

TÜRKİYE’DE ÇEVRESEL PHILLIPS EĞRİSİ HİPOTEZİNİN İNCELENMESİ: FOURIER BOOTSTRAP ARDL YAKLAŞIMI

Mehmet ASLAN*

Öz

Bu çalışma, Türkiye’de çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Çevresel Phillips Eğrisi (EPC) hipotezi çerçevesinde incelemektedir. EPC hipotezi, ekonomik büyümenin hızlanmasıyla çevresel bozulmanın arttığını, işsizlik oranının yükselmesiyle ise çevresel kirliliğin azaldığını öne sürmektedir. Çalışmada, 1988-2022 yıllarına ait Türkiye verileri kullanılarak Fourier Bootstrap ARDL yöntemi ile analiz gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, EPC hipotezinin Türkiye için geçerli olduğunu göstermektedir. Ekonomik büyümenin çevresel kaliteyi azalttığı, işsizlik oranındaki artışın ise çevresel kaliteyi iyileştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca, enerji verimliliğinin çevresel kalite üzerinde olumlu bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu durum, yeşil ekonomi politikalarının uygulanmasının gerekliliğine işaret etmektedir. Özellikle yenilenebilir enerji yatırımları ve çevre dostu teknolojilerin teşviki, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkı sağlayabilir. Çalışma, çevre politikalarının ekonomik büyüme ile birlikte değerlendirilmesi gerektiğini vurgulayarak politika yapıcılara rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Phillips Eğrisi, Ekonomik Büyüme, İşsizlik, Yenilenemez Enerji Verimliliği.

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL PHILLIPS CURVE HYPOTHESIS IN TÜRKİYE: FOURIER BOOTSTRAP ARDL APPROACH

Abstract

This study examines the relationship between environmental sustainability and economic growth in Türkiye within the framework of the Environmental Phillips Curve (EPC) hypothesis. The EPC hypothesis posits that accelerated economic growth leads to increased environmental degradation, while higher unemployment rates mitigate environmental pollution. The analysis employs the Fourier Bootstrap ARDL method using data spanning from 1988 to 2022. The findings confirm the validity of the EPC hypothesis for Türkiye, indicating that economic growth

* Dr. Öğr. Üyesi, Artvin Çoruh Üniversitesi Yusufeli MYO Maliye Programı, mehmetaslan@artvin.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-7455-5354>

Önerilen Atıf: Aslan, M. (2025). Türkiye’de çevresel Phillips Eğrisi hipotezinin incelenmesi: Fourier Bootstrap ARDL yaklaşımı. *Akademik Hassasiyetler*, 12(29), 84-111. <https://doi.org/10.58884/akademik-hassasiyetler.1645965>

deteriorates environmental quality, whereas rising unemployment improves it. Moreover, energy efficiency exerts a positive impact on environmental quality. These findings highlight the critical importance of implementing green economic policies. In particular, promoting investments in renewable energy and fostering environmentally sustainable technologies can contribute to achieving sustainable development goals. The study seeks to inform policymaking efforts by emphasizing the necessity of evaluating environmental policies alongside economic growth strategies.

Keywords: *Environmental Phillips Curve, Economic Growth, Unemployment, Uneven Energy Efficiency.*

Giriş

Sanayileşme ve kentleşmenin hızlanmasıyla birlikte, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevre kirliliği, ekonomistler ve çevre bilimciler için araştırma alanı hâline gelmiştir. Küresel birincil enerji tüketimi, 1965-2023 yılları arasında yaklaşık dört kat artarak 172.119 TWh’ye ulaşmıştır. Türkiye’de ise 1965 yılında 91 TWh olan birincil enerji tüketimi, 2023 itibarıyla 1.945 TWh’ye yükselmiş ve bu süreçte enerji talebinde yaklaşık 21,5 katlık bir artış yaşanmıştır (Our World in Data, 2024). Enerji tüketimindeki bu artış, çevresel sorunları da beraberinde getirmiştir. Küresel karbon emisyonları, 1960 yılında 9,4 milyar ton CO₂ seviyesindeyken, 1990’da 22,1 milyar tona, 2010’da 33,2 milyar tona ve 2021’de 36,3 milyar tona yükselmiştir (World Bank, 2023). Türkiye’de ise 1990 yılında 219 milyon ton CO₂ olan karbon emisyonları, 2021 itibarıyla 422 milyon tona çıkmıştır (World Bank, 2023). Bu veriler, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasında denge kurulmasının önemini ortaya koymaktadır.

Ekonomik büyüme ile çevre arasındaki ilişkiyi açıklamak amacıyla literatürde çeşitli teoriler geliştirilmiştir. Bu teorilerden biri olan Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC), sanayileşmenin ilk aşamalarında ekonomik büyümenin çevresel kirliliği artırdığını, ancak milli gelir belirli bir eşiğe ulaştığında çevresel bilincin yükselmesi, sıkı çevre politikalarının uygulanması ve çevre dostu teknolojilerin kullanılmasıyla kirliliğin azalmaya başladığını öne sürmektedir (Grossman & Krueger, 1995, s. 370). Bununla birlikte, EKC hipotezinin geçerliliği özellikle düşük ve orta gelirli ülkeler açısından tartışmalıdır. Bu ülkelerde ekonomik büyümenin çevresel kaliteyi düşürebileceği yönünde bulgular bulunmaktadır (Dinda, 2004, s. 435). EKC hipotezi, çevresel bozulmayı büyük ölçüde talep tarafına dayandırmakta ve çevrenin arz tarafını göz ardı ederek ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasındaki ilişkinin eksik yorumlanmasına neden olmaktadır (Güloğlu vd., 2023, s. 92). EKC hipotezinin eksikliklerini gidermek amacıyla Yük Kapasitesi Eğrisi (LCC) hipotezi geliştirilmiştir (Doğan & Pata, 2022). Bu hipotez, çevresel kaliteyi yalnızca ekolojik ayak izi (EF) ile değil, aynı zamanda biyolojik kapasitenin ekolojik ayak izine oranı olan Yük Kapasitesi Faktörü (LCF) aracılığıyla değerlendirmektedir. LCF, çevrenin belirli bir

taşıma kapasitesine sahip olduğunu ve bu sınır aşıldığında doğal kaynakların geri dönüşü olmayan biçimde zarar görebileceğini ifade etmektedir. Diğer bir teori olan Kirlilik Cenneti Hipotezi, gelişmiş ülkelerde uygulanan sıkı çevresel düzenlemelerin, sanayi faaliyetlerini daha zayıf çevre politikalarına sahip gelişmekte olan ülkelere kaydırarak çevresel bozulmayı artırabileceğini savunmaktadır (Cole, 2004, s. 75). Bu durum, gelişmekte olan ülkelerde kısa vadede sanayileşmeyi ve istihdamı artırsa da uzun vadede çevresel bozulmaya ve halk sağlığı maliyetlerinin yükselmesine neden olarak ekonomik sürdürülebilirliği tehdit edebilir. Buna karşılık, Kirlilik Hale Hipotezi, doğrudan yabancı yatırımların (FDI), gelişmiş ülkelerden çevre dostu teknoloji transferini teşvik ederek çevresel standartların yükselmesine katkı sağlayabileceğini öne sürmektedir (Keller & Yeaple, 2009, s. 825). Kirlilik hale etkisinin güçlü olduğu ülkelerde, çok uluslu şirketlerin temiz enerji yatırımları yaparak karbon emisyonlarını azaltması ve sürdürülebilir üretim uygulamalarını teşvik etmesi mümkün olmaktadır (Zarsky, 1999, s. 54).

Bu teoriler, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkileri anlamaya ve çevre politikalarının oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılabilmesi için politika yapımcılarının çevre politikalarını oluşturmasında ekonomik büyümenin de dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Ekonomik büyüme ve çevre ilişkisini ele alan ampirik çalışmalar, çevresel kalitenin artırılmasına yönelik somut politika önerileri sunmakla birlikte, bazı sosyoekonomik faktörlerin daha derinlemesine incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, enflasyon ve işsizlik gibi sosyoekonomik değişkenler, sürdürülebilir kalkınmayı doğrudan etkileyerek hem ekonomik hem de ekolojik dengeyi şekillendirmektedir (Apergis & Payne, 2010, s. 656). Düşük çevresel kalite, sanayi ve tarım sektörlerinde verimliliği azaltarak üretim maliyetlerini yükseltebilmekte ve enflasyonist baskılar oluşturabilmektedir (Tanrıvermiş & Mülâyim, 1999, s. 338). Örneğin, çevresel bozulma sonucu azalan tarımsal üretim, gıda fiyatlarının yükselmesine yol açarak ekonomik istikrarı bozabilir (Demir, 2022, s. 191). Benzer şekilde, hava ve su kirliliği iş gücü sağlığını olumsuz yönde etkileyerek verimliliği düşürebilir ve iş kayıplarına sebep olabilir (Güzel & Özer, 2022, ss. 191-192). Ayrıca, çevresel düzenlemelerin sıkılaştırılması bazı sektörlerde iş kayıplarına yol açarken, yenilenebilir enerji alanında faaliyette bulunan firmalarda yeni istihdam olanakları yaratma potansiyeline sahiptir (Azazi & Uzma, 2022, s. 94). Bu doğrultuda, çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden politikaların kısa vadede üretim maliyetlerini artırarak enflasyonu yükseltebileceği, ancak uzun vadede teknolojik gelişmeler ve yeşil ekonominin yaygınlaşmasıyla istihdamı artırarak ekonomik büyümeyi destekleyebileceği öne sürülmektedir (Ayata, 2022, ss. 21-22).

Bu çalışma, Türkiye’de Çevresel Phillips Eğrisi (EPC) hipotezinin geçerliliğini test eden öncü araştırmalardan biri olmasıyla literatüre önemli katkılar sunmaktadır. Birincisi, EPC hipotezinin Türkiye özelinde

incelenmesi, literatüre katkı yaparak yenilenemez enerji verimliliği bağlamında yeni bir bakış açısı ortaya koymaktadır. İkincisi, çalışmada kullanılan Fourier Bootstrap ARDL yöntemi, zaman serisi analizlerinde yapısal kırılmaları dikkate alarak daha güvenilir bulgulara ulaşılmasına imkân vermektedir. Üçüncüsü, yenilenemez enerji verimliliğinin çevresel kalite üzerindeki olumlu etkisini dikkate alarak, enerji politikalarının çevresel sürdürülebilirlik çerçevesinde yeniden değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Dördüncüsü, çalışma; yeşil ekonomi politikaları, fosil yakıt tüketiminin azaltılması ve yenilikçi enerji teknolojilerinin teşvik edilmesi gibi somut politika önerileri getirilerek politika yapıcılar için yol gösterici niteliktedir. Beşincisi, EPC hipotezinin farklı ekonomik yapı ve sektörlerde nasıl değişebileceğine dair ilerleyen araştırmalara katkı sağlayarak gelecekteki akademik çalışmalara zemin hazırlamaktadır.

Çalışma beş bölüm hâlinde tasarlanmıştır: Birinci bölüm, teorik olarak EPC hipotezi ve EPC hipotezinin geçerliliğini test eden literatürü sunmaktadır. İkinci bölüm, kullanılan veriler ve uygulanan ampirik yöntemin metodolojisi hakkında tanımlayıcı bilgiler vermektedir. Üçüncü bölüm, ekonometrik analiz sonucu ulaşılan bulguları ortaya koymaktadır. Dördüncü bölüm de bulgular ve tartışmaya yer verilmiştir. Son bölüm ise analiz sonuçlarının makroekonomik etkilerini değerlendirerek işsizlik ve çevre politikalarının sürdürülebilirliğini sağlamak için politika önerileri sunmaktadır.

1. TEORİK ÇERÇEVE VE LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde, çalışmanın kuramsal temelini oluşturan çevresel Phillips Eğrisi (EPC) hipotezi çerçevesinde, çevresel sürdürülebilirlik ile makroekonomik göstergeler arasındaki ilişki ele alınmaktadır. İlk olarak teorik çerçeve başlığı altında ilgili ekonomik yaklaşımlar ve çevre-ekonomi etkileşimi tartışılmakta; ardından, EPC hipotezini farklı ülke örnekleri ve yöntemler üzerinden inceleyen ampirik çalışmalara literatür taraması başlığı altında yer verilmektedir. Böylece hem teorik altyapı hem de mevcut literatürdeki bulgular ışığında çalışmanın bilimsel dayanağı güçlendirilmiştir.

1.1. Teorik Çerçeve, EPC Hipotezi

Çevresel Phillips Eğrisi (Environmental Phillips Curve, EPC) hipotezi, işsizlik, enflasyon ve çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi analiz etmeye yönelik nispeten yeni ve giderek önem kazanan bir yaklaşımdır. Bu hipotez, ilk kez Kashem ve Rahman (2020) tarafından ortaya konulmuş; söz konusu teorik yapı Hacıımamoğlu (2023b) tarafından sistematik biçimde analitik denklemlerle modellenmiştir. Bu çalışmada da, EPC hipotezi söz konusu yapısal modele dayandırılarak teorik çerçeve oluşturulmuştur.

Klasik Phillips Eğrisi, işsizlik oranı ile enflasyon oranı arasında ters yönlü bir ilişki olduğunu öne süren temel makroekonomik modellerden biridir

(Phillips, 1958, s. 285). Ancak bu model, ekonomik büyümenin çevresel etkilerini dikkate almamaktadır. EPC hipotezi ise Phillips Eğrisi'nin analizine çevresel bir boyut ekleyerek, işsizlik, enflasyon ve çevresel bozulma arasındaki çok yönlü ilişkileri ele almayı amaçlamaktadır. Bu çerçevede, işsizlik oranındaki değişimlerin üretim, büyüme ve enerji kullanımı üzerinde etkili olduğu, bu sürecin de çevresel bozulma düzeyini belirlediği varsayılmaktadır. Hipoteze göre, işsizlik oranının düşmesi ekonomik büyümeyi hızlandırmakta, üretim ve enerji tüketiminin artmasıyla birlikte çevresel bozulma artmaktadır. Bu ilişkiler şu şekilde formüle edilmektedir:

$$P = a + bY \quad (1)$$

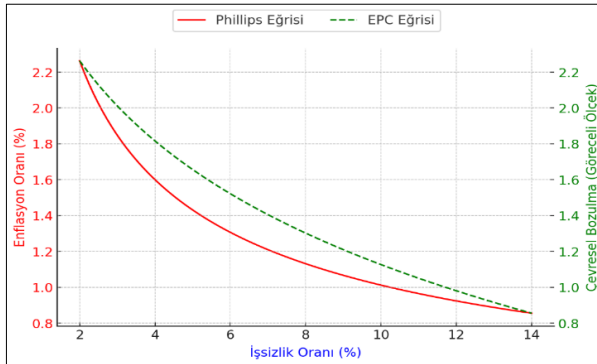
$$U = c - dY \quad (2)$$

$$P = g - hU \quad (3)$$

Eşitlik (1), (2) ve (3)'te yer alan semboller, EPC hipotezinin temel değişkenlerini ve ilişkilerini ifade etmektedir. Bu bağlamda, P çevresel bozulma düzeyini temsil etmekte olup, genellikle CO₂ emisyonu veya ekolojik ayak izi gibi göstergelerle ölçülmektedir. Y, ekonomik büyümeyi ya da gelir düzeyini ifade ederken, U işsizlik oranını göstermektedir. Denklemlerde yer alan sabit terimler a, c ve g ilgili bağımlı değişkenlerin bağımsız değişken sıfır olduğunda alacağı başlangıç düzeyini ifade etmektedir. Katsayılar b, d ve h ise sırasıyla ekonomik büyümenin çevresel bozulma üzerindeki etkisini, ekonomik büyümenin işsizlik üzerindeki etkisini ve işsizliğin çevresel bozulma üzerindeki etkisini göstermektedir.

Denklem (1), çevresel bozulmanın ekonomik büyümeyle pozitif ilişkili olduğunu göstermektedir (Panayotou, 1993; Ahmad vd., 2020). Eşitlik (2), Okun Yasası çerçevesinde büyüme ile işsizlik arasındaki negatif ilişkiyi yansıtmaktadır (Okun, 1962). Eşitlik (3) ise EPC hipotezinin özünü oluşturarak, işsizlik ile çevresel bozulma arasında ters yönlü bir ilişki olduğunu varsaymaktadır. Bu teorik yapı sayesinde, işsizlik oranlarındaki artışın ekonomik faaliyetleri yavaşlatmak suretiyle çevresel baskıları hafiflettiği ileri sürülmektedir.

Grafik 1. Çevresel Philips Eğrisi: İşsizlik, Enflasyon ve Çevresel Bozulma



Çalışmada EPC hipotezinin uygulanabilirliği bu bağlamda değerlendirilmiş olup, ilgili grafiksel gösterim Grafik 1 üzerinde sunulmaktadır. Grafik 1, işsizlik oranı ile enflasyon ve çevresel bozulma arasındaki ilişkileri görsel olarak ifade etmektedir. Bu ilişkiler, Phillips Eğrisi (kırmızı çizgi) ve Çevresel Phillips Eğrisi (EPC) (yeşil kesikli çizgi) üzerinden incelenmiştir. Grafikte yatay eksen işsizlik oranını, sol dikey eksen (kırmızı) enflasyon oranını, sağ dikey eksen (yeşil) ise çevresel bozulma düzeyini temsil etmektedir. Phillips Eğrisi, işsizlik azaldıkça enflasyonun yükseldiğini, işsizlik arttıkça ise enflasyonun gerilediğini göstermektedir. Diğer taraftan, EPC Eğrisi, işsizlik oranının yükselmesi durumunda çevresel bozulmanın azaldığını, işsizlik oranı düştüğünde ise çevresel bozulmanın arttığını ortaya koymaktadır. Bu durum, düşük işsizlik seviyelerinin ekonomik faaliyetleri canlandırarak sanayi üretimi, enerji tüketimi ve çevresel etkileri artırmasıyla açıklanabilir. Buna karşılık, yüksek işsizlik oranları ekonomik yavaşlamaya neden olarak üretim ve enerji kullanımını azaltmakta, dolayısıyla çevresel bozulmayı sınırlamaktadır. Grafik, EPC Eğrisinin Phillips Eğrisine göre daha yukarıda ve daha düşük eğimli olduğunu göstermektedir. Bu durum, çevresel bozulmanın işsizlik oranındaki değişimlere enflasyona kıyasla farklı bir duyarlılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle EPC Eğrisinin daha yatay bir seyir izlemesi, çevresel bozulmadaki değişimlerin işsizlik oranına daha esnek ve yavaş bir tepki verdiğini göstermektedir. Böylece çevresel bozulmadaki azalış, enflasyon oranındaki düşüşe kıyasla daha kademeli ve geç gerçekleşmektedir.

Bu grafiksel analiz, Çevresel Phillips Eğrisi (EPC) hipotezini görselleştirerek ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ters yönlü ilişkiyi ortaya koymakta ve ekonomik büyümenin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini vurgulamaktadır. Bu durum, ekonomik büyüme odaklı politikaların çevresel maliyetlerini dikkate alan yaklaşımların önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. EPC hipotezi çerçevesinde elde edilen bu bulgu, teorik altyapının ampirik olarak da desteklenebileceğini göstermektedir. Bu çerçevede, çevresel sürdürülebilirlik ile makroekonomik göstergeler arasındaki ilişkilerin farklı ülke uygulamalarıyla nasıl ele alındığına dair literatürün incelenmesi önem arz etmektedir. Aşağıda, bu konuya ilişkin akademik çalışmalara yer verilerek, mevcut literatürün genel görünümü sunulmaktadır.

1.2. Literatür Taraması

EPC hipotezi, işsizlik ile çevresel kalite arasındaki ilişkiyi inceleyen bir ekonomik yaklaşımdır. Genel olarak, işsizlik arttıkça çevresel kirliliğin azaldığı ve işsizlik düştükçe çevresel kirliliğin arttığı düşünülmektedir. Ancak, farklı ülkeler ve dönemlerde bu ilişkinin değişiklik gösterebileceği görülmüştür. Çalışmalarda CO₂ emisyonları, Ekolojik Ayak İzi (EF), Metan Gazı (CH₄) ve sera gazı emisyonları (GHG) gibi farklı çevresel göstergeler kullanılmıştır.

Literatürde bazı çalışmalar EPC Hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmalar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. EPC Hipotezinin Geçerli Olduğu Çalışmalar

Çalışma	Ülke/Bölge	Dönem	Metodoloji	Bulgular
Kashem & Rahman (2020)	30 Ülke	1990–2016	Panel Veri	EPC hipotezi geçerli
Anser vd. (2021)	BRICST Ülkeleri	1992–2016	PMG-ARDL	EPC hipotezi geçerli
Tariq vd. (2022)	Güney Asya	1991–2019	PMG-ARDL	EPC hipotezi geçerli
Ng vd. (2022)	36 OECD Ülkesi	1995–2015	Panel Veri	EPC hipotezi geçerli
Tanveer vd. (2022)	Pakistan	1975–2014	ARDL	EPC hipotezi geçerli
Doğan vd. (2022)	Güney Asya	1990–2017	FMOLS, DOLS	EPC hipotezi geçerli
Durani vd. (2023)	BRICST	1990–2020	FMOLS, DOLS	EPC hipotezi geçerli
Haciimamoğlu (2023b)	Next-11	1991–2018	Panel Veri	EPC hipotezi geçerli
Djedaiet (2023)	Afrika OPEC Ülkeleri	1990–2019	N-ARDL	EPC hipotezi geçerli
Malik & Shaikh (2023)	G20	1991–2019	Panel Veri	EPC hipotezi GHG için geçerli
Daştan & Eygü (2023)	Türkiye	1980 – 2018	AARDL	EPC hipotezi geçerli
Yavuz vd. (2023)	Türkiye	1982 – 2022	A-ARDL	EPC hipotezi geçerli

Literatürde yer alan bazı çalışmalar, Çevresel Phillips Eğrisi (EPC) hipotezinin her durumda değil, belirli dönem ve ülke örneklerinde kısmen geçerli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, çevresel ve ekonomik göstergeler arasındaki ilişkinin durağan değil, bağlama bağlı olarak değişebileceğine işaret etmektedir. İlgili çalışmalara dair özet bilgilere Tablo 2’de yer verilmiştir.

Tablo 2. EPC Hipotezinin Kısmen Geçerli Olduğu Çalışmalar

Çalışma	Ülke/Bölge	Dönem	Metodoloji	Bulgular
Rayhan vd. (2020)	Bangladeş	1987–2016	A-ARDL	Uzun vadede EPC geçerli, kısa vadede geçersiz
Bhowmik vd. (2022)	ABD	1985–2018	D-ARDL	Uzun vadede EPC geçerli, kısa vadede geçersiz
Koyuncu Çakmak vd. (2023)	63 Ülke	1990–2020	D-ARDL	Orta gelir grubu EPC geçerli, yüksek gelir grubu geçersiz
Shastri vd. (2023)	Hindistan	1990–2019	ARDL	Erkek işsizlik oranı için EPC geçerli, kadın işsizlik oranı için geçersiz
Konya (2024)	MINT	1991 – 2020	PMG-ARDL	Erkek işsizlik oranı ve kadın işsizlik oranı için EPC geçersiz

Literatürde yenilenemeyen enerji verimliliği ile ilgili çalışmalar Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. Yenilenemeyen Enerji Verimliliği ile İlgili Çalışmalar

Çalışma	Ülke / Bölge	Yöntem	Bulgular
Özbuğday ve Erbaş (2015)	OECD	Panel Veri	Enerji verimliliği CO2 emisyonlarını azaltıyor
Tajudeen vd. (2018)	OECD	Panel Veri	Enerji verimliliği çevresel kaliteyi artırıyor
Akram vd. (2020)	Gelişmekte Olan Ülkeler	Panel Veri	Enerji verimliliği CO2 emisyonlarını azaltabilir
Kazemzadeh vd. (2022)	Gelişmekte Olan Ülkeler	Panel Veri	Enerji verimliliği ekolojik ayak izini azaltıyor
Shokoohi vd. (2022)	Orta Doğu Ülkeleri	Panel Veri	Enerji verimliliği ve sera gazı emisyonları arasında zayıf ilişki
Jahanger vd. (2023)	Avrupa	FMOLS, DOLS	Enerji verimliliği sera gazı emisyonlarını azaltıyor
Fakher vd. (2023)	BRICS	Panel Veri	Enerji verimliliği uzun vadede çevresel kirliliği azaltıyor
Zhou vd. (2023)	Çin	Panel Veri	Enerji verimliliği CO2 emisyonlarını azaltıyor
Chen vd. (2024)	10 ülke	Panel Veri	Enerji verimliliği çevresel bozulmayı azaltıyor
Aslan (2025)	Türkiye	ARDL	Enerji verimliliği çevresel bozulmayı azaltıyor

Literatürde Çevresel Phillips Eğrisi (EPC) hipotezinin geçerliliği ile ilgili Türkiye özelinde yapılan sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Daştan ve Eygü (2023) yaptıkları çalışmada, 1980-2018 yılları arasında verileri AARDL modeliyle analiz ederek kısa ve uzun dönemde çevresel Phillips eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Yavuz vd. (2024), Türkiye’de Çevresel Phillips Eğrisi (EPC) hipotezini test ederek işsizlik oranının çevresel kalite üzerindeki etkisini analiz etmektedir. 1982-2022 dönemine ait verilerle A-ARDL modeli ve Fourier terimli eş bütünleşme testi kullanılarak yapılan analiz, EPC hipotezinin Türkiye’de geçerli olduğunu ve işsizlik oranındaki artışın çevresel kaliteyi iyileştirdiğini göstermektedir. Ancak, ekonomik büyüme, doğal kaynak rantları ve birincil enerji tüketimi çevresel bozulmayı hızlandırmaktadır. Literatürde içinde Türkiye’nin olduğu farklı ülke gruplarıyla ilgili çalışmalar da yapılmıştır.

Durani vd. (2023) tarafından yapılan çalışma, 1990-2020 yılları arasında BRICS – T (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye) ülkelerinde ekonomik politika belirsizliği (EPU), yenilenebilir enerji (RENE), doğal kaynak kullanımı (NRR), finansal gelişim (FD), teknolojik ilerleme (TIN) ve istihdamın (EMP) karbon emisyonları (CE) üzerindeki etkisini panel kuantil regresyon yöntemiyle analiz etmiştir. Sonuçlar, EPU ve RENE’nin emisyonları azalttığını, FD ve EMP’nin ise artırdığını göstermektedir. NRR ve TIN’in etkileri değişkenlik gösterirken, çalışma sürdürülebilir yatırımların teşvik edilmesi ve düşük karbonlu büyüme politikalarının uygulanmasını önermektedir.

Anser vd. (2021) tarafından yapılan çalışma, BRICST ülkeleri için çevresel Phillips eğrisinin geçerliliğini araştırmaktadır. Çalışma, 1992-2016 yıllarını kapsayan panel veri setini kullanarak PMG-ARDL yöntemiyle analiz yapmıştır. Sonuçlar, işsizlik oranındaki artışın çevresel kaliteyi iyileştirdiğini,

yani çevresel bozulmayı azalttığını doğrulamaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kaliteyi artırdığı, ancak geleneksel enerji tüketiminin çevreye zarar verdiği tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenler ise ekolojik ayak izi (çevresel bozulma göstergesi), kişi başına düşen GSYİH, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi, toplam nüfus ve işsizlik oranıdır. Çalışma, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için yenilenebilir enerji payının artırılması gerektiğini önermektedir.

Hacımamoğlu (2023a) tarafından yapılan çalışma, 1991-2018 yıllarını kapsamakta ve Meksika, Endonezya, Güney Kore, Türkiye ve Avustralya'da (MIKTA ülkeleri) çevresel kirlilik ile işsizlik arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Çevresel kirlilik göstergesi olarak ekolojik ayak izi (ECF) kullanılmış, Durbin-Hausman eşbütünleşme testi ile uzun dönemli ilişki belirlenmiş ve CS-ARDL tahmincisi ile uzun dönem katsayılar tahmin edilmiştir. Bulgular, Çevresel Phillips Eğrisi (EPC) hipotezinin geçerli olduğunu, yani işsizliğin çevresel kirliliği azalttığını, ayrıca Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin doğrulandığını, yani ekonomik büyümenin uzun vadede çevresel kirliliği azalttığını göstermektedir.

Literatür kısaca değerlendirildiğinde, EPC hipotezinin çoğu ülkede geçerli olduğu, ancak bazı ülkelerde yalnızca uzun vadede desteklendiği görülmektedir. Yüksek gelirli ülkelerde ise hipotezin geçerliliği daha sınırlıdır. Bununla birlikte, EPC üzerine yapılan çalışmaların sayıca az olduğu dikkat çekmektedir. Türkiye özelinde ise literatürde sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışma, güncel ekonometrik yöntemlerle EPC hipotezinin geçerliliğini inceleyerek literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca literatürde, EPC hipotezinin yenilenebilir enerji, doğal kaynak kullanımı, finansal gelişme ve teknolojik ilerleme ile ilişkisi üzerine odaklanıldığı görülmektedir. Bu bağlamda, bu çalışma EPC hipotezi ile yenilenemez enerji verimliliği arasındaki etkileşime odaklanarak literatüre özgün bir katkı sunmayı hedeflemektedir.

2. VERİ SETİ VE METODOLOJİ

Bu bölümde, analizde kullanılan değişkenler ve veri kaynakları tanıtılmakta; ardından, çalışmanın amacına uygun olarak seçilen ekonometrik yöntem açıklanmaktadır. Böylece, ampirik incelemenin dayandığı yapısal çerçeve ortaya konmaktadır.

2.1. Veri Seti

Çevresel kaliteyi temsilen kullanılan LCF göstergesi, çevrenin hem arz hem de talep yönünü birlikte dikkate alması açısından daha bütüncül bir değerlendirme imkânı sunmaktadır (Aslan, 2025, s. 494). Her ne kadar yıllık bazda hesaplanması, sektörel ayrıştırmaya olanak vermemesi ve bileşenlerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerin belirli ölçüde model bağımlılığı içermesi gibi sınırlılıklar taşısa da, LCF göstergesi çevresel sürdürülebilirliği

tek boyutlu yaklaşımların ötesinde değerlendirme imkanı sunduğu için bu çalışmada tercih edilmiştir.

Analizde 1988’den 2022’ye kadar 35 yıllık zaman serisi verileri kullanılmıştır. Veri setine ilişkin veriler Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4. Veri Seti Ayrıntıları

Seriler	Açıklama	Kaynak
LCF	Kişi başına düşen yük kapasitesi faktörü (Biyokapasite/Ekolojik ayak izi)	GFN
lnGDP	Kişi başına GSYİH (2015 yılı sabit fiyatlarıyla ABD doları)	WDI
UNEMP	İşsizlik oranı (toplam işgücüne oranla, ulusal tahmin)	WDI
FEV	Yenilenemeyen Enerji Verimliliği	OWD, WDI

Çalışmada GDP değişkeni logaritmik olarak dönüştürülmüştür. Diğer değişkenler oran değişken olduğu için logaritmik dönüşümleri gerçekleştirilmemiştir. Çalışmada, 1 ABD doları gelir elde etmek için tüketilen yenilenemeyen enerji miktarını gösteren yenilenemeyen enerji verimliliği değişkeni, $\frac{\text{Kişi Başına Düşen GDP}}{\text{Yenilenemeyen Enerji Tüketimi}}$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır (Alola vd., 2023).

Yeni Kesirli Fourier ARDL (FARDL) tekniği kullanılarak yapılan temel veri analizinden önce, Tablo 5 bu çalışmada kullanılan değişkenlerin tanımlayıcı istatistiklerini raporlamaktadır.

Tablo 5. Tanımlayıcı İstatistikler

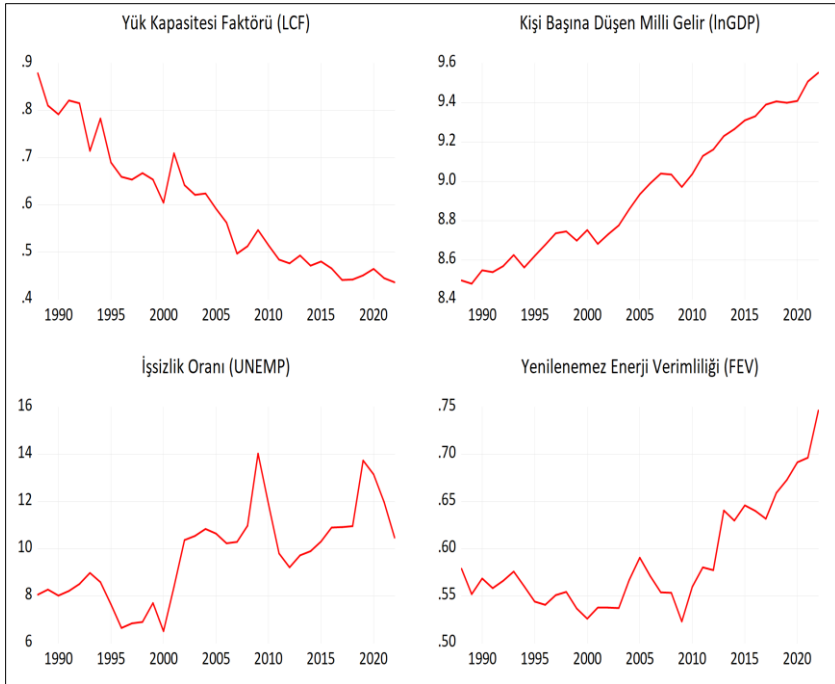
	LCF	lnGDP	UNEMP	FEV
Ortalama	0,597249	8,947511	9,711343	0,587183
Medyan	0,591704	8,933186	9,901000	0,566941
Maksimum	0,878668	9,550741	14,02600	0,746123
Minimum	0,435431	8,477754	6,495000	0,522884
Standart Sapma	0,132734	0,331250	1,932119	0,055716
Çarpıklık	0,489055	0,274813	0,293497	1,145048
Basıklık	2,032858	1,732598	2,616101	3,422027
Jarque-Bera	2,759260	2,783078	0,717414	7,908025
Olasılık	0,251672	0,248692	0,698579	0,052818
Gözlem Sayısı	35	35	35	35

Tablo 5’te yer alan tanımlayıcı istatistikler, analizde kullanılan değişkenlerin temel dağılım özelliklerini göstermektedir. Ortalama ve standart sapma değerleri, her bir değişkenin genel düzeyini ve zaman içindeki değişkenliğini anlamak açısından önemlidir. Buna göre, işsizlik oranını temsil eden UNEMP değişkeni en yüksek ortalama ve en büyük standart sapmaya sahiptir; bu da zaman içinde işsizlikte görece daha geniş dalgalanmalar

yaşandığını göstermektedir. Buna karşılık, yenilenemeyen enerji verimliliğini temsil eden FEV değişkeni hem ortalama değeri hem de standart sapması en düşük olan değişkendir. Bu durum, söz konusu değişkenin daha istikrarlı bir seyir izlediğine işaret eder. Tüm değişkenlerde gözlenen pozitif çarpıklık, dağılımların sağa yatık olduğunu ve verilerin ortalamadan büyük değerlere eğilim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu tür istatistiksel özetler, analiz öncesinde veri yapısına dair genel bir fikir vererek hem model kurulumuna hem de sonuçların yorumlanmasına katkı sağlamaktadır.

Ayrıca, Grafik 2’de, değişkenlerin zaman yolu grafiklerini göstermektedir.

Grafik 2. Değişkenlerin Zaman Yolu Seyri



Grafik 2'deki değişkenlerin grafikleri görsel olarak analiz edildiğinde değişkenler, uzun vadeli ortalamaya dönmesini engelleyen önemli dalgalanmalar ortaya koymakta ve değişkenlerin durağan olmayabileceğini düşündürmektedir. Bu gözlemi doğrulamak için durağanlık testleri yapılmalıdır.

Çalışmada Çevresel Philips Eğrisi (Environmental Phillips Curve, EPC) hipotezini analiz etmek için Eşitlik (4) deki model kullanılmıştır.

$$LCF_t = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_t + \beta_2 UNEMP_t + \beta_3 FEV_t + e_t \quad (4)$$

Eşitlik (4) de t zamanı, β_0 sabit terimi, $\beta_{1,2,3}$ bağımsız değişkenlerin katsayılarını, e_t ise hata terimlerini göstermektedir. EPC hipotezi geçerliyse

lnGDP ve UNEMP değişkenlerinin katsayıları istatistiki olarak anlamlı olmalı ve β_1 ’in değeri negatif, β_2 ’nin değeri ise pozitif olmalıdır.

2.2. Ekonometrik Metodoloji

Bu çalışmada beş aşamalı ekonometrik metodoloji kullanılmaktadır. İlk olarak, değişkenlerin durağanlığı yapısal kırılmalara izin veren FADF birim kök testi ile test edilmiştir. Enders & Lee (2012), klasik ADF modeline Fourier fonksiyonlarını dahil ederek ADF birim kök testi metodolojisini kırılmaları hesaba katacak şekilde genişletmiştir. Fourier ADF birim kök testi için kullanılan deterministik terim Eşitlik (5)’deki gibidir:

$$a(t) = a_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (5)$$

Burada k Fourier terimlerinin frekans sayısını göstermektedir. Fourier ADF birim kök test modeli, ADF prosedürüne deterministik terimin eklenmesiyle elde edilmiş ve Eşitlik (6)’te gösterilmiştir:

$$\Delta y_t = a_1 + \delta_t + \beta y_{t-1} + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{i=1}^p \vartheta_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (6)$$

Fourier ADF birim kök testi iki adımda uygulanmaktadır. İlk adım Eşitlik (6)’ü $1 \leq k \leq 5$ aralığında tahmin etmek, ikinci adım ise tahmin edilen modeller arasında en küçük artık kareler toplamına sahip modeli kullanmaktır. Fourier terimlerinin anlamlılığı F testi kullanılarak test edilir ve bu terimler anlamlı bulunursa Fourier Bootstrap ADF (FBADF) birim kök testi kullanılabilir; aksi takdirde klasik ADF birim kök testi kullanılmalıdır (Ersin & Kırca 2024, s. 894). Analizde F ve t test istatistiklerinin kritik değerleri Bootstrap yöntemiyle elde edilmiştir. Kritik değerlerin hesaplanmasında Parametrik (Kalıntılara Dayalı) Bootstrapping yöntemi kullanılmıştır. Bootstrap Yöntemine ait Parametrik (Kalıntılara Dayalı) Algoritma aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır (Palm vd., 2006);

(1) Geleneksel birim kök test regresyonunun kalıntıları elde edilmektedir. $\rightarrow \hat{\varepsilon}_t$

$$(2) \hat{\varepsilon}_t - (n-p)^{-1} \sum_{t=p+1}^n \hat{\varepsilon}_t \rightarrow \varepsilon_t^* \quad (7)$$

Eşitlik (7) yardımıyla kalıntılardan hareketle tesadüfi ε_t^* örnekleme oluşturulur.

$$(3) u_t^* = \sum_{j=1}^p \hat{\phi}_j u_{t-j}^* + \varepsilon_t^* \quad (8)$$

Eşitlik (8)’teki gösterimin ardışık tekrarı ile Bootstrap hataları elde edilir.

$$(4) y_t^* = y_{t-1}^* + u_t^* \rightarrow \Delta y_t^* \quad (9)$$

Eşitlik (9) da birim kök testinde kullanılan zaman serisinin Bootstrap örnekleme (y_t^*) elde edilir.

(5) İlgili birim kök testine ait katsayı ve test istatistiği Bootstrap örnekleme ile hesaplanır.

- (6) 2 ve 5 arasındaki aşamalar N kez (Yineleme sayısı, 10.000) tekrarlanarak Bootstrap dağılımı ve dolayısıyla test istatistiği ve kritik değerler elde edilir.

İkinci olarak, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki Kesirli Fourier ARDL metodolojisi kullanılarak test edilmiştir. McNown vd. (2018), klasik ARDL yönteminin zayıf güç ve boyut sorununu aşmak için ARDL sınır testi yaklaşımını önermiştir. Ayrıca, bu yöntem birden fazla açıklayıcı değişken olması durumunda ARDL yöntemine kıyasla iyi boyut ve güç özellikleri göstermektedir. McNown vd. (2018), eşbütünleşme testinde üç farklı test istatistiği kullanmıştır: i) genel F istatistiği, ii) bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri için t-bağımlı istatistik ve iii) bağımsız değişkenlerin gecikmeli değerleri için t-bağımsız test istatistiği. Solarin (2019) yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier Bootstrap ARDL (FBARDL) yöntemini önermiştir. Bu yöntem, yapısal kırılmaların belirli bir tarihe bağlı kalmaksızın modele dâhil edilmesini sağladığı için, özellikle ekonomik serilerde zaman içinde değişen ilişki yapılarının ve ani dalgalanmaların analizinde daha esnek ve güvenilir sonuçlar üretmektedir. Ayrıca küçük örneklerle çalışıldığında, bootstrap yaklaşımı istatistiksel gücü artırarak klasik ARDL modeline kıyasla daha sağlam bulgular elde edilmesine imkân tanımaktadır (Tutgun & Künç, 2023, s. 1784). Çalışmada kullanılan FBARDL modeli Eşitlik (10)'da tanımlanmıştır:

$$\Delta LCF_t = a_0 + \sum_{i=1}^{p-1} a_1 LCF_{t-i} + \sum_{i=1}^{q-1} a_2 \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{u-1} a_3 UNEMP_{t-i} + \sum_{i=1}^{u-1} a_4 FEV_{t-i} + \beta_1 LCF_{t-1} + \beta_2 \ln GDP_{t-1} + \beta_3 UNEMP_{t-1} + \beta_4 FEV_{t-1} + \beta_5 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_6 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + v_t \quad (10)$$

Burada k, Fourier terimlerinin frekans sayısını gösterir. v_t Hata terimidir. Her üç test istatistiği de aynı anda bootstrap kritik değerlerinden büyükse, değişkenler arasında bir eş bütünleşme ilişkisi vardır. Üçüncü olarak, eş bütünleşik model için Fourier tabanlı bir ARDL uzun dönem tahmincisi kullanarak uzun dönem katsayıları tahmin edilmiştir. Dördüncü olarak Fourier tabanlı bir ARDL kısa dönem tahmincisi kullanarak kısa dönem hata düzeltme terimi tahmin dilmıştır.

3. AMPİRİK SONUÇLAR

Türkiye’de yük kapasitesi faktörünün, kişi başına düşen milli gelirin, işsizlik oranının ve yenilenemeyen enerji verimliliğinin durağan olup olmadığını kontrol etmek için öncelikle ADF ve FBADF birim kök testleri uygulanmıştır. FBADF birim kök test sonuçları Tablo 6’da raporlanmıştır.

Tablo 6. FBADF Test Sonuçları

Sabitli Model						
Değişken	k	Wald F	Kritik Değer (%5)	P	FBADF test İstatistiği	Kritik Değer (%5)
LCF	3	133,907*	4,936	0	-1,816	-3,719

lnGDP	4	162,642*	12,080	0	-0,524	-1,315
UNEMP	1	166,375*	7,922	1	-3,055	-4,240
FEV	1	158,354*	8,771	0	-1,578	-3,405

Sabitli ve Trendli Model

Değişken	k	Wald F	Kritik Değer (%5)	P	FBADF test İstatistiği	Kritik Değer (%5)
LCF	2	160,216*	13.850	0	-9,282*	-7,720
lnGDP	2	157,181*	12.167	0	-2,629	-4,918
UNEMP	2	156,147*	9.720	1	-5,379	-6,249
FEV	5	213,113*	49.762	0	-6,778	-9,654

Not: * %5 anlamlılık düzeyini gösterir. k ve p sırasıyla Fourier terimlerinin frekans sayısını ve optimum gecikme uzunluğunu gösterir. Kritik değerler 10.000 yenilemeyle belirlenmiştir.

Tablo 6 değerlendirildiğinde, bütün değişkenlerde Fourier terimleri %5 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. Ancak sabitli ve trendli modeldeki LCF dışındaki tüm değişkenler ise FBADF test istatistikleri %5 önem düzeyinde anlamsız çıkmıştır. Dolayısıyla sabitli ve trendli modeldeki LCF değişkeni düzeyde durağan olduğu, diğer tüm değişkenlerin ise düzeyde birim köklü olduğu sonucuna varılmıştır. Düzeyde birim kök içeren seriler için ADF birim kök testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 7’de raporlanmıştır.

Tablo 7. ADF Birim Kök Test Sonuçları

Sabitli Model			
Değişken	Test İstatistik Değeri	Kritik Değer (%5)	P**
LCF	-1,837008	-2,951125	8
lnGDP	0,590199	-2,951125	8
UNEMP	-1,710948	-2,951125	8
FEV	0,938464	-2,951125	8
ΔLCF	-6,720733*	-2,957110	8
ΔlnGDP	-6,174825*	-2,954021	8
ΔUNEMP	-4,921489*	-2,954021	8
ΔFEV	-5,949506*	-2,954021	8
Sabitli ve Trendli Model			
Değişken	Test İstatistik Değeri	Kritik Değer (%5)	P**
lnGDP	-2,490313	-3,548490	8
UNEMP	-2,385963	-3,548490	8
FEV	-1,002568	-3,548490	8
ΔlnGDP	-6,194746*	-3,552973	8
ΔUNEMP	-4,835888*	-3,552973	8
ΔFEV	-6,698192*	-3,552973	8

*%5 anlamlılık seviyesinde durağan olduğunu ifade etmektedir.

** En ideal gecikme (p) AIC ile tespit edilmiştir.

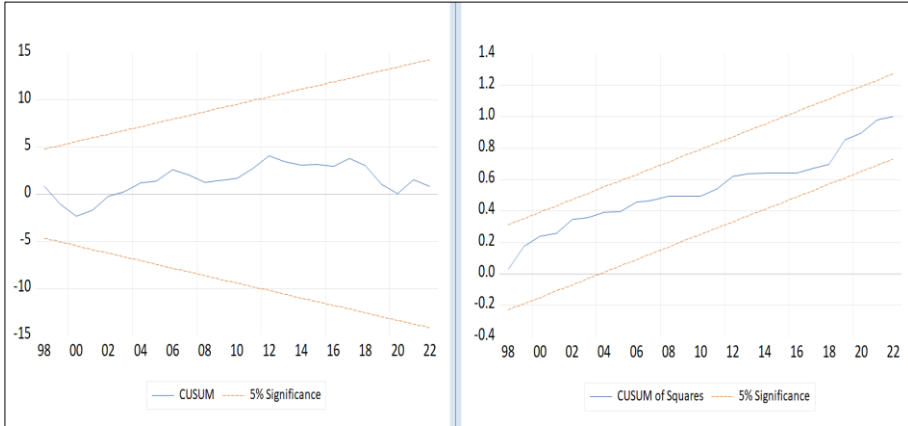
Tablo 7, LCF, lnGDP, UNEMP ve FEV değişkenlerinin sabitli, sabitli ve trendli modelleri kullanılarak analiz edildiğini göstermektedir. Sonuçlar, değişkenlerin hiçbirinin ikinci farkta durağanlaşmadığını, ancak maksimum birinci farkta durağanlaştığını göstermektedir. Bu nedenle çalışma, FBARDL yaklaşımıyla farklı seviyelerdeki durağan seriler arasındaki eş bütünleşme ilişkisini araştırmak için sınır testini kullanmıştır. FBARDL eş bütünleşme testi kullanarak değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki araştırılmıştır. Tablo 8, çalışmada kullanılan model için eş bütünleşme sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 8. FBARDL Eş Bütünleşme Sonuçları

Model	Testler	Test – stat	Bootstrap Kritik Değerler		
			%10	%5	%1
(2,1,1,0)	F-overall	18,7509*	14,4403	17,1707	24,1679
	t-dep.	-6,7367**	-6,3596	-7,0244	-8,4515
	F-indep.	16,4500*	13,5577	16,3847	23,4339
Tanı Testleri					
			Değerler	Olasılık	
Seri korelasyon (Breusch–Godfrey LM testi)			1,865653	0,3934	
Heteroskedastisite (Breusch–Pagan–Godfrey testi)			15,41222	0,0516	
Jarque–Bera normallik testi			0,019250	0,9904	
Cusum ve CusumSQ			İstikrarlı (Şekil 2)		
R ² ve Düzeltilmiş R ²			0,983513 ve 0,978237		

Not: * ve ** sırasıyla %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde sıfır hipotezinin reddedildiğini gösterir. Bootstrap için kullanılan yenileme sayısı 10.000'dir. Model için en uygun k 0,45'tir.

Tablo 8'deki sonuçlara göre, değişkenler arasında uzun vadeli bir ilişki vardır. Başka bir deyişle, LCF, lnGDP, UNEMP ve FEV uzun vadede birlikte hareket etmektedir. Tanısal test sonuçları, kalıntılarda heteroskedastisite, seri korelasyon veya normallik sorunlarının olmadığını göstermiştir. Ayrıca, değişkenlerin kararlılığını CUSUM ve CUSUMSQ testleri kullanarak test edilmiştir. Grafik 3 kararlılık testi sonuçlarını göstermektedir.

Grafik 3. Cusum ve CusumSQ

Grafik 3'teki sonuçlara göre, katsayılar FBARDL modelinde kararlıdır.

Model tanı testlerinden geçtikten ve değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisi tespit edildikten sonra uzun ve kısa vadeli katsayılar tahmin edilmiş ve Tablo 9'da raporlanmıştır.

Tablo 9. Uzun Dönemli ve Kısa Dönemli Sonuçlar

Panel A: Uzun Dönem Sonuçları				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hatalar	T istatistik	Olasılık
lnGDP	-0,498194	0,072784	-6,844832	0,0000
UNEMP	0,003959	0,001783	2,220128	0,0357
FEV	1,204437	0,104236	11,55495	0,0000
Panel B: Kısa Dönem Sonuçları				

COS	-0,009857	0,004314	-2,284746	0,0311
SIN	0,002402	0,004340	0,553564	0,5848
ECM(-1)	-1,181898	0,097997	-12,06050	0,0000

Fourier ARDL modelinde kullanılan sin ve cos terimleri, zaman serilerinde belli bir tarihe bağlı olmadan ortaya çıkan yapısal kırılmaları belirlemek için modele eklenmektedir. Tablo 9’deki sonuçlara göre yalnızca cos terimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Her iki terimin birlikte kullanılması Fourier modelinin genel yapısına uygun olsa da, sadece birinin anlamlı olması modelin geçersiz olduğu anlamına gelmez. Nitekim Solarin (2019) çalışmasında da vurgulandığı üzere, bu yöntem yapısal kırılmaları belirlemede etkili bir yaklaşım sunmaktadır. Bu nedenle, sin terimi anlamlı olmasa bile cos teriminin anlamlı çıkması, Fourier terimli modelin kullanılabilirliğini desteklemektedir (Solarin, 2019, s. 2878; Şeyranlıoğlu, 2025, s. 233).

Çalışmada, çevre kirliliğini ölçmek için gösterge olarak LCF kullanılmaktadır. Eğer bir değişken çevre kirliliğini azaltıcı bir etkiye sahipse, LCF’nin artması, çevre kirliliğini artırıcı etkiye sahipse LCF’yi azalması beklenir. EPC’nin geçerliliği LCF bağlamında değerlendirildiğinde, işsizlik oranı değişkeninin katsayısının pozitif olması, ekonomik büyüme değişkeninin ise negatif olması beklenmektedir. Tablo 9’deki uzun dönem katsayı tahminleri incelendiğinde, UNEMP değişkeninin katsayısının istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif, lnGDP değişkeninin katsayısının ise istatistiksel olarak anlamlı ve negatif olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, Türkiye’de EPC hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Bulgulara göre, UNEMP’te %1’lik bir artış, çevresel kalite göstergesi olan LCF’yi %0,003959 oranında artırmaktadır. Başka bir deyişle, işsizlik oranındaki artış, çevresel kalitenin iyileşmesine katkıda bulunmaktadır. lnGDP’de %1’lik bir artış, çevresel kalite göstergesi olan LCF’yi %0,498194 oranında azaltmaktadır. Diğer bir ifade ile lnGDP’deki artış, çevresel kalitenin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, FEV değişkeninde meydana gelen %1’lik bir artışın, çevresel kaliteyi %1,204437 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Türkiye’de 2022 yılı itibarıyla fosil yakıtların toplam birincil enerji arzındaki payının %82,8, yenilenebilir enerji kaynaklarının payının ise %17,2 olduğu göz önüne alındığında, bu sonuç yenilenemez enerji kullanımında verimliliğin çevresel kalite üzerindeki etkisini vurgulamaktadır (SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, 2024, s. 25). Bu bulgu, fosil yakıt tüketiminin daha verimli hale getirilmesinin çevresel iyileşmeye katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Hata düzeltme terimi [ECM (-1)] katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması beklenmektedir. Yapılan analizler sonucunda, ECM (-1) katsayısının negatif (-1,181898) olduğu ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, ECM (-1) katsayısının mutlak değerinin 1’den büyük olması, uzun dönem dengesine ulaşırken dalgalı bir yol izlendiğini göstermektedir (Narayan & Smyth, 2006, s. 339).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bulgular, işsizlik oranının çevresel kaliteyi olumlu yönde etkilediğini ve EPC hipotezinin Türkiye için geçerli olduğunu göstermektedir. Bu durum, ekonomik büyümeye paralel olarak enerji tüketiminin ve dolayısıyla karbon emisyonlarının arttığını öne süren Kashem & Rahman (2020) ile uyumludur. İşsizliğin artışıyla birlikte sanayi üretimindeki azalma ve enerji talebindeki düşüş, karbon emisyonlarında azalma yaratmakta ve bu da EPC hipotezini desteklemektedir. Ancak, literatürde EPC hipotezinin her ülkede farklı sonuçlar verdiği bilinmektedir. Örneğin, Rayhan vd. (2020) Bangladeş örneğinde EPC hipotezinin kısa vadede geçerli olmadığını ancak uzun vadede desteklendiğini bulmuştur. Benzer şekilde, Koyuncu Çakmak vd. (2023), EPC hipotezinin sadece orta gelir grubu ülkelerde geçerli olduğunu tespit etmiştir. Bu durum, ekonomik gelişmişlik düzeyinin EPC hipotezinin geçerliliği üzerinde belirleyici bir faktör olabileceğini göstermektedir.

Ekonomik büyüklük ile çevresel kalite arasındaki negatif ilişki, literatürde yer alan Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi ile uyumludur. Grossman & Krueger (1995), ekonomik gelişmenin ilk aşamalarında çevresel bozulmanın arttığını ancak belirli bir gelir düzeyinden sonra çevre dostu politikalar sayesinde iyileşme gösterebileceğini belirtmektedir. Ancak Dinda (2004) çalışmasında bu hipotezin Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde geçerliliği tartışmalı olup, düşük ve orta gelir grubunda ekonomik büyüklük artışının çevresel kaliteyi düşürebileceğini belirtilmektedir.

Çalışmanın bir diğer önemli bulgusu, yenilenemez enerji verimliliğinin çevresel kaliteyi artırdığını ortaya koymasıdır. Enerji verimliliğinin çevresel bozulmayı azaltabileceğini savunan Özbuğday ve Erbaş (2015) ve Tajudeen vd. (2018) çalışmaları da benzer sonuçlara ulaşmıştır. Kazemzadeh vd. (2022) Özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerji verimliliğinin karbon emisyonlarını azaltabileceği ve ekolojik ayak izini düşürebileceği belirtilmektedir. Ancak, enerji verimliliğinin çevresel kaliteyi artırabilmesi için teknolojik gelişmenin sürdürülebilmesi ve yenilenebilir enerjiye geçişin desteklenmesi gerekmektedir. Shokoohi vd. (2022), enerji verimliliği ile sera gazı emisyonları arasında zayıf bir ilişki tespit etmiştir. Ulaşılan bu sonuç, sadece enerji verimliliğindeki artışın yeterli olmadığını ve yenilenebilir enerjiye geçişin çevre politikaları ile desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. Türkiye özelinde Aslan (2025) yaptığı çalışmada ise, yenilenemez enerji verimliliğinin çevresel kalite üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bulgular, enerji verimliliğindeki artmanın çevresel kaliteyi ve çevresel sürdürülebilirliği olumlu etkilediğini göstermektedir. Yenilenemez enerji verimliliğinin çevresel kalite üzerindeki etkilerine ilişkin bu bulgu, EPC hipotezinin enerji politikalarıyla olan bağlantısının daha geniş bir çerçevede ele alınmasını da gerekli kılmaktadır. Bu kapsamda, Türkiye’de EPC hipotezine ilişkin yapılan ampirik araştırmaların karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

Bu doğrultuda, Türkiye’de EPC hipotezine ilişkin yapılan literatür de dikkate değerdir. EPC hipotezini Türkiye bağlamında ilk kez test eden çalışma olarak kabul edilen Daştan & Eygü (2024), kişi başına düşen gelir, işsizlik oranı ve dışa açıklık gibi değişkenlerle oluşturdukları AARDL model aracılığıyla çevresel bozulmayı ekolojik ayak izi üzerinden analiz etmiştir. Çalışmada hem EKC hem de EPC hipotezlerinin Türkiye’de geçerli olduğu belirlenmiş, işsizlik oranı ile çevresel bozulma arasında negatif ilişki tespit edilmiştir. Ancak çalışmada çevresel kalite yalnızca talep yönlü bir gösterge olan ekolojik ayak iziyle temsil edilmiştir ve doğanın arz kapasitesi olan biyolojik kapasite dikkate alınmamıştır.

Bu boşluğu dolduran bir diğer çalışma olan Yavuz vd. (2024), EPC hipotezini Türkiye özelinde LCF (Load Capacity Factor) değişkeni aracılığıyla test etmiş ve LCF’yi çevresel kaliteyi hem arz (biyolojik kapasite) hem de talep (ekolojik ayak izi) yönüyle değerlendiren bütüncül bir gösterge olarak ele almıştır. ARDL modeliyle yapılan analizde, işsizlik oranındaki artışın LCF’yi artırdığı, buna karşın kişi başına enerji kullanımı ve doğal kaynak rantlarının çevresel kaliteyi azalttığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, EPC hipotezinin Türkiye için geçerli olduğunu desteklemektedir.

Türkiye dışı örnekler açısından, Çağlar vd. (2025a) çalışması EPC hipotezine Avrupa ülkeleri çerçevesinden yaklaşmış ve LCF değişkenini sürdürülebilir kalkınma açısından önemli bir gösterge olarak analiz etmiştir. Fourier-based CS-ARDL yönteminin kullanıldığı çalışmada, yeşil enerji uygulamalarının sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada yetersiz kaldığı, ancak LCF’nin çevresel sürdürülebilirliğin belirlenmesinde anlamlı katkılar sunduğu ifade edilmiştir. Benzer şekilde, Çağlar vd. (2025b) çalışmasında BRICS ülkeleri örneğinde EPC hipotezi test edilmiş ve düşük karbon enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi Fourier asymmetric CS-ARDL yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu çalışmada da LCF göstergesi, çevre dostu enerji politikalarının etkilerini yansıtan güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Mevcut çalışma, EPC hipotezini Türkiye örneğinde LCF değişkeni ile test etmesi açısından Yavuz vd. (2024) çalışmasıyla benzerlik taşımakla birlikte, literatürde büyük ölçüde ihmal edilen yenilenemeyen enerji verimliliği değişkenini modele dâhil ederek özgün bir katkı sunmaktadır. Bulgular, işsizlik oranındaki %1’lik artışın çevresel kaliteyi %0.0039 oranında artırdığını ve EPC hipotezini desteklediğini göstermektedir. Ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasında negatif bir ilişki bulunmuş, bu da EKC hipotezinin gelişmekte olan ülkeler için geçerliliğine dair tartışmaları güçlendirmiştir. Ayrıca yenilenemez enerji verimliliğinde %1’lik bir artışın LCF’yi %1.204 oranında artırması, enerji verimliliğinin çevresel kalite üzerindeki olumlu etkisini ortaya koymuştur. Bu yönüyle çalışma, EPC hipotezine enerji politikası ve sürdürülebilirlik boyutlarını entegre ederek hem yöntemsel hem de ampirik düzeyde literatüre yenilikçi katkılar sunmaktadır.

Sonuç

Bu çalışma, Türkiye'de Çevresel Phillips Eğrisi (EPC) hipotezinin geçerliliğini ele alarak ekonomik büyüme, işsizlik oranı ve enerji verimliliğinin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini değerlendirmektedir. Bulgular, FBARDL yöntemiyle yapılan analizler EPC hipotezinin Türkiye için geçerli olduğunu ortaya koymakta, ekonomik büyümenin çevresel kaliteyi kötüleştirdiğini ve işsizlik oranındaki artışın ise çevresel kaliteyi iyileştirdiğini göstermektedir. Ancak ulaşılan bu sonuç, çevresel kaliteyi artırmak için işsizlik oranının yükseltilmesi gerektiği anlamına gelmemektedir. Tam aksine ulaşılan bu sonuç, çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik büyüme arasındaki dengenin sağlanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Çalışmada ulaşılan diğer bir bulgu, fosil kaynaklarına dayalı yenilenemez enerji verimliliğinin çevresel kalite üzerinde olumlu bir etkisi olduğunun tespit edilmesidir. Düşük verimli enerji kullanımı, enerji talebini artırarak çevresel bozulmayı hızlandırırken, daha verimli enerji kullanımı, çevresel kaliteyi artırabilir. Türkiye'nin enerji tüketiminin 2023 yılı itibarıyla yaklaşık %84'ünün fosil yakıtlardan karşılandığı göz önüne alındığında, enerji verimliliğinin artırılması hem ekonomik büyüme hem de çevresel açıdan kritik bir değişken olarak hayati öneme sahiptir. Bu bağlamda enerji verimliliğinin artırılması, ekonomik büyümenin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki baskıyı hafifletecek bir politika aracı olarak değerlendirilmelidir. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılması ve enerji verimliliğinin artırılması, ekonomik büyümeyi desteklerken çevresel bozulmayı en aza indirebilir.

Elde edilen bulgular, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengenin korunabilmesi için belirli önlemler alınması gerektiğini göstermektedir. Bu kapsamda uygulanabilecek politikalar şunlardır:

- (1) Enerji Verimliliğinin Güçlendirilmesi; başta ulaşım olmak üzere tüm sektörlerde enerji verimliliğinin artırılması hem ekonomik hem de çevresel avantajlar sunmaktadır. Binalarda yalıtım sistemleri uygulanarak enerji israfı en aza indirilebilir ve endüstriyel tesisler yenilikçi teknolojilere yatırım yaparak daha az enerji ile daha fazla çıktı elde edebilir. Ayrıca, enerji tasarruflu cihaz ve ekipmanların kullanımının teşvik edilmesi, enerji tasarrufu konusunda farkındalığın yaygınlaşmasına yardımcı olacaktır.
- (2) Yenilenebilir Kaynaklara Verilen Önemin Artırılması; fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması uzun vadeli enerji stratejileri için elzemdir. Yenilenebilir enerji projelerini finansal açıdan daha cazip hale getirmek için güneş, rüzgâr ve hidroelektrik gibi kaynaklara yapılan yatırımları artırılmalıdır. Ayrıca destek mekanizmalarının kurulması, uygun altyapının oluşturulması ve bürokratik engellerin en aza indirilmesi de önemlidir. Bu önlemler,

bireylerin ve işletmelerin kendi enerjilerini daha etkin bir şekilde üretmelerini sağlayacaktır.

- (3) Çevre Dostu Ekonomik Modellerin Teşvik Edilmesi; çevre dostu üretim yöntemlerinin benimsenmesi ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi, çevresel kaliteyi artırırken ekonomik büyümeyi de destekleyebilir. Sektörü daha sürdürülebilir bir çerçeveyi benimsemeye motive etmek için, özellikle elektrikli araçlar, geri dönüştürülebilir malzemeler ve çevre dostu teknolojiler için teşvikler sunulmalıdır.
- (4) Şehir Planlamasında ve Ulaşım Sürdürülebilirlik Odaklı Adımlar Atılması; toplu taşıma sistemleri şehirdeki hava kirliliğini ve trafik sıkışıklığını azaltmada daha etkili olmalıdır. Elektrikli ve hibrit ulaşım seçeneklerinin yaygınlaştırılması, şehir içi bisiklet yollarının artırılması ve yeşil alanlara yönelik projelerin desteklenmesi çevresel kalitenin korunmasına yardımcı olacaktır.
- (5) Çevre Dostu Vergi ve Teşvik Politikalarının Uygulanması: çevresel etkileri en aza indiren işletmeler ve yatırımlar teşvik edilmelidir. Bunu desteklemek için yenilenebilir enerji projelerine yönelik finansal mekanizmalar yaygınlaştırılmalı ve çevreye zarar veren faaliyetler için daha sıkı düzenlemeler getirilmelidir. Ayrıca, karbon emisyonlarını azaltan şirketlere çeşitli vergi teşvikleri sunularak sürdürülebilir üretim modellerine geçiş teşvik edilmelidir.

Bu politika önerileri hem çevresel sürdürülebilirliği korumak hem de ekonomik büyümeyi teşvik etmek için pratik çözümler sunmaktadır. Uzun vadede, enerji verimliliğinin artırılması ve sürdürülebilirlik odaklı yatırımların teşvik edilmesi, Türkiye'nin ekonomik kalkınma ve çevrenin korunması arasında daha iyi bir denge kurmasını sağlayacaktır.

Bu çalışma, Türkiye’de Çevresel Phillips Eğrisi (EPC) hipotezini değerlendirerek ekonomik büyüme, işsizlik ve yenilenemez enerji verimliliğinin çevresel kalite üzerindeki etkilerini incelemektedir. Ancak, sektörel farklılıklar, çevre politikaları ve teknolojik gelişmelerin uzun vadeli etkileri kapsamlı bir şekilde ele alınmamıştır. Fourier Bootstrap ARDL yöntemiyle elde edilen bulgular, ekonomik büyümenin çevresel kaliteyi düşürdüğünü, işsizliğin ise iyileştirici bir etkisi olduğunu göstermektedir. Ancak, bu ilişkinin sektörler ve gelir grupları arasında nasıl değiştiğini anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu eksiklikler, sektörel analizler, yeşil enerji politikalarının etkisi ve alternatif ekonometrik yöntemlerle yapılacak yeni çalışmalara zemin hazırlamaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji yatırımları, düşük karbonlu ekonomi modelleri ve çevre politikalarının etkinliği gibi konular EPC hipotezi çerçevesinde daha geniş bir perspektifle ele alınabilir ve uluslararası karşılaştırmalarla desteklenebilir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış Bağımsız

Yazar Katkısı: Mehmet ASLAN: %100

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışma için destek alınmamıştır.

Etik Onay: Bu çalışma etik onay gerektiren herhangi bir insan veya hayvan araştırması içermemektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Çalışma ile ilgili herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Peer Review: Independent double-blind

Author Contributions: Mehmet ASLAN: 100%

Funding and Acknowledgement: No support was received for the study.

Ethics Approval: This study does not contain any human or animal research that requires ethical approval.

Conflict of Interest: There is no conflict of interest with any institution or person related to the study.

Kaynakça

- Ahmad, M., Jiang, P., Majeed, A., Umar, M., Khan, Z. & Muhammad, S. (2020). The dynamic impact of natural resources, technological innovations and economic growth on ecological footprint: An advanced panel data estimation. *Resources Policy*, 69, 101817. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101817>
- Akram, R., Chen, F., Khalid, F., Ye, Z. & Majeed, M. T. (2020). Heterogeneous effects of energy efficiency and renewable energy on carbon emissions: Evidence from developing countries. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119122. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119122>
- Alola, A. A., Özkan, O. & Usman, O. (2023). Role of non-renewable energy efficiency and renewable energy in driving environmental sustainability in India: Evidence from the load capacity factor hypothesis. *Energies*, 16(6), 2847. <https://doi.org/10.3390/en16062847>
- Anser, M. K., Apergis, N., Syed, Q. R. & Alola, A. A. (2021). Exploring a new perspective of sustainable development drive through environmental Phillips curve in the case of the BRICST countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(35), 48112–48122. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14056-5>
- Apergis, N. & Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries. *Energy policy*, 38(1), 656-660. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.002>
- Aslan, M. (2025). Türkiye’de Çevresel Sürdürülebilirliği Artırmada Yenilenemeyen Enerji Verimliliğinin Rolü, EKC ve LCC Hipotezleri:

- Kesirli Fourier ARDL Yaklaşımı ile Bulgular. *Sosyoekonomi*, 33(64), 493-518. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2025.02.21>
- Ayata, M. (2022, 5 Ocak). *Yeşil dönüşüm kapsamında Türkiye'nin işgücü piyasasının değerlendirilmesi*. 30 Mayıs 2025 tarihinde <https://media.iskur.gov.tr/91605/mustafa-ayata.pdf> adresinden edinilmiştir.
- Azazi, H. & Uzma, O. (2022). Türkiye’de yeşil ekonomi, yeşil işler ve yeşil istihdam. *Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(2), 93-100.
- Bhowmik, R., Syed, Q. R., Apergis, N., Alola, A. A. & Gai, Z. (2022). Applying a dynamic ARDL approach to the environmental Phillips curve (EPC) hypothesis amid monetary, fiscal, and trade policy uncertainty in the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 14914–14928. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16716-y>
- Chen, W., Alharthi, M., Zhang, J. & Khan, I. (2024). The Need for energy efficiency and economic prosperity in a sustainable environment. *Gondwana Research*, 127, 22-35. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.03.025>
- Cole, M. A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental kuznets curve: examining the linkages. *Ecological Economics*, 48(1), 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.09.007>
- Çağlar, A. E., Daştan, M., Demirdag, I., & Avci, S. B. (2025b). Is low carbon energy consumption sufficient for a sustainable environment in BRICS economies? Evidence from novel Fourier asymmetric CS-ARDL. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s00477-025-02913-5>
- Çağlar, A. E., Daştan, M., Ahmed, Z., Mert, M. & Avci, S. B. (2025a). A novel panel of European economies pursuing carbon neutrality: Do current climate technology and renewable energy practices really pass through the prism of sustainable development?. *Gondwana Research*, 139, 260–271. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2025.01.001>.
- Daştan, M. & Eygü, H. (2023). An Empirical investigation of the link between economic growth, unemployment, and ecological footprint in Turkey: bridging the ekc and epc hypotheses. *Environ Dev Sustain*. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04106-y>
- Demir, Y. (2022). Küresel enerji ve gıda fiyatlarının Türkiye’de enflasyona etkisinin zamanla değişen nedensellik analiziyle incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 13(33), 189-203. <https://doi.org/10.21076/vizyoner.899244>

- Dinda, S. (2004). Environmental kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431-455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Djedaïet, A. (2023). Does environmental quality react asymmetrically to unemployment and inflation rates? African OPEC countries perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29621-3>
- Doğan, A. & Pata, U. K. (2022). The Role of ICT, R&D spending and renewable energy consumption on environmental quality: testing the lcc hypothesis for G7 countries. *Journal of Cleaner Production*, 380, 135038. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135038>
- Doğan, E., Majeed, M. T., & Luni, T. (2022). Revisiting the nexus of ecological footprint, unemployment, and renewable and non-renewable energy for South Asian economies: Evidence from novel research methods. *Renewable Energy*, 194, 1060–1070. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.165>
- Durani, F., Bhowmik, R., Sharif, A., Anwar, A. & Syed, Q. R. (2023). Role of economic uncertainty, financial development, natural resources, technology, and renewable energy in the Environmental Phillips Curve framework. *Journal of Cleaner Production*, 420, 138334. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138334>
- Enders, W. & Lee, J. (2012). The Flexible fourier form and Dickey–Fuller type unit root tests. *Economics Letters*, 117(1), 196-199. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2012.04.081>
- Ersin, İ. & Kırca, M. (2024). Türkiye’de cari transfer harcamalarının enflasyon üzerindeki etkisi: Kesirli Frekanslı Fourier ARDL Sınır Testi ile analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(3), 887-905. <https://doi.org/10.17153/oguiibf.1372668>
- Fakher, H. A., Ahmed, Z., Acheampong, A. O. & Nathaniel, S. P. (2023). Renewable energy, nonrenewable energy, and environmental quality nexus: An Investigation of the N-Shaped Environmental Kuznets Curve Based on six environmental indicators. *Energy*, 263, 125660. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125660>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Güloğlu, B., Çağlar, A. E. & Pata, U. K. (2023). Analyzing the determinants of the load capacity factor in OECD countries: evidence from advanced quantile panel data methods. *Gondwana Research*, 118, 92-104. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.02.013>
- Güzel, Ş. & Özer, P. (2022). Türkiye’de hava kirliliği ve sağlık harcamaları. *Sağlık ve Sosyal Refah Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 186-202. <https://doi.org/10.55050/sarad.1138629>

- Hacıımanoğlu, T. (2023a). MIKTA ülkelerinde çevresel phillips eğrisi hipotezinin test edilmesi: CS-ARDL testi yaklaşımı. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 13(1), 301-316. <https://doi.org/10.48146/odusobiad.1104588>
- Hacıımanoğlu, T. (2023b). A new approach to sustainable development: analysis of the environmental Phillips curve hypothesis. *Sosyoekonomi*, 31(56), 11–25. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2023.02.01>
- Jahanger, A., Hossain, M. R., Onwe, J. C., Ogwu, S. O., Awan, A. & Balsalobre-Lorente, D. (2023). Analyzing the N-shaped EKC Among top Nuclear Energy Generating Nations: A Novel dynamic common correlated effects approach. *Gondwana Research*, 116, 73-88. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2022.12.012>
- Kashem, M. A. & Rahman, M. M. (2020). Environmental Phillips curve: OECD and Asian NICs perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 31153 – 31170. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08620-8>
- Kazemzadeh, E., Fuinhas, J. A., Koengkan, M., Osmani, F. & Silva, N. (2022). Do energy efficiency and export quality affect the ecological footprint in emerging countries? A Two-Step approach using the SBM–DEA model and panel quantile regression. *Environment Systems and Decisions*, 42(4), 608-625. <https://doi.org/10.1007/s10669-022-09846-2>
- Keller, W. & Yeaple, S. R. (2009). Multinational enterprises, international trade, and productivity growth: firm-level evidence from the United States. *The Review of Economics and Statistics*, 91(4), 821-831. <https://doi.org/10.1162/rest.91.4.821>
- Konya, S. (2024). Çevresel Phillips eğrisi hipotezinin cinsiyet bakış açısıyla test edilmesi: MINT ülkelerinden ampirik kanıtlar. *JOEEP: Journal of Emerging Economies and Policy*, 9(1), 273-284.
- Koyuncu Çakmak, T., Beşer, M. K. & Alola, A. A. (2023). Environmental effect of high-, upper, and lower middle-income economies’ energy mix: Is there a trade-off between unemployment and environmental quality? *Energy & Environment*. <https://doi.org/10.1177/0958305X231187034>
- Malik, Z. & Shaikh, O. (2023). The EPC hypothesis revisited in G-20 countries: A novel panel data analysis. *IJCRT*, 11(3), e305–e317.
- McNown, R., Sam, C. Y. & Goh, S. K. (2018). Bootstrapping the autoregressive distributed lag test for cointegration. *Applied Economics*, 50(13), 1509-1521. <https://doi.org/10.1080/00036846.2017.1366643>
- Narayan, P. K. & Smyth, R. (2006). What determines migration flows from low-income to high-income countries? an empirical investigation of

- fiji–us migration 1972–2001. *Contemporary Economic Policy*, 24(2), 332–342. <https://doi.org/10.1093/cep/byj019>
- Ng, C. F., Yii, K. J., Lau, L. S. & Go, Y. H. (2022). Unemployment rate, clean energy, and ecological footprint in OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 42863–42872. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17966-6>
- Okun, A. M. (1962). Potential GNP: Its Measurement and Significance. In Proceedings of the Business and Economic Statistics Section of the American Statistical Association. Alexandria, VA. *American Statistical Association*, 89–104.
- Our World in Data. (2023). *Primary energy consumption per capita*. 1 Mayıs 2025 tarihinde <https://ourworldindata.org/energy> adresinden edinilmiştir.
- Özbuğday, F. C. & Erbaş, B. C. (2015). How effective are energy efficiency and renewable energy in curbing CO2 emissions in the long run? a heterogeneous panel data analysis. *Energy*, 82, 734–745. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.01.084>
- Palm, F. C., Smeekes, S. & Urbain, J. R. Y. J. (2006). Bootstrap unit root tests: Comparison and extensions (METEOR Research Memorandum No. 015). METEOR, *Maastricht University School of Business and Economics*. <https://doi.org/10.26481/umamet.2006015>
- Panayotou, T. (1993). *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development* (Working Paper No. 238). International Labour Office. https://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_31_engl.pdf
- Phillips, A. W. (1958). The Relationship between unemployment and the rate of change of money wage rates in the united kingdom, 1861–195. *Economica*, 283–299. <https://doi.org/10.2307/2550759>
- Rayhan, M. I., Alam, M. M. & Hossain, M. A. (2020). Unemployment and environmental pollution: The validity of the environmental Phillips curve for Bangladesh. *Journal of Economic Studies*, 47(3), 521–536. <https://doi.org/10.1108/JES-08-2019-0350>
- Shastri, R. K., Sharma, A. & Choudhary, S. (2023). Unemployment and environmental quality: Examining the Environmental Phillips Curve hypothesis for India. *Environmental Economics and Policy Studies*, 25(3), 421–438. <https://doi.org/10.1007/s10018-023-00326-8>
- Shokoohi, Z., Dehbidi, N. K. & Tarazkar, M. H. (2022). Energy intensity, economic growth and environmental quality in populous middle east countries. *Energy*, 239, 122164. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122164>
- Solarin, S. A. (2019). Modelling the relationship between financing by Islamic banking system and environmental quality: evidence from bootstrap

- autoregressive distributive lag with Fourier terms. *Quality & Quantity*, 53(6), 2867-2884. <https://doi.org/10.1007/s11135-019-00904-7>
- Şeyranlıoğlu, O. (2025). Türkiye’de Kamu Harcamaları Hisse Senedi Piyasasını Etkiler Mi?. *İzmir İktisat Dergisi*, 40(1), 223-247. <https://doi.org/10.24988/ije.1473891>.
- Tajudeen, I. A., Wossink, A. & Banerjee, P. (2018). How significant is energy efficiency to mitigate CO2 Emissions? Evidence from OECD countries. *Energy Economics*, 72, 200-221. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.04.010>
- Tanrıvermiş, H. & Mülâyim, Z. G. (1999). Economic assessment of environmental pollution damages caused by industry on agriculture: the case of Samsun fertilizer (TÜGSAS) and Karadeniz copper (KBI) industries. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(3), 337-346.
- Tanveer, A., Song, H., Faheem, M. & Chaudhry, I. S. (2022). Validation of environmental Philips curve in Pakistan: a fresh insight through ARDL technique. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17099-w>
- Tariq, S., Khan, M. A. & Rehman, A. (2022). Renewable energy consumption, unemployment, and ecological footprint: Evidence from South Asian economies. *Renewable Energy*, 182, 144-156. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.06.056>
- Tutgun, S. & Künc, S. (2023). Sağlık turizmi gelirleri ve ekonomik büyüme ilişkisinin fourier yaklaşımı ile ampirik olarak incelenmesi. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 11(3), 1769-1791. <https://doi.org/10.33715/inonusaglik.1289575>
- World Bank. (2023, 18 Nisan). *World development indicators 2023*. 16 Mayıs 2025 tarihinde <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> adresinden edinilmiştir.
- Yavuz, E., Kilic, E. & Caglar, A. E. (2024). A new hypothesis for the unemployment-environment dilemma: is the environmental Phillips curve valid in the framework of load capacity factor in Türkiye?. *Environment, Development and Sustainability*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04258-x>
- Zarsky, L. (1999). Havens, halos and spaghetti: untangling the evidence about foreign direct investment and the environment. *Foreign Direct Investment and the Environment*, 13(8), 47-74. <https://doi.org/10.1787/9789264266315-en>
- Zhou, R., Zheng, L., Li, L., Iqbal, N. & Fareed, Z. (2023). Energy efficiency and China’s carbon emissions: Evidence from non-parametric approaches. *Energy Efficiency*, 16(6), 63. <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10142-4>

Extended Abstract

The rapid acceleration of industrialization and urbanization has made balancing economic growth with environmental sustainability a critical challenge. In recent years, Türkiye's energy consumption has increased significantly, exacerbating its environmental footprint. The country's heavy reliance on fossil fuels in production processes has led to a notable rise in carbon emissions, intensifying environmental concerns. Various theoretical frameworks have been proposed to explain the relationship between economic growth and environmental sustainability. Among these, the Environmental Phillips Curve (EPC) hypothesis posits that rising unemployment may alleviate environmental degradation, while economic expansion tends to harm environmental quality. However, the applicability of this hypothesis across different countries and sectors remains an open question. This study explores the validity of the EPC hypothesis in Türkiye by examining the impacts of economic growth, unemployment, and energy efficiency on environmental quality.

The research utilizes data from 1988 to 2022, focusing on the Load Capacity Factor per Capita (LCF) for environmental quality, per capita GDP (lnGDP) for economic growth, the unemployment rate (UNEMP) to capture labour market dynamics, and non-renewable energy efficiency (FEV) to measure energy usage efficiency. Long-term relationships among these variables are analyzed using the Fourier Bootstrap ARDL (FBARDL) approach, which accounts for structural breaks in time-series data and enhances the robustness of the results. This method is preferred because it flexibly captures potential structural changes without requiring prior information about breakpoints, thus providing a more accurate representation of evolving economic-environmental linkages. Additionally, the bootstrap procedure embedded in FBARDL improves statistical power, particularly in small samples. The analysis begins with the Fourier ADF (FADF) unit root test to assess stationarity, followed by the FBARDL cointegration test to evaluate long-term interdependencies. Compared to traditional ARDL bounds testing, FBARDL addresses common limitations such as weak power and size distortions by employing multiple cointegration test statistics, ensuring more reliable results for the study's objectives.

The findings confirm the validity of the EPC hypothesis for Türkiye. Economic growth was found to deteriorate environmental quality, while rising unemployment rates contributed to its improvement. Increased economic activity leads to greater energy consumption and, consequently, heightened environmental degradation. In contrast, higher unemployment reduces industrial output and energy demand, thereby lowering carbon emissions. Another key finding is that improvements in non-renewable energy efficiency have a positive impact on environmental quality. Given Türkiye's significant dependence on fossil fuels, enhancing energy efficiency emerges as a critical strategy to mitigate environmental damage. These results are consistent with

earlier studies demonstrating that economic expansion tends to increase carbon emissions, while greater energy efficiency contributes to environmental improvements. However, some research also highlights that energy efficiency alone may be insufficient, emphasizing the need for broader policies that accelerate the transition to renewable energy sources.

This study highlights that while economic expansion degrades environmental quality, higher unemployment can temporarily alleviate environmental pressure. Nevertheless, increasing unemployment is not a sustainable or desirable policy tool. Instead, the findings underline the urgency of adopting proactive green economic strategies that balance economic development with environmental protection. Reducing dependence on fossil fuels, investing in renewable energy, and improving energy efficiency are pivotal for achieving sustainable growth. With approximately 84% of Türkiye’s energy consumption still derived from fossil fuels, prioritizing energy efficiency initiatives can enable economic expansion while minimizing environmental harm. Integrating environmental concerns into economic policymaking will allow Türkiye to progress more effectively toward its sustainable development objectives.

Based on these findings, several policy recommendations are proposed:

(1) Enhancing Energy Efficiency: Industries, transportation, and the residential sector should implement energy-saving technologies to optimize consumption and minimize environmental impact.

(2) Encouraging Renewable Energy Investments: Greater emphasis should be placed on solar and wind energy development, supported by financial incentives and regulatory reforms.

(3) Promoting Sustainable Production Models: Industrial production processes should integrate eco-friendly practices, and sustainable agriculture and clean energy usage should be actively encouraged.

(4) Advancing Sustainable Transportation: Expanding the adoption of electric and hybrid vehicles, alongside improvements in public transportation and cycling infrastructure, can significantly reduce emissions.

(5) Implementing Green Fiscal Policies: Companies reducing their carbon footprint should benefit from tax incentives, while fossil fuel consumption should be discouraged through appropriate taxation mechanisms.

While this study offers valuable insights, it acknowledges certain limitations. It does not explore sector-specific variations, the effectiveness of existing environmental regulations, or the long-term effects of technological change. Future research could adopt sector-focused analyses, examine the efficiency of sustainable energy policies, and conduct international comparative studies to deepen understanding. Further investigations into renewable energy investments, low-carbon economic transitions, and regulatory effectiveness would contribute significantly to the literature.