir ilişki bulmuş, dolayısıyla KCH'nin geçerli olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca, daha geniş ülke örneklemelerini kapsayan Shahbaz vd., (2011) (110 ülke), Doytch (2020) (117 ülke) ve Destek vd., (2024) (BRICS-T ülkeleri) gibi çalışmalar da KCH lehine sonuçlar ortaya koymuştur.

Bazı çalışmalarda ise ülkeler bazında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, Özçelik vd., (2024) tarafından BRICMT ülkeleri için yapılmış çalışmada Fourier Bootstrap ARDL ve Toda-Yamamoto nedensellik testleri uygulanmış ve Brezilya, Meksika ile Çin'de hipotez geçerli bulunurken, diğer ülkelerde geçerli olmadığı tespit edilmiştir. Bu durum, hipotezin ülkelerin kurumsal yapısı, çevre politikalarının sıklığı ve ekonomik yapıları gibi faktörlere duyarlı olduğunu göstermektedir.

Türkiye özelinde yapılan çalışmaların genelinde, DYY girişlerinin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini destekleyen sonuçların baskın olduğu görülmektedir. Ancak, örneğin Şahinöz ve Fotourehchi (2014) gibi bazı çalışmalar, 1974-2011 dönemi Türkiye verileriyle yaptıkları analizde hipotezin geçerli olmadığına işaret etmiştir. Yine Balsalobre-Lorente vd., (2019) tarafından MINT ülkeleri üzerinde yapılan çalışmada da KCH'nin geçerli olmadığı saptanmıştır.

Literatürde, FDI'nin çevresel bozulma üzerindeki etkisini ele alan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar çevresel bozulmayı ölçmek amacıyla ağırlıklı olarak CO₂ emisyonları (Yang vd., (2008), Kearsley ve Riddel (2010), Pao ve Tsai (2011), Shahbaz vd., (2011), Mutafoğlu (2012), Şahinöz ve Fotourehchi (2014), Polat (2015), Zeren (2015), Zhu vd., (2016), Kılıçarslan ve Dumrul (2017), Yıldırım vd., (2017), Koçak ve Şarkgüneşi, (2018), Gür, (2019), Ghamit vd., (2020), Mike, (2020), Salehnia vd., (2020), Terzi ve Pata, (2020), Bulut vd. (2021), Sökmen, (2021), Abbasi vd., (2023), Apergis vd., (2023), Gogoi ve Hussain, 2023, Kim ve Seok, (2023), Uche vd., (2023), Achuo ve Ojong, (2024), Georgescu vd., (2024), Khan vd. (2024), Liu vd. (2024), Özçelik vd. (2024), Özmen ve Balı (2024), Holtbrügge ve Raghavan, (2025)) ya da EF gibi (Balsalobre-Lorente vd. (2019), Doytch, (2020), Udemba, (2021), Murshed vd. (2022), Özkan ve Çoban, (2022), Ursavaş, (2024), Destek vd. (2024)) farklı göstergelere başvurmaktadır. Bu doğrultuda literatür genel olarak iki ana kategori altında değerlendirilebilir. İlk grupta, çevresel bozulmanın bir göstergesi olarak CO₂ emisyonlarına odaklanan çalışmalar yer almakta; bu çalışmalar ekonomik faaliyetlerin çevresel etkilerini dar bir çerçevede, genellikle enerji tüketimi ve sanayi üretimi bağlamında analiz etmektedir. İkinci grupta ise, çevresel

bozulmayı daha geniş bir perspektiften ele alarak ekolojik ayak izi göstergesini kullanan çalışmalar yer almaktadır. Bu tür çalışmalar, yalnızca karbon salınımlarını değil, aynı zamanda biyolojik kapasite aşımı, arazi kullanımı, su tüketimi ve enerji yoğunluğu gibi unsurları da dikkate alarak çevresel sürdürülebilirliği daha kapsamlı biçimde analiz etmektedir. Her ne kadar EF son yıllarda çevresel etkilerin değerlendirilmesinde giderek daha fazla tercih edilen bir gösterge haline gelmiş olsa da, mevcut literatürde EF temelli çalışmalar çoğunlukla çoklu ülke panelleri üzerinden yürütülmekte ve Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için dönemsel derinlikten yoksun kalmaktadır. Bu çalışma, literatürde sık kullanılan göstergelerden biri olan EF'yi uzun dönemli ülke uygulaması çerçevesinde ele alarak, 1989-2022 dönemi için Türkiye özelinde detaylı bir analiz sunmakta ve EF'nin FDI ile etkileşimini ARDL yöntemiyle inceleyerek yöntem bilimsel olarak da literatüre katkı sağlamayı hedeflemektedir. Bu çerçevede, çalışmanın katkısı yalnızca gösterge seçimi ile sınırlı olmayıp, analiz kapsamı ve yöntemsel yaklaşımı itibarıyla da literatürdeki mevcut boşluklara yanıt vermektedir.

2. Veri Seti ve Metodoloji

Türkiye'de kirlilik cenneti hipotezinin geçerli olup olmadığını test etmek amacıyla, 1989-2022 yıllarını kapsayan ve veri erişilebilirliği göz önünde bulundurularak seçilen bir veri seti kullanılmıştır. Ampirik analizlerde kullanılan değişkenlerin belirlenmesi sürecinde Udemba (2021) ve Murshed vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar esas alınmıştır. Çalışmada bağımlı değişken olarak EF, bağımsız değişkenler kişi başına reel GDP ve FDI olarak analizlere eklenmiştir. Kişi başına ekolojik ayak izi; tarım arazisi, otlak alanı, balıkçılık sahaları, orman alanı, karbon ve yapılaşmış alan ayak izlerinin toplamı olarak ölçülmektedir. Reel GDP ve reel doğrudan yabancı yatırım, 2010 sabit ABD doları cinsinden hesaplanmaktadır. Değişkenlere ilişkin simgeler, açıklamalar, kaynak ve dönem bilgileri Tablo 1'de detaylandırılmıştır.

Tablo 1. Değişkenlere İlişkin Detaylar

Simgeler	Açıklamalar	Kaynak / Dönem Bilgileri
lnEF	Ekolojik Ayak İzi (Kişi Başına Kha Cinsinden)	Global Foodprint Network / 1989-2022
lnGDP	Kişi Başına Reel GSYH (2010 Yılı Sabit Fiyatlarıyla, Dolar)	World Bank / 1989-2022
lnFDI	Doğrudan Yabancı Yatırımlar (kişi başı GSYH %)	World Bank / 1989-2022

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Ekonometrik modellerde değişkenlerin logaritmasının alınmasının temel amacı, değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri doğrusal hale getirerek modelin daha iyi bir şekilde tahmin edilmesini sağlamak, verilerin varyansını azaltarak heteroskedastisite problemlerini minimize etmektir (Wooldridge, vd., 2016: 197). Logaritma dönüşümü ayrıca verilerin normal dağılıma daha yakın bir form almasına yardımcı olarak istatistiksel analizlerin güvenilirliğini artırmaktadır (Gujarati ve Porter, 2009: 251). Logaritması alınan model, Denklem (1)'de gösterilmiştir:

$$\ln EF_t = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_t + \beta_2 \ln FDI_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Denklem (1)'de lnEF, kişi başına ekolojik ayak izini; lnGDP kişi başına reel GDP'yi; lnFDI, kişi başına doğrudan yabancı yatırımın doğal logaritmasını ifade etmektedir. Ayrıca, t zaman periyodunu ve μ hata terimini göstermektedir.

Analiz sürecinde öncelikli olarak değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmış ve bu değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları incelenmiştir. Ardından, serilerin durağanlık özelliklerini değerlendirmek amacıyla "Augmented Dickey Fuller (ADF) ve Phillips & Perron (PP) birim kök testleri" uygulanmıştır. Bu testler sonucunda, serilerin seviyede durağan olmadığı tespit edilmiş, farklı derecelerde fark alınarak durağan hale getirildiği gözlemlenmiştir (Dickey & Fuller, 1981; Phillips & Perron, 1988).

Zaman serisi analizlerinde farklı eşbütünleşme yöntemleri uygulanabilmektedir. Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi yöntemi, değişkenlerin I(2) düzeyinde olmaması koşuluyla, diğer tüm durumlarda kullanılabilen esnek bir yaklaşımdır. Bu yöntem, değişkenlerin aynı düzeyde durağan olmasını gerektirmediği için sınırlı gözlem içeren verilerde dahi güvenilir sonuçlar sunma avantajına sahiptir. Eşbütünleşme modelinin genel formu Denklem (2)'de ifade edilmektedir:

$$\Delta \ln EF_t = b_0 + \sum_{i=1}^k b_{1i} \Delta \ln EF_{t-i} + \sum_{i=0}^l b_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^m b_{3i} \Delta \ln FDI_{t-i} + b_4 \ln EF_{t-1} + b_5 \ln GDP_{t-1} + b_6 \ln FDI_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Denklem (2)'deki " b_0 sabit terimi, Δ farkı ve ε_t hata terimini ifade ederken; b_1, b_2, b_3 katsayıları kısa dönemdeki, b_4, b_5, b_6 ise uzun dönemdeki dinamik ilişkiyi" göstermektedir. Modelde kullanılan gecikme uzunlukları, Akaike Bilgi Kriteri (AIC) doğrultusunda belirlenmiştir. EF, reel GDP ve FDI değişkenleri arasındaki eşbütünleşme ilişkisi yani uzun dönemli ilişki Wald testiyle belirlenmektedir. Sıfır hipotezinin geçerliliğini test etmek amacıyla hesaplanan Wald test istatistikleri, Pesaran vd. (2001) tarafından sunulan kritik değer tablolarındaki alt ve üst sınır değerleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmektedir. Bu karşılaştırma, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Test istatistiğinin değeri, üst sınırın kritik değerini aştığında seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna ulaşırlarken, alt sınırın altında kalması durumunda eşbütünleşmenin olmadığı kabul edilmektedir. Ancak, test istatistiği değerinin alt ve üst sınır değerleri arasında olması halinde, uzun dönemli ilişkiye dair kesin bir sonuca varılamamaktadır (Pesaran vd., 2001). Bu çerçevede, boş hipotez, eşbütünleşmenin olmadığı varsayımını temsil etmektedir ve Denklem (3) ve (4)'te ifade edilmektedir:

$$H_0: b_4 = b_5 = b_6 = 0 \quad (\text{Eşbütünleşme yoktur}) \quad (3)$$

$$H_1: b_4 \neq b_5 \neq b_6 \neq 0 \quad (\text{Eşbütünleşme vardır}) \quad (4)$$

Uzun dönemli ilişkinin var olması durumunda, uzun dönem katsayılarının tahmini için Denklem (5)'te, ARDL (k, l, m) modeli kurulmaktadır.

$$\ln EF_t = c_0 + \sum_{i=1}^k c_{1i} \ln EF_{t-i} + \sum_{i=0}^l c_{2i} \ln grGDP_{t-i} + \sum_{i=1}^m c_{3i} \ln FDI_{t-i} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Denklem (5)'te belirtilen modelin tahmin edilmesinin ardından, modelin güvenilirliği ve doğruluğunu değerlendirmek amacıyla çeşitli tanısal testlerin uygulanması gerekmektedir. Bu kapsamda, modelde otokorelasyon probleminin olup olmadığını tespit edebilmek için "Breusch-Godfrey LM" testi kullanılacaktır. Varyansın durağan olup olmadığını belirlemek amacıyla "ARCH testi" uygulanırken, hata terimlerinin normal dağılıma uygunluğunu incelemek için "Jarque-Bera testi" kullanılacaktır. Modelin doğru fonksiyonel yapıya sahip olup olmadığını değerlendirmek için "Ramsey RESET" testinden yararlanılacaktır. Ayrıca, modeldeki katsayıların zaman içerisinde istikrarlı olup olmadığını tespit edebilmek için "CUSUM ve CUSUMQ" testleri uygulanacaktır.

Bu testler sonucunda elde edilen bulgular, modelin genel uygunluğunun değerlendirilmesinde kritik bir rol oynayacaktır. Modelin yapısal tutarlılığı sağlandığı takdirde, kısa dönemli ilişkilerin incelenmesi için hata düzeltme modeli (ECM) kullanılacaktır. Bu süreç, modelin uzun dönem dengesinden sapmaların zaman içinde nasıl düzeltildiğini analiz etmeye olanak tanımakta ve kısa dönem dinamiklerinin daha sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Model Denklem (6)'da gösterilmektedir.

$$\Delta \ln EF_t = d_0 + \sum_{i=1}^k d_{1i} \Delta \ln EF_{t-i} + \sum_{i=0}^l d_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^m d_{3i} \Delta \ln FDI_{t-i} + \delta ECM_{t-i} + \varepsilon_t \quad (6)$$

Denklem (6)'da yer alan ECM_{t-i} hata düzeltme terimine ait δ katsayısının istatistiksel olarak anlamlı kabul edilebilmesi için negatif işarete sahip olması gerekmektedir. Bu katsayı, kısa vadede meydana gelebilecek dengesizliklerin uzun vadede hangi ölçüde giderileceğini ifade etmektedir (Usupbeyli ve Uçak, 2018: 233).

Özellikle son yıllarda, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin analizinde geleneksel eşbütünleşme testlerinin yerini FMOLS, DOLS ve CCR gibi alternatif yöntemlerin almaya başladığı görülmektedir. Uzun dönemli katsayı tahminlerinde karşılaşılan içsellik ve sapma sorunlarını minimize etme yetkinlikleri nedeniyle, bu yöntemler literatürde giderek daha fazla tercih edilmektedir. FMOLS yöntemi, Phillips ve Hansen (1990) tarafından geliştirilmiş olup, stokastik süreçler ile eşbütünleşme denklemindeki hata terimleri arasındaki uzun dönem korelasyonlarını dikkate alarak tahminin güvenilirliğini artırmayı hedeflemektedir. DOLS yöntemi ise Stock ve Watson (1993) tarafından geliştirilmiş olup, modele gecikmeli ve ileri değişkenlerin eklenmesi yoluyla geri besleme etkilerini ortadan kaldırarak asimptotik olarak etkin tahminler sunmaktadır. CCR yöntemi ise Park (1992) tarafından önerilmiş olup, tahmin sürecinde transformasyon teknikleri aracılığıyla içsellik problemini gidermekte ve aynı zamanda asimptotik olarak Ki-kare testlerinin yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu çalışmada, ARDL analizine ek olarak FMOLS, DOLS ve CCR tahmincileri de uygulanmıştır. Böylece hem sonuçların sağlamlığının test edilmesi hem de elde edilen uzun dönemli ilişkilerin güvenilirliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Ayrıca, söz konusu yöntemlerin küçük örneklem yapılarında da etkin ve tutarlı tahminler sunabilmesi, çalışmanın ampirik geçerliliğini destekleyen önemli bir unsurdur. Bu tahminciler, içsellik sorununu kernel tahmincileri aracılığıyla giderme kapasitesine de sahiptir (Erdoğan vd., 2018: 47).

3. Ampirik Bulgular

Metodoloji kısmında belirtilen testlerin uygulanmasından önce değişkenlere ait tanımlayıcı istatistiklerin ve korelasyon matrisi değerlerinin verilmesi önemlidir. Çünkü bu bilgiler ile hem veri setinin daha iyi anlaşılması hem de analitik yöntemlerin doğruluğu ve uygunluğu değerlendirilmektedir. Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon matrisi Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler ve Korelasyon Matrisi

	<i>lnEF</i>	<i>lnGDP</i>	<i>lnFDI</i>
Ortalama	0.4689	3.7762	-0.0224
Medyan	0.4785	3.8853	0.0826
Maksimum	0.5411	4.0996	0.5591
Minimum	0.3665	3.3031	-0.5151
Standart hata	0.0557	0.2640	0.3119
Çarpıklık	-0.4326	-0.3054	0.0160
Basıklık	1.8506	1.4767	1.7277
Jarque-Bera Olasılık	2.9320 (0.2308)	3.8159 (0.1481)	2.2943 (0.3175)
Gözlem sayısı	34	34	34
Korelasyon Matrisi			
	<i>lnEF</i>	<i>lnGDP</i>	<i>lnFDI</i>
lnEF	1.000		
lnGDP Olasılık	0.9520 (0.0000)	1.0000	
lnFDI Olasılık	0.6833 (0.0000)	0.7807 (0.0000)	1.0000

Kaynak: Eviews 10 paket programından elde edilmiştir.

Tablo 2’deki bulgular incelendiğinde, serilerin normal dağılım özelliği gösterip göstermediğini belirten Jarque-Bera istatistiği serilerin normal dağılım özelliğine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Serilerin korelasyon matrisinde ise tüm değişkenler arasında pozitif ve güçlü bir ilişki olduğu gözlemlenmektedir. Bununla birlikte en yüksek korelasyon ilişkisinin 0.9520 ile lnGDP ve lnEF arasında olduğu belirlenmiştir.

ARDL analizine başlamadan önce, uygun gecikme uzunluğunun tespit edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, analiz süreci öncelikle gecikme uzunluğunun tespiti ile başlatılmış olup, bulgulara Tablo 3’te yer verilmiştir.

Tablo 3. Modelin Optimal Gecikme Uzunluğunun Bulguları

Gecikme Uzunluğu	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	92.88151	NA	7.29e-07	-5.617594	-5.480182	-5.572046
1	142.7658	87.29747	5.69e-08	-8.172861	-7.623210*	-7.990667
2	156.3060	21.15666*	4.36e-08*	-8.456627*	-7.494738	-8.137788*

Not: "*" notasyonu ilgili kritere göre seçilen gecikme uzunluğunu ifade etmektedir.

Kaynak: Eviews 10 paket programından elde edilmiştir.

Tablo 4’teki bulgular incelendiğinde, seçim kriterleri arasında en düşük değer Akaike Bilgi Kriteri’ne (AIC) ait olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, çalışmada kullanılan model için uygun gecikme uzunluğunun AIC (2) olarak belirlenmesini sağlamıştır. AIC’nin en önemli avantajlarından biri, hem örneklem içi hem de örneklem dışı model performansını değerlendirme imkânı sunan bir bilgi kriteri olmasıdır (Yalta, 2011).

Değişkenlere ait birim kök testi bulgularına ise Tablo 4’te yer verilmiştir.

Tablo 4. ADF ve PP Birim Kök Testlerinin Bulguları

	ADF			PP		
	lnEF	lnGDP	lnFDI	lnEF	lnGDP	lnFDI
Seviye						
Sabitli	-1.1591 (0.6795)	-1.5730 (0.4848)	-1.9669 (0.2992)	-1.8046 (0.3718)	-1.5792 (0.4817)	-1.7987 (0.3746)
Sabitli ve Trendli	-4.5972 (0.4447)	-1.5875 (0.7763)	-2.8618 (0.1871)	-7.7220 (0.3025)	-1.6719 (0.7410)	-2.8837 (0.1803)
Birinci Fark						
Sabitli	-10.354*** (0.0000)	-6.3398*** (0.0000)	-6.6558*** (0.0000)	-14.186*** (0.0000)	-6.3398*** (0.0000)	-12.636*** (0.0000)
Sabitli ve Trendli	-10.200*** (0.0000)	-6.2756*** (0.0000)	-6.5442*** (0.0000)	-14.558*** (0.0000)	-6.2756*** (0.0000)	-12.805*** (0.0000)
*** %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir.						

Kaynak: Eviews 10 paket programından elde edilmiştir.

Birim kök testlerinin sonuçlarına göre, serilerin seviyelerinde durağan olmadığı tespit edilmiştir. Birinci farkta ise sabitli, sabitli ve trendli modelde bütün değişkenlerin %1 önem düzeyinde durağan hale geldiği belirlenmiştir.

Tablo 5. ARDL (1, 2, 0) Bulguları

Araştırmanın Modeli		F Değeri
$\ln ek_t = f(\ln gr_t, \ln FDI_t)$		5.8513***
Kritik Değer	I(0)	I(1)
%1	3.17	4.14
%5	3.79	4.85
%10	4.41	5.52
*** %1 önem seviyesini ifade etmektedir.		

Kaynak: Eviews 10 paket programından elde edilmiştir.

Tablo 5'teki bulgulara göre hesaplanan F istatistik değeri 5.8513 olup %1 önem düzeyindeki 3.17 ile 4.14 olan üst kritik değerlerden büyük olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğunu göstermektedir.

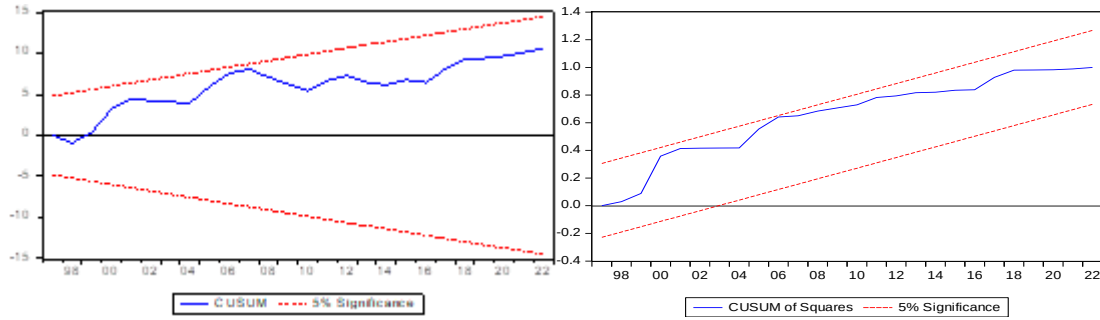
Tablo 6. ARDL (1, 2, 0) Modelinin Teşhis Testleri Bulguları

Testler	F İstatistik Değerleri	Olasılık Değerleri
Breusch Godfrey LM serisel korelasyon testi	1.134223	0.3383
Jarque-Bera	0.776901	0.678107
Ramsey Reset testi	0.8089	0.3770
ARCH	0.651402	0.6630
Değişen varyans testi		
CUSUM	İstikrarlıdır	İstikrarlıdır
CUSUMQ	İstikrarlıdır	İstikrarlıdır
	R ² = 0.920532	

Kaynak: Eviews 10 paket programından elde edilmiştir.

Tablo 6'daki sonuçlar incelendiğinde, modelde otokorelasyon sorununun olmadığı, değişkenlerin normal dağılım özelliği taşıdığı, değişen varyans (heteroskedastisite) probleminin bulunmadığı ve modelin doğru fonksiyonel forma sahip olduğu

görülmektedir. Bu bulgular, modelin varsayımlarını karşıladığını ve tahmin sonuçlarının güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 1. CUSUM ve CUSUM Kare Bulguları

Kaynak: Eviews 10 paket programından elde edilmiştir.

Şekil 1'deki CUSUM testlerinin sonuçları incelendiğinde, model tahminlerini temsil eden mavi çizginin, güven aralıklarını ifade eden kesikli kırmızı çizgiler arasında kaldığı görülmektedir. Bu durum, modelin katsayılarının analiz dönemi boyunca istikrarlı olduğunu ve herhangi bir yapısal kırılma yaşanmadığını göstermektedir. Elde edilen bulgular, modelin kararlılığını ve geçerliliğini desteklemektedir.

Tablo 7. ARDL (1, 2, 0) Bulguları

Değişkenler	Katsayı	Olasılık Değeri
Kısa Dönem		
lnGDP	0.269765***	0.0000
lnFDI	-0.079274	0.6688
ECT (-1)	-0.729875***	0.0002
Uzun Dönem		
lnGR	0.209303***	0.0008
lnFDI	0.027800**	0.0959

Tablo 7'deki ARDL modeli kısa dönem analizi sonuçlarına göre, GDP'deki artışın, %1 anlamlılık düzeyinde, EF üzerinde pozitif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık, FDI değişkeninin katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Türkiye'de FDI'nın önemli bir kısmı genellikle hizmet ve finans gibi çevresel etkisi sınırlı sektörlerle yönelmektedir. Ayrıca, çevresel etkilerin ortaya çıkması zaman alabileceğinden, FDI'nın çevre üzerindeki etkisi kısa vadede belirlenemeyebilir. Bu durum, FDI'nın kısa dönemde EF üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yaratmamasının temel nedenlerinden biri olabilir. Ayrıca, hata düzeltme katsayısının -0.729857 değerinde, negatif işaretli ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Hata düzeltme katsayısının -0.729 olarak hesaplanması, kısa dönem dengesindeki sapmaların yaklaşık olarak $1/(-0.729) = 1,37$ yıl içinde yeniden uzun dönem dengesine ulaşacağını ifade etmektedir. Bu bulgular ayrıca modelin dinamik özelliklerini ve hata düzeltme mekanizmasının etkinliğini ortaya koymaktadır. Uzun dönem sonuçları incelendiğinde ise GDP ve FDI'deki artış EF'yi artırmaktadır. Sonuçlar, uzun dönemde Türkiye'de KCH'nin geçerli olduğunu göstermektedir.

Uzun dönem katsayı tahminlerine (FMOLS, DOLS ve CCR) ait bulgular Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. FMOLS, DOLS ve CCR Bulguları

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	Olasılık Değeri
FMOLS				
LnGDP	0.238	0.020	11.74	0.000***
LnFDI	0.040	0.016	2.458	0.020**
DOLS				
LnGDP	0.242	0.021	11.36	0.000***
LnFDI	0.044	0.018	2.377	0.024**

CCR				
LnGDP	0.211	0.039	5.382	0.000***
LnFDI	0.030	0.020	1.546	0.038**
Not: **p<0.05, ***p<0.01.				

Tablo 8'de yer alan FMOLS, DOLS ve CCR tahminci sonuçları %5 ve %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. FMOLS sonuçlarına göre GDP ve FDI'da meydana gelen %1'lik artış EF'yi yaklaşık olarak sırasıyla %0.238 ve %0.040 artırmaktadır. DOLS sonuçlarına göre GDP ve FDI'da meydana gelen %1'lik artış EF'yi yaklaşık olarak sırasıyla %0.242 ve %0.044 artırmaktadır. CCR sonuçlarına göre ise GDP ve FDI'da meydana gelen %1'lik artış EF'yi yaklaşık olarak sırasıyla %0.211 ve %0.030 artırmaktadır. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar uzun dönemde Türkiye'de KCH'nin geçerli olduğunu göstermektedir.

Sonuç ve Değerlendirme

Yaşanabilir bir çevrenin sürdürülebilirliği ve korunması, yalnızca günümüzde yaşayan tüm canlılar için değil, aynı zamanda gelecek nesiller için de hayati bir öneme sahiptir. Bu doğrultuda, çevre kirliliğine neden olan başlıca faktörlerin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi, çevresel tehditlerin tespit edilmesi ve bu tehditleri ortadan kaldırmaya yönelik etkin önlemlerin hızla hayata geçirilmesi gerekmektedir. Çevre kirliliğinin önlenmesi, ekosistemlerin dengesinin korunmasını sağlarken, biyolojik çeşitliliğin devamlılığına da katkı sunmaktadır. Çalışma, Türkiye'de 1989-2022 yılları arasında KCH'nin geçerliliğini inceleyen bir araştırma kapsamında olup FDI ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi analiz etmektedir. Bu doğrultuda, uzun ve kısa dönem etkilerin değerlendirilmesi amacıyla ARDL testi modeli kullanılarak ampirik bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, elde edilen uzun dönemli sonuçların sağlamlığını test etmek ve karşılaştırmalı analiz imkânı sunmak amacıyla FMOLS, DOLS ve CCR tahmin yöntemlerinden de yararlanılmıştır. Çalışma, FDI'nın çevresel bozulma üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik olup, Türkiye ekonomisinin çevresel sürdürülebilirlik açısından nasıl bir dinamik sergilediğini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bulgular, kişi başı GSYH ve FDI'nın uzun dönemde EF'yi pozitif yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Diğer bir deyişle FDI'deki artışın uzun vadede, çevresel bozulmayı tetiklediği tespit edilmiştir. Bu bulgu, FDI'nın ekolojik ayak izi (EF) üzerine etkilerini inceleyen Doytch (2020); Udemba (2021); Özkan ve Çoban (2022); Ursavaş (2024) ve Destek (2024)'in bulguları ile tutarlılık göstermektedir. Buna göre FDI'deki artış ekonomik faaliyetleri canlandırarak ekonomik büyümeyi teşvik etmektedir. Bununla birlikte, gelişmiş ülkelerde uygulanan sıkı çevre politikalarından kaçınan bazı kirliliği endüstriler, çevresel düzenlemelerin daha esnek olduğu Türkiye gibi ülkelerde faaliyetlerini yoğunlaştırmaktadır. Bu durum, çalışmada elde edilen bulgularla uyumlu olup, söz konusu endüstrilerin çevre dostu olmayan teknolojiler kullanması sebebiyle çevresel bozulmanın daha da derinleşmesine yol açtığını göstermektedir. Ayrıca çalışmada elde edilen bulguların bir diğeri GDP'deki artışın EF'yi artırdığı yönündedir. Bu sonuca göre ekonomik büyüme arttıkça EF hem kısa hem de uzun dönemde artmaktadır. Ekolojik ayak izinin artması doğal kaynakların aşırı kullanımına ve çevresel bozulmaya yol açacaktır. Elde edilen bu sonuç, Zafar vd. (2019) ve Murshed vd. (2022)'in bulguları ile tutarlılık göstermektedir.

FDI'nın çevre kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerinin tersine çevrilmesinde aşağıdaki politika önerileri yapılabilir. FDI'nın çevresel etkilerinin kontrol altına alınması ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yönlendirilmesi için, tüm yatırım projelerinin yüksek çevresel standartlara uyum sağlamasını zorunlu kılan katı çevre mevzuatları ve yönergeler oluşturulmalı ve etkin bir şekilde uygulanmalıdır. Mevzuatın, gelişen çevresel sorunlar ve teknolojik yeniliklere uyum sağlayabilmesi için periyodik olarak güncellenmesi gerekmektedir. Ayrıca, FDI içeren tüm projeler için detaylı Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) süreçlerinin zorunlu hale getirilmesi, olası çevresel risklerin belirlenmesi ve etkili azaltım stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Çevresel performansın şeffaf bir şekilde izlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla, hem yerli hem de uluslararası yatırımcılar için çevresel açıklama yükümlülükleri getirilmelidir. Ek olarak, yeşil inovasyonu ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesini teşvik eden bir ekosistem oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Sürdürülebilir inovasyonun desteklenmesi amacıyla, araştırma kurumları, özel sektör ve yabancı yatırımcılar arasında iş birliği güçlendirilerek ekolojik olarak sürdürülebilir çözümler üreten projeler teşvik edilmelidir. Bu çerçevede, doğrudan yabancı yatırımların çevresel performansını artırmaya yönelik politika ve düzenlemelerin etkinliği sürekli olarak gözden geçirilmeli ve iyileştirilmelidir.

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle, analizde kullanılan modelde çevre kalitesini etkileyebilecek tüm olası belirleyiciler dikkate alınamamıştır; zira veri kısıtları ve ampirik çerçevenin yapısal sınırları nedeniyle değişken seçimi sınırlı tutulmuştur. Bununla birlikte, gelecekteki araştırmalarda dinamik panel veri analizleri kullanılarak zaman boyutu daha güçlü modeller geliştirilebilir ve ülke grupları arasında karşılaştırmalı analizler yapılarak politika etkileri daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirilebilir. Ayrıca, yapısal kırılmaların dikkate alındığı zaman serisi ya da panel eşbütünleşme

analizlerinin uygulanması, daha güvenilir ve hassas sonuçların elde edilmesini sağlayarak literatüre anlamlı katkılar sunabilir.

Kaynakça

- Abbasi, M. A., Nosheen, M., & Rahman, H. U. (2023). An approach to the pollution haven and pollution halo hypotheses in asian countries. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 30, 49270-49289.
- Achuo, E., & Ojong, N. (2025). Foreign direct investment, economic growth and environmental quality in africa: revisiting the pollution haven and environmental kuznets curve hypotheses. *Journal of Economic Studies*, 52(4), 673-691.
- Antweiler, W., Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2001). Is free trade good for the environment? *American Economic Review*, 91(4), 877-908.
- Apergis, N., Pinar, M., & Unlu, E. (2023). HOW do foreign direct investment flows affect carbon emissions in brics countries? revisiting the pollution haven hypothesis using bilateral fdi flows from oecd to brics countries. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 30, 14680-14692.
- Balsalobre-Lorente, D., Gokmenoglu, K. K., Taspinar, N., & Cantos-Cantos, J. M. (2019). An approach to the pollution haven and pollution halo hypotheses in MINT countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 23010-23026.
- Bulut, U., Ucler, G., & Inglesi-Lotz, R. (2021). Does the pollution haven hypothesis prevail in Turkey? Empirical evidence from nonlinear smooth transition models. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 38563-38572.
- Cole, M. A., & Elliott, R. J. R. (2005). FDI and the capital intensity of "dirty" sectors: a missing piece of the pollution haven puzzle. *Review of Development Economics*, 9(4), 530-548.
- Destek, M. A., Yıldırım, M., & Manga, M. (2024). High-income developing countries as pollution havens: can financial development and environmental regulations make a difference?. *Journal of Cleaner Production*, 436, 140479.
- Dickey, D. A., & Fuller, A. W. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *econometrica*, 49(4), 1057-1072.
- Doytch, N. (2020). The impact of foreign direct investment on the ecological footprints of nations. *Environmental and Sustainability Indicators*, 8, 100085.
- Erdoğan, E. & Ataklı, R. (2012), Investment incentives and FDI in Turkey: the incentives package after the 2008 global crisis, *procedia. Social and Behavioral Sciences*, 58(1), 1183-1192.
- Erdoğan, L., Tiryaki, A. & Ceylan, R. (2018). Türkiye'de uzun dönem ekonomik büyümenin belirleyicilerinin ardl, fmols, dols ve ccr yöntemleriyle tahmini. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 36(4), 39-57.
- Georgescu, I. A., Bâra, A., & Oprea, S. V. (2024). Challenges for low-carbon economies in latin america. testing pollution haven hypothesis in developing countries. *Energy Reports*, 12, 5280-5299.
- Gharnit, S., Bouzahzah, M., & Soussane, A. J. (2019). Foreign direct investment and pollution havens: evidence from african countries. *Archives of Business Research*, 244-252.
- Gill, F. L., Viswanathan, K. K., & Karim, M. Z. A. (2018). The critical review of the pollution haven hypothesis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(1), 167-174.
- Global Footprint Network (2024). National foot print accounts. <http://data.footprintnetwork.org>, (Retrieved: 05.12.2024).
- Gogoi, N., & Hussain, F. (2024). Investigating the environmental kuznets curve hypothesis and pollution haven hypothesis in india: an ardl approach. *International Journal of Sustainable Economy*, 16(1), 16-44.
- Gökmenoğlu, K., & Taspinar, N. (2016), The relationship between co2 emissions, energy consumption, economic growth and fdi: the case of turkey, *The Journal of International Trade and Economic Development*, 25(5), 706-723.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. (2009). *Basic econometrics*. (5th ed.). New York: McGraw-Hill Irwin.
- Gür, B. (2019). Doğrudan Yabancı yatırımlar ve karbondioksit emisyonu ilişkisi: Türkiye için kirlilik cenneti hipotezinin değerlendirilmesi. *Eurasian Econometrics, Statistics & Empirical Economics Journal*, 13, 1-13.

- Holtbrügge, D., & Raghavan, N. (2025). Environmental effects of foreign direct investment in India: pollution haven or pollution halo?. *Critical Perspectives on International Business*.
- Jorgenson, A. K. (2007). Does foreign direct investment harm the air quality of developing nations? *Sociological Inquiry*, 77(3), 287-312.
- Kearsley, A. & Riddel, M. (2010). A further inquiry into the pollution haven hypothesis and the environmental kuznets curve. *Ecological Economics*, 69, 905-919.
- Khan, Q. R., Anwar, A., Muhammad, T., Ghafoori, N., & Ahmad, M. (2024). Asymmetric effects of high-tech industry and presence of pollution haven hypothesis in apec countries: fresh evidence with panel quantile regression. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26(8), 2643-2660.
- Kılıçarslan, Z., & Dumrul, Y. (2017). Foreign direct investments and co2 emissions relationship: the case of Turkey. *Business and Economics Research Journal (BERJ)*, 8(4), 647-660.
- Kim, S. E., & Seok, J. H. (2023). The impact of foreign direct investment on co2 emissions considering economic development: evidence from south korea. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 32(4), 1-16.
- Koçak, E., & Şarkgüneşi, A. (2018). The impact of foreign direct investment on CO2 emissions in Turkey: new evidence from cointegration and bootstrap causality analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 790-804.
- Liu, P., Ur Rahman, Z., Jóźwik, B., & Doğan, M. (2024). Determining the environmental effect of chinese fdi on the belt and road countries co2 emissions: an ekc-based assessment in the context of pollution haven and halo hypotheses. *Environmental Sciences Europe*, 36(1), 48.
- Mike, F. (2020). Kirlilik sığınağı hipotezi Türkiye için geçerli mi? ARDL sınır testi yaklaşımından bulgular. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 21(2).
- Murshed, M., Nurmakhanova, M., Al-Tal, R., Mahmood, H., Elhaddad, M., & Ahmed, R. (2022). Can intra-regional trade, renewable energy use, foreign direct investments, and economic growth mitigate ecological footprints in South Asia?. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 17(1), 2038730.
- Mutafoğlu, T. H. (2012). Foreign Direct investment, pollution, and economic growth evidence from turkey. *Journal of Developing Societies*, 28(3), 281-297.
- Ozcelik, O., Bardakci, H., Barut, A., Usman, M., & Das, N. (2024). Testing the validity of pollution haven and pollution halo hypotheses in bricmt countries by fourier bootstrap aardl method and fourier bootstrap toda-yamamoto causality approach. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 17(7), 1491-1504.
- Özkan, O., & Çoban, M. N. (2022). Türkiye'de kirlilik hale hipotezi ve ekonomik büyüme, ekonomik küreselleşme ve ekolojik ayak izi bağlantısı: krsl'den kanıtlar. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 18(4), 1049-1068.
- Özmen, İ., & Balı, S. (2024). Pollution haven hypothesis: smooth quantile evidence from BRICS. *International Journal of Business and Economic Studies*, 6(1), 48-58.
- Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2011). Multivariate granger causality between CO2 Emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) Countries. *Energy*, 36(1), 685-693.
- Paramati, S. R., Ummalla, M., & Apergis, N. (2016). The effect of foreign direct investment and stock market growth on clean energy use across a panel of emerging market economies. *Energy Economics*, 56, 29-41.
- Park, J. (1992). Canonical Cointegrating Regressions. *Econometrica*, 60, 119-143.
- 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.
- Phillips, P. C., & Hansen, B. E. (1990). Statistical inference in instrumental variables regression with I(1) processes. *The Review of Economic Studies*, 57(1), 99-125.
- Phillips, P.C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Polat, M. A. (2015). Türkiye'de Yabancı Sermaye Yatırımları ile CO2 Emisyonu Arasındaki İlişkinin Yapısal Kırılmalı Testler ile Analizi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 41, 1127-1135.

- Şahinöz, A., & Fotourehchi, Z. (2014). Kirlilik emisyonu ve doğrudan yabancı sermaye yatırımları: türkiye için kirlilik sığınağı hipotezinin testi. *Sosyoekonomi*, 1, 187-210.
- Salehnia, N., Karimi Alavijeh, N., & Salehnia, N. (2020). Testing porter and pollution haven hypothesis via economic variables and co2 emissions: a cross-country review with panel quantile regression Method. *Environ Sci Pollut Res.*, 27, 31527-31542.
- Shahbaz, M., Nasreen, S., & Afza, T. (2011). Environmental consequences of economic growth and foreign direct investment: Evidence from panel data analysis. *Bulletin of Energy Economics (BEE)*, 2(2), 14-27.
- Shahbaz, M., Nasreen, S., Abbas, F., & Anis, O. (2015). Does foreign direct investment impede environmental quality in high-, middle-, and low-income countries? *Energy Economics*, 51, 275-287.
- Sökmen, F. Ş. (2021). Kırılgan beşli ülkelerinde kirlilik sığınağı hipotezinin test edilmesi. *Turkish Studies-Economics, Finance, Politics*, 16(1), 447-455.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993). A simple estimator of cointegration vectors in higher order integrated systems. *Econometrica*, 61, 783-820.
- Tamazian, A., Chousa, J. P., & Vadlamannati, K. C. (2009). Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries. *Energy Policy*, 37(1), 246-253.
- Terzi, H., & Pata U. K. (2020). Is the pollution haven hypothesis (PHH) valid for Turkey? *Panoeconomicus*, 67, 93-109.
- Uche, E., Omoke, P. C., Silva-Opuala, C., & Al-Faryan, M. A. S. (2023). Re-estimating the Pollution Haven-Halo Hypotheses for Brazil via a Machine Learning Procedure. *Journal of International Development*, 1-19.
- Udemba, E. N. (2021). Nexus of ecological footprint and foreign direct investment pattern in carbon neutrality: new insight for United Arab Emirates. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 34367-34385.
- Uğur, B., & Taş, S. (2022). Doğrudan yabancı yatırım girişlerinin ev sahibi ülke ihracatı üzerine etkilerinin teorik alt yapısına ilişkin bir inceleme. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(1), 456-471.
- Ursavaş, N. (2024). Doğrudan Yabancı yatırımın çevresel kirlilik üzerine etkisi: kirlilik cenneti hipotezinin Türkiye için yeniden değerlendirilmesi. *Politik Ekonomik Kuram*, 8(1), 37-51.
- Usupbeyli, A., & Uçak, S. (2018). Türkiye’de yenilenebilir enerji-büyüme ilişkisi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(4), 223-238.
- Wang, Q., & Wang, L. (2021). How does trade openness impact carbon intensity? *Journal of Cleaner Production*, 295, 126370.
- Wooldridge, J. M., Wadud, M., & Lye, J. (2016). Introductory econometrics: Asia pacific edition with online study tools 12 months. Melbourne, Australia: Cengage Learning.
- World Bank (2024). Databank, world development indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, (Erişim Tarihi: 05.12.2024).
- Yalta, A. T. (2011). Ekonometrik modelleme modellemeye ilişkin konular. <https://acikders.tuba.gov.tr>, (Erişim Tarihi: 17.06.2024).
- Yang, W.-P., Yang, Y., & Xu, J. (2008). The Impact of foreign trade and FDI on environmental pollution. *China-USA Business Review*, 7, (12), 1-11.
- Yıldırım, M., Destek, M. A., & Özsoy, F. N. (2017). Doğrudan yabancı yatırımlar ve kirlilik sığınağı hipotezi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(2), 99-111.
- Yurtkuran, S. (2021). Türkiye’de kirlilik sığınağı hipotezi geçerli mi? fourier eşbütünleşme ve nedensellik yöntemlerinden kanıtlar. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 13(24), 61-77.
- Zafar, M. W., Zaidi, S. A. H., Khan, N. R., Mirza, F. M., Hou, F., & Kirmani, S. A. A. (2019). The impact of natural resources, human capital, and foreign direct investment on the ecological footprint: the case of the united states. *Resources Policy*, 63, 101428.
- Zeren, F. (2015). Doğrudan yabancı yatırımların CO2 emisyonuna etkisi: kirlilik hale hipotezi mi kirlilik cenneti hipotezi mi? *Journal of Yasar University*, 10(37), 6381-6477.
- Zhu, H., Duan, L., Guo, Y., & Yu, K. (2016). The effects of FDI, economic growth and energy consumption on carbon emissions in asean-5: evidence from panel quantile regression. *Econ.* 58, 237-248.

Extended Abstract

Aim and Scope

In addition to the economic gains of foreign direct investment (FDI), a growing body of theoretical and empirical research in the field of environmental economics has examined the ecological impacts of FDI on host countries within the framework of two contrasting hypotheses. The Pollution Haven Hypothesis (PHH) argues that investors seeking to avoid the high compliance costs associated with stringent environmental regulations in developed countries tend to relocate environmentally harmful production activities to developing economies, where regulatory standards are often more lenient (Bulut et al., 2022). Consequently, host countries with weak environmental governance run the risk of specializing in pollution-intensive industries, which in turn creates serious environmental challenges such as resource depletion, increased greenhouse gas emissions, and broader ecological degradation (Balsalobre-Lorente et al., 2019; Gür, 2019; Terzi & Pata, 2020; Udemba, 2021). In contrast, the Pollution Halo Hypothesis (PHH) assumes that FDI provides not only financial capital but also environmentally friendly technologies, energy-efficient production techniques, and advanced environmental management practices to developing countries (Pao & Tsai, 2011). Through the transfer of knowledge and technology by multinational corporations, host countries can improve their environmental performance and promote sustainable development in the long run (Jorgenson, 2007). Thus, the environmental impacts of FDI are not unidirectional; rather, they depend on factors such as institutional capacity, the effectiveness of environmental regulations, and the ability of host countries to absorb new technologies (Tamazian et al., 2009). This highlights the necessity of evaluating the FDI–environment relationship in developing economies through a multidimensional perspective—one that goes beyond economic indicators and incorporates environmental sustainability. Since 2004, Turkey has become an increasingly attractive destination for FDI due to macroeconomic stability and relatively high returns compared to other developing economies, which has strengthened the country's investment environment (Gökmenoğlu & Taşpınar, 2016). In particular, the investment incentives implemented after the 2008 global financial crisis have further encouraged foreign capital inflows (Erdoğan & Ataklı, 2012). Within this framework, examining the relationship between rising FDI inflows and environmental degradation in Turkey has emerged as an important research topic. Accordingly, this study investigates the validity of the pollution haven hypothesis for Turkey during the period 1989–2022. The hypothesis is tested using the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) method, with ecological footprint, per capita GDP, and FDI as model variables. While most of the existing literature relies on carbon dioxide (CO₂) emissions as the main indicator of environmental pollution, studies using the ecological footprint (EF) remain scarce. By employing per capita EF, which provides a more comprehensive measure of environmental degradation, this research contributes to filling an important gap in the literature.

Methods

In this study, the ADF and PP unit root tests were first employed to examine the stationarity properties of the series. Since the variables were found to be stationary at their first differences, the ARDL analysis was used. The ARDL bounds testing approach, developed by Pesaran et al. (2001), is a flexible method applicable in all cases except when the variables are integrated of order I(2). One of its main advantages is that it does not require all variables to be integrated at the same level, making it particularly suitable for datasets with a limited number of observations. The presence of a cointegration relationship—that is, a long-run equilibrium relationship—between the ecological footprint (EF), real GDP, and FDI is tested using the Wald test. If cointegration is confirmed, the long-run coefficients are then estimated using the ARDL model. To check potential econometric problems, several diagnostic tests are conducted. Specifically, the Breusch-Godfrey LM test is used to detect autocorrelation, the ARCH test to assess homoscedasticity, and the Jarque-Bera test to examine the normality of the residuals. The Ramsey RESET test is additionally applied to ensure that the model is correctly specified. To analyze the stability of the coefficients over time, the CUSUM and CUSUMQ tests are performed. If structural consistency is confirmed, the Error Correction Model (ECM) is estimated to capture short-run dynamics and to analyze how deviations from long-run equilibrium are corrected over time. Furthermore, in examining long-run relationships between variables, traditional cointegration techniques have increasingly been supplemented by more advanced estimation methods such as FMOLS, DOLS, and CCR. FMOLS was developed by Phillips & Hansen (1990), DOLS by Stock & Watson (1993), and CCR by Park (1992). These estimators are often preferred as they address endogeneity concerns inherent in cointegration estimation and provide more efficient and reliable long-run coefficient estimates.

Findings

The short-run ARDL estimation results show that an increase in GDP has a positive and statistically significant effect on the ecological footprint (EF) at the 1% significance level. In contrast, the coefficient of FDI is statistically insignificant in the short run. The error correction coefficient is estimated at -0.729857 , which is negative and statistically significant. This value indicates that approximately 73% of deviations from the short-run equilibrium are corrected each period, implying that the system converges back to its long-run equilibrium within about 1.37 years ($1 / |-0.729|$). These findings highlight the dynamic adjustment properties of the model and the effectiveness of the error correction mechanism.

In the long-run analysis, both GDP and FDI have positive coefficients, suggesting that economic growth and foreign direct investment contribute to environmental degradation. These results provide empirical evidence supporting the validity of the Pollution Haven Hypothesis (PHH) in Turkey over the long term. Findings obtained through alternative long-run estimators such as FMOLS, DOLS, and CCR further confirm the robustness of this result, strengthening the conclusion that the PHH holds for Turkey in the period under study.

Conclusion

This study investigates the impact of FDI on environmental degradation in Turkey and evaluates the country's economic dynamics from the perspective of environmental sustainability. The results indicate that both per capita GDP and FDI exert a positive long-run influence on the ecological footprint. In other words, the increase in FDI inflows has exacerbated environmental degradation over the long term. This finding is consistent with previous studies such as Doytch (2020), Udemba (2021), Özkan and Çoban (2022), Ursavaş (2024), and Destek (2024), which also demonstrate that foreign direct investment increases the ecological footprint in host countries. The results imply that while rising FDI stimulates economic growth, certain polluting industries seeking to avoid strict environmental regulations in developed countries relocate their operations to economies like Turkey, where environmental governance is relatively weaker. By relying on environmentally unfriendly technologies, these industries worsen ecological degradation. Another notable result is that GDP growth is associated with a significant increase in the ecological footprint, both in the short and long run. This pattern indicates that Turkey's growth-driven economic activities accelerate the depletion of natural resources, contributing to environmental damage with negative implications for ecosystems, the economy, and society. These conclusions align with the findings of Zafar et al. (2019) and Murshed et al. (2022), further emphasizing that rapid economic growth, in the absence of effective environmental regulation, can intensify ecological deterioration. This study is subject to certain limitations. Due to data constraints and methodological scope, not all possible determinants of environmental quality could be incorporated into the model. Future research could address these limitations by employing dynamic panel data techniques to allow cross-country comparisons and more comprehensive temporal assessments. In addition, applying time-series or panel cointegration methods that account for structural breaks would lead to more reliable and precise results. Such extensions will enable researchers to provide deeper insights into the FDI-environment nexus and to formulate policy implications that better integrate sustainability into economic development strategies.