



Araştırma Makalesi
Research Article

Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi
Yıl: 2022 Cilt-Sayı: 15(4) ss: 913–929

Academic Review of Economics and Administrative Sciences
Year: 2022 Vol-Issue: 15(4) pp: 913–929
<http://dergipark.org.tr/tr/pub/ohuiibf>

ISSN: 2564-6931

DOI: 10.25287/ohuiibf.1100797

Geliş Tarihi / Received: 09.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted: 01.08.2022

Yayın Tarihi / Published: 24.10.2022

TÜRKİYE’DE ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ HIPOTEZİNİN ARAŞTIRILMASINDA ÇEVRESEL PATENTLERİN ROLÜ: GENİŞLETİLMİŞ ARDL İLE KANITLAR

Abdullah Emre ÇAĞLAR¹

Öz

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de enerji sektörü emisyonları ile ekonomik büyüme, nüfus, enerji tüketimi ve çevre ile ilgili teknolojilerden elde edilen patentler arasındaki ilişkiyi Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) ve STIRPAT modeli çerçevesinde araştırmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için McNown ve ark. (2018) ve Sam ve ark. (2019) tarafından geliştirilen Genişletilmiş ARDL yaklaşımı kullanılmaktadır. Türkiye’de 2001 kriz yılını dikkate almak için eşbütünleşme denkleminde kukla değişken eklenmiştir. Ampirik analiz sonucunda, enerji sektörü emisyonları dikkate alındığında, Türkiye’de EKC hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Ayrıca ekonomik büyüme, nüfus ve çevresel patentler emisyonları artırmaktadır. Kriz dönemini temsilen oluşturulan kukla değişkeni çevresel bozulmaları azaltmaktadır. Sonuç olarak, politika yapıcılar yeşil teknolojilere daha fazla bütçe ayırmalı ve teşvikler geliştirmelidir. Bunlara ek olarak bu politikalar yasalarla güvence altına alınmalıdır. Ayrıca bireylerin çevresel farkındalığını arttıracak eğitimler verilmeli ve eğitim sistemini sürdürülebilir çevre konularına entegre edecek düzenlemeler yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler : Çevresel Kuznets Eğrisi, STIRPAT, Enerji Sektörü Emisyonları, Genişletilmiş ARDL

JEL Sınıflandırması : C32, O13, Q56.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi, aecaglar@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4723-4499.

Atıf/Citation (APA 6):

Çağlar, A. E. (2022). Türkiye’de çevresel Kuznet Eğrisi hipotezinin araştırılmasında çevresel patentlerin rolü: Genişletilmiş ARDL ile kanıtlar. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(3), 913–929. <http://doi.org/10.25287/ohuiibf.1100797>.

THE ROLE OF ENVIRONMENTAL PATENTS IN ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE HYPOTHESIS IN TURKEY: EVIDENCE FROM THE AUGMENTED ARDL

Abstract

This study investigates the relationship between energy sector emissions and economic growth, population, energy consumption, and patents obtained from environmental technologies in Turkey within the Environmental Kuznets Curve (EKC) and STIRPAT model framework. To do so, we use the Augmented ARDL approach proposed by McNown et al. (2018) and Sam et al. (2019). Considering the 2001 crisis in Turkey, we add a dummy variable to the cointegration equation. As a main result of the empirical analysis, we explored the EKC hypothesis is valid in Turkey, considering the energy sector emissions. Furthermore, our findings reveal that economic growth, population, and environmental patents increase emissions. With the help of dummy variable, we validate the impact of the crisis year (2001) which reduces environmental degradation. As a result, policymakers should devote more budgets and develop incentives to green technologies. In addition to these, training should be given to increase the environmental awareness of individuals, and arrangements should be made to integrate the education system with sustainable environmental issues.

Keywords : Environmental Kuznets Curve, STIRPAT, Energy Sector Emissions, Augmented ARDL

JEL Classification : C32, O13, Q56.

GİRİŞ

Sürdürülebilir büyüme için tükenebilen enerji kaynaklarından yeşil enerjiye doğru dönüşüm gereklidir. Yoğun bir şekilde doğal kaynak bazlı büyüme eninde sonunda yavaşlar ve büyüme trendi tersine dönebilir. Büyümenin temel girdilerinden biri enerji olduğundan dolayı hangi enerji kaynağının kullanıldığı oldukça önemlidir (Çağlar, 2020). Çünkü enerji kaynakları hem ekonominin sürdürülebilirliğini hem de çevresel kaliteyi doğrudan etkilemektedir. Çevresel açıdan incelendiğinde, sanayi devrimi döneminde yani 1700’lerin ortasında küresel CO₂ emisyonları 280 ppm iken, 2018 yılında ortalama küresel emisyon miktarı 400 ppm üstüne çıkmıştır (Hannah & Max, 2020). Fosil enerji kaynağının çevresel kirlenmeyi arttırdığı bilinmesine rağmen hala dünyada yoğun olarak kullanılmaktadır (World Bank, 2021). Bu durumun birinci nedeni, ülkeler yenilenebilir enerji yerine ucuz kömür enerjisi kullanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları yoğun alt yapı geliştirmesi ve güçlü finansal sistem gerektirdiğinden dolayı, ülkeler doğrudan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçememektedir. Dolayısıyla çıktının etkilenmemesi için enerji ihtiyacının çoğu fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. İkincisi ise, özellikle gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkeler çevresel kirlenme pahasına ekonomik büyümeyi hedefler. Çünkü öncelikle ekonomik olarak kalkınma isteyen ülkeler yoğun doğal kaynak kullanmak zorundadır (Balsalobre-Lorente ve ark., 2018). Ardından gelir belli bir seviyeye ulaştıktan sonra, çevresel bilinç artacaktır. Dolayısıyla çevresel kalkınma yolunda adımlara devam edilecektir.

Ekonomik büyüme ve çevresel kirlenme arasındaki dilemma ilk defa Grossman ve Krueger (1991) tarafından Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin temelleri atılarak tartışılmıştır. Bu hipotez gelirdeki artışın ilk aşamasında çevresel kirlenmenin de artacağını ve gelirin belli bir seviyeye ulaşmasından sonra çevresel kirlenmenin azalacağını ifade eder. İkinci dereceden denklemi dikkate alan EKC hipotezi araştırmacılara şu bilgileri sağlar: i) gelir-çevresel kalite ilişkisinin şeklini (EKC geçerliyse, ters-U; EKC geçerli değilse U şeklinde) b) gelirin dönüm noktasını, c) ülke veya ülke grubunda (OECD, G7, BRICS, vs.) ölçek, yapısal veya teknoloji etkisinin hangisinin geçerli olduğu hakkında bilgi verir. Ölçek etkisinin geçerli olduğu dönemde daha fazla çıktı için enerji kullanımında

artış meydana gelir. Yapısal etki döneminde ise ekonomik büyümedeki artışlardan dolayı elde edilen kazanımlar ekonomideki yapısal dönüşümü tetikler. Son aşamada teknoloji etkisinde ise, çevresel kaliteyi arttırmak için yeşil teknoloji kullanılır ve çevresel kirlilik getiren enerji teknolojileri terk edilir.

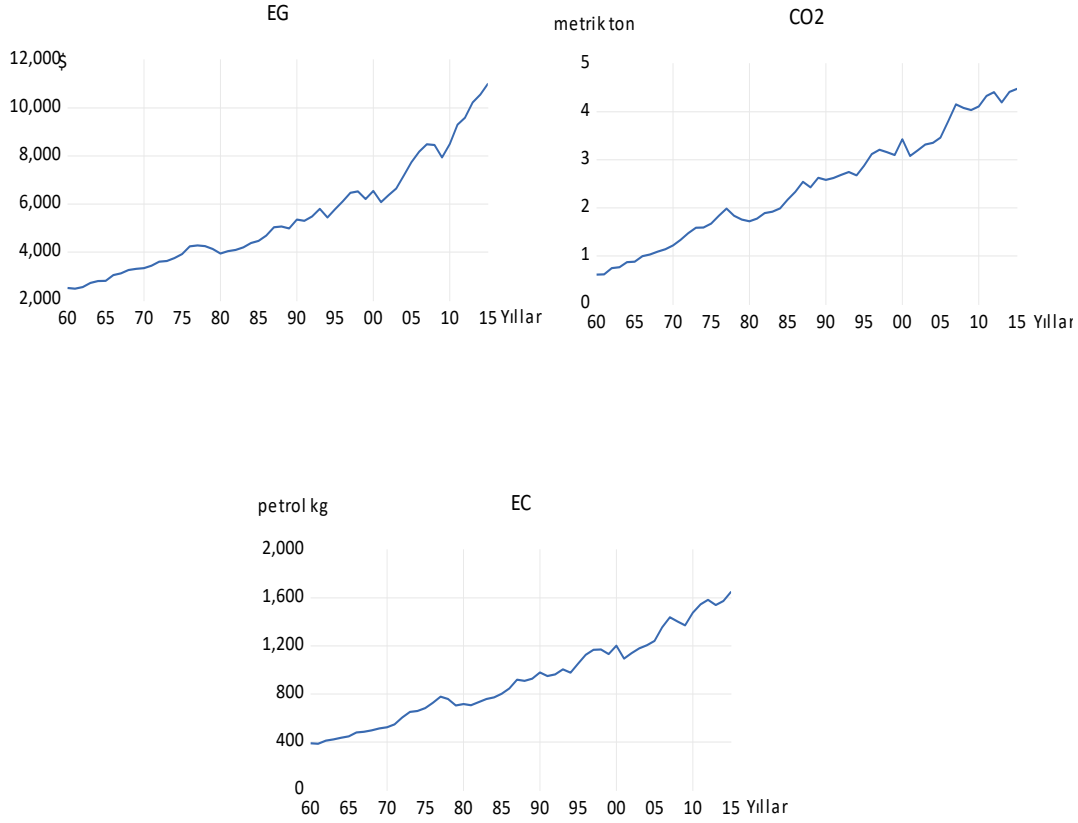
Çevre ekonomisi literatüründe EKC hipotezinin geçerli olup-olmadığı yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Bu araştırmalarda çevresel kalitenin göstergesi olarak ekolojik ayak izi, ince partikül madde (PM 2.5) vs. gibi değişkenler kullanılmasına rağmen, yaygın olarak birçok çalışmada CO₂ emisyonları kullanılmaktadır. Bu çalışmamızda ise Türkiye’de EKC hipotezinin geçerliliği araştırılırken sektör bazında enerji kullanımından gelen CO₂ emisyonları kullanılmaktadır. Toplam emisyonlar içerisindeki sektörlerin ağırlığı zaman içerisinde değişebildiğinden dolayı sektör bazında CO₂ emisyonlarının çevresel kalite göstergesi olarak kullanılması önemlidir (Alataş, 2021). Zaman içinde bazı sektörlerin ağırlığı artabilirken, bazı sektörlerin ağırlığı azalabilmektedir. Örneğin 1970 yılında Türkiye’de kişi başına sektörel CO₂ emisyonları incelendiğinde, enerji sektöründe 8.277 t., ulaşım sektöründe 10.276 t. ve konut sektöründe 10.851 t. emisyon tüketimi gerçekleşmiştir. 2019 yılı verileri incelendiğinde ise, enerji sektöründe 137.256 t., ulaşım sektöründe 91.025 t. ve konut sektöründe 67.719 t. emisyon tüketimi gerçekleşmiştir (Crippa ve ark. 2020). Görüldüğü üzere enerji sektörü 1970 yılında ulaşım ve konut sektörünün arkasındayken, 2019 yılında her ikisini de geride bırakarak CO₂ emisyonları içerisindeki en yüksek paya sahip olmuştur. Dolayısıyla gelirdeki değişimlerle birlikte enerji sektöründen gelen emisyonların incelenmesi politika yapıcılara önemli bilgiler verebilir.

STIRPAT (*Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology*) modeli insan eylemlerinin çevre üzerindeki etkileri üzerine odaklanmıştır ve Dietz ve Rosa (1997) tarafından literatüre sunulmuştur. STIRPAT modeli aslında IPAT modelinin geliştirilmiş versiyonudur. Ehrlich ve Holdren (1971) IPAT (*Environmental Impact by Population, Affluence and Technology*) modelini şu şekilde açıklamaktadır: I çevre etkisini (çevresel bozulmalar), P nüfusu, A iktisadi gelişmişliği ve son olarak T ise teknoloji etkisini veya enerji etkinliğini göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı kişi başına enerji sektörü CO₂ (ECO₂) emisyonları ile ekonomik² büyüme (EG), çevre teknolojileri ile ilgili alınan patentler (ERP), kişi başına enerji tüketimi (EC) ve nüfus (P) arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkilerini EKC ve STIRPAT modeli çerçevesinde 1974-2019 yılları için incelemektir. STIRPAT modeli yardımıyla insan eylemlerinin çevre üzerindeki etkileri üzerine odaklanmaktadır ve bu çalışma için açıklayıcı değişkenler bu model aracılığıyla belirlenmektedir. Böylece EKC çalışmalarında önemli sorunlardan biri olan dışlanmış değişken sapması sorunu aşılabilir. Ampirik analiz için ECO₂ bağımlı değişkeni temsil ederken, EG, ERP, EC ve P bağımsız değişkenleri göstermektedir. EKC hipotezini test etmek için analize ekonomik büyümenin karesi (EG²) değişkeni eklenmiştir. EKC hipotezinin geçerli olabilmesi için EG ve EG² değişkenleri parametrelerinin işaretleri sırasıyla pozitif ve negatif olmalıdır.

Çalışmanın ampirik analiz için Türkiye üzerine odaklanmasının birkaç nedeni vardır. Bunlardan birincisi, Grafik 1’den de görüleceği üzere 1960’tan günümüze Türkiye’de emisyonlarla birlikte ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ciddi bir şekilde artmıştır. Ekonomik büyümedeki artışların ne zaman emisyonları azaltacağı ise merak konusudur. Literatürde birçok çalışma bu konunun üzerine yoğunlaşmıştır. Bizim çalışmamız çevre ekonomisi literatüründe yaygın bir şekilde kullanılan EKC ve STIRPAT gibi iki önemli teoriyi kullanarak bu soruya cevap aramaktadır. İkincisi, IEA (2021) raporuna göre Türkiye enerji çeşitliliği açısından yoğun bir şekilde doğal gaz, kömür ve petrol gibi fosil yakıtlar kullanılmaktadır ve Türkiye küresel emisyonların %1.1’inden sorumludur. Bunlara ek olarak, Türkiye’de 1990’dan 2019 yılına kadar enerji sektöründen gelen emisyonlar %311 oranında artmıştır (Crippa ve ark., 2020). Dolayısıyla enerji sektörü emisyonların belirleyicileri politika yapıcılar için önemlidir ve Türkiye’de enerji sektöründen gelen emisyonların uzun ve kısa dönem denge dinamikleri belirlenirse, emisyonlardaki artış trendi tersine çevirecek politikalar üretilebilir.

² Bu çalışma Zafar ve ark. (2021) ve Frodyma ve ark. (2022) çalışmalarını takip ederek ekonomik büyümeyi temsil etmesi için kişi başına GSYH değişkenini kullanmaktadır.



Şekil 1: Türkiye’de Kişi Başına gelir, Kişi Başına CO₂ Emisyonları ve Kişi Başına Toplam Enerji Tüketimi (1960-2015).

Kaynak: (World Bank, 2021)

Çalışmada kullanılan açıklayıcı değişkenlerin çevre kalitesi üzerine etkisi tartışmalıdır. Nüfus değişkeni genellikle STIRPAT modellerinde kullanılmaktadır ve çevresel kalite üzerindeki etkisi genellikle negatiftir (Rahman & Alam, 2021; Khan ve ark., 2021a; Dong, 2018). Çevre teknolojileri ile ilgili alınan patentlerin ise çevresel bozulmaları azaltması beklenmektedir. Fakat, Bai ve ark. (2020) Çin’de farklı gelir eşitsizliği gruplarına göre çevre ile ilgili teknolojilerin çevresel kalite üzerine etkisini incelemiştir ve bu bulgulara göre, yüksek gelir eşitsizliğinin olduğu grupta çevre ile ilgili teknolojilerin çevresel bozulmaları arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Yani çevre ile ilgili teknolojilerin çevresel kalite üzerindeki etkisi konusunda literatürde fikir birliği yoktur. Enerji tüketimi değişkeni ise çevresel bozulmalara katkıda bulunmaktadır (Xue, 2022; Katircioglu, 2014; Halicioğlu, 2009).

Bu çalışma literatüre birkaç açıdan katkı sağlayabilir. Bunlardan birincisi, en iyi bilgimiz dahilinde, Türkiye için ECO₂ emisyonları henüz hiçbir çalışmada EKC ve STIRPAT modelleri bir arada kullanarak analiz edilmemiştir. Böylece doğrudan enerji sektörüne odaklanarak spesifik politikalar üretilebilir. İkincisi, bu çalışma çevre ile ilgili teknolojilerden elde edilen patent sayısını bağımsız değişken olarak kullanmaktadır. Bu değişkeninin modele eklenmesiyle Türkiye’de çevresel kaliteyi arttıracak teknolojiler üretiliyor mu sorunun cevabı aranmaktadır. Son olarak, bu çalışma McNown ve ark., (2018) tarafından geliştirilen genişletilmiş (Augmented) ARDL (AARDL) yöntemini kullanmaktadır. AARDL yöntemi geleneksel ARDL yönteminin geliştirdiği F- ve t-testine ek olarak gecikmeli bağımsız değişkenler için ek bir F-testi geliştirmiştir. Geleneksel ARDL modeli gecikmeli bağımsız değişkenler için bir sınamaya yapmamaktadır. Dolayısıyla ARDL modeli bağımlı değişkenin birim kök içermesi gerektiğini zorunlu tutar. Fakat AARDL modelinde bu varsayım genişletilerek gecikmeli bağımsız değişken üzerine ek bir F-testi uygulanmaktadır.

I. LİTERATÜR TARAMASI

Çevresel kirlilik ve ekonomik büyüme arasındaki ters-U şeklindeki ilişki ilk defa Grossman ve Krueger (1991) çalışmasında gösterilmiştir. Bu çalışmayı takiben Panayotou (1993) çalışmasında ise gelir-çevresel kirlenme ilişkisi ilk defa EKC hipotezi olarak nitelendirilmiştir ve bu hipotez birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Panayotou (1993) çalışmasının ardından EKC hipotezinin birçok versiyonu ortaya çıkmış ve çevresel kirlenmenin belirleyicileri olarak ekonomik büyümeye ek olarak birçok açıklayıcı değişken eklenmiştir. Özellikle toplam-yenilenebilir-fosil enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırımlar, nüfus, inovasyon, küreselleşme, finansal gelişme, ticaret açıklığı, turizm gelirleri, vb. gibi birçok açıklayıcı değişken geçmişten günümüze EKC hipotezinin araştırılması için kullanılmıştır. Çevre ekonomisi literatüründe çevresel kirlenmenin göstergesi olarak yaygın bir şekilde CO₂ emisyonları kullanılmıştır. Bazı çalışmalar toplam CO₂ emisyonlarını dikkate alırken bazı çalışmalar ise sektörel bazda emisyonları dikkate almaktadır. Tablo 1’de EKC hipotezini sınanan çalışmalara yer verilmektedir.

Tablo 1. EKC Hipotezini Araştıran Çalışmalar

Çalışma	Veri Dönemi	Ülke	EKC geçerli mi?
<i>Bağımlı değişken: toplam CO₂ emisyonlar</i>			
Böltük ve Mert (2014)	1990-2008	Avrupa Birliği	-
Dogan ve Turkekul (2016)	1960-2010	Amerika Birleşik Devleti	-
Çağlar ve Mert (2017)	1960-2013	Türkiye	+
Uzar ve Eyuboglu (2019)	1984-2014	Türkiye	+
Genç ve ark. (2022)	1980-2015	Türkiye	+
Koc ve Bulus (2020)	1971-2017	Güney Kore	-
Bekun ve ark. (2021)	1990-2017	Avrupa Birliği	+
Chishti ve Sinha (2022)	1987-2016	BRICS	+
Udemba ve Tosun (2022)	1970-2018	Brezilya	-
<i>Bağımlı değişken: sektör bazında CO₂ emisyonlar</i>			
Abdallah ve ark. (2013)	1980-2010	Tunus	Ulaşım sektöründe: -
Congregado ve ark. (2016)	1973:1-2015:2	Amerika Birleşik Devleti	Ticaret, elektrik, konut ve ulaşım sektöründe: + Sanayi sektöründe: -
Talbi (2017)	1980-2014	Tunus	Ulaşım sektöründe: +
Alshehry ve Belloumi (2017)	1971-2011	Suudi Arabistan	Ulaşım sektöründe: -
Kharbach ve Chfadi (2017)	1971-2011	Fas	Ulaşım sektöründe: +
Aslan ve ark. (2018)	1973-2015	Amerika Birleşik Devleti	Sanayi, elektrik ve konut sektöründe: + Ticaret ve ulaşım sektöründe: -
Öngel ve ark. (2020)	1998-2018	Türkiye	Enerji ve atık sektörlerinde: -
Bozma (2020)	1990-2018	Türkiye	Havayolu sektöründe: +
Pablo-Romero ve Sanchez-Braza (2017)	1990-2013	Avrupa Birliği	Konut sektöründe: +
Amin ve ark. (2020)	1980-2014	Avrupa Birliği	Ulaşım sektöründe: +
Erdoğan ve ark. (2020)	1971-2017	G20	Bütün sektörlerde: -
Murshed ve ark. (2020)	1992-2015	OPEC	İnşaat hizmetleri sektöründe: + Restoran hizmetleri, turizm ve ulaşım hizmetleri sektöründe: -
Alataş (2021)	1971-2018	OECD	Enerji ve ulaşım sektöründe: + Konut, sanayi ve diğer sektörlerde: -
Manga (2021)	1995-2016	OECD	Ulaşım sektöründe: +

Not: + işareti sırasıyla EKC hipotezinin geçerli olduğunu gösterirken, - işareti EKC hipotezinin geçerli olmadığını ifade eder.

EKC hipotezinin araştırılmasında bazı çalışmalarda panel veri analizi kullanılırken, bazı çalışmalarda da zaman serileri analizi kullanılmıştır. Tablo 1’de toplam emisyonların bağımlı değişken olarak belirlendiği çalışmalarda ortak bir sonucun olmadığı görülmektedir. Örneğin Türkiye için yapılan analizlerde, Çağlar ve Mert (2017), Uzar ve Eyuboglu (2019) ve Genç ve ark. (2022) çalışmaları EKC hipotezini desteklemektedir. Dogan ve Turkekul (2016) Amerika Birleşik Devletleri’nde, Koc ve Bulus (2020) Güney Kore’de ve Udemba ve Tosun (2022) Brezilya’da EKC hipotezinin geçerli olmadığını

belirtmişlerdir. Panel veri analizinde ise, Avrupa Birliği için Bölük ve Mert (2014) EKC hipotezinin geçerli olmadığına dair kanıtlar sunarken, Bekun ve ark. (2021) Avrupa Birliği’nde EKC hipotezinin geçerli olduğunu savunmuşlardır.

Sektör bazında EKC hipotezinin geçerliliğini araştıran çalışmalarda da tutarlılık görülmemektedir. Örneğin, Abdallah ve ark. (2013) ulaşım sektörü dikkate alındığında EKC hipotezinin Tunus için geçerli olmadığını belirtmiştir. Fakat Talbi (2017) Tunus ulaşım sektöründe EKC hipotezinin geçerli olduğuna yönelik kanıtlar sunmuştur. Congregado ve ark. (2016) ticaret, elektrik, konut ve ulaşım sektöründe EKC hipotezinin Amerika Birleşik Devletleri için geçerli olduğunu ifade ederken, sanayi sektöründe EKC hipotezinin geçerli olmadığını belirtmiştir. Amerika Birleşik Devletleri için yapılan başka bir çalışmada ise Aslan ve ark. (2018) sanayi, elektrik ve konut sektöründe EKC hipotezini savunurken, ticaret ve ulaşım sektöründe EKC hipotezinin geçerli olmadığını ifade etmektedir. Öngel ve ark. (2020) ve Bozma (2020) Türkiye’de sektörel bazlı EKC araştırması yapmışlardır. Ampirik bulgulara göre, Öngel ve ark. (2020) enerji ve atık sektörlerinde EKC hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Diğer taraftan Bozma (2020) ulaşım sektöründe çevresel kirlenme ile ekonomik büyüme arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin varlığını göstermiştir ve Türkiye havayolu sektöründe EKC hipotezinin varlığını kanıtlamıştır. Panel veri yöntemleri ile sektörel bazda EKC araştırması yapan çalışmalarda ise Avrupa Birliği için Pablo-Romero ve Sanchez-Braza (2017) ve Amin ve ark. (2020) çalışmaları EKC hipotezinin sırasıyla konut ve ulaşım sektörlerinde geçerli olduğu sonucuna varmışlardır. Alataş (2021) OECD ülkeleri için enerji ve ulaşım sektöründe EKC hipotezini doğrularken, konut, sanayi ve diğer sektörlerde EKC hipotezinin aksi yönünde sonuçlar bulmuştur. Son olarak, OECD ülkeleri için Manga (2021) ulaşım sektöründe EKC hipotezinin geçerli olduğuna dair kanıtlar sunmuştur.

Çevre ekonomisi literatürü incelendiğinde, Ulucak ve ark. (2020) 1994-2015 dönemi için BRICS ekonomilerinde çevresel teknolojilerin çevresel kalite üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Yazarlar BRICS ülkelerinde çevresel teknolojilerin çevresel kaliteyi arttırdığına dair kanıtlar sunmuşlardır. Hussain ve Dogan (2021) çevresel kalite göstergesi olarak ekolojik ayak izinin belirleyicilerini BRICS ekonomileri için araştırmışlardır. Yazarlar çevresel kaliteyi etkileyen faktörleri araştırırken çevresel teknolojilerin etkisine odaklanmışlardır. Ampirik analize göre, EKC hipotezi BRICS ekonomileri için geçerli değildir. Ayrıca yazarlar çevresel teknolojilerin çevresel kaliteyi arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Khan ve ark. (2022) Kanada’da çevresel teknolojilerin etkisini 1989-2020 dönemi için araştırmışlardır. Dinamik ARDL sonuçlarına göre, çevresel teknolojiler çevresel bozulmaları azaltmaktadır. Hussain ve ark. (2022) 7 gelişen ülke ekonomisi için çevresel teknolojilerin tüketim odaklı karbon emisyonları üzerine etkisini EKC hipotezi çerçevesinde araştırmışlardır. Ampirik analiz sonucunda, yazarlar 7 gelişen ülke ekonomisinde çevresel teknolojilerin emisyonları azalttığını göstermişlerdir.

Ampirik literatürde hem toplam hem de sektörel bazda EKC hipotezinin geçerliliği için farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bu farklılıklar, ülke seçiminden, veri setinden, ekonometrik yöntemlerden kaynaklanmaktadır. Türkiye özelinde sektör bazlı çalışmalar incelendiğinde, Öngel ve ark. (2020) tarım, sanayi, enerji ve atık sektörlerinden gelen CO₂ emisyonları bağımlı değişken olarak kullanmıştır. Ampirik analizde, ARDL yöntemi kullanarak sadece ekonomik büyüme ve onun karesi değişkenlerini bağımsız değişken olarak belirlendiği görülmektedir. Fakat, Ozatac ve ark. (2017) EKC araştırmalarında en önemli sorunlardan birinin dışlanmış değişken sarması sorunu olduğunu ifade etmektedir. Dolayısıyla Öngel ve ark. (2020)’nin çalışmasında sadece ekonomik büyüme ve onun karesinin açıklayıcı değişken olarak belirlenmesi ciddi bir varsayımdır. Bunlara ek olarak, McNown (2018) ARDL modeli kullanılarak elde edilen sonuçların dejenere durumlar dikkate alınmadığı için yanlı olabileceğini ifade etmektedir. Bu çalışma açıklayıcı değişkenleri EKC ve STIRPAT modelleri yardımıyla belirlediği için dışlanmış değişken sarması sorununu aşabilir. Özellikle çevresel patentler Türkiye için EKC hipotezi çerçevesinde araştırılmaktadır. Ayrıca bu çalışma genişletilmiş ARDL yöntemi kullanarak dejenere durumları dikkate almaktadır.

II. VERİ, MODEL VE YÖNTEM

II.I. Veri

Bu çalışma enerji sektöründen gelen CO₂ (ECO₂, kişi başına metrik ton cinsinden) emisyonlarını bağımlı değişken olarak kullanır. Diğer taraftan kişi başına GSYH (EG, 2010 reel \$ cinsinden), çevre teknolojileri ile ilgili alınan patentler (ERP), birincil enerji tüketimi (EC, kişi başına gigajoule cinsinden) ve nüfus (P, toplam nüfus) açıklayıcı değişken olarak belirlenmiştir. ECO₂ değişkeni Crippa ve ark. (2020) veri setinden elde edilmektedir. EG ve P değişkenleri Dünya Bankası (World Bank, 2021) veri tabanından derlenmiştir. Birincil enerji tüketimi BP istatistikleri (British Petroleum statistical review of world energy, 2021) veri tabanından ve son olarak ERP ise OECD (2021) veri tabanından elde edilmiştir. Ampirik analiz için veri dönemi yıllık olarak 1974-2019’dur³. Analiz öncesi bütün değişkenler için logaritmik dönüşüm gerçekleştirilmiştir.

II.II. Stirpat Modeli

STIRPAT modeli insan eylemlerinin çevre üzerindeki etkileri üzerine odaklanmıştır ve Dietz ve Rosa (1997) tarafından literatüre sunulmuştur. STIRPAT modeli aslında IPAT modelinin geliştirilmiş versiyonudur. Ehrlich ve Holdren (1971) modelini şu şekilde açıklamaktadır: I çevre etkisini (çevresel bozulmalar), P nüfusu, A iktisadi gelişmişliği ve son olarak T ise teknoloji etkisini veya enerji etkinliğini göstermektedir. Geleneksel STIRPAT modeli aşağıdaki gibidir:

$$I_t = aP_t^b A_t^c T_t^d e^{u_t} \quad (1)$$

Denklem 1 logaritmik dönüşüm ile aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir:

$$L(I_t) = a + bL(P_t) + cL(A_t) + dL(T_t) + u_t \quad (2)$$

Burada, *a* sabit terimi; *b*, *c* ve *d* eğim katsayılarını; *u* hata terimini ve I, P, A ve T ise sırasıyla çevresel bozulmaları, nüfusu, iktisadi gelişmişliği ve teknolojiyi göstermektedir. Bizim çalışmamız denklem 2’deki STIRPAT modelini EKC ile birleştirerek Denklem 3’teki gibi genişletmiştir:

$$LECO_{2t} = \delta_0 + \delta_1 LEG_t + \delta_2 LEG2_t + \delta_3 LERP_t + \delta_4 LEC_t + \delta_5 LP_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

Denklem 3’te LECO₂ kişi başına enerji sektöründen gelen emisyonları (I) göstermektedir. LP nüfusu (P) temsil ederken, LEG ve LEG² kişi başına ekonomik büyüme ve onun karesini (A) ifade etmektedir. EG2 değişkeni 3 numaralı denkleme EKC hipotezinin geçerliliğini sınamak için eklenmiştir. $\delta_1 > 0$ ve $\delta_2 < 0$ ise EKC hipotezi geçerli olacaktır. Ayrıca gelirin dönüm noktası veriler logaritmik formda olduğu için $EG^* = e^{-\delta_1/(2*\delta_2)}$ ile belirlenmektedir. ERP (T) ise çevre teknolojileri ile ilgili alınan patent sayılarını göstermektedir. Son olarak EC (STIRPAT modeli için ek değişken) kişi başına enerji tüketimini ifade etmektedir.

³ Analizin 1974 yılından başlaması çevresel patentler değişkeni ile ilgili verilerin 1974 yılı öncesinde mevcut olmamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca ERP değişkeni çevresel teknolojileri temsilen tescil olan patentleri ve yerleşik, yerleşik olmayan ve uluslararası iş birlikleri ile elde edilen patentleri göstermektedir.

⁴ EKC denklemini elde edebilmek için LEG serisinin karesi LEG2 (LEG)² olarak denkleme eklenmiştir.

II.III. Metodoloji

Bu çalışmada ampirik analizin ilk aşamasında değişkenlerin birim kök özellikleri araştırılmaktadır. Bu amacı gerçekleştirmek için öncelikle Phillips ve Perron (1988) tarafından geliştirilen birim kök testi kullanılmaktadır. Zaman serileri rassal şoklardan (ekonomik krizler, doğal afetler, salgın hastalıklar, vs.) sıklıkla etkilendiği bilinmektedir (Narayan ve Popp, 2010). Yapısal kırılmalar dikkate alınmazsa, seri durağan olsa dahi serinin birim kök süreci izlediği sonucuna ulaşılabilir (Zivot ve Andrews, 1992). Dolayısıyla bu olasılığı dikkate almak için seride tek kırılmanın içsel olarak gerçekleştiğini varsayan Perron (1997) testi sıradan birim kök testine ek olarak analize dahil edilmektedir. Değişkenlerin birim kök özellikleri belirlendikten sonra, 3 numaralı denklem dikkate alınarak uzun ve kısa dönem katsayılarını elde etmek için genişletilmiş ARDL yaklaşımı kullanılmaktadır.

Pesaran ve ark. (2001)’nin geliştirdiği ARDL yaklaşımı açıklayıcı değişkenlerin farklı dereceden (I(0) ve I(1)) durağan olmalarına izin verdiği için birçok araştırmacı tarafından kullanılmaktadır. Fakat ARDL yönteminin bağımlı değişkenin mutlaka birim kök içermesi, dejenere durumlarının olması, açıklayıcı değişkenlerin dışsallığı gibi birçok sıkı varsayımları vardır ve bunların ihlal edilmesi durumunda sonuçlar yanıltıcı olabilir (Sam ve ark., 2019). ARDL modelini daha açık göstermek için koşullu hata düzetme modeli (kısıtsız sabitlive trend içermeyen (Durum III)) aşağıdaki denklem ile yazılabilir:

$$\Delta LECO_{2t} = \alpha_0 + \alpha_1 DU_t + \theta_1 LECO_{2t-1} + \theta_2 LEG_{t-1} + \theta_3 LEG_{t-1}^2 + \theta_4 LERP_{t-1} + \theta_5 LEC_{t-1} + \theta_6 LP_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} \Delta LECO_{2t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_{2i} \Delta LEG_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_{3i} \Delta LEG_{t-i}^2 + \sum_{i=0}^p \beta_{4i} \Delta LERP_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_{5i} \Delta LEC_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_{6i} \Delta LP_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Denklem 4’te α_0 , Δ , ε_t ve DU_t sırasıyla sabit terimi, fark işlemcisini, hata terimini ve yapısal kırılmayı temsil eden kukla değişkenini göstermektedir. D01 modele sabit bir regresör olarak dahil edilmiştir. $\theta_1, \dots, \theta_6$ ve β_1, \dots, β_6 sırasıyla uzun ve kısa dönem katsayıları ifade etmektedir. Bunlara ek olarak p optimal gecikme uzunluğunu göstermektedir. 4 numaralı denklemde eşbütünleşmenin varlığı için Pesaran ve ark. (2001) F- ve t- testi önermektedir. F-testi sınır testi olarak bilinen gecikmeli bağımlı ve bağımsız değişkenlerin ($H_0: \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 = \theta_6 = 0$) anlamlılığını araştırır. Ardından Pesaran ve ark. (2001) bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri ($\theta_1 = 0$) için de t-testi aracılığıyla anlamlılığının sınanmasını önermektedir. Bu testin yapılmasındaki amaç ise bağımlı değişkenin birinci farklarda durağan olma zorunluluğudur. Pesaran ve ark. (2001)’nin önerdiği ARDL modelinde bağımlı değişkenin durağan olmasına izin verilmemektedir. Dolayısıyla ARDL modeli birim kök testlerine bağımlı olmaktadır. McNown ve ark. (2018) ve Sam ve ark. (2019) gecikmeli bağımsız değişkenlerin anlamlılığı için yeni bir F-testi geliştirerek bağımlı değişkenin birinci farklarda durağan olma zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. McNown ve ark. (2018) ve Sam ve ark. (2019) eşbütünleşmenin varlığından emin olmak için aşağıdaki üç testin de bir arada kullanılmasını önermektedir.

1) Bağımlı ve bağımsız tüm değişkenler için F-testi ($F_{bütün}$, literatürde sınır testi olarak bilinmektedir) $H_0: \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 = \theta_6 = 0$

(Kritik değerler Narayan (2005) çalışmasından elde edilmektedir.)

2) Gecikmeli bağımlı değişken için t-testi ($t_{bağımlı}$), $H_0: \theta_1 = 0$

(Kritik değerler Pesaran ve ark. (2001) çalışmasından elde edilmektedir.)

3) Sadece bağımsız değişkenler için F-testi ($F_{bağımsız}$), $H_0: \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 = \theta_6 = 0$

(Kritik değerler Sam ve ark. (2019) çalışmasından elde edilmektedir.)

Yukarıda gösterilen üç hipotezin de reddedilmesi durumunda eşbütünleşmenin varlığından söz edilebilir. Bunlara ek olarak, ARDL modelinde iki farklı dejenere durumları ortaya çıkabilir:

1. Dejenere durum #1: Bu durum gecikmeli bağımlı değişkenin anlamlı ($\theta_1 \neq 0$) olması ve aynı zamanda gecikmeli açıklayıcı değişkenlerin anlamsız ($H_0: \theta_2 = \dots = \theta_6 = 0$) olması durumunda gerçekleşmektedir.

Dejenere durum #1’den kurtulmak için Pesaran ve ark. (2001) sınır testine ek olarak gecikmeli bağımlı değişken için t-testini önermiştir.

2. Dejenere durum #2: Bu bozulma durumu ise, gecikmeli açıklayıcı değişkenlerin anlamlı ($H_0: \theta_2 \neq \dots \neq \theta_6 \neq 0$) olması ve aynı zamanda gecikmeli bağımlı değişkenin anlamsız ($\theta_1 = 0$) olması durumunda gerçekleşmektedir.

Dejenere durum #2’yi ortadan kaldırmak için ise Pesaran ve ark. (2001) bağımlı değişkenin tümleşme derecesinin I(1) olması gerektiğini vurgulamıştır. Dolayısıyla bağımlı değişkenin durağan olduğu durumlarda ARDL modeli kullanılamamaktadır. Ayrıca ARDL modelinin çalıştırılması birim kök testlerin gücüne bağlıdır. Bu sorunun üstesinden gelmek için McNown ve ark. (2018) ve Sam ve ark. (2019) gecikmeli bağımsız değişkenler için yeni bir F-testi geliştirmiştir. Böylece bağımlı değişkenin durağan olduğu durumlarda da ARDL modeli kullanılabilir. Sonuç olarak, üç test istatistiğinin ($F_{\text{bütün}}$, $t_{\text{bağımlı}}$, $F_{\text{bağımsız}}$) üst sınır kritik değerlerden büyük olması durumunda değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisi vardır ve uzun ve kısa dönem katsayıları elde edilebilir.

III. EKONOMETRİK BULGULAR

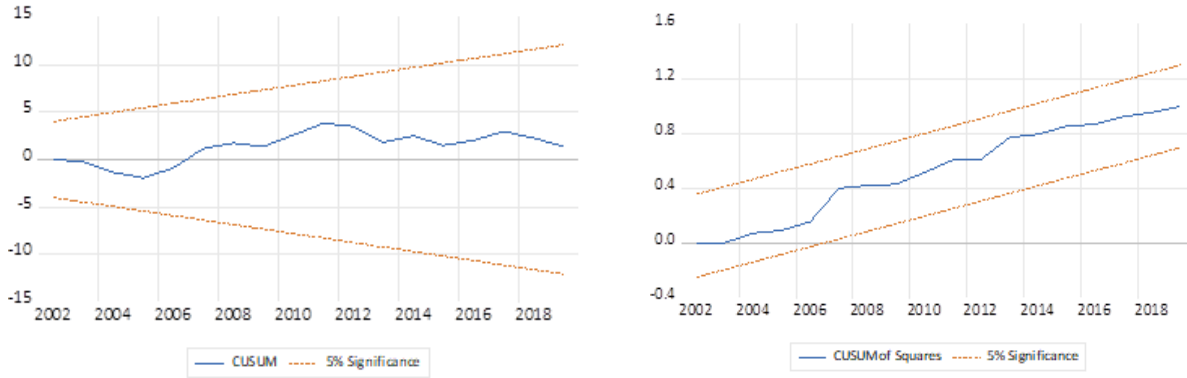
ARDL modelini kullanabilmek için ilk aşamada herhangi bir değişkenin ikinci dereceden durağan olmadığından emin olunmalıdır. Dolayısıyla bu çalışma değişkenlerin birim kök özelliklerinin araştırılması ile başlamaktadır. Tablo 2’de hem yapısal kırılmayı dikkate almayan Phillips- Perron (PP, 1988) hem de yapısal kırılmayı dikkate alan Perron (1997) testi sonuçları gösterilmektedir. PP test sonuçlarına göre, LECO₂, LEG, LEG2 ve LEC değişkenleri birinci farklarında durağandır. Diğer taraftan LP ve LERP değişkenleri düzeyde durağandır. Yapısal kırılmayı dikkate alan Perron (1997) testi sonuçlarına göre, LECO₂, LEG, LEG2, LERP ve LEC değişkenleri birinci farklarında durağan iken, LP değişkeni seviyede durağan olduğu görülmektedir. Bütün birim kök test sonuçları analizde kullanılacak değişkenlerin ikinci dereceden durağan olmadığını göstermektedir. Kırılma tarihleri incelendiğinde, emisyonlar için 2000 yılında bir kırılma tarihi bulunmuştur ki bu tarih 2001 kriz yılının öncesini göstermektedir. 1999 yılında toplam emisyonlar 192.870 metrik ton iken, 2000 yılında bu rakam 216.620 metrik tona ulaşarak Türkiye tarihinin emisyon salımı rekorunu kırmıştır (World Bank, 2021). Perron (1997) testinin veri oluşturma sürecinde kırılma zamanı belirlenirken farklı modeller içerisinde en düşük t-istatistiğini dikkate almaktadır ve burada kırılma zamanı olarak 2000 yılını göstermektedir. Fakat, 2001 yılında emisyonlar 197.780 metrik tona düşerek ciddi bir azalma meydana gelmiştir (World Bank, 2021). Bu çalışmanın amacı emisyon düşürücü politikalar olduğu için, eşbütünlüşme denkleminde 2001 yılı kukla değişken olarak modele eklenmiştir.

Tablo 2. Birim Kök Test Sonuçları

Sabit ve trend modeli				
Değişkenler	Phillips Perron testi		Tek kırılmalı Perron testi	
	Seviye	Birinci fark	Seviye	Birinci fark
LECO ₂	-2.735	-9.240*	-4.030 [2000]	-5.134** [1985]
LEG	-2.206	-6.498*	-3.290 [2003]	-6.633* [2011]
LEG2	-2.043	-6.494*	-3.319 [2003]	-6.631* [1981]
LP	-3.214***	-	-4.579*** [1993]	-
LERP	-3.666**	-	-1.899 [2008]	-12.024* [1981]
LEC	-2.957	-7.352*	-3.397 [1995]	-7.320* [1981]

Not: *, ** ve *** işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. [] ifadesi kırılma yıllarını ifade etmektedir.

Bir sonraki aşamada, ECO_2 ile açıklayıcı değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olup olmadığı genişletilmiş ARDL yaklaşımına göre araştırılmaktadır. Dolayısıyla her üç test istatistiği ($F_{bütün}$, $t_{bağımlı}$, $F_{bağımsız}$) üst sınır kritik değerlerinden yüksek ise eşbütünleşmenin varlığı doğrulanmaktadır. Tablo 3’te kısıtsız sabitli ve trend içermeyen (Durum III) AARDL eşbütünleşme modeli sonuçları verilmektedir. Tablo 3’te ilk olarak bütün gecikmeli değerlerin anlamlılığını sınavan ve sınır testi olarak bilinen test istatistiği ($F_{bütün}$) sonuçları incelenmelidir. Sınır testi sonuçlarına göre, sıfır hipotezi ($H_0: \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 = \theta_6 = 0$) %5 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir. Böylece $F_{bütün}$ test istatistiğinin anlamlı olduğu görülmektedir. İkinci aşamada gecikmeli bağımlı değişken için t-testi yapılmalıdır. Elde edilen sonuçlara göre, $t_{bağımlı}$ test istatistiği için sıfır hipotezi ($H_0: \theta_1 = 0$) %5 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir. Üçüncü aşamada ise, McNown ve ark. (2018) ve Sam ve ark. (2019) tarafından literatüre önerilen $F_{bağımsız}$ test istatistiği sonucu incelenmelidir. Bu sonuçlara göre, $F_{bağımsız}$ test istatistiği %10 düzeyinde anlamlıdır. ARDL eşbütünleşme modelinde üç test istatistiğinin de anlamlı olması ECO_2 ile bağımsız değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca sonuçların güvenilirliği için tanı testleri sonuçları da incelenmelidir. Tablo 3’e göre, değişen varyans, otokorelasyon, normallik, model spesifikasyonu, Cusum ve Cusumq sonuçları ARDL modeli sonuçlarının güvenilir olduğunu göstermektedir. Tablo 4⁵’te ARDL modeli tahmin sonuçları gösterilmektedir.



Şekil 2. Cusum ve Cusumq

Tablo 4’te uzun dönem katsayıları incelendiğinde, ekonomik büyümenin ve karesinin işaretlerinin sırasıyla pozitif, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Türkiye’de EKC hipotezi geçerlidir. Gelirin dönüm noktası 15.406\$ olarak hesaplanmıştır ve incelenen dönemde gelir dönüm noktasını aşmadığı için gelirdeki artışlar çevresel kirlenme getirmektedir. Bu sonuçlar Türkiye’yi analiz eden Çağlar ve Mert (2017), Uzar ve Eyuboglu (2019), Bozma (2020), Genç ve ark. (2022) ve Öngel ve ark. (2020) çalışmalarıyla tutarlıdır.

⁵ Sonuçlar Eviews 10 versiyonu ile elde edilmiştir.

Tablo 3. Genişletilmiş ARDL test sonuçları

Model	DU	Tahmin edilen model	Testler	Kaynak ve Kritik Değerler
LECO ₂ =f(LEG,LEG2,LP,LERP,LE C)	2001	(2,1,0,0,0)	F _{bütün} =5.425**	Narayan (2005) %10 %5 %1 3.64 4.26 5.59
			t _{bağımlı} =-4.201**	Pesaran ve ark. (2001) %10 %5 %1 -3.86 -4.19 -4.79
			F _{bağımsız} =3.692***	Sam ve ark. (2019) %10 %5 %1 3.58 4.24 5.83
Tanı testleri	ist.	p-değeri		
Değişen varyans, White	0.684	0.717		
Otokorelasyon, LM	0.642	0.428		
Normallik, JB	4.171	0.124		
Model spesifikasyonu, Ramsey-Reset	0.792	0.433		
CUSUM	Stabil			
CUSUMSQ	Stabil			

Not: ** ve *** işaretleri sırasıyla %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Maksimum gecikme uzunluğu yıllık veriler olduğu için “2” olarak alınmıştır ve Akaike bilgi kriterine göre optimal gecikme uzunluğu belirlenmiştir.

Nüfusun ECO₂ üzerindeki etkisi incelendiğinde, uzun dönemde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Spesifik olarak, nüfusta meydana gelen %1’lik bir artış emisyonları yaklaşık %2 civarında arttırmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye’de nüfus artışının çevre üzerinde olumsuz etkisinin olduğu söylenebilir. Bu sonuçlar Türkiye’yi analiz eden Bozkurt ve Okumuş (2015) ve Pata ve Yurtkuran (2018) çalışmalarıyla benzerdir. Çevre teknolojileri ile ilgili alınan patent sayılarının çevresel bozulmalar üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır. %1’lik bir patent sayısındaki artış çevresel kirlenmeyi yaklaşık %0,07 arttırır ve katsayının küçüklüğü emisyonlar üzerindeki etkisinin az olduğunu göstermektedir. Bu sonuç Türkiye’de çevre ile ilgili teknolojiler üzerine alınan patentlerin henüz çevresel kaliteyi arttıracak düzeye gelmediğini göstermektedir. Türkiye bu alana yönelik yatırımlara devam etmeli ve girişimcilere teşvikler vererek patent sayılarının artırılması sağlanmalıdır. Bu sonuçlar Bai ve ark. (2020) çalışmasıyla tutarlılık göstermektedir. Bai ve ark. (2020) Çin’de çevresel bozulmaları araştırırken farklı gelir eşitsizliği gruplarına göre değerlendirmeler yapmıştır. Yüksek gelir eşitsizliğinin olduğu grupta çevre ile ilgili teknolojilerin çevresel bozulmaları arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Diğer taraftan bizim bulgularımız Kanada için Khan ve ark. (2021b) ve BRICS için Hussain ve Dogan (2021) çalışmaları ile çelişmektedir. Enerji tüketiminin çevresel kirlenme üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamsız bir etkisinin olduğu görülmektedir.

Tablo 4. ARDL modeli tahmin sonuçları

Bağımlı Değişken: LECO ₂	Katsayı	Std. Hata	p-değeri
Açıklayıcı değişkenler			
<i>Uzun Dönem</i>			
LEG	30.374*	7.656	0.000
LEG2	-1.575*	0.387	0.000
LP	1.822*	0.657	0.009
LERP	0.070***	0.041	0.097
LEC	-1.386	0.890	0.128
EG*	15.406\$		
<i>Kısa Dönem</i>			
Δ LECO ₂ (-1)	0.2325	0.158	0.151
Δ LEG	24.142*	6.484	0.000
Δ LEG2	-1.293*	0.340	0.000
Δ LP	1.496*	0.510	0.006
Δ LERP	0.058***	0.032	0.085
Δ LEC	-1.138***	0.571	0.054
D01	-0.150***	0.075	0.055
C	-142.346*	34.271	0.000
ECT(-1)	-0.821*	0.134	0.000

Not: * ** *** işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini ve EG* gelirin dönüm noktasını gösterir.

Tablo 4’te kısa dönem katsayıları incelendiğinde, bütün bağımsız değişkenlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Uzun dönemde olduğu gibi gelir ve karesinin katsayılarının işaretleri sırasıyla pozitif ve negatiftir. Yani kısa dönemde de EKC hipotezi geçerlidir. Nüfus ve çevre ile ilgili patentler çevresel bozulmaları artırırken, enerji tüketimi çevresel bozulmaları azaltmaktadır. Kriz yılını temsil eden D01 değişkeninin çevresel bozulmalar üzerine olumlu yönde katkısının olduğu görülmektedir. Yani 2001 yılının Türkiye ekonomisinde önemli bir yeri olduğu düşünüldüğünde, 2001 yılı krizinin çevresel kalite üzerindeki etkisinin olumlu olması beklenen bir durumdur. Çünkü o dönemde ekonomide bir daralma gerçekleşmiş ve üretim sınırlandırılmıştı. Dolayısıyla üretimin azalmasıyla o dönemde çevresel kalite de artmıştır. Son olarak, hata düzeltme katsayısı negatif ve anlamlıdır. 1’e yakın değer alan bu katsayı denge düzeyinde kısa dönemde bir sapma meydana gelmesi durumunda, denge düzeyinin kısa sürede eski seviyesine döneceğini göstermektedir. Geçmiş dönemde meydana gelen sapmaların yaklaşık %82’si bir sonraki dönemde denge düzeyine gelerek düzeltilmektedir. Katsayıların anlamlılığı için Cusum ve Cusumq sonuçları Şekil 2’de gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre, her iki eğrinin de %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar arasında bulunduğundan dolayı elde edilen katsayılar güvenilirdir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma enerji sektöründen gelen emisyonlar ile ekonomik büyüme, nüfus, enerji tüketimi ve çevre ile ilgili teknolojiler üzerine alınan patentler arasındaki ilişkiyi EKC ve STIRPAT modeli kapsamında araştırmaktadır. Çalışmada olası yapısal kırılma dikkate alınarak hem birim kök testlerinde hem de eşbütünleşme denkleminde yapısal kırılmaya izin verilmiştir. Analizin ilk aşamasında Phillips ve Perron (1988) birim kök testine ek olarak tek kırılmalı Perron (1997) testi ile değişkenlerin birim kök özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, bazı değişkenler birinci dereceden durağan iken, bazı değişkenlerin seviyesinde durağandır. Ardından genişletilmiş ARDL modeli dikkate alınarak üç farklı test istatistiğinin anlamlılığı sınanmıştır. Bu sonuçlara göre, üç test istatistiğinin de üst sınır kritik değerlerinden yüksek olduğu için eşbütünleşmenin varlığına karar verilmiştir.

Ampirik bulgulara göre, Türkiye’de hem uzun hem de kısa dönemde EKC hipotezi geçerlidir. Uzun dönem sonuçlarına göre, gelirin dönüm noktası 15.406\$’dır ve incelenen dönemde gelir bu seviyeyi aşmamaktadır. Dolayısıyla Türkiye’de ekonomik büyüme enerji sektörü emisyonları için çevresel kirlenme getirmektedir. Diğer yandan ampirik bulgular nüfusun artmasının çevresel kaliteyi azalttığı yönündedir. Bu bağlamda, Türkiye’de nüfus politikası yeniden gözden geçirilmelidir ve halkın çevresel duyarlılığını arttıracak politikalar üretilmelidir. Örneğin marketlerde poşetlerin ücretli olması plastik poşet kullanımını önemli ölçüde azaltmıştır. Fakat gerek belediyeler gerekse halk eğitim merkezleri aracılığıyla bireylere çevresel kalitenin artırılmasına yönelik eğitimler verilmelidir. Genç kuşak bireyler için ise ilkokuldan başlanarak üniversite de dahil olmak üzere çevre bilinci dersleri verilebilir. Çevre bilincinin artmasıyla birlikte çevresel kalitenin iyileşeceği yönünde ampirik kanıtlar mevcuttur (Jahanger ve ark., 2022; Khan ve ark., 2021c; Yao ve ark., 2020). Dolayısıyla nüfus politikası düzenlenirken çevresel faktörlerin göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir. Böylece nüfusun olumsuz etkisi tersine çevrilebilir.

Bir diğer bulgumuz ise çevre ile ilgili teknolojiler üzerinden alınan patentlerin çevresel bozulmaları arttırdığı yönündedir. Bu sonuçlar Türkiye’de çevre ile ilgili alınan patentlerin çevresel kaliteyi iyileştirecek düzeye gelmediğini göstermektedir. Dolayısıyla politika yapıcılar çevre teknolojileri geliştirmek için genel bütçeden birçok girişimcinin faydalanacağı düzeyde ödenek ayırmalıdır. Bu ödeneklerin bazıları geri ödemeli olarak finanse edilebilir. Diğer taraftan çok uluslu şirketlerin Türkiye’de çevre ile ilgili teknoloji geliştirmelerini teşvik edecek politikalar ile alınan patent sayısının artırılması gereklidir. Patentler mevcut durumda Türkiye için çevresel kirlilik getirirse de ampirik literatür bu alanda politikaların ilerletilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Doğrudan yabancı yatırımlar ile mevcut patent sayısı artırılabilir. Fakat yatırımcılar için yasalarla düzenlenmiş sıkı çevre politikalarına ihtiyaç vardır. Aksi durumda doğrudan yabancı yatırımlar çevresel kirlenme getirebilir.

Son olarak, Türkiye’de birincil enerji tüketiminin enerji sektöründen gelen emisyonlar üzerine etkisi anlamsızdır. Son yıllarda Türkiye’nin enerji çeşitliliğinde ciddi bir dönüşüm görülmektedir. Özellikle yenilenebilir enerji, hidro, güneş ve rüzgâr tarafından yönetilen yenilenebilir enerji üretimi etkileyici bir büyüme kaydetmiştir. Yerli enerji üretimi, 2014’ten 2019’a %59’luk bir büyüme ile son yıllarda hızla artmıştır. Bu durum, büyük ölçüde 2019’da toplam enerji üretiminin %54’ünü oluşturan yenilenebilir kaynaklardan kaynaklanmıştır (IEA, 2021). Türkiye mevcut durumda enerji üretiminde fosil kaynaklardan yenilenebilir kaynaklara geçiş sürecinde olduğundan dolayı, enerji tüketiminin enerji sektöründen gelen emisyonlar üzerinde anlamlı bir etkisi olmayabilir. Son olarak, 2001 krizinin etkisini gösteren kukla değişkenin işaretinin negatif ve anlamlı olduğunu göstermektedir. Yani 2001 krizi çevresel kalite üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir ve bu durum beklentiler dahilindedir. Olası ekonomik krizler ekonomik büyümeyi ve enerji tüketimini etkilediği için ekonominin daralma döneminde yoğun fosil yakıt tüketen Türkiye’de çevresel bozulmaların azalması beklentilerle uyumludur.

Bu çalışmanın birkaç kısıtı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, toplam emisyonlar yerine spesifik olarak enerji tüketiminden gelen emisyonlar araştırılmıştır. 1990 yılına kıyasla 2019 yılında enerji tüketiminden gelen emisyonlardaki değişim %311 artış yönünde olduğundan (Crippa ve ark., 2020), bu değişkene odaklanılarak artış yönündeki değişimin çevre üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Gelecek çalışmalar Türkiye için farklı sektörlerden gelen emisyonların EKC üzerindeki etkisini inceleyebilir. Ayrıca yeterince veri uzunluğu ele edilince Türkiye için çevre ile ilgili patentler değişkeninin çevre kalitesi üzerine etkisi incelenebilir. Bu bağlamda kırılmalı eşbütünleşme yöntemleri ile elde edilen bulgular bu çalışmanın sonuçları ile karşılaştırılabilir. Bunlara ek olarak, enerji sektöründen gelen emisyonlar ile yenilenebilir ve fosil enerji tüketimi arasındaki ilişki patentlerin de modele dahil edilmesiyle Türkiye için güncel ekonometrik yöntemlerle analiz edilebilir.

KAYNAKÇA

- Abdallah, K. B., Belloumi, M., & De Wolf, D. (2013). Indicators for sustainable energy development: A multivariate cointegration and causality analysis from Tunisian road transport sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 34–43.
- Alataş, S. (2021). Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin sektörel analizi: OECD ülkeleri örneği. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 6(1), 124–136.
- Alshehry, A. S., & Belloumi, M. (2017). Study of the environmental kuznets curve for transport carbon dioxide emissions in Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1339–1347.
- Amin, A., Altinoz, B., & Dogan, E. (2020). Analyzing the determinants of carbon emissions from transportation in European countries: The Role of renewable energy and urbanization. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 22(8), 1725–1734.
- Aslan, A., Destek, M. A., & Okumus, I. (2018). Sectoral carbon emissions and economic growth in the US: Further evidence from Rolling Window Estimation Method. *Journal of Cleaner Production*, 200, 402–411.
- Bai, C., Feng, C., Yan, H., Yi, X., Chen, Z., & Wei, W. (2020). Will income inequality influence the abatement effect of renewable energy technological innovation on carbon dioxide emissions?. *Journal of environmental management*, 264, 110482.
- Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., Roubaud, D., & Farhani, S. (2018). How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to co2 emissions?. *Energy Policy*, 113, 356–367.
- Bekun, F. V., Alola, A. A., Gyamfi, B. A., & Yaw, S. S. (2021). The relevance of ekc hypothesis in energy intensity real-output trade-off for sustainable environment in EU-27. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–12.
- Bozkurt, C., & Okumuş, İ. (2015). Türkiye’de ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari serbestleşme ve nüfus yoğunluğunun co2 emisyonu üzerindeki etkileri: Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Analizi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(32), 23–35.
- Bozma, G. (2020). Havacılık sektöründe çevre yönetimi, ekonomik büyüme ve kentleşme ilişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisi üzerine bir inceleme. *Turan-Sam*, 12(48), 132–146.

- Bölük, G., & Mert, M. (2014). Fossil & renewable energy consumption, ghgs (greenhouse gases) and economic growth: Evidence from a Panel of EU (European Union) countries. *Energy*, 74, 439–446.
- BP. (2021). *British Petroleum statistical review of world energy*. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-all-data.xlsx> [Erişim tarihi: 10.11.2021].
- Çağlar, A. E. (2020). The importance of renewable energy consumption and fdı inflows in reducing environmental degradation: Bootstrap ARDL Bound Test in selected 9 countries. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121663.
- Chishti, M. Z., & Sinha, A. (2022). Do the shocks in technological and financial innovation influence the environmental quality? Evidence from BRICS economies. *Technology in Society*, 68, 101828.
- Congregado, E., Feria-Gallardo, J., Golpe, A. A., & Iglesias, J. (2016). The Environmental Kuznets Curve and co2 emissions in the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(18), 18407–18420.
- Crippa, M., Oreggioni, G., Guizzardi, D., Muntean, M., Schaaf, E., Lo Vullo, E., ... Vignati, E. (2020). Fossil co2 and ghg emissions of all world countries. Luxemburg: Publication Office of the European Union. Luxembourg.
- Çağlar, A. E., & Mert M. (2017). Türkiye’de Çevresel Kuznets Hipotezi ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salımı üzerine etkisi: Yapısal kırılmalı eşbütünleşme yaklaşımı. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(1), 21–38.
- Dietz, T., & Rosa, E. A. (1997). Effects of population and affluence on co2 emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(1), 175–179.
- Dogan, E., & Turkecul, B. (2016). CO2 Emissions, real output, energy consumption, trade, urbanization and financial development: Testing the EKC hypothesis for the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2), 1203–1213.
- Dong, K., Hochman, G., Zhang, Y., Sun, R., Li, H., & Liao, H. (2018). CO2 emissions, economic and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions. *Energy Economics*, 75, 180–192.
- Ehrlich, P. R., & Holdren, J. P. (1971). Impact of population growth. *Science*, 171(3977), 1212–1217.
- Erdoğan, S., Yıldırım, S., Yıldırım, D. Ç., & Gedikli, A. (2020). The Effects of innovation on sectoral carbon emissions: Evidence from G20 countries. *Journal of Environmental Management*, 267, 110637.
- Frodyma, K., Papież, M., & Śmiech, S. (2022). Revisiting the environmental Kuznets Curve in the European Union countries. *Energy*, 241, 122899.
- Genç, M. C., Ekinci, A., & Sakarya, B. (2022). The impact of output volatility on co2 emissions in Turkey: Testing EKC Hypothesis with Fourier Stationarity Test. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2), 3008–3021.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement*. NBER Working Paper 3914.
- Halicioğlu, F. (2009). An econometric study of co2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in turkey. *Energy policy*, 37(3), 1156–1164.
- Hannah R., & Max R. (2020). *CO2 and greenhouse gas emissions*. <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions> [Erişim tarihi 10.01.2022].
- Hussain, M., & Dogan, E. (2021). The role of institutional quality and environment-related technologies in environmental degradation for BRICS. *Journal of Cleaner Production*, 304, 127059.
- Hussain, M., Mir, G. M., Usman, M., Ye, C., & Mansoor, S. (2022). Analysing the role of environment-related technologies and carbon emissions in emerging economies: A step towards sustainable development. *Environmental Technology*, 43(3), 367–375.
- IEA (2021), Turkey 2021, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/turkey-2021> [Erişim tarihi: 12.11.2021]
- Jahanger, A., Usman, M., Murshed, M., Mahmood, H., & Balsalobre-Lorente, D. (2022). The linkages between natural resources, human capital, globalization, economic growth, financial development, and ecological footprint: The moderating role of technological innovations. *Resources Policy*, 76, 102569.
- Katircioğlu, S. T. (2014). International tourism, energy consumption, and environmental pollution: The case of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 36, 180–187.

- Khan, I., Hou, F., & Le, H. P. (2021a). The impact of natural resources, energy consumption, and population growth on environmental quality: Fresh evidence from the United States of America. *Science of the Total Environment*, 754, 142222.
- Khan, M. K., Babar, S. F., Oryani, B., Dagar, V., Rehman, A., Zakari, A., & Khan, M. O. (2021b). Role of financial development, environmental-related technologies, research and development, energy intensity, natural resource depletion, and temperature in sustainable environment in Canada. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–17.
- Khan, Z., Ali, S., Dong, K., & Li, R. Y. M. (2021c). How does fiscal decentralization affect co2 emissions? The roles of institutions and human capital. *Energy Economics*, 94, 105060.
- Kharbach, M., & Chfadi, T. (2017). CO2 emissions in Moroccan road transport sector: Divisia, cointegration, and EKC analyses. *Sustainable cities and society*, 35, 396–401.
- Koc, S., & Bulus, G. C. (2020). Testing Validity of The EKC Hypothesis in South Korea: Role of renewable energy and trade openness. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(23), 29043–29054.
- Manga, M. (2021). Taşımacılık sektöründe Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliği: Seçilmiş OECD ülkeleri örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(1), 203–218.
- McNown, R., Sam, C. Y., & Goh, S. K. (2018). Bootstrapping the autoregressive distributed lag test for cointegration. *Applied Economics*, 50(13), 1509–1521.
- Mongo, M., Belaïd, F., & Ramdani, B. (2021). The effects of environmental innovations on CO2 emissions: Empirical evidence from Europe. *Environmental Science & Policy*, 118, 1–9.
- Murshed, M., Nurmakanova, M., Elheddad, M., & Ahmed, R. (2020). Value addition in the services sector and its heterogeneous impacts on co2 emissions: Revisiting the EKC hypothesis for the OPEC using panel spatial estimation techniques. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(31), 38951–38973.
- Narayan, P. K. (2005). The Saving and investment nexus for China: Evidence from cointegration tests. *Applied economics*, 37(17), 1979–1990.
- Narayan, P. K., & Popp, S. (2010). A new unit root test with two structural breaks in level and slope at unknown time. *Journal of Applied Statistics*, 37(9), 1425–1438.
- OECD. (2021). *Environment-related technologies (All patents)*. <https://stats.oecd.org/> [Erişim tarihi: 09.11.2021].
- Ozatac, N., Gokmenoglu, K. K., & Taspınar, N. (2017). Testing the EKC hypothesis by considering trade openness, urbanization, and financial development: The Case of Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(20), 16690–16701.
- Öngel, V., Bozkurt, G., & Tatlı, H. S. (2020). Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin sektörel açıdan incelenmesi: Türkiye örneği. *Ekoist: Journal of Econometrics and Statistics*, (32), 49–68.
- Pablo-Romero, M. D. P., & Sánchez-Braza, A. (2017). Residential energy environmental Kuznets Curve in the EU-28. *Energy*, 125, 44–54.
- Panayotou, T. (1993). *(Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development No. 992927783402676)*. International Labour Organization.
- Pata, U. K., & Yurtkuran, S. (2018). Yenilenebilir enerji tüketimi, nüfus yoğunluğu ve finansal gelişmenin co2 salımına etkisi: Türkiye örneği. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 303–318.
- Perron, P. (1997). Further evidence on breaking trend functions in macroeconomic variables. *Journal of econometrics*, 80(2), 355–385.
- 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., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335–346.
- Rahman, M. M., & Alam, K. (2021). Clean energy, population density, urbanization and environmental pollution nexus: Evidence from Bangladesh. *Renewable Energy*, 172, 1063–1072.
- Sam, C. Y., McNown, R., & Goh, S. K. (2019). An augmented autoregressive distributed lag bounds test for cointegration. *Economic Modelling*, 80, 130–141.
- Talbi, B. (2017). CO2 Emissions reduction in road transport sector in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 232–238.
- Udemba, E. N., & Tosun, M. (2022). Energy Transition And Diversification: A pathway to achieve sustainable development goals (SDGs) in Brazil. *Energy*, 239, 122199.

- Ulucak, R., & Kassouri, Y. (2020). An assessment of the environmental sustainability corridor: Investigating the non-linear effects of environmental taxation on CO2 emissions. *Sustainable Development*, 28(4), 1010-1018.
- Uzar, U., & Eyuboglu, K. (2019). The Nexus between income inequality and CO2 emissions in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 227, 149–157.
- World Bank (2021) World development indicators online database. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> [Erişim tarihi: 10.11.2021]
- Xue, C., Shahbaz, M., Ahmed, Z., Ahmad, M., & Sinha, A. (2022). Clean energy consumption, economic growth, and environmental sustainability: What is the role of economic policy uncertainty?. *Renewable Energy*, 184, 899–907.
- Yao, Y., Ivanovski, K., Inekwe, J., & Smyth, R. (2020). Human capital and co2 emissions in the long run. *Energy economics*, 91, 104907.
- Zafar, M. W., Sinha, A., Ahmed, Z., Qin, Q., & Zaidi, S. A. H. (2021). Effects of biomass energy consumption on environmental quality: The role of education and technology in Asia-Pacific Economic Cooperation countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 142, 110868.
- Zivot, E., Andrews, D.W.K. (1992). Further evidence on the great crash, the oil price shock and the unit root hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics*, 10, 251–270.

Etik Beyanı : Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde ÖHÜİBF Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazar(lar)ına aittir.

Ethics Statement : The authors declare that ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In case of detection of a contrary situation, ÖHÜİBF Journal does not have any responsibility and all responsibility belongs to the author (s) of the study. The study does not require a Statement of Ethics report.
