



Yenilenebilir Enerji Kaynakları Çevresel Bozulmayı Azaltıyor mu? Türkiye Örneği

Do Renewable Energy Sources Reduce Environmental Degradation? The Case of Turkey

Aslı ÖZPOLAT¹, Ferda NAKİPOĞLU ÖZSOY²

Öz

Amaç: Çalışmanın temel amacı yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel bozulma üzerindeki etkilerini araştırmaktır.

Tasarım/Yöntem: Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi, dışa açıklık oranı ve kişi başına GSYİH’nın 1990-2015 yılları arasında karbon emisyonu üzerindeki etkisi ARDL sınır testi yaklaşımı ile analiz edilmiştir. Ayrıca, ekonomik büyümenin çevre kirliliği üzerindeki doğrusal ve parabolik etkileri incelenmiş ve Çevresel Kuznets Eğrisi’nin geçerliliği test edilmiştir.

Bulgular: ARDL sınır testi sonucuna göre, kısa ve uzun dönemde CO2 emisyonu ile kişi başına GSYİH arasında ters U-şeklinde bir ilişki elde edilmiş, dolayısıyla Türkiye’de Çevresel Kuznets Eğrisi’nin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yenilenebilir enerji tüketimi ile CO2 emisyonu arasında negatif bir ilişki tespit edilirken, yenilenemeyen enerji ile karbondioksit emisyonu arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca, dışa açıklık oranı kısa dönemde çevre kalitesini olumlu etkilerken, uzun dönemde istatistiki olarak anlamsız olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Son olarak, sanayileşmenin çevre kirliliği üzerindeki etkisi kısa dönemde istatistiki olarak anlamsız bulunurken, uzun dönemde çevre kalitesi üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, çevresel bozulma ve iklim değişikliği gibi sorunların üstesinden gelmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların artırılması gerektiği düşünülmektedir.

Sınırlılıklar: Mevcut veritabanlarında CO2 emisyonu ile ilgili son veri 2015 yılına aittir. Dolayısıyla daha güncel veri kullanılamamıştır.

Özgünlük/Değer: CO2 emisyonu, kişi başına GSYİH, toplam enerji kullanımı, dışa açıklık oranı, yenilenebilir enerji tüketimi ve sanayi sektörü katma değeri değişkenlerinin kullanılmasıyla Türkiye’de yenilenebilir enerji sektörünün çevresel kalite üzerindeki etkilerinin sınır testi yaklaşımıyla test edilmesi araştırmanın özgün değerini oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: CO2 Emisyonu, Yenilenebilir Enerji, ARDL, Çevresel Bozulma

Abstract

Purpose: The main purpose of the study is to investigate the effects of renewable energy sources on environmental degradation.

Design/Methodology: The effect of renewable energy consumption, non-renewable energy consumption, trade openness, and GDP per capita on carbon emissions between 1990-2015 has been analyzed by ARDL bound test approach in Turkey. In addition, the linear and parabolic effects of economic growth on environmental pollution have examined and the validity of the Environmental Kuznets Curve has been tested.

Findings: According to the ARDL bound test results, there is an inverted U-shaped relationship between CO2 emissions and GDP per capita in the short and long-term. Therefore, the Environmental Kuznets Curve is valid in Turkey. While a negative relationship between renewable energy consumption and CO2 emissions is determined, a positive relationship between non-renewable energy and carbon dioxide emissions is found. In addition, while the trade openness affects the environmental quality positively in the short term, it is concluded that it is statistically insignificant in the long term. Finally, while the impact of industrialization on environmental pollution is found statistically insignificant in the short term, it has a negative impact on environmental quality in the long term. Therefore, it is considered that investments in renewable energy sources should be increased to overcome problems such as environmental degradation and climate change.

Limitations: The latest data on CO2 emissions in existing databases belong to 2015. Therefore, more up-to-date data could not be used.

Originality/Value: Examining the impacts on the environmental quality of the renewable energy sector with ARDL bound testing by using the variables CO2 emission, GDP per capita, total energy use, openness ratio, renewable energy consumption and industrial sector value added in Turkey is the original value of the research.

Keywords: CO2 Emission, Renewable Energy, ARDL, Environmental Degradation

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Gaziantep Üniversitesi, Oğuzeli Meslek Yüksek Okulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, ozpolat@gantep.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1769-3654

² Dr. Öğr. Üyesi, Gaziantep Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Küresel Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Bölümü, nakipoğlu@gantep.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5593-413X

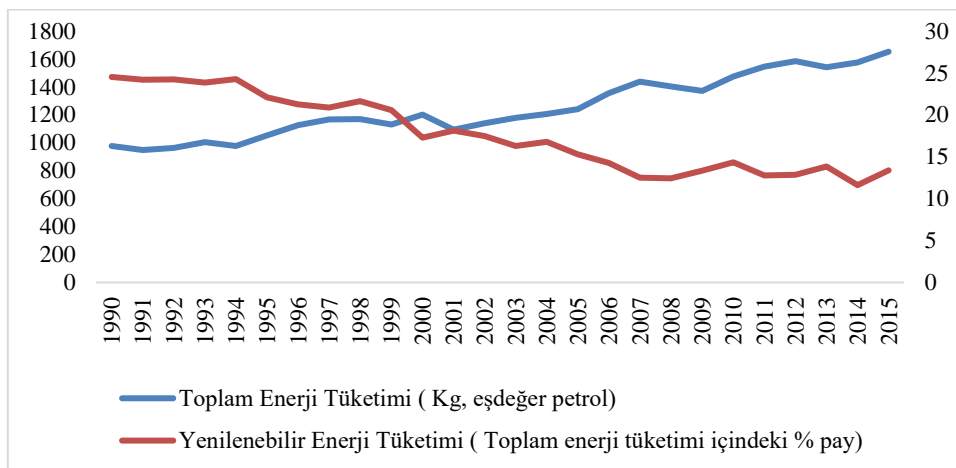
1. GİRİŞ

Birinci sanayileşme devrimi ile ülkelerin mevcut ekonomik potansiyellerinin üretim, teknoloji, araştırma geliştirme faaliyetleri gibi büyümenin temel alanlarına yönlendirilmesi birçok avantaj ve dezavantajı da beraberinde getirmiştir. Hızlı bir dönüşüm sürecine giren dünyada teknolojinin her alanda getirdiği yenilik, bu yeniliklerin sürdürülebilir olmasını destekleyecek yoğun bir enerji talebini ortaya çıkarmıştır. Bu enerji talebi dünya genelinde 2018 yılında %2,3 oranında artış göstermiştir ki bu oran 2010 yılının neredeyse 2 katı kadardır (IEA, 2018: 4). Fosil yakıtların kullanımının çevreye verdiği zararlar zamanla ortaya çıksa da ülkeler büyüme hedeflerine öncelik vermiş ve yenilenebilir enerji gibi maliyetli alanlara yapılan yatırımları geciktirmiştir. Bu kapsamda 2015 yılında 175 ülkenin katılımıyla Paris Antlaşması imzalanmıştır. Anlaşmaya göre ülkeler küresel sıcaklık artışının sanayi öncesi döneme göre 2 C° azaltılmasını öngörmektedir (UN, 2015). Ayrıca antlaşma, ülkeleri iklim değişikliği açısından sosyal bilincin oluşturulmasında ve iklim dostu enerji kaynaklarının kullanımı konusunda teşvik etmektedir (WHO, 2018).

Güneş, rüzgâr, jeotermal ve hidrolik enerji gibi enerji kaynakları, iklim dostu ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak ifade edilmektedir. Günümüzde 990 mega ton olan yenilenebilir enerji tüketiminin bu alandaki teknolojik gelişmelerin de etkisiyle 2040 yılına kadar 2.260 mega ton olması beklenmektedir (IEA, 2019). Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi politika yapımcılar tarafından desteklense de hâlihazırda çevresel kalitenin bu gelişmelerden olumlu etkilendiği söylenemez. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) "Global Enerji ve CO₂ Statüsü" raporuna (2018) göre enerji kullanımından kaynaklanan CO₂ emisyonu %1,7 oranında artış göstermiştir. Dünya genelinde iklim değişikliği ile ilgili alınan önlemlerin yetersizliği, emisyon ve küresel sıcaklık artışları göz önüne alındığında net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Global Warming 1.5 C° (IPCC, 2019) raporuna göre, sıcaklık 2017 yılında sanayi öncesi seviyeye göre yaklaşık 1 C° yükselmiş ve son on yıldaki seviyelerin 0.2 C° üzerine çıkmıştır.

Türkiye'nin de iklim değişikliğinden en çok etkilenen bölgelerden biri olan Akdeniz Havzası içinde yer aldığı düşünüldüğünde özellikle bu bölgede enerji kullanımının ve kaynaklarının iyi yönetilmesi büyük önem arz etmektedir. Türkiye'nin toplam enerji arzı, 2005-2015 yılları arasında petrol için %54 oranında artış göstermiş ve bu enerji arzının %24,8'i yerli üretim tarafından karşılanmıştır. Enerji talebi ise petrol tüketiminde 2014 yılında %35,6 iken, kömür tüketiminde %12,3 oranındadır. Buna ek olarak sanayi sektörü en büyük enerji tüketimine (%36,1) sahiptir. Bu oran hane halkı için ise %22,3 oranındadır (IEA, 2016, 22). Şekil 1'de Türkiye'nin toplam enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi görülmektedir.

Şekil 1: Türkiye'de Toplam Enerji Tüketimi



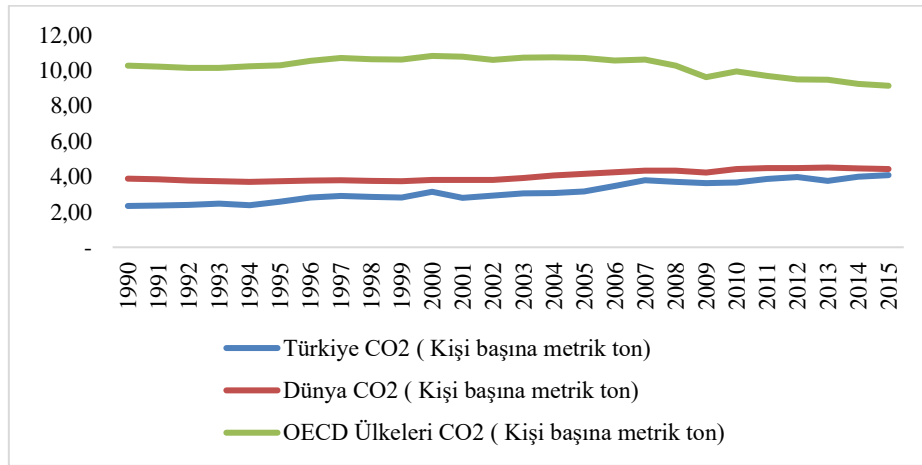
Kaynak: Dünya Bankası, 2020

Şekil 1 incelediğinde, toplam enerji tüketiminin 1990 yılından itibaren giderek arttığı gözlemlenirken, yenilenebilir enerji tüketimi ise azalmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketiminin azalmasındaki temel neden yenilenebilir enerji maliyetlerinin yüksek olması olarak gösterilebilir. Ancak gelişen teknoloji ile yenilenebilir enerji maliyetleri de giderek azalmakta ve böylelikle yüksek ekonomik

Fayda yaratmaktadır. Örneğin yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlarla birlikte Türkiye’de çevresel bozulma nedeniyle meydana gelen ölümlerin azaltılması ile sağlanacak faydanın 4,144 milyon US\$ olacağı tahmin edilmektedir. Tüm ülkelerde ise bu oran 310,858 milyon US\$’dır. Benzer şekilde çocuklarda bronşit, astım gibi hastalıkların azaltılmasıyla elde edilecek toplam fayda yaklaşık 500 milyon US\$ ve iş gücünün kayıp çalışma gününden elde edeceği fayda ise 3,503 milyon US\$ dır (WHO, 2018).

Yenilenebilir enerji kullanımından elde edilen faydaların yanısıra artan enerji talebi ise beraberinde yükselen bir karbon emisyonunu getirmiştir. Türkiye’de 1990 yılından 2014 yılına kadar olan dönemde %141,6 oranında CO_2 artışı olmuştur (IEA, 2016: 22-25). Dolayısıyla emisyonun azaltılması için Türkiye’nin enerji etkinliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi önem taşımaktadır. Şekil 2’de Türkiye’nin, Dünya ve OECD ülkelerinin karbon emisyonu gösterilmektedir.

Şekil 2: Dünyada, OECD Ülkelerinde ve Türkiye’de Kişi Başına CO_2 Emisyonu



Kaynak: Dünya Bankası, 2020

Şekil 2’deki veriler karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde Dünyada, OECD ülkelerinde ve Türkiye’de CO_2 emisyonu sürekli olarak artmaktadır. Türkiye’nin emisyon düzeyi, Dünya ve OECD ülkelerindeki emisyon düzeyinin altındadır. Buna karşın emisyon düzeyinin azaltılması iklim değişikliğinin etkilerinin minimize edilmesini sağlayacaktır. Bu aşamada yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırım büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de CO_2 emisyonunu etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve buna göre yapılacak politika önerilerinin geliştirilmesi; kuraklık, orman yangınlarının sayısındaki artış, turizm gelirlerinde azalma, tarımsal verim kaybı gibi sorunların ortadan kalkmasında yol gösterici olabilecektir.

Tüm bu nedenler göz önünde bulundurularak çalışmada, Türkiye’de CO_2 emisyonunu belirleyen faktörler 1990-2015 yılları arasında ARDL sınır testi yaklaşımı ile tahmin edilmektedir. Bağımlı değişken CO_2 emisyonu, bağımsız değişkenler ise kişi başına GSYİH, toplam enerji kullanımı, dışa açıklık oranı, yenilenebilir enerji tüketimi ve sanayi sektörü katma değeridir. Çalışmanın mevcut literatüre katkısı Türkiye için önemli ve yeni gelişen bir alan olan yenilenebilir enerji sektörünün çevresel kalite üzerindeki etkilerinin sınır testi yaklaşımıyla test edilmesidir. Buna göre çalışmanın ilk bölümünde Türkiye ve Dünyadaki karbondioksit emisyonu çevresel faktörler hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde literatür taramasına yer verilmiş, üçüncü bölümde yöntemden bahsedilip ampirik analiz sonuçları açıklanmıştır. Son bölüm olan sonuç ve tartışmalarda ise yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ve bu konudaki politika önerileri ifade edilmiştir.

2. LİTERATÜR

Çevre kirliliğini etkileyen unsurların araştırıldığı çalışmaların genellikle ortak noktasının ekonomik büyüme ve çevre kirliliği arasındaki ilişkinin incelenmesi ve Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin geçerliliğinin sınanması olduğu bilinmektedir. Bu alandaki ilk ampirik çalışmaların Grossman ve Krueger (1991) ve Shafik ve Bandyopadhyay (1992) tarafından yapıldığı EKC hipotezi, ekonomik büyümenin erken aşamasında çevresel kirliliğin arttığı ancak belirli bir gelir seviyesinde

ulaştığı dönüm noktasından sonra ekonomik büyümeyle birlikte çevresel tahribatın azalmasına neden olduğunu ifade etmektedir. Bu doğrultuda tarım toplumundan sanayi topluma geçişin başlamasıyla iktisadi faaliyetlerde bir artış meydana gelmiş ve bu da doğal kaynak kullanımındaki aşırılığa ya da çevre kirliliğine neden olan teknolojilerin kullanılmasına yol açmıştır. Ancak ekonomik gelişmenin ilerleyen safhalarında sanayi sektöründen hizmet sektörüne geçişle beraber daha yaşanılabilir çevre bilincinin olduğu toplumlarda, gelirlerin bu yönde harcanarak çevresel kaliteyi arttığı görülmektedir. (Cialani, 2007).

Çevre kirliliği göstergelerinden en önemlisi olan karbon emisyonu ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalarda elde edilen bulgular ülkelerin gelişmişlik düzeyine, kullanılan yöntemlere, dönem aralığına ya da değişkenlere göre farklılık göstermekte, EKC hipotezinin geçerliliği hakkında ise ortak bir fikir birliği sağlanamamaktadır (Aslan vd., 2018; Naz vd., 2019; Ridzuan vd., 2020; Ongan vd., 2020). Diğer yandan dışa açıklık oranı ve karbon emisyonu arasındaki ilişkinin yönü hakkında da farklı görüşlerin olduğunu söylemek mümkündür. Shahbaz vd. (2017) 105 yüksek, orta ve düşük gelirli ülkelerde 1980-2014 gözlem aralığında, Ben Jebli ve Ben Youssef (2017) Tunus için 1980-2011 döneminde, Chen ve Lei (2018) 30 ülke için 1980-2014 yıllarında ve Tachie vd. (2020) 18 Avrupa Birliği ülkesi için 1971-2019 döneminde dışa açıklık oranının karbon emisyonunu artırdığını, diğer yandan ise Al-Mulali ve Öztürk (2016) 27 gelişmiş ülke için 1990-2012 döneminde, Sinha vd. (2017) N-11 ülkelerinde 1994-2014 gözlem aralığında, Sinha ve Shahbaz (2018) Hindistan için 1971-2015 yıllarında, Amin vd. (2020) Asya ülkeleri için 1985-2019 döneminde dışa açıklık oranının karbon emisyonunu azalttığı sonucuna varmışlardır. Jalil ve Mahmud (2009) ise 1975-2005 döneminde Çin'de dışa açıklık oranının karbon emisyonu üzerinde pozitif işaretli ancak istatistiki olarak anlamsız bir etkiye sahip olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerinde farklı etkilere sahip olabileceğini ve bu nedenle yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi olarak ayrıştırılması gerektiğini savunan görüşler de mevcuttur (Chiu & Chang, 2009; Sulaiman vd. 2013). Bölük ve Mert (2014) 1980-2008 gözlem aralığında yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketiminin Avrupa Birliği ülkelerinde çevresel tahribata yol açtığı sonucuna ulaşırken, López-Menéndez (2014) 1996-2010 döneminde yenilenebilir enerji tüketiminin Avrupa Birliği ülkelerinde çevre kalitesini iyileştirdiği yönünde bulgular elde etmişlerdir. Diğer yandan Al-Mulali vd. (2016) 1980-2012 döneminde Kenya'da yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu azaltırken, yenilenemeyen enerji tüketiminin ve dışa açıklık oranının çevresel kirliliğe yol açtığına dair bulgular elde etmişlerdir.

Tablo 1: Ekonomik Büyüme, Yenilenebilir/Yenilenemeyen Enerji Tüketimi ve Dışa Açıklık Oranı İlişkisine Dair Literatür Özeti

Çalışma	Ülke ve Dönem	Değişkenler	Yöntem	Bulgular
Jebli ve Ben Youssef (2015)	Tunus 1980-2009	CO ₂ , GDP, GDP ² , R, NR, TR	ARDL VECM	Kısa dönemde dışa açıklık oranı, reel GSYİH, karbon emisyonu ve yenilenemeyen enerji tüketiminden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi söz konusudur. Uzun dönemde ise yenilenemeyen enerji tüketiminin ve dışa açıklık oranının karbon emisyonu üzerinde pozitif yönlü bir etkisi söz konusu iken yenilenebilir enerjinin zayıf da olsa çevre kirliliğini azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca EKC hipotezi geçerli değildir.
Doğan ve Şeker (2016)	Yenilenebilir Enerji Ülke Çekiciliği Endeksi'nde yer alan 23 ülke 1985-2011	CO ₂ , GDP, GDP ² , R, NR, TR	LM Bootstrap FMOLS DOLS	Yenilenebilir enerji tüketiminde ve dışa açıklık oranında meydana gelen bir artış karbon emisyonunu azaltırken, yenilenemeyen enerji tüketimindeki artış çevre kirliliğini artırmaktadır. Diğer yandan EKC hipotezi geçerlidir.
Doğan ve Turkekul (2016)	ABD 1960-2010	CO ₂ , GDP, GDP ² , EC, TR	ARDL Granger nedensellik	Enerji tüketimi çevre kirliliğini artırırken, dışa açıklık oranı çevre kalitesini iyileştirmektedir. Diğer yandan EKC hipotezi geçerli değildir.
Doğan ve Öztürk (2017)	ABD 1980-2014	CO ₂ , GDP, GDP ² , R, NR	ARDL	Yenilenebilir enerji tüketimindeki artış çevresel bozulmayı azaltırken, yenilenemeyen enerji tüketimindeki artışlar çevre kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca EKC hipotezi geçerli değildir.

Tablo 1 (Devamı): Ekonomik Büyüme, Yenilenebilir/Yenilenemeyen Enerji Tüketimi ve Dışa Açıklık Oranı İlişkisine Dair Literatür Özeti

Çalışma	Ülke ve Dönem	Değişkenler	Yöntem	Bulgular
Raza ve Shah (2018)	G7 1991-2016	CO ₂ , GDP, GDP ² , R, TR	FMOLS, DOLS	Uzun dönemde ekonomik büyüme ve dışa açıklık oranı karbon emisyonunu artırırken, yenilenebilir enerji tüketimi çevre kalitesini iyileştirmektedir. Ayrıca EKC hipotezi geçerlidir.
Chen vd. (2019)	Çin 1980-2014	CO ₂ , GDP, GDP ² , R, NR, TR	ARDL VECM	Kısa ve uzun dönemde de yenilenebilir enerji tüketimi karbon emisyonunu azaltırken, yenilenemeyen enerji tüketimi çevre kirliliğini artırmaktadır. Dışa açıklık oranı her iki dönemde de çevre kirliliği üzerinde negatif yönlü bir ilişkiye sahiptir ve ayrıca EKC hipotezi geçerlidir.
Zafar vd. (2019)	18 gelişmekte olan ülke 1990-2015	CO ₂ , GDP, GDP ² , R, NR, TR	CUP-FM CUP-BC VECM	Yenilenebilir enerji tüketimi karbon emisyonunu azaltırken, yenilenemeyen enerji tüketimi çevre kirliliğini artırmaktadır. Ayrıca EKC hipotezinin geçerliliği söz konusudur. Diğer yandan dışa açıklık oranı karbon emisyonunu azaltmaktadır. Yenilenemeyen enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasında uzun dönemde çift yönlü bir nedensellik ilişkisi varken, uzun ve kısa dönemde ekonomik büyümeden yenilenemeyen enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
Koç ve Buluş (2020)	Güney Kore 1971-2017	CO ₂ , GDP, GDP ² , GDP ³ , EC, R, TR	ARDL	Reel GSYİH ve enerji tüketimindeki bir artış çevre kirliliğini artırırken, yenilenebilir enerji tüketimi ve dışa açıklık oranı karbon emisyonunu azaltmaktadır. Ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasında N-şeklinde bir ilişki geçerlidir.

Not: CO₂ (karbon emisyonu), GDP (reel GSYİH), GDP² ve GDP³ (reel GSYİH karesi ve küpü), R (yenilenebilir enerji tüketimi), NR (yenilenemeyen enerji tüketimi), TR (dışa açıklık oranı), EC (enerji tüketimi)

Diğer yandan çevre kirliliğini etkileyen faktörleri inceleyen çalışmalarda sanayileşmenin de etkisinin son zamanlarda göz önünde bulundurulduğu görülmektedir. Lin vd. (2009) 1978-2006 gözlem aralığında ekonomik büyümenin, sanayileşmenin ve enerji yoğunluğunun Çin’de çevre kirliliği üzerindeki etkilerini araştırmış, elde ettiği ampirik bulgular neticesinde sanayileşmenin, ekonomik büyümenin ve enerji yoğunluğunun çevresel tahribat üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Zhou vd. (2013) sanayileşme ve karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiş, 1995-2009 yıllarında Çin’de sanayi yapısındaki ayarlamalar ve dönüşümlerle karbon emisyonunun azaltılmasında önemli bir rol oynayacağı sonucuna ulaşmışlardır. Al-Mulali ve Oztürk (2015) MENA ülkeleri için 1996-2012 döneminde enerji kullanımının ve sanayileşmenin çevre kirliliği üzerindeki etkisini incelemiş ve uzun dönemde çevre kirliliğini artırdığı yönünde bulgular elde etmişlerdir. Liu ve Bae (2018) ise Çin’de 1970-2015 döneminde enerji yoğunluğunun, sanayileşmenin ve ekonomik büyümenin çevre kirliliği üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında enerji yoğunluğunun, ekonomik büyümenin ve sanayileşmenin karbon emisyonunu artırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

3. MODEL VE VERİ

Çalışmada Türkiye’de 1990-2015 yılları arasında yenilenebilir enerji kullanımının çevresel kaliteye etkisi araştırılmıştır. Oluşturulan modelde kişi başına CO₂ emisyonu (metrik ton, kişi başına) bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Bağımsız değişkenler ise kişi başına GSYİH, kişi başına GSYİH’nin karesi, dışa açıklık oranı, yenilenebilir enerji tüketimi, enerji kullanımı ve sanayi sektörü katma değeridir. Yazdi ve Shakouri’nin (2017) çalışması doğrultusunda oluşturulan zaman serisi modeli şu şekildedir:

$$InCO_t = \alpha_0 + \alpha_1 InY_t + \alpha_2 InY_t^2 + \alpha_3 InTR_t + \alpha_4 InRE_t + \alpha_5 InEU_t + \alpha_6 InIND + \varepsilon_t \quad (1)$$

Modelde t ve ε_t sırasıyla, zaman periyodu ve hata terimini ifade etmektedir. Ayrıca Model 1’de yer alan $InCO_t$ toplam CO₂ emisyonunun doğal logaritmasını ve bağımsız değişkenler olarak InY_t kişi başına GSYİH’nin, InY_t^2 kişi başına GSYİH’nin karesinin, $InTR_t$ dışa açıklık oranının,

$InRE_t$, yenilenebilir enerji tüketiminin, $InENU_t$, enerji kullanımının ve $InIND_t$, sanayi sektörü katma değerinin doğal logaritmasını ifade etmektedir. Bu kapsamda toplam CO_2 emisyonu, kişi başına metrik ton; GSYİH, 2010 sabit fiyatlarıyla ABD \$; dışa açıklık oranı, ticaretin GSYİH içindeki % payını; yenilenebilir enerji tüketimi, toplam enerji tüketimi içindeki yenilenebilir enerjinin % payını; sanayileşme, sanayi üretimi katma değerinin GSYİH içindeki % payını ifade etmektedir. Veriler Dünya Bankası veri tabanından elde edilmiştir. Çalışmada GSYİH'nın karesinin kullanılma nedeni EKC hipotezinin test edilmesi amacıyla taşımaktadır. Bu kapsamda EKC hipotezinin geçerli olabilmesi için $\alpha_1 > 0$ ve $\alpha_2 < 0$ sonuçlarının elde edilmesi gerekmektedir. EKC hipotezinin geçerli olması halinde ise dönüm noktası $\tau = \exp(-\frac{\alpha_2}{2\alpha_1})$ formülü ile hesaplanmaktadır (Shuai, 2017: 1033). Modelde $\alpha_1 > 0$ ($\alpha_1 < 0$) olması durumunda kişi başına reel GSYİH'daki artışın CO_2 emisyonunu arttırdığı (azalttığı); $\delta_1 < 0$, $\delta_2 > 0$ olması durumunda U şeklindeki Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerli olduğu; $\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 < 0$ olması durumunda ters-U şeklindeki Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerli olduğu; $\alpha_3 > 0$ ve $\alpha_4 > 0$ durumlarında sırasıyla dışa açıklık oranının ve yenilenebilir enerji kullanımının çevresel kaliteyi azalttığı ve son olarak $\alpha_5 > 0$ ve $\alpha_6 > 0$ durumlarında ise enerji kullanımının ve sanayileşmenin CO_2 emisyonunu olumsuz etkilediği sonucu beklenilmektedir.

4. METOT VE AMPİRİK BULGULAR

Çalışmanın ilk aşamasında, modelde yer alan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistiklere yer verilmiştir. Sonuçlar Tablo 2'de yer almaktadır. 1990-2015 yılları arasında ortalama CO_2 emisyonu 0.491, enerji tüketimi 3.090, yenilenebilir enerji tüketimi 1.234 olarak elde edilmiştir. Buna göre daha önce de belirtildiği gibi yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payı oldukça düşüktür.

Tablo 2: Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

	IN CO_2	INY	INEU	INRE	ININD	INTR
Ortalama	0.491	11.770	3.090	1.234	1.444	1.645
Medyan	0.484	11.792	3.075	1.230	1.436	1.668
Maksimum	0.610	12.036	3.217	1.389	1.506	1.740
Minimum	0.368	11.562	2.976	1.064	1.381	1.483
Std.Hata	0.079	0.270	0.075	0.110	0.040	0.074
Gözlem Sayısı	26	26	26	26	26	26

Tanımlayıcı istatistiklerden sonra, çalışmanın ilk aşamasında, değişkenlerin durağanlık ve bütünleşme derecelerinin belirlenmesi için Phillips-Perron (PP) birim kök analizi yapılmıştır. ARDL analizinin en önemli avantajlarından biri değişkenlerin farklı derecelerde durağan olmaları durumunda da analize dâhil edilebilmeleridir. Birim kök testi sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3: Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	Phillips-Perron (PP) Test			
	Düzy		Fark	
	Sabit	Sabit & Trend	Sabit	Sabit & Trend
In CO_2	-0.411	-3.368**	-10.422***	-10.221***
lnY	0.735	-2.106	-4.939***	-4.972***
lnEU	0.218	-2.942	-5.820***	-5.654***
lnRE	-1.044	-2.653	-6.787***	-6.800***
lnTR	-2.608	-2.202	-4.639***	-5.277***
lnIND	-1.490	-1.175	-4.097***	-4.217***

Kritik değerler: Sabit, %1, %5, %10; -3.737;-2.991;-2.635, sabit ve trend, -3.724;-2.986;-2.632; *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

Sonuçlar incelendiğinde CO_2 değişkeni dışında kalan tüm değişkenlerin birinci farklarında durağan oldukları görülmektedir. CO_2 değişkeni ise sabitte durağan değilken, sabit ve trendde durağan olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla CO_2 serisi de birinci dereceden durağan olarak kabul edilebilmektedir.

Serilerin bütünleşme dereceleri belirlendikten sonra uzun dönemli ilişkinin varlığının sınanması için ARDL sınır testi analizi yapılmıştır. ARDL sınır testi farklı derecelerde bütünleşen seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisini saptamak açısından uygun bir yöntemdir. Yani seriler I(1)-I(0) ya da I(1)-I(1) düzeylerinde bütünleşik olabilirler. Ayrıca ARDL testi kısa ve uzun dönem ilişkinin saptanması için de kullanılan bir analiz yöntemidir (Pesaran & Shin, 1998). Ampirik model şu şekilde oluşturulmuştur:

$$dlnCO_{2t} = c_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{0,i} lnCO_{2,t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{1,i} dlnY_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{2,i} dlnY^2_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{3,i} dlnEU_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{4,i} dlnRE + \sum_{i=1}^n \beta_{5,i} dlnTR + \sum_{i=1}^n \beta_{6,i} dlnIND + \delta_0 lnCO_{2,t-1} + \delta_1 lnRE_{t-1} + \delta_2 lnRE_{t-2} + \delta_3 lnEU_{t-1} + \delta_4 lnTR_{t-1} + \delta_5 lnIND_{t-1} + \delta_6 lnIND_{t-2} + \mu_t \quad (2)$$

Denklemden d fark işlemini, n ise gecikme sayısını ifade etmektedir. $\delta_0, \delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6$, katsayılarının anlamlılıkları F-istatistiği ile hesaplanan alt ve üst sınırlar tarafından belirlenmektedir. Buna göre $H_0: \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = 0$ boş hipotezi anlamlılığın olmadığını ifade etmektedir. Alternatif hipotez ise $H_1: \delta_0 \neq \delta_1 \neq \delta_2 \neq \delta_3 \neq \delta_4 \neq 0$ şeklinde ifade edilmektedir. Ayrıca çalışmada Akaike Bilgi Kriteri kullanılmış ve sonuçlar Tablo 4'te ifade edilmiştir.

Tablo 4: ARDL Model Sonuçları

Model	Optimum Gecikme Uzunluğu	F-istatistiği
$CO_2 = (Y_t, Y_t^2, EU_t, RE_t, TR_t, IND_t)$	1,0,1,2,0,2,0 Kritik değerler	3.330***
I_0		I_1
%10: 2.12		%10: 3.23
%5: 2.45		%5: 3.61
%1: 3.15		%1: 4.43

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4'te yer alan sonuçlara göre F-test istatistiği %10 anlamlılık düzeyinde eşbütünleşmenin varlığını göstermektedir. Dolayısıyla bu aşamadan sonra kısa ve uzun dönem katsayılar hesaplanmıştır.

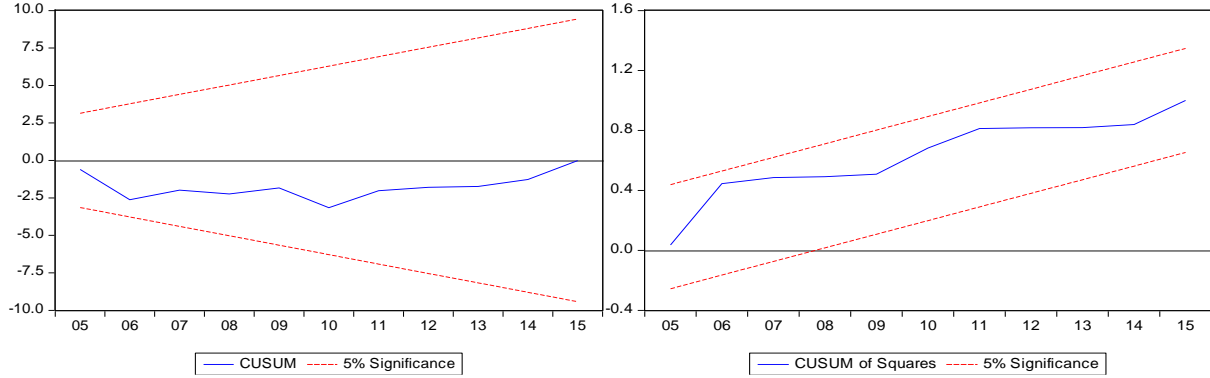
Tablo 5: Kısa ve Uzun Dönem Sonuçlar

Bağımlı Değişken: CO_2 Değişkenler	Katsayı	T-istatistiği
Uzun Dönem Sonuçlar		
lnY_t	3.566 (0.0468)	2.239
lnY^2_t	-0.154(0.0409)	-2.315
$lnTR_t$	-0.017(0.2157)	-1.313
$lnEU_t$	0.836 (0.0000)	13.372
$lnRE_t$	-0.269 (0.0000)	-8.389
$lnIND_t$	0.079 (0.1062)	1.759
Kısa Dönem Sonuçlar		
ΔlnY_t	7.170 (0.0174)	2.794
ΔlnY^2_t	-0.306(0.0163)	-2.833
$lnTR_t$	-0.036(0.0393)	-2.338
$lnEU_t$	0.839(0.0000)	13.969
$lnRE_t$	-0.066(0.0073)	-3.281
$lnIND_t$	-0.013 (0.7437)	-0.335
ECM (-1)	-1.509 (0.0000)	-6.45
Teşhis Testleri		
Serial	4.241 (0.0504)	
ARCH	2.144 (0.1579)	
Normality	1.403 (0.495)	
RAMSEY	0.083 (0.9348)	
CUSUM	İstikrarlı	
CUSUMQ	İstikrarlı	

Tablo 5'te yer alan teşhis testlerine göre, Breusch-Godfrey LM Test seriler arasında otokorelasyon sorununun olmadığını, ARCH testi kalıntıların sabit varyansa sahip olduğunu, normality testi kalıntıların normal dağılıma sahip olduğunu ve Ramsey testi doğrusal fonksiyonel formun kullanıldığını doğrulamaktadır. Son olarak CUSUM ve CUSUMQ testleri katsayıların anlamlı

olduğunu ifade etmektedir. CUSUM ve CUSUMQ testlerinin grafiksel sonuçları ise Şekil 3'te yer almaktadır.

Şekil 3: CUSUM ve CUSUMQ İstikrar Testleri



Tablo 5'te yer alan kısa ve uzun dönem sonuçlar değerlendirildiğinde ise kişi başına düşen gelir ile CO_2 emisyonu arasında pozitif, kişi başına düşen gelirin karesi ile CO_2 emisyonu arasında negatif bir ilişki elde edilmiştir. Dolayısıyla Türkiye'de Çevresel Kuznets Eğrisi'nin ters-U şeklinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre kısa dönemde milli gelirdeki yüzde birlik bir artış karbon emisyonunu yaklaşık %3,5 oranında artırmaktadır. Kısa dönem sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, enerji kullanımının ve sanayileşmenin CO_2 emisyonunu artırdığı, dışa açıklık oranının ve yenilenebilir enerji kullanımının ise çevresel kaliteyi olumsuz etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Kısa dönemde dışa açıklık oranının yüzde birlik bir artış karbon emisyonunu %0,017 oranında azaltırken, yenilenebilir enerji kullanımının artması ise karbon emisyonunu %0,26 oranında düşürmektedir. Toplam enerji tüketimi ise karbon emisyonunu %0,836 oranında artırırken, sanayileşmenin kısa dönemdeki etkisi %10 seviyesinde anlamlı olarak elde edilmiş ve kısa dönemde karbon emisyonunu %0,079 oranında artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre kısa dönem sonuçlara değerlendirildiğinde CO_2 emisyonunu ile kişi başına düşen milli gelir ve enerji tüketimi arasında pozitif yönlü bir ilişki varken, dışa açıklık, yenilenebilir enerji ile negatif yönlü bir ilişkinin varlığı elde edilmiştir. Sanayileşme ile CO_2 emisyonunu arasındaki ilişki ise negatif ancak istatistiki olarak anlamsızdır. Uzun dönemli sonuçlardan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde ise enerji kullanımının CO_2 emisyonunu artırdığı, dışa açıklık oranının ve yenilenebilir enerjinin azalttığı ancak sanayileşmenin çevre üzerindeki uzun dönemli etkisinin istatistiki olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Buna göre milli gelirdeki yüzde birlik bir artış uzun dönemde karbon emisyonunu %7 oranında artırırken, dışa açıklık oranı %0,036 oranında ve yenilenebilir enerji tüketimi ise %0,066 oranında azaltmaktadır. Toplam enerji tüketiminin ise karbon emisyonunu %0,839 oranında artırdığı sonucu elde edilmiştir. Bir diğer ifade ile yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketimi çevresel kaliteyi kısa ve uzun dönemde azaltmaktadır. Son olarak EKC dönüm noktası ise 11.614 \$ olarak elde edilmiştir. Buna göre kişi başına milli gelir 11.614 \$ seviyesine ulaştığında milli gelir artışı çevresel kaliteye olumlu etki yapacaktır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada 1990-2015 yılları arasında Türkiye'de yenilenebilir enerjinin çevresel tahribat üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılarak karbondioksit emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişki test edilmiştir. Aynı zamanda modelde Türkiye için Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerliliği de sınanmıştır. Elde edilen ampirik sonuçlara göre, Çevresel Kuznets Eğrisi'nin kısa ve uzun dönemde ters-U şeklinde olduğu ve dolayısıyla Türkiye'de Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dışa açıklık oranı kısa dönemde çevre kalitesini olumlu etkilerken, uzun dönemde istatistiki olarak anlamsız olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer yandan, sanayileşmenin çevre kirliliği üzerindeki etkisi kısa dönemde istatistiki olarak anlamsız bulunurken, uzun dönemde çevre kalitesi üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketimi ile CO_2 emisyonu arasında negatif bir ilişki tespit edilirken, yenilenemeyen enerji ile karbondioksit emisyonu arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının karbon emisyonunu azaltarak

Çevresel kaliteyi artırdığı görülmekte ve bu doğrultuda Türkiye'nin bu alanlara yatırımlarının yönlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımı halihazırda oldukça düşüktür. Ayrıca Türkiye su kıtlığı ve kuraklık nedeniyle iklim değişikliğine karşı oldukça kırılgan bir yapıya sahiptir. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlı olduğu göz önüne alındığında güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi potansiyelini kullanarak enerji yatırımlarını bu alanlara yönlendirmesi enerji etkinliğini de artırabilir. Dolayısıyla her şeyden önce temiz evre bilincinin oluşturulması ve temiz teknolojilere yönelmenin öneminin vurgulanması göz ardı edilmemesi gereken unsurların başında gelmektedir. Bu doğrultuda, temiz enerji yatırımlarının artması ve ulusal iklim stratejilerinin geliştirilmesi oldukça önemlidir. Yerli enerji arzının artırılması, ithalat bağımlılığının azaltılması, enerji çeşitlendirmesi ve fosil yakıt kullanımının azaltılması da bir diğer önemli unsurlar olarak ön plana çıkmaktadır.

Etik Beyan: Bu alışmada "Etik Kurul" izini alınmasını gerektiren bir yöntem kullanılmamıştır.

Yazar Katkı Beyanı: 1. Yazarın katkı oranı %50 2. Yazarın katkı oranı ise %50'tir.

ıkar Beyanı: Yazarlar arasında ıkar atışması yoktur.

Ethics Statement: In this study, no method requiring the permission of the "Ethics Committee" was used.

Author Contributions Statement: 1st author's contribution rate 50%, 2nd author's contribution rate 50%.

Conflict of Interest: There is no conflict of interest among the authors.

KAYNAKA

- Al-Mulali, U., & Öztürk, İ. (2015). The effect of energy consumption, urbanization, trade openness, industrial output, and the political stability on the environmental degradation in the MENA (Middle East and North African) region. *Energy*, 84, 382-389. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.004>
- Al-Mulali, U., & Öztürk, İ. (2016). The investigation of environmental Kuznets curve hypothesis in the advanced economies: The role of energy prices. *Renew Sust Energ Rev*, 54, 1622-1631. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.131>
- Al-Mulali, U., Solarin, S. A., & Öztürk, İ. (2016). Investigating the presence of the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis in Kenya: An autoregressive distributed lag (ARDL) approach. *Nat Hazards*, 80(3), 1729-1747. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2050-x>
- Amin, A., Aziz, B., & Liu, X. H. (2020). The relationship between urbanization, technology innovation, trade openness, and CO₂ emissions: Evidence from a panel of Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09777-y>
- Aslan, A., Destek, M. A., & Okumuş, İ. (2018). Sectoral carbon emissions and economic growth in the US: Further evidence from rolling window estimation method. *Journal of Cleaner Production*, 200, 402-411. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.237>
- Blk, 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. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.07.008>
- Chen, W., & Lei, Y. (2018). The impacts of renewable energy and technological innovation on environment-energy-growth nexus: New evidence from a panel quantile regression. *Renew Energy*, 123, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.02.026>
- Chen, Y., Wang, Z., & Zhong, Z. (2019). CO₂ emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China. *Renewable Energy*, 131, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.047>
- Chiu, C. L., & Chang, T. H. (2009). What proportion of renewable energy supplies is needed to initially mitigate CO₂ emissions in OECD member countries? *Renew Sustain Energy Rev*, 13(6), 1669-1674. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.026>

- Cialani, C. (2007). Economic growth and environmental quality: An econometric and a decomposition analysis, *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 18(5), 568-577. <https://doi.org/10.1108/14777830710778328>
- Doğan, E., & Öztürk, İ. (2017). The influence of renewable and non-renewable energy consumption and real income on CO₂ emissions in the USA: Evidence from structural break tests. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11), 10846-10854. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8786-y>
- Doğan, E., & Şeker, F. (2016). The influence of real output, renewable and non-renewable energy, trade and financial development on carbon emissions in the top renewable energy countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1074-1085. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.006>
- Doğan, E., & Turkekul, 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. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5323>
- Dünya Bankası, (2020, Temmuz). *Dünya Bankası veri tabanı*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a north American free trade agreement*, NBER Working Paper, No.3914, Washington. <https://doi.org/10.3386/w3914>
- IEA, (2016). *Energy policies of IEA countries: Turkey 2016 review*. <https://www.iea.org/reports/energy-policies-of-iea-countries-turkey-2016-review>
- IEA, (2018). *Global energy and CO₂ status report*. <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019>
- IEA, (2019). *World energy outlook 2019*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019/renewables#abstract> 28.07.2020
- IPCC, (2019). *Global warming of 1.5 C°* https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_Low_Res.pdf
- Jalil, A., & Mahmud, S. F. (2009). Environment Kuznets curve for CO₂ emissions: A cointegration analysis for China. *Energy Policy* 37(12), 5167-5172. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.044>
- Jebli, M. B., & Youssef, S. B. (2015). The environmental Kuznets curve, economic growth, renewable and non-renewable energy, and trade in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 173-185. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.049>
- Jebli, M. B., & Youssef, S. B. (2017). Renewable energy consumption and agriculture: Evidence for cointegration and Granger causality for Tunisian economy. *Int J Sustain Dev World Ecol*, 24, 149-158. <https://doi.org/10.1080/13504509.2016.1196467>
- Koç, S., & Buluş, G. C. (2020). Testing validity of the EKC hypothesis in South Korea: Role of renewable energy and trade openness. *Environmental Science and Pollution Research*, <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09172-7>
- Lin, S., Zhao, D., & Marinova, D. (2009). Analysis of the environmental impact of China based on STIRPAT model. *Environ. Impact Assess. Rev*, 29, 341-347. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.01.009>
- Liu, X., & Bae, J. (2018). Urbanization and industrialization impact of CO₂ emissions in China. *Journal of Cleaner Production*, 172, 178-186. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.156>
- López-Menéndez, A. J., Pérez, R., & Moreno, B. (2014). Environmental costs and renewable energy: Re-visiting the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Environmental Management*, 145, 368-373. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.017>

- Naz, S., Sultan, R., Zaman, K., Aldakhil, A. M., Nassani, A. A., & Abro, M. M. Q. (2019). Moderating and mediating role of renewable energy consumption, FDI inflows, and economic growth on carbon dioxide emissions: Evidence from robust least square estimator. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(3), 2806-2819. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3837-6>
- Ongan, S., Işık, C., & Özdemir, D. (2020). Economic growth and environmental degradation: Evidence from the US case Environmental Kuznets Curve hypothesis with application of decomposition. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 1-8. <https://doi.org/10.1080/21606544.2020.1756419>
- Pesaran, M. H., & Shin, Y. (1998). An autoregressive distributed-lag modelling approach to cointegration analysis. *Econometric Society Monographs*, 31, 371-413. <https://doi.org/10.1017/CCOL0521633230.011>
- Raza, S. A., & Shah, N. (2018). Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis in G7 countries: The role of renewable energy consumption and trade. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(27), 26965-26977. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2673-z>
- Ridzuan, N. H. A. M., Marwan, N. F., Khalid, N., Ali, M. H., & Tseng, M. L. (2020). Effects of agriculture, renewable energy, and economic growth on carbon dioxide emissions: Evidence of the Environmental Kuznets Curve. *Resources, Conservation and Recycling*, 160, 104879. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104879>
- Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic growth and environmental quality: Time series and cross-country evidence (English)*. Policy, Research Working Papers; No. WPS 904. World Development Report, World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/833431468739515725/Economic-growth-and-environmental-quality-time-series-and-cross-country-evidence>
- Shahbaz, M., Nasreen, S., Ahmed, K., & Hammoudeh, S. (2017). Trade openness–carbon emissions nexus: The importance of turning points of trade openness for country panels. *Energy Econ*, 61, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.11.008>
- Shuai, C., Chen, X., Shen, L., Jiao, L., Wu, Y., & Tan, Y. (2017). The turning points of carbon Kuznets curve: Evidences from panel and time-series data of 164 countries. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1031-1047. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.049>
- Sinha, A., & Shahbaz, M. (2018). Estimation of Environmental Kuznets Curve for CO₂ emission: Role of renewable energy generation in India. *Renew Energy*, 119, 703-711. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.12.058>
- Sinha, A., Shahbaz, M., & Balsalobre, D. (2017). Exploring the relationship between energy usage segregation and environmental degradation in N-11 countries. *J Clean Prod*, 168, 1217-1229. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.071>
- Sulaiman, J., Azman, A., & Saboori, B. (2013). The potential of renewable energy: Using the Environmental Kuznets Curve model. *Am J Environ Sci*, 9(2), 103-112. <http://doi:10.3844/ajessp.2013.103.112>
- Tachie, A. K., Xingle, L., Dauda, L., Mensah, C. N., Appiah-Twum, F., & Mensah, I. A. (2020). The influence of trade openness on environmental pollution in EU-18 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09718-9>
- United Nations (UN), (2015). *The Paris agreement*. https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf
- World Health Organization, (2018). *Achieving health benefit from carbon reductions*. https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/386923/health-carbon-reductions-eng.pdf?ua=1

- Yazdi, S. K., & Shakouri, B. (2017). Renewable energy, nonrenewable energy consumption, and economic growth, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 12(12), 1038-1045. <https://doi.org/10.1080/15567249.2017.1316795>
- Zafar, M. W., Mirza, F. M., Zaidi, S. A. H., & Hou, F. (2019). The nexus of renewable and nonrenewable energy consumption, trade openness, and CO₂ emissions in the framework of EKC: Evidence from emerging economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(15), 15162-15173. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04912-w>
- Zhou, X., Zhang, J., & Li, J. (2013). Industrial structural transformation and carbon dioxide emissions in China. *Energy Policy*, 57, 43-51. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.017>