



*Bingöl Üniversitesi*  
*İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*  
*Bingol University*  
*Journal of Economics and Administrative Sciences*

Cilt/Volume: 8, Sayı/Issue: 1  
Yıl/Year: 2024, s. 107-125  
DOI: 10.33399/biibfad.1359874  
ISSN: 2651-3234/E-ISSN: 2651-3307  
Bingöl/Türkiye

**Makale Bilgisi / Article Info**  
Geliş/Received: 13/09/2023 Kabul/ Accepted: 05/02/2024



## **Yenilenebilir Enerji ve Sanayileşmenin Çevre Üzerindeki Etkisinin STIRPAT-Kaya-EKC Hipotezi Çerçevesinde Analizi: AARDL Modelinden Kanıtlar**

*Analysis of the Impact of Renewable Energy and Industrialization on the Environment within the Framework of the STIRPAT-Kaya-EKC Hypothesis: Evidence from the AARDL Model*

**Serhat ÇAMKAYA\***

### **Öz**

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de STIRPAT-Kaya-EKC hipotezi çerçevesinde CO<sub>2</sub> emisyonu üzerinde, nüfusun, ekonomik büyümenin, yenilenebilir enerji tüketiminin ve sanayileşmenin uzun ve kısa dönemli etkisini incelemektir. Bu amaç doğrultusunda, 1977-2019 dönem aralığındaki yıllık veriler, genişletilmiş gecikmesi dağıtılmış otoregresif (AARDL) model vasıtasıyla incelenmiştir. Ampirik bulgular, uzun dönemde nüfusun CO<sub>2</sub> emisyon seviyelerini artırarak çevresel tahribatı arttırdığını göstermekteyken, yenilenebilir enerjinin uzun dönemde bu tahribatın azaltılmasında etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ampirik bulgular hem uzun hem kısa dönemde sanayileşmenin benzer şekilde CO<sub>2</sub> emisyonunu arttırdığını ve böylece çevresel kirliliği arttırdığını göstermektedir. Son olarak, çalışmadan elde edilen bulgular ekonomik büyümenin uzun dönem esnekliğinin kısa döneme göre daha az olduğunu, yani Narayan ve Narayan (2010) yaklaşımına göre EKC hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlardan hareketle, Türkiye’deki politika yapıcılar imalat sanayisi ve ulaşım sektöründeki fosil yakıt bağımlılığını azaltmak için yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırım yapmalıdır. Bunun için örneğin, imalat sanayisi sektörüne dönük olarak güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji teknolojilere dönük yatırımları arttırmalıdır. Ayrıca, ulaşım ve taşımacılık sektörüne yönelik olarak özellikle elektrikle çalışan araçların kullanımının artırılmasına dönük gerekli vergi ve teşvik paketlerini yürürlüğe koymalıdır. Böylece, hem yeşil büyümenin sağlanması bir nebze de olsa tesis edilebilir hem de çevresel kirliliğin azaltılması için önemli bir adım atılmış olur.

**Anahtar Kelimeler:** STIRPAT-Kaya-EKC, yenilenebilir enerji, sanayileşme, AARDL, Türkiye

**JEL Kodları:** O1; O10; O13; O14

### **Abstract**

This study aims to investigate the long and short-run effects of population, economic growth, renewable energy consumption and industrialisation on CO<sub>2</sub> emissions in Turkey within the framework of the STIRPAT-Kaya-EKC hypothesis. For this purpose, annual data for the period 1977-2019 are analysed by means of an augmented lag distributed autoregressive (AARDL) model. The empirical findings indicate that in the long run, population growth contributes to environmental damage by raising CO<sub>2</sub> emission levels, whereas renewable energy is effective in mitigating this damage in the long run. Furthermore, the empirical findings demonstrate that industrialization similarly leads to higher CO<sub>2</sub> emissions, thereby exacerbating environmental pollution in both the long and short term. Finally, the study's results indicate that the long-run elasticity of economic growth is lower than the short-run elasticity, i.e. the EKC hypothesis is valid according to Narayan and Narayan (2010). These findings suggest that policymakers in Turkey should invest in renewable energy technologies to reduce fossil fuel dependence in

\* Dr. Öğr. Üyesi, Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, serhatcamkaya36@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4373-1922>

the manufacturing industry and transportation sector. For instance, this could involve increasing investments in renewable energy technologies like solar and wind for the manufacturing industry sector. In addition, it should put into effect the necessary tax and incentive packages for the transport and transport sector, especially to increase the use of electrically powered vehicles. In doing so, green growth can be achieved to some extent and an important step can be taken to reduce environmental pollution.

**Keywords:** STIRPAT-Kaya-EKC, renewable energy, industrialization, AARDL, Turkey

**JEL Codes:** O1; O10; O13; O14

## 1. GİRİŞ

Son zamanlarda, iklim değişikliği olgusu küresel çapta bir sorun haline dönüşmüştür. Bu sorunun artarak devam etmesi gezegenimizin gittikçe ısınmasına neden olmaktadır. Bu ısınmanın başlıca sebebi ise artan sera gazlarıdır. Bilhassa, karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyon seviyesindeki ivmelenmeler, gezegenimiz için büyük bir tehdit unsurudur. Günümüzde, iklim değişikliğinin farkındalığına ve bu değişikliği önlemeye dönük birtakım uygulamalar (Kyoto Protokolü, Paris İklim Anlaşması gibi) hayata geçirilmeye başlanmıştır. Bu uygulamalara rağmen, maalesef henüz kirletici emisyon seviyelerinde arzulan düzeyde bir düşüş sağlanamamıştır. Nitekim, bu durum Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme [UNEP], 2023) tarafından yayınlanan emisyon açığı raporunda da açıkça görülmektedir. Bu rapora göre 1990 yılında toplam sera gazı emisyonları 37.9 gigaton iken bu oran 2000’de 41.8, 2010’da 51.6 ve 2020’de artarak 54.5 gigaton olmuştur. Ayrıca aynı rapor, küresel sera gazı emisyonu içerisindeki fosil kaynakların payının sürekli arttığını belirtmektedir. Öyleki, 2020’deki 54.5 gigaton olan toplam sera gazı emisyonları içerisindeki fosil CO<sub>2</sub> emisyonu payı 35.9 gigaton, 2021’de 56.8 gigaton olan toplam sera gazı emisyonları içerisindeki fosil CO<sub>2</sub> emisyonu payı 38.1 ve 2022’de 57.4 gigaton olan toplam sera gazı emisyonları içerisindeki fosil CO<sub>2</sub> emisyonu payı ise 38.5 gigatondur.

Grossman ve Krueger (1991) çalışmasıyla birlikte ilk defa gelir ile çevresel kirlilik arasındaki bağ teorik olarak incelenmeye başlanmıştır. Bu teorinin çıkış noktası, Kuznets’in (1955) çalışmasına dayanmaktadır. Islam, Vincent ve Panayotou’nun (1996) da belirttiği gibi Kuznets (1955) çalışmasında, gelir dağılımı ile ekonomik büyüme arasında ters U şeklinde bir ilişkinin var olduğunu ve artan ekonomik büyümenin belli bir noktadan sonra gelir dağılımını düzeltereğini varsaymaktadır. Grossman ve Krueger (1991) ise benzer bir mantık izleyerek ekonomik büyüme ile çevresel kirlilik arasındaki ilişkiyi test etmiştir. Bu ilişki, Panayotou (1993) tarafından çevresel Kuznets eğrisi (EKC) hipotezi olarak adlandırılmıştır (Özsoy, 2015: 34). Bu hipotez, gelir ile çevresel kirlilik arasında ters U şeklinde bir bağ olduğunu öne sürmektedir. Diğer bir deyişle, gelirdeki artışın başlangıç safhasında çevresel kirliliği belli bir dönüm noktasına kadar arttıracak, bu dönüm noktasından sonra ilave her bir birim gelir artışı karşısında kirliliğinin azalmaya başlayacağını varsaymaktadır. Bu bağlamda EKC hipotezine göre, ekonomik büyümenin artmasını takiben, başlangıç safhasında atıklardaki artışa bağlı olarak toksisite artar. Fakat, ekonomik büyümenin sonraki safhalarında, çevresel bilincin artışı, çevresel düzenlemelerin uygulanmaya başlanması ve teknolojik altyapının gelişmesi gibi yapısal unsurların hayata geçirilmesiyle birlikte, çevresel tahribat dengelenip azalmaya başlar. Kısaca bu hipotez, gelirdeki artış ile birlikte belli bir dönüm noktasından itibaren çevresel kalitenin iyileşeceğini varsaymaktadır (Dinda, 2004: 434-436). Bu hipotez, çevresel ekonomi konusunda çalışan araştırmacılar tarafından yoğun olarak tartışılmaktadır. Çevresel kirlilik üzerinde etkili olan tek unsur, gelir değildir. Gelirin yanı sıra, nüfus, yenilenebilir enerji tüketimi ve sanayileşmenin de çevresel kirlilik üzerinde etkisi olabilir.

Sürdürülebilir ekonomik büyümenin tesis edilmesinin önündeki en büyük engellerden biri şüphesiz fosil yakıt tüketiminin artması sonucu, çevresel tahribatın artmasıdır. Eğer

ekonomi büyürken, bir yandan eski zararlı yöntemler terkedilip diğer yandan bunun yerine temiz ve çevre-dostu yöntemler benimsenirse, çevresel kalite artabilir (Raihan, Begum, Nizam, Said ve Pereira, 2022: 478). Bu bağlamda, geniş çapta karbonsuz bir enerji kaynağı olarak kabul gören yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması, dünya çapında kirletici emisyon seviyelerinin azaltılması için çok önemli bir unsur olabilir (Raihan, Begum, Said ve Pereira, 2022: 587).

Sanayileşme, CO<sub>2</sub> emisyonu üzerinde önemli etkisi olan diğer bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Sanayi devrimiyle birlikte ülkelerin sürekli büyüme arzuları daha fazla ağır sanayi sektörlerinin oluşumuna zemin hazırlamıştır. Bunun doğal bir sonucu olarak da enerji talebi artmıştır. Jiang vd. (2022)'nin de belirttiği gibi ülkelerin sahip olduğu sanayi sektörü, enerji taleplerini tedarik etmede yoğun olarak fosil yakıtlara bağımlıdır. Bu durum, özellikle CO<sub>2</sub> emisyonlarının artışı, ekolojik bozulmaları ve canlıların yaşamlarını tehdit eden çeşitli sağlık sorunlarını beraberinde getirmiştir.

Türkiye'de kişi başına düşen gelir 1960'larda yaklaşık 2500 ABD doları seviyesindeyken bu oran 2021'de 13300 ABD dolarına yükselmiştir (World Development Indicators [WDI], 2023a). Bu bakımdan, özellikle son yıllarda Türkiye'nin yakalamış olduğu ekonomik büyüme performansının EKC hipotezi çerçevesinde çevre üzerindeki etkisinin araştırılmasını önemli kılmaktadır. Ayrıca, Türkiye'de 1960 yılında toplam nihai enerji tüketimi içerisindeki fosil kaynaklardan elde edilen enerji tüketiminin payı yaklaşık olarak %44.15 iken (WDI, 2023a), bu oran 2021 yılında yaklaşık %83.5 civarına yükselmiştir (Our World in Data [OWD], 2023a). Bu bakımdan, Türkiye'nin enerji tüketiminde fosil kaynaklardan elde edilen enerjinin hakimiyetinin söz konusu olduğu çok açık bir şekilde görülmektedir. Öte yandan, Türkiye emisyon seviyelerinin azaltılmasına dönük olarak uluslararası anlaşmalara taraf ülke konumundadır. Bu anlaşmaların hükümleri gereğince, gelişmekte olan ülke konumunda olan Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli bakımından zengin bir konumda olması ve bilhassa son yıllarda artan yenilenebilir enerji yatırımları ile dikkatleri üzerine çekmiştir (Karaaslan ve Gezen, 2022: 842-843). Son olarak, Türkiye'de özellikle Ocak 1980 kararlarıyla birlikte ihracata dönük ekonomi politikaları izlemeye başlamıştır. Bu politikalar, sanayileşmenin artmasına dönük adımları beraberinde getirmiştir. Bahsedilen tüm bu hususlar, Türkiye özelinde böyle bir çalışma yapılmasının temel motivasyon kaynağını oluşturmuştur.

Yukarıdaki tartışmalar ışığında bu çalışmanın amacı, 1977-2019 dönem aralığındaki yıllık verileri kullanarak STIRPAT-Kaya-EKC hipotezi çerçevesinde Türkiye'de, CO<sub>2</sub> emisyonu üzerinde ekonomik büyümenin (GSYH), nüfusun (N), yenilenebilir enerji tüketiminin (YET) ve sanayileşmenin (TEK) etkisini test etmektir. Literatürde, STIRPAT-Kaya-EKC hipotezi çerçevesinde sadece Jiang vd. (2022) yenilenebilir enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkisini incelemiştir. Fakat, literatürde bahsedilen hipotez özelinde henüz yenilenebilir enerji tüketimi ve sanayileşmenin eş anlı etkisi araştırılmamıştır. Bu bakımdan, bu çalışma literatürdeki bahsedilen boşluğu doldurulmakta ve mevcut literatüre üç önemli katkı sağlamaktadır; i) Bu çalışma, Türkiye'de CO<sub>2</sub> emisyonu üzerinde yenilenebilir enerji tüketimi ve sanayileşmenin uzun ve kısa vadeli etkisini STIRPAT-Kaya-EKC hipotezi çerçevesinde araştırarak ilk çalışmadır. Böylece, bu çalışma yenilenebilir enerji ve sanayi sektörüne dönük politikaların geliştirilmesine yardımcı olabilir. ii) Çalışmada, McNown, Sam, ve Goh (2018) ve Sam, McNown ve Goh (2019) tarafından geliştirilen yeni bir zaman serisi metodu olan genişletilmiş ARDL'yi (AARDL) kullanılarak, değişkenler arasındaki ilişki araştırılmaktadır. Bu yaklaşım, uzun dönemli ilişkinin varlığını üç test istatistiği ile sınavarak, daha güçlü ampirik sonuçlar elde edilmesinin önünü açmaktadır. iii) Bu çalışmada, Narayan

ve Narayan (2010) yaklaşımıyla EKC hipotezi test edilerek, olası çoklu doğrusallık sorunundan kaçınılmıştır. Bu yaklaşımda, ekonomik büyüme ve karesini kullanmak yerine, uzun ve kısa dönem esnekliklerinden yararlanılarak EKC hipotezinin testi gerçekleştirilir. Böylece, olması muhtemel çoklu doğrusallık probleminden kaçınılmış olunur.

Çalışma giriş bölümünü takiben, dört ana bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde, konuyla ilgili literatür taramasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, araştırma metodolojisi sunulmuştur. Dördüncü bölümde çalışmadan elde edilen ampirik bulgular elde edilerek tartışılmıştır. Beşinci bölümde, çalışmanın sonuç bölümü ve politika önerilerine yer verilerek çalışma sonlandırılmıştır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

STIRPAT-Kaya-EKC hipotezi çerçevesinde yenilenebilir enerji ve sanayileşmenin CO2 emisyonu üzerindeki uzun ve kısa vadeli etkisini araştıran bu çalışmada, ele alınan literatür dört alt bölüm halinde sunulmuştur: i) Nüfus ve CO2 emisyonu arasındaki ilişki, ii) Ekonomik büyüme ve CO2 emisyonu arasındaki ilişki, iii) Yenilenebilir enerji tüketimi ve CO2 emisyonu arasındaki ilişki, iv) Sanayileşme ve CO2 emisyonu arasındaki ilişki.

### 2.1. Nüfus ve CO2 Emisyonu

Ehrlich ve Holdren (1971) tarafından ortaya atılan IPAT ("Environmental Impact by Population, Affluence and Technology") ve Dietz ve Rosa (1997) tarafından ortaya atılan STIRPAT ("Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology") modelleri vasıtasıyla nüfusun çevresel kirlilik üzerindeki etkisi test edilmeye başlanmıştır. CO2 emisyonu ve nüfus arasındaki ilişkiyi konu edinen çok sayıda ampirik çalışma mevcuttur. Örneğin, Bozkurt ve Okumuş (2015) çalışmasında Türkiye'de Hatemi-j kırılmalı eş bütünleşme ve FMOLS tahmincisini ve 1966-2011 dönem aralığındaki yıllık verileri kullanarak, nüfusun CO2 emisyonu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. FMOLS bulguları, nüfusun CO2 emisyonunu uzun dönemde arttırdığını göstermektedir. Destek (2018) ise Türkiye'de kentsel nüfusun CO2 emisyonu üzerindeki etkisini STIRPAT modeli çerçevesinde, ARDL metoduyla incelemiştir. ARDL bulguları, kentsel nüfustaki artışın Türkiye'de CO2 emisyonunu hızlandırdığını ortaya koymuştur. Shan, Genç, Kamran, ve Dinca (2021) ve Çağlar (2022) benzer şekilde Türkiye örneğinde nüfusun CO2 emisyonu üzerindeki etkisini araştırmış ve artan nüfusun CO2 emisyon seviyelerini yükselttiğini ortaya koymuştur. Hashmi ve Alam (2019) ise OECD ülkelerinde STIRPAT modeli çerçevesinde 1999-2014 dönem aralığındaki yıllık verileri, panel sabit ve tesadüfi etkiler ve panel GMM modellerini kullanarak yapmış oldukları çalışmada, nüfusun CO2 emisyonunu arttırdığını tespit etmiştir. Jiang vd. (2022) Çin ve Das, Gangopadhyay, Bera ve Hossain (2023) Hindistan için yapmış oldukları çalışmalarda da benzer sonuçlar elde etmiştir.

### 2.2. Ekonomik Büyüme ve CO2 Emisyonu

Literatürde Grossman ve Krueger'in (1991) çalışmasından sonra CO2 emisyonu ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, EKC hipotezi çerçevesinde yoğun olarak inceleme konusu olmuştur. Ampirik olarak, Apergis ve Payne (2010) 1992-2004 dönemi için 11 ülke örneğinde bu ilişkiyi panel VECM ile test etmiştir. Bulgular, 11 ülke için EKC hipotezinin geçerli olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Akram, Chen, Khalid, Ye ve Majeed (2020) 66 adet gelişmekte olan ülke için, Bölük ve Mert (2015), Ozatac, Gokmenoglu ve Taspınar (2017), Özpolat ve Özsoy (2021), Eren, Katircioglu ve Gokmenoglu (2022), Genç, Ekinci ve Sakarya (2022), Acaroğlu, Kartal ve García Márquez (2023) ve Ojaghlou, Ugurlu, Kadlubek ve Thalassinou (2023) ise Türkiye için EKC hipotezini test etmiş ve bu hipotezin

geçerli olduğunu doğrulamıştır. Bu çalışmaların aksine, Lin, Omoju, Nwakeze, Okonkwo ve Megbowon (2016) 1980-2011 yılları arasındaki yıllık verileri kullanarak 5 tane Afrika ülkesinde EKC hipotezinin geçerliliğini test etmiş ve EKC hipotezinin geçerli olmadığını ortaya koymuştur. Abid (2017) ise 58 Orta Doğu ve Afrika ülkesi ile 41 AB ülkesinde 1990-2011 dönemi için sistem GMM yaklaşımıyla EKC hipotezinin geçerli olup olmadığını incelemiştir. Elde edilen ampirik bulgular, her iki ülke grubunda da EKC hipotezinin geçerli olmadığını söylemektedir. Benzer sonuçlar, Altıntaş ve Kassouri (2020), Halliru, Loganathan, Hassan, Mardani ve Kamyab (2020), Zeraibi vd. (2022) ve Ito ve Ali (2023) çalışmalarından da elde edilmiştir.

EKC hipotezi test edilirken, kübik veya ikinci dereceden modeller kullanmak, doğrusal bağlantı veya çoklu bağlantı sorunlarına neden olabilir (Yilanci ve Pata, 2020:32684). Bu problemin oluşmasını engellemek adına Narayan ve Narayan (2010), doğrusal modeller için kısa ve uzun dönemli gelir esnekliklerini kullanarak EKC hipotezini test etmeyi önermiştir. Buna göre, eğer kısa dönem gelir esnekliği uzun dönem gelir esnekliğinden büyükse, çevre kirliliğinin zamanla azalacak ve bu bağlamda EKC hipotezinin geçerli olduğu kanaatine varılacaktır. Bu bağlamda, Narayan ve Narayan (2010) çalışmasında 43 tane gelişmekte olan ülkede EKC hipotezinin geçerli olup olmadığını test etmiştir. Çalışmadan elde edilen ampirik bulgular, EKC hipotezinin geçerli olduğunu doğrulamıştır. Benzer olarak, Kenya'da Al-Mulali, Solarin ve Ozturk (2016), Çin'de Dong, Sun ve Dong (2018) ve ASEAN ülkelerinde Pata ve Balsalobre-Lorente (2022) aynı yaklaşımla EKC hipotezini test etmiş ve bu hipotezin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Fakat, Yilanci ve Pata (2020) Çin için 1965-2016 dönem aralığındaki yıllık verileri ve Fourier ARDL yöntemini kullanarak EKC hipotezini test etmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuç, Çin'de EKC hipotezinin geçerli olmadığını ortaya koymuştur. Alnour (2021) ve Alkan ve Bulut (2022) da Türkiye örneğinde EKC hipotezinin geçerliliğini test etmiştir. Her iki çalışmadan elde edilen bulgu, Yilanci ve Pata (2020) çalışmasından elde edilen sonuçla paralellik göstermektedir.

### 2.3. Yenilenebilir Enerji ve CO2 Emisyonu

Fosil kaynak kullanımı, CO2 emisyonlarının artmasının arkasında yatan en önemli sebeplerden biridir. Özellikle, gelişmekte olan ülkelerde sanayileşmenin artmasıyla birlikte petrol ve diğer fosil yakıtların tüketimindeki artış nedeniyle CO2 emisyonları artmıştır (Pata, 2018: 771). Fosil yakıtların aksine yenilenebilir enerji kaynakları temiz, tükenmez ve çevre-dostu kaynaklardır. Fosil yakıtların kullanımındaki artış, çevresel felaketleri beraberinde getirdiğinden, çevresel kaliteyi arttırmak, enerji güvenliğini ve çeşitliliğini sağlamak için fosil yakıtların yenilenebilir enerji kaynaklarıyla değiştirilmesi gerekmektedir (Jebli, Youssef ve Ozturk, 2016: 824-825; Pata, 2021: 847). Bu yüzden, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi ve tüketimi, CO2 emisyonlarının azaltılmasında en önemli araçlardan biri olarak kabul edilmektedir (Pata, 2018: 771).

Farhani ve Shahbaz (2014) çalışmasında MENA ülkelerinde 1980-2009 dönemi için panel FMOLS ve DOLS tahmin yöntemlerini kullanarak, CO2 emisyonu üzerinde yenilenebilir elektrik enerjisi tüketiminin etkisini incelemiştir. Tahmin sonuçları, yenilenebilir elektrik enerjisi tüketiminin CO2 emisyonu üzerinde pozitif etkili olduğunu göstermektedir. Yurtkuran (2021) Türkiye için yapmış olduğu çalışmada da benzer bir sonuç elde etmiştir. Bölük ve Mert (2015) çalışmasında ise Türkiye'de ARDL yöntemini kullanarak 1961-2010 dönemi için yenilenebilir elektrik enerjisi tüketiminin CO2 emisyonu üzerinde etkili olup olmadığını test etmiştir. Çalışmanın sonuçları, Farhani ve Shahbaz (2014) ve Yurtkuran'ın (2021) aksine yenilenebilir elektrik enerjisi tüketiminin CO2 emisyonunu azaltıcı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Özpolat ve Özsoy (2021), Karaaslan ve Çamkaya (2022) ve

Acaroğlu vd.'nin (2023) Türkiye örneğinde yapmış oldukları çalışmalarda da yenilenebilir enerji tüketiminin CO2 emisyonunu azaltıcı bir etkisinin olduğu bulunmuştur. Benzer bir sonuç, Jebli, Youssef ve Ozturk (2016) tarafından 25 OECD ülkesinde 1980-2010 dönem aralığındaki verileri ve panel FMOLS ve DOLS yöntemlerini kullanarak yapmış oldukları çalışmada da elde edilmiştir. Bu çalışmalara ilaveten, Danish, Zhang, Wang ve Wang (2017) Pakistan, Sinha ve Shahbaz (2018) Hindistan, Bekun, Alola ve Sarkodie (2019) 16 AB ülkesi, Akram, Majeed, Fareed, Khalid ve Ye (2020) BRICS, Mujtaba, Jena, Bekun ve Sahu (2022) OECD ve Omri ve Saidi (2022) MENA ülkeleri için yapmış oldukları çalışmalarda benzer olarak yenilenebilir enerji tüketiminin CO2 emisyonu üzerinde negatif bir etki oluşturduğu saptanmıştır. Fakat, Pata (2018) Türkiye için yapmış olduğu çalışmada, yenilenebilir enerji tüketiminin CO2 emisyonu üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etkisinin olmadığını tespit etmiştir.

#### 2.4. Sanayileşme ve CO2 Emisyonu

Li ve Lin (2015) STIRPAT modeli çerçevesinde, küresel ölçekte 73 tane düşük, orta ve yüksek gelirli ülke için 1971-2010 dönem aralığındaki yıllık verileri kullanarak CO2 emisyonu üzerinde sanayileşmenin etkisini incelemiştir. Ampirik bulgular, bütün ülke gruplarında sanayileşmenin CO2 emisyonunu arttırdığını göstermektedir. Lin, Wang, Marinova, Zhao ve Hong (2017) çalışmasında 1991-2013 dönemi ve 53 tane üst-orta, orta ve düşük gelirli ülkeler için STIRPAT modelini kullanarak benzer şekilde CO2 emisyonu-sanayileşme ilişkisini test etmiştir. Panel sabit etkiler modelinin kullanıldığı çalışmadan elde edilen bulgular, üst-orta ve orta gelire sahip ülkelerde sanayileşmenin CO2 emisyonunu pozitif etkilediğini göstermektedir. Benzer olarak, Pata (2018) çalışmasında 1974-2013 dönemi için Türkiye'de sanayileşmenin CO2 emisyonu üzerindeki etkisini ARDL yaklaşımını kullanarak test etmiştir. ARDL modelinden elde edilen sonuçlar, sanayileşme-CO2 emisyonu arasındaki ilişkinin pozitif yönlü olduğunu doğrulamaktadır. Destek (2021) çalışmasında 1970-2017 dönemi için Türkiye'de sanayileşmenin CO2 emisyonu üzerindeki olumlu ve olumsuz etkisini NARDL yöntemiyle test etmiştir. Ampirik bulgular, sanayisizleşmenin CO2 emisyonunda azalmaya yol açtığını göstermektedir. Ayrıca bulgular, sanayileşmenin daha düşük çevre kalitesine yol açtığını ortaya koymuştur. Bu çalışmalara ilaveten pek çok çalışmada sanayileşmenin CO2 emisyonu üzerinde pozitif yönlü bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Kılıç, Ünzüle ve Balan, 2020; Aslam vd., 2021; Raihan ve Tuspekova, 2022; Efeoğlu, 2022; Udemba ve Keleş, 2022).

Das vd. (2023) ise çalışmasında Hindistan için 1995-2020 dönem aralığındaki yıllık zaman serisi verilerini ve yeni çok değişkenli kantil regresyon yaklaşımını kullanarak, CO2 emisyonu üzerinde sanayileşmenin etkisini incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgular, yukarıdaki çalışmaların aksine Hindistan'da sanayileşmenin CO2 emisyonunu azalttığını göstermektedir.

İncelenen literatürdeki çalışmalara bakıldığında, Türkiye için EKC, STIRPAT veya STIRPAT-EKC hipotezlerinin test edildiği görülmektedir. Fakat, herhangi bir çalışmada Türkiye için STIRPAT-Kaya-EKC hipotezi vasıtasıyla, yenilenebilir enerji ve sanayileşmenin test edilmediği görülmektedir. Literatürdeki bu boşluk, bu çalışmayla giderilmeye çalışılacaktır.

### 3. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

Bu bölümde, öncelikle çalışma kapsamında kullanılan veri seti ve model tanıtılmıştır. Ardından, modelin testi için kullanılan AARDL yaklaşımı tanıtılarak bölüm sonlandırılmıştır.

### 3.1. Veri Seti

Bu çalışmada, 1977-2019 dönem aralığındaki yıllık veriler kullanılarak STIRPAT-Kaya-EKC hipotezi çerçevesinde Türkiye’de, CO2 emisyonu üzerinde GSYH, N, YET ve TEK’in dinamik etkisi ampirik olarak test edilmiştir. Çalışma yılının 1977-2019 dönem aralığıyla sınırlandırılmış olmasının nedeni ilgili değişkenlere ait maksimum verilere bu tarihler arasında ulaşılabiliyor olmasıdır. Aşağıdaki Tablo 1’de, çalışma kapsamında kullanılan değişkenlere ait bilgiler sunulmuştur.

Tablo 1: Değişkenler

Sembol	Değişkenlerin tanımlanması	Birim	Kaynak
lnCO2	Karbondioksit emisyonunun doğal logaritması	Milyon ton	BP (2023)
lnGSYH	Kişi başı GSYH’nin doğal logaritması	2015 sabit ABD \$	WDI (2023b)
lnN	Nüfusun doğal logaritması	Toplam	WDI (2023b)
lnYET	Yenilenebilir enerji tüketiminin doğal logaritması	Kişi başına (kWh - eşdeğer)	OWD (2023b)
lnTEK	Endüstriyel katma değer doğal logaritması	%GSYH	WDI (2023b)

### 3.2. Model Seçimi

Bu çalışmanın temel amacı, STIRPAT-Kaya-EKC hipotezi çerçevesinde yenilenebilir enerji tüketimi ve sanayileşmenin çevresel kirlilik üzerindeki etkisini incelemektir. STIRPAT modeli, IPAT modelinin geliştirilmiş versiyonudur. Ehrlich ve Holdren (1971) tarafından ortaya atılan IPAT modelinde, Nüfusun (P), Ekonomik gelişmişliğin (A) ve Teknolojinin (T) çevresel kalitenin üç temel belirleyicisi olduğu ifade edilmektedir (York, Rosa ve Dietz 2003: 352-353). Bu model, çevresel tahribatı tetikleyen faktörleri kolayca tespit edebilmesine rağmen, çevresel bozulmayı etkileyen faktörlerin oransal olarak monoton bir etkiye sahip olduğunu varsaymasından dolayı eleştirilmiştir. Bu eleştirilerden hareketle, Dietz ve Rosa (1997) IPAT modeline stokastik etkileri dahil ederek genişletmiş ve STIRPAT modelini ortaya atmıştır. Bu model, çeşitli hipotezlerin ampirik olarak test edilebilmesine imkan tanımaktadır. Geleneksel STIRPAT modeli zaman serisi biçiminde şu şekilde yazılabilir:

$$I_t = \beta P_t^a A_t^b T_t^c e_t \quad (1)$$

burada, I= çevresel bozulmayı,  $\beta$  = sabit terimi, a, b ve c sırasıyla, P, A ve T’nin üstleri ve  $e_t$  ise hata terimini göstermektedir. 1’ nolu denklemdeki STIRPAT modeli, logaritmik biçimde aşağıdaki 2 numaralı eşitlikteki gibi yeniden yazılabilir:

$$\ln I_t = \beta_0 + a \ln P_t + b \ln A_t + c \ln T_t + e_t \quad (2)$$

buradaki, a, b ve c sırasıyla, P, A ve T’nin esnekliklerini gösterir. Dietz, Rosa ve York (2007) çalışmasında STIRPAT modelinin kullanılacak değişkenlere göre modifiye edilebileceğini söylemişlerdir. Bu bağlamda, bu çalışma Kaya’nın (1989) tanımlaması eklenerek genişletilmiştir. Bu tanımlamada, enerji kullanımının çevresel bozulmanın önemli belirleyicilerinden biri olarak kabul edilmektedir (Jiang vd., 2022:6). Bu bağlamda, bu çalışmada Jiang vd.’den (2022) hareketle yenilenebilir enerji kullanımı belirleyici unsurlardan biri olarak ele alınmıştır. İlaveten, sanayileşme de modele eklenerek eşitlik 2’deki STIRPAT modeli genişletilerek eşitlik 3’deki gibi revize edilerek yeniden yazılmıştır:

$$\ln CO_{2t} = \lambda_0 + \lambda_1 \ln N_t + \lambda_2 \ln GSYH_t + \lambda_3 \ln YET_t + \lambda_4 \ln TEK_t + e_t \quad (3)$$

Eşitlik 3'deki,  $\ln$  = doğal logaritmayı,  $t$  = zaman periyodunu,  $\lambda_0$  = modelin sabit terimini,  $\lambda_i = i : 1, 2, \dots, 4$  için uzun dönem esnekliklerini,  $CO_2$  = karbon dioksit emisyonunu,  $GSYH$  = gayri safi yurtiçi hasılayı,  $YET$  = yenilenebilir enerji tüketimini ve  $TEK$  = teknolojik ilerlemenin göstergesi olarak kullanılan endüstriyel katma değeri göstermektedir. Eşitlik 3'deki model, Narayan ve Narayan (2010) yaklaşımıyla test edilerek nihai STIRPAT-Kaya-EKC modeli oluşturulmuştur.

Artan nüfus, fosil kaynak kullanan unsurların (otomobil, konutlar gibi) talebinin artmasına yol açabilir. Bu sonuç,  $\ln CO_2$ 'yi arttırabilir. Bu bağlamda,  $\lambda_1$ 'in işareti pozitif olarak beklenmektedir.  $\lambda_2$ 'nin işareti, Pata ve Balsalobre-Lorente'nin (2022) belirttiği üzere ölçek etkisinin baskın olduğu durumda negatif, teknik etkinin baskın olduğu durumda pozitif olur. Bu durum, ülkelerin gelişmişlik seviyelerine bağlıdır. Yenilenebilir enerji, temiz enerji kaynağı olarak adlandırılır ve bu enerjinin kullanım miktarının artması çevre üzerindeki olumsuz baskının hafiflemesine yardımcı olur. Bu yüzden,  $\lambda_3$ 'ün işareti negatif olarak beklenmektedir. Son olarak, sanayileşme ile birlikte enerji talebi artar. Bu enerji talebi fosil veya temiz enerji kaynaklarından sağlanabilir. Bu bağlamda, enerjinin temin edildiği kaynağa bağlı olarak  $\lambda_4$ 'ün işareti pozitif veya negatif olabilir.

### 3.3. Genişletilmiş ARDL (AARDL)

Pesaran, Shin ve Smith (2001) çalışmasında bağımlı değişkenin bütünleşme mertebesinin  $I(1)$  olması koşuluyla, bağımsız değişkenlerin bütünleşme mertebesi ne olursa olsun ( $I(2)$  hariç) ilgili değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin araştırılmasına izin veren bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem, gecikmesi dağıtılmış otoregresif (ARDL) yöntemi olarak adlandırılmaktadır.

Bu çalışmada, kullanılan değişkenlere ait kısıtsız hata düzeltme modeline dayalı ARDL yaklaşımı eşitlik (4)'deki gibi yazılabilir:

$$\Delta \ln CO_2 = \eta_0 + \psi_1 \sum_{i=1}^x \Delta \ln CO_{2t-i} + \psi_2 \sum_{i=1}^y \Delta \ln N_{t-i} + \psi_3 \sum_{i=1}^z \Delta \ln GSYH_{t-i} + \psi_4 \sum_{i=1}^w \Delta \ln YET_{t-i} + \psi_5 \sum_{i=1}^q \Delta \ln TEK_{t-i} \quad (4)$$
$$+ \phi_1 \ln CO_{2t-1} + \phi_2 \ln N_{t-1} + \phi_3 \ln GSYH_{t-1} + \phi_4 \ln YET_{t-1} + \phi_5 \ln TEK_{t-1} + u_t$$

burada;  $\eta_0$  = sabit terimi,  $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4, \psi_5$  = kısa dönem katsayıları,  $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4, \phi_5$  = uzun dönem katsayıları,  $x, y, z, w, q$  = gecikme uzunluklarını ve  $u_t$  ise hata terimini göstermektedir. ARDL yaklaşımında, F- ve t-istatistikleri vasıtasıyla ilgili değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olup olmadığı test edilmektedir. F-istatistiği, modelde kullanılan bütün değişkenlere ait istatistiği temsil etmekteyken, t-istatistiği bağımlı değişkenin bir dönem gecikmeli değerinin istatistiğini temsil etmektedir. F- ve t-istatistiklerine ilişkin hipotezler:

$$F_{overall} \text{ için, } H_0 : \phi_1 = \phi_2 = \phi_3 = \phi_4 = \phi_5 = \phi_6 = 0 \quad (5)$$

$$t_{DV} \text{ için, } H_0 : \phi_1 = 0 \quad (6)$$

Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin elde edilebilmesi için hesaplanan F- ve t-istatistiklerinin her ikisinin ilgili üst sınır yani  $I(1)$  değerinden büyük olması gerekmektedir. Son dönemde, ARDL yaklaşımına yönelik birtakım eleştiriler yöneltilmiştir. Eleştirilerden ilki, araştırmacıların uzun dönem ilişkinin kararını verirken F-istatistiğini kullanıp, t-istatistiğini



kullanılmalarıdır. İlgili istatistiğin kullanılmaması, yanlış bir eşbütünleşme ilişkisinin olması sonucunu doğurabilir. Ayrıca, bağımsız değişkenlere ait bir istatistiğin mevcut olmaması da benzer bir soruna yol açabilir (Pata, 2021:1432). Bunlara ek olarak, ARDL yaklaşımını kullanan çalışmaların çoğunda, bağımlı değişkenin I(1) olması durumu dikkate alınmamaktadır. McNown vd. (2018) ve Sam vd. (2019) bahsedilen bütün bu eleştirilerden yola çıkarak klasik ARDL yaklaşımını modifiye etmişlerdir. Modifiye edilmiş ARDL yaklaşımına, genişletilmiş ARDL (AARDL) yaklaşımı denilmektedir. Bu yaklaşım, bağımlı değişkenin I(0) olması durumunda bile kullanılabilen ve bağımsız değişkenler için bir istatistiğe sahip olması dolayısıyla ARDL yaklaşımından daha üstündür. Bağımsız değişkenler için McNown vd. (2018) tarafından geliştirilen ve Sam vd. (2019) kritik değerlerin tablolaştırılıp sunulduğu F-istatistiğine ait yokluk hipotezi eşitlik 7'deki gibidir.

$$F_{IDV} \text{ için, } H_0 : \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4 = \varphi_5 = \varphi_6 = 0 \quad (7)$$

AARDL modelinde, uzun dönemli bir ilişkinin var olması için eşitlik (5), eşitlik (6) ve eşitlik (7) de gösterilen istatistiklerin hepsi anlamlı olmalıdır. McNown vd.'nin (2018) belirttiği üzere eğer tDV anlamsız ise dejenere durum #1, eğer FIDV anlamsız ise dejenere durum #2 ortaya çıkar.

#### 4. AMPİRİK BULGULAR VE TARTIŞMA

Ampirik analize başlamadan önce değişkenlere ait korelasyon bulguları elde edilmiş ve Tablo 2'de sunulmuştur. Buna göre bağımlı değişkenle en fazla korelasyon ilişkisine sahip değişken lnN iken, en az korelasyon ilişkisine sahip değişken lnTEK'tir. AARDL yöntemine geçmeden önce değişkenlerin entegrasyon mertebelerini belirlemek gerekmektedir. Çünkü, AARDL yöntemi modele dahil edilen değişkenlerin I(0) veya I(1) olması, I(2) olmaması durumunda kullanılabilir. Bu yüzden, çalışmada değişkenlerin entegrasyon mertebelerinin belirlenebilmesi amacıyla, ADF (Dickey ve Fuller, 1979) ve KPSS (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin, 1992) birim kök testleri kullanılmıştır. Dickey-Fuller testi seride yüksek dereceden korelasyon varsa anlamlı sonuçlar vermemektedir. Bu sorun, ADF testiyle giderilmiştir. KPSS testi ise ADF testi gibi birim kök testi olmayıp, durağanlık testidir. Diğer bir değişle, KPSS testi doğrudan durağanlığın olup olmadığını test eder. Bu yüzden, çalışmada öncelikle ADF ve ardından KPSS testleri kullanılmıştır. Aşağıdaki Tablo 3'de her iki birim kök testine ait sonuçlar sunulmuştur. Buna göre, ADF testine göre bütün değişkenler birinci mertebeden I(1) durağandır. KPSS sonuçlarına göre ise sabitli modelde lnTEK değişkeni I(0), diğer değişkenler I(1) dir. Sabitli ve trendli modelde ise lnYET ve lnTEK I(0), diğer değişkenler I(1) dir. Bu bağlamda, AARDL yöntemi uygulanabilir.

Tablo 2: Korelasyon Sonuçları

	lnCO2	lnN	lnGSYH	lnYET	lnTEK
lnCO2	1.000	0.996	0.978	0.894	0.039
lnN	0.996	1.000	0.970	0.898	0.031
lnGSYH	0.978	0.970	1.000	0.890	-0.031
lnYET	0.893	0.898	0.889	1.000	0.239
lnTEK	0.035	0.031	-0.008	0.239	1.000

Tablo 3: Birim Kök Test Sonuçları

Panel a: ADF	ADF (sabitli)		ADF (1.fark sabitli)		ADF (sabitli ve trendli)		ADF (1.fark sabitli ve trendli)	
	t-ist.	%5 kd.	t-ist.	%5 kd.	t-ist.	%5 kd.	t-ist.	%5 kd.
lnCO2	-0.670	-2.933	-7.389*	-2.933	-2.558	-3.520	-7.311*	-3.520
lnN	-4.074	-2.933	-1.407*	-2.933	-2.598	-3.520	-4.274*	-3.520
lnGSYH	-0.826	-2.933	-6.299*	-2.933	-2.942	-3.520	-6.448*	-3.520
lnYET	-1.102	-2.933	-7.977*	-2.933	-3.141	-3.520	-7.882*	-3.520
lnTEK	-2.224	-2.933	-6.512*	-2.933	-2.241	-3.520	-6.593*	-3.520

Panel b: KPSS	KPSS (sabitli)		KPSS (1.fark sabitli)		KPSS (sabitli ve trendli)		KPSS (1.fark sabitli ve trendli)	
	LM-ist.	%5 kd.	LM-ist.	%5 kd.	LM-ist.	%5 kd.	LM-ist.	%5 kd.
lnCO2	0.816*	0.463	0.079	0.463	0.149*	0.146	0.053	0.146
lnN	0.825*	0.463	0.446	0.463	0.207*	0.146	0.104	0.146
lnGSYH	0.805*	0.463	0.218	0.463	0.190*	0.146	0.047	0.146
lnYET	0.752*	0.463	0.131	0.463	0.108	0.146	-	0.146
lnTEK	0.127	0.463	-	0.463	0.123	0.146	-	0.146

Not: \*; %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir. %5 kd. = %5 önem düzeyindeki kritik değeri ifade etmektedir.

AARDL tahmin sonuçlarını elde etmeden önce eşbütünleşmenin test edilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki Tablo 4’de eşbütünleşmenin olup olmadığını test etmek için üç istatistik değeri sunulmuştur. Buna göre sunulan üç istatistik değerinin hepsi 1% ve 5% önem düzeylerindeki üst kritik (I(1)) değerlerden mutlak değerce büyüktür. Dolayısıyla, değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisi vardır.

Tablo 4: AARDL Eşbütünleşme Sonuçları

İstatistikler		Kd. %1		Kd. %5		Kaynaklar	
		I(0)	I(1)	I(0)	I(1)		
Model (2,4,1,0,1)	F <sub>overall</sub>	12.992	4.42	6.25	3.202	4.544	Narayan (2005)
	t <sub>dependent</sub>	-5.018	-3.43	-4.6	-2.86	-3.99	Pesaran vd. (2001)
	F <sub>independent</sub>	13.349	3.80	6.33	2.60	4.55	Sam vd. (2019)

Not: Optimum gecikme uzunluğu, SIC’e göre otomatik olarak seçilmiştir.

Eşbütünleşme ilişkisinin elde edilmesinin ardından, eşbütünleşme ilişkisine ait uzun ve kısa dönem elastikleri elde edilmiş ve aşağıda Tablo 5’de sunulmuştur. Buna göre, uzun dönemde lnCO2 emisyonu üzerinde, lnN ve lnYET değişkenlerinin etkisi anlamlıdır. Hem uzun hem de kısa dönemde ise lnGSYH ve lnTEK değişkenlerinin lnCO2 emisyonu üzerindeki etkisi anlamlıdır. Uzun dönemde, lnN’deki %1’lik bir artış lnCO2’yi %1.747 arttırmaktadır. Daha açık bir ifadeyle, nüfustaki artış uzun dönemde çevresel kirliliği arttırmaktadır. Bu sonuç, Türkiye’de artan nüfusla birlikte fosil kaynaklardan elde edilen enerji talebinin artarak, çevresel bozulmayı olumsuz etkilediğinin bir işareti olarak yorumlanabilir. Çalışmadan elde edilen bu bulgu, Bozkurt ve Okumuş (2015), Shan vd. (2021), Çağlar (2022) ve Das vd.’nin (2023) sonuçlarıyla örtüşmektedir. lnCO2 emisyonu üzerinde, lnGSYH’nin uzun ve kısa vadeli etkisine bakıldığında, bu etkinin sırasıyla %0.549 ve %0.840 pozitif etkili olduğu görülmektedir. Ancak, bu etki kısa vadeye göre uzun vadede daha azdır. Bu bulgu, Narayan ve Narayan (2010) yaklaşımına göre Türkiye’de EKC hipotezinin geçerli olduğunu ima etmektedir. Bir başka değişle, Türkiye’de gelirdeki artışla birlikte çevresel kalitenin iyileşmesi mümkün olacaktır. Bu sonuç, Lin vd. (2016), Narayan, Saboori ve Soleymani (2016), Abid vd. (2017), Altıntaş ve Kassouri (2020), Zeraibi vd. (2022) ve Itoo ve Ali’nin (2023) aksine, Apergis ve Payne (2010), Al-Mulali vd. (2016), Dong vd. (2018) ve Acaroğlu vd.’nin (2023) çalışmalarının bulgularıyla desteklenmektedir.

**Tablo 5:** Uzun ve Kısa Dönem AARDL Tahmin Sonuçları

Uzun vadeli sonuçlar	Katsayı	Standart hata	t-istatistiği	Olasılık
lnN	1.747***	0.274	6.358	0.000
lnGSYH	0.549***	0.133	4.112	0.000
lnYET	-0.195***	0.048	-4.024	0.000
lnTEK	0.675***	0.127	5.304	0.000
Kısa vadeli sonuçlar	Katsayı	Standart hata	t-istatistiği	Olasılık
Sabit	-22.449***	2.550	-8.800	0.000
$\Delta \ln \text{CO2}_{t-1}$	-0.125	0.075	-1.674	0.106
$\Delta \ln N$	-3.293	4.031	-0.816	0.421
$\Delta \ln N_{t-1}$	-20.161**	8.407	-2.397	0.024
$\Delta \ln N_{t-2}$	39.794***	9.314	4.272	0.000
$\Delta \ln N_{t-3}$	-30.163***	4.839	-6.232	0.000
$\Delta \ln \text{GSYH}$	0.840***	0.089	9.390	0.000
$\Delta \ln \text{TEK}$	0.152**	0.071	2.143	0.041
$\text{HDT}_{t-1}$	-0.685***	0.077	-8.786	0.000
Tanısal testler				
J-B	0.250 [0.882]			
WHITE	1.676 [0.131]			
LM	0.801 [0.460]			
RESET	0.063 [0.802]			
CUSUM	İstikrarlı			
CUSUMSQ	İstikrarlı			

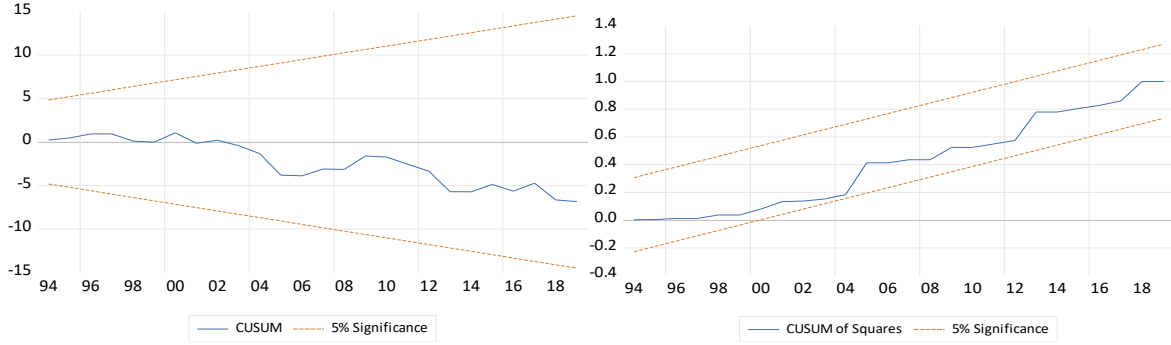
**Not:** [ ] olasılık değerleridir. %1 ve %5 anlamlılık düzeyi sırasıyla (\*\*\*) ve (\*\*) ile vurgulanmıştır.

Uzun vadede lnYET'in lnCO2 emisyonu üzerindeki etkisine bakıldığında, lnYET'deki %1'lik bir artışın lnCO2'yi %0.195 azalttığı görülmektedir. Bu bulgu, Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak çevresel kirliliğin azaltılabileceğinin çok açık bir işaretidir. Yenilenebilir enerjinin uzun vadede CO2 emisyonu üzerindeki etkisine bakıldığında, diğer değişkenlere göre etkisinin çok sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu bağlamda, bu enerji kaynağının kullanımının giderek artırılması emisyon seviyelerindeki yavaşlamayı beraberinde getirebilir. Bu durum ise çevresel kirliliğin önemli derece azaltılmasına yardımcı olabilir. Elde edilen bu bulgu, pek çok çalışmanın bulgusuyla aynı doğrultudadır (Jebli vd., 2016; Danish, Zhang, Wang ve Wang, 2017; Sinha ve Shahbaz, 2018; Bekun, Alola ve Sarkodie, 2019; Akram, Majeed, Fareed, Khalid ve Ye, 2020; Karaaslan ve Çamkaya, 2022; Muftaba, Jena, Bekun ve Sahu, 2022; Omri ve Saidi, 2022; Acaroğlu, Kartal ve García Márquez, 2023). Son olarak, lnTEK'deki %1'lik bir artışın uzun ve kısa vadede lnCO2'yi sırasıyla %0.675 ve %0.152 arttırdığı görülmektedir. Daha açık bir ifadeyle, Türkiye'de sanayileşmenin artmasıyla birlikte fosil enerji talebinin artmakta ve bu artış CO2 emisyon seviyelerini arttırmaktadır. Bu durum ise çevresel kaliteyi bozmaktadır. Çalışmadan elde edilen ve sürpriz olmayan bu sonuç, Pata (2018), Kılıç, Ünzüle ve Balan (2020), Aslam vd. (2021), Raihan ve Tuspekova (2022), Efeoğlu (2022) ve Udemba ve Keleş (2022) çalışmalarının bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Kısa dönemde hata düzeltme terimi (HDT) beklendiği gibi negatif ve %1 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Bu bulgu, kısa dönemli sapmaların uzun dönemde dengeye geleceğini söylemektedir.

Son olarak, Tablo 5'de sunulan AARDL prosedürüne ait tanısal testlere bakıldığında, AARDL modelinin değişen varyans, otokorelasyon, normal olmama ve model kurma hatasından arındığı görülmektedir. Ek olarak, CUSUM ve CUSUMQ test sonuçları, AARDL modelinde herhangi bir yapısal değişim olmadığını ve bu modelin kararlı bir model olduğunu göstermektedir (Şekil 1.). Dolayısıyla, AARDL (2,4,1,0,1) modeli tahmin amacıyla kullanılabilir.

Şekil 1: Cusum ve Cusumq



#### 4. SONUÇ VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

Bu çalışmanın amacı, 1977-2019 dönemi için STIRPAT-Kaya-EKC hipotezi çerçevesinde Türkiye’de,  $\ln\text{CO}_2$  emisyonu üzerinde  $\ln\text{GSYH}$ ,  $\ln\text{N}$ ,  $\ln\text{YET}$  ve  $\ln\text{TEK}$ ’in uzun ve kısa dönemli etkisini incelemektir. Uzun ve kısa dönemli etkilerin tahmini için AARDL yaklaşımından istifade edilmiştir. AARDL yaklaşımından elde edilen bulgular, ilgili değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin var olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmadan elde edilen ampirik bulgular, uzun dönemde  $\ln\text{CO}_2$  emisyonu üzerinde  $\ln\text{N}$ ’nin pozitif,  $\ln\text{YET}$ ’in negatif etkili olduğunu, buna karşılık hem uzun hem de kısa dönemde  $\ln\text{TEK}$ ’in pozitif olduğunu göstermektedir. Dahası, Türkiye’de Narayan ve Narayan (2010) yaklaşımına göre EKC hipotezi geçerlidir. Bu bulgulardan hareketle, bir takım politika önerileri sunulmuştur.

İlk olarak, Türkiye’deki toplum yapısını çevre dostu enerji kullanımına yönlendirmeye dönük politikalar izlenmelidir. Örneğin, çevreyi korumaya dönük kamu spotları yayımlanarak insanlar bilinçlendirilmeli, okul müfredatlarına iklim değişikliği ve küresel ısınmayla ilgili dersler konulmalı ve insanların temiz teknolojileri (elektrikli otomobil, kamyon veya kamyonet gibi) benimsemesi için teşvik paketleri uygulamaya konmalıdır.

İkinci olarak, Türkiye’de EKC hipotezinin geçerli olması, geliri arttırmaya dönük politikalar uygulayarak çevresel kirliliğin azaltılabileceğinin bir göstergesi olarak yorumlanabilir. Bu bakımdan, gelir eşitsizliğini azalmaya dönük ve insanların milli gelirden daha fazla pay almasına dönük politikalar uygulanmalıdır. Türkiye’de bu hipotezin geçerli olmasına rağmen, uzun dönem esnekliklerine bakıldığında etkinin hala pozitif olduğu görülmektedir. Bu durum, geliri arttırmaya dönük politikaların yanı sıra Türkiye’nin ekonomik büyümesini arttırırken temel girdi olan enerji talebinin fosil kaynaklardan yenilenebilir kaynakları doğru geçmesi gerekliliğini elzem kılmaktadır. Bu bağlamda, bu dönüşümün sağlanmasına dönük politikalar ivedilikle hayata geçirilmelidir.

Üçüncü olarak, Türkiye’de sanayileşmenin çevresel kirlilik üzerinde pozitif ve yenilenebilir enerji tüketiminin negatif etkisinin olması, çevresel kirliliği önlemek için yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırım yapılmasının çok önemli olduğunu vurgulamaktadır. Bunun için politika yapıcılar, yenilenebilir teknolojiler geliştiren kamu kurum ve kuruluşlara veya özel sektöre dönük vergi istisnaları, sübvansiyon politikaları uygulamasına geçmelidir. Ayrıca, Türkiye ekonomisinin lokomotifi olan sanayi sektöründe yenilenebilir teknolojilerine kullanımını teşvik edecek ve bu sektörde bu teknolojileri kullananlara benzer şekilde vergi istisnaları, teşvik ve sübvansiyon politikaları uygulamaya konmalıdır. Böylece, hem sanayi sektörünün enerji talepleri yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmış olacak hem de bir nebze de olsa çevresel tahribatın önüne geçilmiş olacaktır. Dahası, yenilenebilir kaynakların daha fazla kullanılmaya başlanması Türkiye

gibi enerjide dışa bağımlı olan bir ülke için bu bağımlılığın azaltılmasında önemli bir araç olacaktır.

Son olarak, Türkiye'deki politika yapıcılar, atık yönetimi ve geri dönüşüm faaliyetleri yapan endüstri sayısının arttırılmasına dönük politikalar geliştirmelidir. Bu sayede, sanayileşmenin çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltılabilir. Ayrıca, bu endüstrilerin sayısının artması çevresel kirliliğin azaltılmasının yanı sıra işsizliğin azaltılmasına da yardımcı olabilir.

### Kaynakça

- Abid, M. (2017). Does economic, financial and institutional developments matter for environmental quality? A comparative analysis of EU and MEA countries. *Journal of Environmental Management*, 188, 183-194.
- Acaroğlu, H., Kartal, H. M. & García Márquez, F. P. (2023). Testing the environmental Kuznets curve hypothesis in terms of ecological footprint and CO2 emissions through energy diversification for Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.
- 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.
- Akram, R., Majeed, M. T., Fareed, Z., Khalid, F. & Ye, C. (2020). Asymmetric effects of energy efficiency and renewable energy on carbon emissions of BRICS economies: evidence from nonlinear panel autoregressive distributed lag model. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 18254-18268.
- Alkan, B. & Bulut, N. (2022). Searching for the existence of EKC hypothesis in Turkey: An approach using elasticities in the presence of multicollinearity. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 40(2), 232-248.
- Al-Mulali, U., Solarin, S. A. & Ozturk, I. (2016). Investigating the presence of the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis in Kenya: an autoregressive distributed lag (ARDL) approach. *Natural Hazards*, 80, 1729-1747.
- Alnour, M. (2021). The relationship between economic growth and environmental pollution in Turkey. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (59), 289-314.
- Altıntaş, H. & Kassouri, Y. (2020). Is the environmental Kuznets Curve in Europe related to the per-capita ecological footprint or CO2 emissions?. *Ecological Indicators*, 113, 106187.
- Apergis, N. & Payne, J. E. (2010). The emissions, energy consumption, and growth nexus: evidence from the commonwealth of independent states. *Energy Policy*, 38(1), 650-655.
- Aslam, B., Hu, J., Shahab, S., Ahmad, A., Saleem, M., Shah, S. S. A., ... & Hassan, M. (2021). The nexus of industrialization, GDP per capita and CO2 emission in China. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101674.
- Bekun, F. V., Alola, A. A. & Sarkodie, S. A. (2019). Toward a sustainable environment: Nexus between CO2 emissions, resource rent, renewable and nonrenewable energy in 16-EU countries. *Science of the Total Environment*, 657, 1023-1029.
- Bozkurt, C. & Okumuş, İ. (2015). Türkiye'de ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari serbestleşme ve nüfus yoğunluğunun CO2 emisyonu üzerindeki etkileri: yapısal

- kirilmali eşbütünleşme analizi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(32), 23-35.
- Bölük, G. & Mert, M. (2015). The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: an ARDL approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587-595.
- BP. (2023). British petroleum. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. Erişim tarihi: 10.02.2023.
- Çağlar, A. E. (2022). Türkiye'de çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin araştırılmasında çevresel patentlerin rolü: Genişletilmiş ARDL ile kanıtlar. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(4), 913-929.
- Danish, Zhang, B., Wang, B. & Wang, Z. (2017). Role of renewable energy and non-renewable energy consumption on EKC: evidence from Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 156, 855-864.
- Das, N., Gangopadhyay, P., Bera, P. & Hossain, M. E. (2023). Investigating the nexus between carbonization and industrialization under Kaya's identity: findings from novel multivariate quantile on quantile regression approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(16), 45796-45814.
- Destek, M. A. (2018). Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin Türkiye için incelenmesi: STIRPAT modelinden bulgular. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(2), 268-283.
- Destek, M. A. (2021). Deindustrialization, reindustrialization and environmental degradation: Evidence from ecological footprint of Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126612.
- Dickey, D. A. & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431.
- 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.
- Dietz, T., Rosa, E.A. & York, R. (2007). Driving the human ecological footprint. *Frontier Ecology Environment*, 5 (1), 13-18.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431-455.
- Dong, K., Sun, R. & Dong, X. (2018). CO2 emissions, natural gas and renewables, economic growth: assessing the evidence from China. *Science of the Total Environment*, 640, 293-302.
- Efeoğlu, R. (2022). Çevresel Kuznets eğrisi çerçevesinde sanayileşme, yenilenebilir enerji, enerji tüketimi ve finansal gelişmenin CO2 salınımı üzerindeki etkisi. *Alanya Akademik Bakış*, 6(2), 2103-2115.
- Ehrlich, P. R. & Holdren, J. P. (1971). Impact of Population Growth: Complacency concerning this component of man's predicament is unjustified and counterproductive. *Science*, 171(3977), 1212-1217.
- Eren, M. B., Katircioglu, S. & Gokmenoglu, K. K. (2022). The moderating role of informal economy on financial development induced EKC hypothesis in Turkey. *Energy & Environment*, 33(6), 1203-1226.

- Farhani, S. & Shahbaz, M. (2014). What role of renewable and non-renewable electricity consumption and output is needed to initially mitigate CO2 emissions in MENA region?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 80-90.
- 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. & Kruger, A.B. (1991). Environmental impacts of the North American free trade agreement, NBER Working Paper 3914, 1-39.
- Halliru, A. M., Loganathan, N., Hassan, A. A. G., Mardani, A. & Kamyab, H. (2020). Re-examining the environmental Kuznets curve hypothesis in the Economic Community of West African States: A panel quantile regression approach. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124247.
- Hashmi, R. & Alam, K. (2019). Dynamic relationship among environmental regulation, innovation, CO2 emissions, population, and economic growth in OECD countries: A panel investigation. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1100-1109.
- Islam N., Vincent J. & Panayotou T. (1996). Unveiling the income-environment relationship: an exploration into the determinants of environmental quality, Harvard-Institute for International Development, Number: 701.
- Ito, H. H. & Ali, N. (2023). Analyzing the causal nexus between CO2 emissions and its determinants in India: Evidences from ARDL and EKC approach. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 34(1), 192-213.
- Jebli, M. B., Youssef, S. B. & Ozturk, I. (2016). Testing environmental Kuznets curve hypothesis: The role of renewable and non-renewable energy consumption and trade in OECD countries. *Ecological Indicators*, 60, 824-831.
- Jiang, Y., Batool, Z., Raza, S. M. F., Haseeb, M., Ali, S. & Zain Ul Abidin, S. (2022). Analyzing the asymmetric effect of renewable energy consumption on environment in STIRPAT-Kaya-EKC Framework: A NARDL approach for China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12), 7100.
- Karaaslan, A. & Çamkaya, S. (2022). The relationship between CO2 emissions, economic growth, health expenditure, and renewable and non-renewable energy consumption: empirical evidence from Turkey. *Renewable Energy*, 190, 457-466.
- Karaaslan, A. & Gezen, M. (2022). The evaluation of renewable energy resources in Turkey by integer multi-objective selection problem with interval coefficient. *Renewable Energy*, 182, 842-854.
- Kaya, Y. (1989). Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: interpretation of proposed scenarios. Intergovernmental Panel on Climate Change/Response Strategies Working Group, May.
- Kılıç, C., Ünzüle, T. & Balan, F. (2020). Kentleşme ve sanayileşmenin CO2 emisyonu üzerindeki etkisi: Türkiye için ARDL sınır testi yaklaşımı. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(2), 182-196.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income Inequality. *American Economic Review* 45, 45(1), 1-28.

- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P. & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178.
- Li, K. & Lin, B. (2015). Impacts of urbanization and industrialization on energy consumption/CO2 emissions: does the level of development matter?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1107-1122.
- Lin, B., Omoju, O. E., Nwakeze, N. M., Okonkwo, J. U. & Megbowon, E. T. (2016). Is the environmental Kuznets curve hypothesis a sound basis for environmental policy in Africa?. *Journal of Cleaner Production*, 133, 712-724.
- Lin, S., Wang, S., Marinova, D., Zhao, D. & Hong, J. (2017). Impacts of urbanization and real economic development on CO2 emissions in non-high income countries: Empirical research based on the extended STIRPAT model. *Journal of Cleaner Production*, 166, 952-966.
- McNown, R., Sam, C. Y. & Goh, S. K. (2018). Bootstrapping the autoregressive distributed lag test for cointegration. *Applied Economics*, 50(13), 1509-1521.
- Mujtaba, A., Jena, P. K., Bekun, F. V. & Sahu, P. K. (2022). Symmetric and asymmetric impact of economic growth, capital formation, renewable and non-renewable energy consumption on environment in OECD countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 160, 112300.
- Narayan, P. K. & Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. *Energy Policy*, 38(1), 661-666.
- Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990.
- Narayan, P. K., Saboori, B. & Soleymani, A. (2016). Economic growth and carbon emissions. *Economic Modelling*, 53, 388-397.
- Ojaghlou, M., Ugurlu, E., Kadlubek, M., & Thalassinou, E. (2023). Economic activities and management issues for the environment: An environmental Kuznets curve (EKC) and STIRPAT analysis in Turkey. *Resources*, 12(5), 57.
- Omri, A. & Saidi, K. (2022). Factors influencing CO2 emissions in the MENA countries: the roles of renewable and non-renewable energy. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(37), 55890-55901.
- OWD. (2023a). Our world data. <https://ourworldindata.org/grapher/fossil-fuels-share-energy?tab=chart&country=~TUR>. Erişim tarihi: 26.12.2023.
- OWD. (2023b). Our world data. <https://ourworldindata.org/>. Erişim tarihi: 10.02.2023.
- 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, 16690-16701.
- Özpolat, A. & ÖZSOY, F. N. (2021). Yenilenebilir enerji kaynakları çevresel bozulmayı azaltıyor mu? Türkiye örneği. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 13(24), 49-60.



- Özsoy, F. N. (2017). *Sanayileşme olgusunun kirlilik sığınağı hipotezi ve çevresel vergiler açısından yeniden değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development, ILO, Working Paper 238, Technology and Environment Programme, Geneva, 1-22.
- Pata, U. K. & Balsalobre-Lorente, D. (2022). Exploring the impact of tourism and energy consumption on the load capacity factor in Turkey: a novel dynamic ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(9), 13491-13503.
- Pata, U. K. (2018). Renewable energy consumption, urbanization, financial development, income and CO2 emissions in Turkey: testing EKC hypothesis with structural breaks. *Journal of Cleaner Production*, 187, 770-779.
- Pata, U. K. (2018). The effect of urbanization and industrialization on carbon emissions in Turkey: evidence from ARDL bounds testing procedure. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(8), 7740-7747.
- Pata, U. K. (2021). Do renewable energy and health expenditures improve load capacity factor in the USA and Japan? A new approach to environmental issues. *The European Journal of Health Economics*, 22(9), 1427-1439.
- Pata, U. K. (2021). Renewable and non-renewable energy consumption, economic complexity, CO 2 emissions, and ecological footprint in the USA: testing the EKC hypothesis with a structural break. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 846-861.
- Pata, U. K., Dam, M. M. & Kaya, F. (2023). How effective are renewable energy, tourism, trade openness, and foreign direct investment on CO2 emissions? An EKC analysis for ASEAN countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 14821-14837.
- 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.
- Raihan, A. & Tuspekova, A. (2022). Dynamic impacts of economic growth, renewable energy use, urbanization, industrialization, tourism, agriculture, and forests on carbon emissions in Turkey. *Carbon Research*, 1(1), 20.
- Raihan, A., Begum, R. A., Nizam, M., Said, M. & Pereira, J. J. (2022). Dynamic impacts of energy use, agricultural land expansion, and deforestation on CO2 emissions in Malaysia. *Environmental and Ecological Statistics*, 29(3), 477-507.
- Raihan, A., Begum, R. A., Said, M. N. M. & Pereira, J. J. (2022). Relationship between economic growth, renewable energy use, technological innovation, and carbon emission toward achieving Malaysia's Paris agreement. *Environment Systems and Decisions*, 1-22.
- Sam, C. Y., McNown, R. & Goh, S. K. (2019). An augmented autoregressive distributed lag bounds test for cointegration. *Economic Modelling*, 80, 130-141.
- Shan, S., Genç, S. Y., Kamran, H. W. & Dinca, G. (2021). Role of green technology innovation and renewable energy in carbon neutrality: A sustainable investigation from Turkey. *Journal of Environmental Management*, 294, 113004.
- Sinha, A. & Shahbaz, M. (2018). Estimation of environmental Kuznets curve for CO2 emission: role of renewable energy generation in India. *Renewable Energy*, 119, 703-711.

- Udemba, E. N. & Keleş, N. İ. (2022). Interactions among urbanization, industrialization and foreign direct investment (FDI) in determining the environment and sustainable development: New insight from Turkey. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 6(1), 191-212.
- United Nations Environment Programme (2023). Emissions gap report 2023: Broken record – temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). Erişim adresi <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2023> (Erişim tarihi: 26.12.2023).
- WDI. (2023a). World development indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>. Erişim tarihi: 10.05.2023.
- WDI. (2023b). World development indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>. Erişim tarihi: 09.02.2023.
- Yilanci, V. & Pata, U. K. (2020). Investigating the EKC hypothesis for China: the role of economic complexity on ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(26), 32683-32694.
- York, R., Rosa, E. A. & Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, 46(3), 351-365.
- Yurtkuran, S. (2021). The effect of agriculture, renewable energy production, and globalization on CO2 emissions in Turkey: A bootstrap ARDL approach. *Renewable Energy*, 171, 1236-1245.
- Zeraibi, A., Ahmed, Z., Shehzad, K., Murshed, M., Nathaniel, S. P. & Mahmood, H. (2022). Revisiting the EKC hypothesis by assessing the complementarities between fiscal, monetary, and environmental development policies in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.

---

**Etik Beyanı:** Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde BİİBFAD Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazarlarına aittir.

**Yazar Katkıları:** Çalışma, tek yazar tarafından hazırlanmış olup çalışmanın bütün aşamaları yazar tarafından kurgulanmış ve hazır hale getirilmiştir.

**Çıkar Beyanı:** Çalışmada herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

**Teşekkür:** Gösterdikleri yoğun ilgi ve emeklerinde dolayı BİİBFAD Dergisi Editör Kurulu'na ve sağladıkları katkılarında dolayı hakemlere teşekkür ederim.

---

---

**Analysis of the Impact of Renewable Energy and Industrialization on the Environment  
within the Framework of the STIRPAT-Kaya-EKC Hypothesis: Evidence from the  
AARDL Model**

---

*Extended Abstract*

---

**Aim:** This study aims to examine the impact of economic growth (GSYH), population (N), renewable energy consumption (YET) and industrialisation (TEK) on CO<sub>2</sub> emissions in Turkey within the framework of the STIRPAT-Kaya-EKC hypothesis, utilizing annual data for the period 1977-2019.

**Method(s):** The study investigates the relationship between variables using the extended ARDL (AARDL) approach, which enhances the robustness of empirical results by examining the presence of a long-run relationship with three test statistics.

**Findings:** According to the empirical findings, the effects of lnN and lnYET in the long run, lnGSYH and lnTEK variables on lnCO<sub>2</sub> emission in both long and short run are significant. In the long run, a 1% increase in lnN leads to a 1.747% rise in lnCO<sub>2</sub>. Analyzing the long and short-term effects of lnGSYH on lnCO<sub>2</sub> emissions reveals a positive impact of 0.549% and 0.840%, respectively. However, this effect is smaller in the long run compared to the short run. This finding implies that the EKC hypothesis is valid in Turkey according to Narayan & Narayan (2010).

Looking at the effect of lnYET on lnCO<sub>2</sub> emission in the long run, it is seen that a 1% increase in lnYET reduces lnCO<sub>2</sub> by 0.195%. This finding is a clear sign that environmental pollution can be reduced by using renewable energy sources in Turkey.

Finally, a 1% increase in lnTEK raises lnCO<sub>2</sub> by 0.675% and 0.152% in the long and short run, respectively. More precisely, with the increase in industrialisation in Turkey, the demand for fossil energy increases and this increase increases CO<sub>2</sub> emission levels.

**Conclusion and Discussion:** The findings obtained from the AARDL approach revealed a cointegration relationship between relevant variables. The empirical findings show that lnN has a positive effect on lnCO<sub>2</sub> emission in the long run, lnYET has a negative effect, whereas lnTEK is positive in both the long and short run. Furthermore, according to Narayan and Narayan (2010), the EKC hypothesis holds true in Turkey. Based on these findings, a number of policy recommendations are presented.

Firstly, policies to orientate the social structure in Turkey towards environmentally friendly energy use should be pursued. Secondly, the validity of the EKC hypothesis in Turkey can be interpreted as an indicator that environmental pollution can be reduced by implementing policies to increase income. In this respect, policies should be implemented to reduce income inequality and to ensure that people receive a larger share of national income. Lastly, the positive impact of industrialization on environmental pollution in Turkey, coupled with the negative effect of renewable energy consumption, underscores the importance of investing in renewable energy technologies to mitigate environmental pollution.