

# **Türkiye'de İktisadi Büyüme ile Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkileri**

**Şerif CANBAY\***

## **Öz**

*Bu çalışma Türkiye için iktisadi büyüme ve yenilenebilir enerji kullanımının çevre kirliliği üzerindeki etkilerini tespit etmek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla Türkiye'ye ait 1990-2016 dönemi verileri Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Modele (ARDL) dayalı sınır testi yardımıyla incelenmiştir. Test sonuçlarında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Bununla birlikte iktisadi büyümenin kısa ve uzun dönemde karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonunu artırdığı, yenilenebilir enerji tüketiminin ise kısa ve uzun dönemde CO<sub>2</sub> emisyonunu azalttığı yönünde bulgulara ulaşılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** İktisadi Büyüme, Yenilenebilir Enerji, Karbon Dioksit (CO<sub>2</sub>) Emisyonu, ARDL Sınır Testi

## ***The Effects of Economic Growth and Renewable Energy Consumption on Environmental Pollution in Turkey***

### **Abstract**

*This study was carried out to determine the effects of economic growth and renewable energy consumption on environmental pollution in Turkey. For this purpose, Turkey's data for the period of 1990-2016 were examined with a boundary test base on an Autoregressive Distributed Lag Model (ARDL). According to test results, there appears to be cointegration between the variables. Besides, it was found that economic growth increased carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions both in the short -and the long term while*

\*Dr.Öğr.Üyesi, Düzce Üniversitesi, Akçakoca Bey SBF, İktisat Bölümü, serifcanbay@duzce.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0001-6141-7510>

Araştırma Makalesi/Makalenin Gönderilme Tarihi: 25.04.2019

Kabul Tarihi: 28.06.2019

*renewable energy consumption reduced CO<sub>2</sub> emissions both in the short- and long term.*

**Keywords:** *Economic Growth, Renewable Energy, Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Emissions, ARDL Bound Test*

**JEL Classification Codes:** *O44, Q01, O54, C32*

## Giriş

Küresel ısınma, iklim değişikliği ve çevre kirliliği uzun zamandan beri ulusal ve uluslararası sivil toplum kuruluşları ile siyasal iktidarların gündeminde sıcaklığını koruyan sorunların başında yer almaktadır. CO<sub>2</sub> emisyonu küresel boyutlara ulaşan çevre sorunlarının artmasını tetikleyen unsurlardan biridir. Özellikle CO<sub>2</sub> emisyonu 19'uncu yüzyılın ikinci yarısından itibaren bilhassa sanayi devrimi ile birlikte fosil yakıt kaynaklı enerji kaynaklarının kullanımının artmasıyla çok daha fazla hissedilir olmuştur. Bu süreç içerisinde enerji kaynaklarının kullanımının artması CO<sub>2</sub> emisyonunun artmasının yanısıra ülkelerin iktisadi büyümelerini de hızlandırmıştır. O zamandan bu zamana yaşanan çevre kirliliği ve küresel ısınma tüm canlı türlerinin yaşam kalitesini etkileyecek hatta tehdit edecek boyutlara ulaşmasına yol açmış ve günümüzde bazı ülkeler kendi CO<sub>2</sub> emisyonu seviyelerini düşürmeyi taahhüt ederken bazen de bir başka ülkenin CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltmaları konusunda baskı uygulamaya başlamışlardır. Spesifik bu baskılardan ziyade CO<sub>2</sub> emisyonu seviyelerini düşürmeye yönelik en önemli adımlardan biri dünya genelinde fosil yakıt kaynaklı enerji kullanımının yavaş yavaş azaltılması ve bu süreç içerisinde ülkelerin üretim mekanizmalarını sekteye uğratmayacak yeni alternatif enerji kaynaklarının kullanımı olduğu da çok açıktır. İşte tam burada CO<sub>2</sub> emisyonunun bu hayati derecedeki olumsuz etkilerini bertaraf etmenin ve mevcut ekonomik aktörlerin faaliyetlerini de aksatmadan sürdürebilmelerinin yolu alışlagelmiş enerji kaynak kullanımında değişikliğe gitmek olacaktır. Günümüzde fosil yakıt kaynaklı enerji üretiminin alternatifi yenilenebilir enerji gibi görünmektedir. Yenilenebilir enerji hem CO<sub>2</sub> emisyon hacmini azaltarak küresel ısınma sorununun önüne geçecek hem de petrol ve doğal gaz gibi enerji kaynaklarına sahip olmayan ülkelerin dışa bağımlılıklarını azaltarak ödemeler dengesi sorunlarını düzeltebilmelerine yönelik de bir fırsat sunacaktır. Bu noktada ülkelerin hem iktisadi hem de çevresel kirliliği azaltma içgüdüleri ile yenilenebilir enerji kullanımına yöneldikleri görülmektedir.

Ülkelerin enerji kullanımı olmaksızın iktisadi anlamda büyümeleri pek mümkün görülmektedir. Bunun yanında iktisadi büyüme pahasına enerji kullanımının yol açtığı çevre kirliliği de artık göz ardı edilememektedir. Bu kısır döngü birçok bilim insanı ve araştırmacıyı fosil yakıt kullanımından ziyade çevre kirliliğini en aza indirebilecek alternatif enerji kaynakları

olabilecek yenilenebilir enerji üretimine ve kullanımına yönelik çalışmalara zorlamıştır. Tüm bu çabalar iktisat literatürüne çevresel kirlilik ile iktisadi büyüme arasındaki ilişkilerin tespitine yönelik birçok ampirik çalışma kazandırmıştır.

Bu çalışmanın amacı Türkiye'deki iktisadi büyüme ve yenilenebilir enerji kullanımının çevre kirliliği üzerindeki etkilerini tespit etmektir. Bu amaç doğrultusunda 1990-2016 dönemi verileri ile değişkenler arasındaki ilişkiler ARDL sınır testi yardımıyla araştırılmıştır. Çalışmada öncelikle yenilenebilir enerji üretimi ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki daha sonra ise iktisadi büyüme ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi maksadıyla yapılmış olan ampirik çalışmaların literatürü verilecektir. Literatüre bakıldığında daha çok iktisadi büyüme ile CO<sub>2</sub> emisyonu ve yenilenebilir enerji ile CO<sub>2</sub> emisyonu ilişkisini ayrı ayrı inceleyen çalışmaların çok olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı modele bu üç değişkenin birlikte dahil edilerek daha güçlü bir model haline getirilmesidir. Literatür taramasının ardından çalışmanın analiz kısmı yapıp sonuçlar detaylı bir biçimde değerlendirilecektir.

### **1. Literatür Taraması**

İktisadi büyüme ile yenilenebilir enerji kullanımının CO<sub>2</sub> emisyonu ilişkisinin tespiti üzerine birçok çalışma yürütülmüştür. Öncelikle yenilenebilir enerji üretimi ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkiye yönelik ampirik çalışmaların başında Apergis vd.'nin 2010 yılında yapmış olduğu çalışmadan bahsedebiliriz. Apergis vd. (2010), 19 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeye ait 1984-2004 dönemi verileri ile panel veri analizi yöntemini kullanarak -CO<sub>2</sub> emisyonu, nükleer enerji ile yenilenebilir enerji tüketimi ilişkisini tespit etmek amacıyla- kurdukları model sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltıcı bir katkıda bulunmadığını tespit etmiştir. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) için yapılmış bir başka çalışmada Menyah ve Wolde-Rufael (2010), 1960-2007 dönemi verileri ile CO<sub>2</sub> emisyonu, yenilenebilir ve nükleer enerji tüketimi ile reel GSYİH arasında nedensellik ilişkisini araştırmıştır. Granger nedensellik testi sonuçlarında yenilenebilir enerji tüketimi ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında herhangi bir nedensellik tespit edilememiştir. Yazdi vd. (2010) İran'a ait 1975-2011 dönemi için yaptıkları çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltıcı etkisinin olduğuna ve her iki değişkenin çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığına yönelik bulgulara ulaşılmıştır. Benzer sonucun ortaya konulduğu başka bir çalışmada Tiwari (2011), Hindistan için 1960-2009 dönemi verileri ile yenilenebilir enerji üretiminin CO<sub>2</sub> emisyonunu azalttığı yönünde bulgulara ulaşmıştır. Farhani ve Shahbaz (2014), 1980-2009 dönemi için 10 Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkesi için yenilenebilir enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisini tespit etmek maksadıyla bir çalışma yürütmüştür. Çalışma neticesinde yenilenebilir enerji tüketimi ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Zeb vd. (2014), Bangladeş,

Hindistan, Nepal, Pakistan ve Sri Lanka'nın 1975-2010 dönemi verileri ile yenilenebilir enerji üretimi ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkiyi test etmişlerdir. Test sonuçlarına göre yenilenebilir enerji üretiminin CO<sub>2</sub> emisyonunu azalttığı tespit edilmiştir. Bölük ve Mert (2015) ise 1961-2010 dönemi Türkiye'ye ait yenilenebilir enerji üretimi ve CO<sub>2</sub> emisyonu verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada değişkenler arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu yönünde bulgulara ulaşmışlardır. İtalya'nın 1960-2011 dönemi verilerini kullanan Bento ve Moutinho (2016) yaptıkları çalışmada yenilenebilir enerji üretiminin yine benzer bir şekilde CO<sub>2</sub>'yi azalttığı yönünde bulgulara ulaşmışlardır. Acaravcı ve Erdoğan (2018), yenilenebilir enerji üretiminde öncü ilk beş ülke olan Brezilya, Kanada, Çin, Rusya ve ABD'nin 1992-2013 dönemine ait CO<sub>2</sub> emisyonu, yenilenebilir enerji üretimi ve kişi başı milli gelir değişkenleri ile kurdukları model sonucunda yenilenebilir enerji üretiminin CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltıcı etkisinin olduğunu saptamışlardır. Ito (2017), 42 ülkenin 2002-2011 dönemi verileri ile yaptığı çalışma sonucunda yenilenebilir enerji üretiminin CO<sub>2</sub> emisyonunu negatif yönde etkilediği yani azaltıcı etkisi saptanmıştır. Son olarak Chen vd. (2019) Çin'e ait 1980-2014 dönemi için ARDL sınır testi ve Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) yardımıyla yapmış oldukları çalışmada yenilenebilir enerji üretiminin CO<sub>2</sub> emisyonunu azalttığı yönünde bulgulara ulaşmışlardır.

Yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkilerin tespiti maksadıyla yapılan analizlerin sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde değişkenler arasında ters yönlü bir ilişkinin olduğu yani yenilenebilir enerji kullanımı arttıkça CO<sub>2</sub> emisyonunun azaldığı söylenebilir.

İktisadi büyüme ile CO<sub>2</sub> emisyonu ilişkisinin tespiti maksadıyla birçok çalışma yapılmıştır. Bu değişkenler arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalardan ele alacağımız ilki Wang vd.'nin (2011) Çin için yaptığı çalışmadır. Wang'ın çalışmasının bulguları iktisadi büyümenin CO<sub>2</sub> emisyonunu artırdığı yönündedir. Al-Mulali'nin (2011), Orta Doğu ve Kuzey Amerika (MENA) ülkeleri için 1980-2009 dönem verileriyle yaptığı çalışmada CO<sub>2</sub> emisyonu ile iktisadi büyüme arasında uzun dönemli bir ilişki tespit edilmiştir. Leitão (2014) ise Portekiz için 1970-2010 dönemi verilerini kullanarak yaptığı çalışmada CO<sub>2</sub> emisyonu ile iktisadi büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişkinin varlığına yönelik sonuçlar elde etmiştir. Magazzino'nun (2016), İtalya için 1970-2016 dönemi verilerini kullanarak yaptığı çalışmada CO<sub>2</sub> emisyonu ile iktisadi büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Begum vd.'nin (2015) Malezya için yaptıkları çalışmada 1970-1980 dönemi boyunca iktisadi büyüme ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında ters yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Fakat çalışmanın sonucunda 1980-2009 dönemi için iktisadi büyümedeki artışla birlikte CO<sub>2</sub> emisyonunun ciddi biçimde arttığı gözlemlenmiştir. Ahmad vd.'nin (2017) Hırvatistan için 1992Q1-2011Q1 dönemi için yaptıkları çalışma sonucunda kısa dönemde CO<sub>2</sub> emisyonu ile iktisadi büyüme arasında, uzun dönemde ise

İktisadi büyümeden CO<sub>2</sub> emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Son olarak Chen vd. (2019) Çin'e ait 1980-2014 dönemi için yapmış oldukları çalışmada iktisadi büyüme ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında nedensellik ilişkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

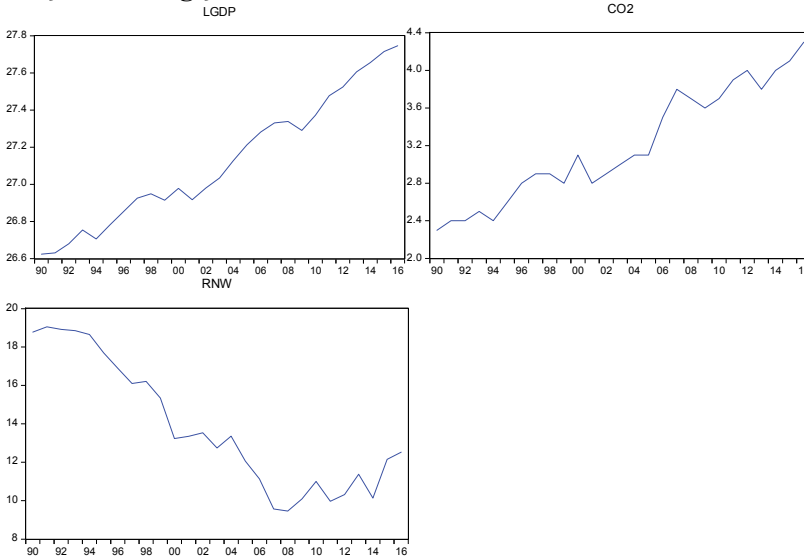
İktisadi büyüme ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkileri araştıran çalışmalarını yorumlamak gerekirse genel olarak değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin yanısıra iktisadi büyümenin CO<sub>2</sub> emisyonunu artırdığı söylenebilir.

## 2. Veri ve Model

İktisadi büyüme ile yenilenebilir enerji kullanımının CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkilerinin incelendiği bu çalışmada 1990-2016 dönemini kapsayan veriler kullanılmaktadır.<sup>1</sup> İktisadi büyümeye<sup>2</sup> ait veriler Dünya Bankası resmi internet sayfasından, yenilenebilir enerji kullanımı<sup>3</sup> ve CO<sub>2</sub> emisyonu verileri<sup>4</sup> ise OECD'ye ait resmi internet sayfasından alınmıştır.

Zaman serisi analizleri yapılırken öncelikle değişkenlerin zaman serisi özellikleri olup olmadığının incelenmesi gerekir. Bu kapsamda, değişkenlere ait zaman serisi grafikleri çizdirilmelidir. Değişkenlere ait grafikler Şekil 1'de görülmektedir.

**Şekil 1: Değişkenlere Ait Grafikler**



<sup>1</sup>Çalışmada 1990-2016 dönemini kapsayan veriler kullanılmıştır. Bunun nedeni Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesinin (2009:27-28) 1990'lı yıllarla gündeme getirdiği CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltıcı yönde etkisi olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yapılan yatırımların ve destek politikalarının ağırlık kazanmasıdır.

<sup>2</sup>Dünya Bankası Veri Tabanı, <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD>, (Erişim Tarihi: 10.02.2019)

<sup>3</sup>OECD Veri Tabanı, <https://data.oecd.org/energy/renewable-energy.htm> (Erişim Tarihi: 10.02.2019)

<sup>4</sup>OECD Veri Tabanı, <https://data.oecd.org/air/air-and-ghg-emissions.htm> (Erişim Tarihi: 10.02.2019)

Çalışmada değişkenler arasındaki ilişkiler şu şekilde modellenmiştir:

$$CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 LGDP_t + \beta_2 RNW_t + u_t \quad (1)$$

1 no'lu modelde yer alan  $CO_2$ , modelin bağımlı değişkeni olan  $CO_2$  emisyonunu temsil etmektedir. Modelin bağımsız değişkenlerinden olan LGDP iktisadi büyümeyi, RNW ise yenilenebilir enerji tüketimini göstermektedir. 1 no'lu modelde değişkenlerle birlikte gösterilen t indisi değişkenlerin zaman serisi olduğunu işaret etmektedir. Ayrıca model içinde sabit terim katsayısı  $\beta_0$  ile eğim katsayıları ise  $\beta_1$  ve  $\beta_2$  ile gösterilmektedir.  $\beta_1$  LGDP'deki %1'lik değişimin,  $\beta_2$  de RNW'deki %1'lik değişimin  $CO_2$  üzerindeki etkisini göstermektedir. Model sonunda yer alan  $u_t$  ise hata terimini sembolize etmektedir.

### 3. Yöntem ve Bulgular

İktisadi büyümenin ve yenilenebilir enerji kullanımının  $CO_2$  emisyonu üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada değişkenler arasındaki ampirik ilişkiler iki aşamalı bir yolla incelenmiştir. Bu aşamaların ilkinde Genelleştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testiyle değişkenlerin durağanlık düzeyleri kontrol edilecektir. Diğer aşamada ise ARDL sınır testi yardımıyla değişkenler arasında uzun dönemli ilişkilerin olup olmadığı incelenecektir.

Ekonometrik bir model tahmin edilmeden önce modeldeki verilerin durağan olup olmadığı kontrol edilmelidir. Durağan olmayan serilerle çalışmak sahte regresyon sorununa yol açabilmektedir. Sahte regresyon diğer bir ifade ile güvenilir olmayan sonuçlarla karşılaşmamak için modele dahil edilen verilerin durağanlığının kontrolü için birçok birim kök testi bulunmaktadır. Bu çalışmada serilerin durağanlığının sınanması amacıyla Said ve Dickey (1984) tarafından geliştirilen Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi kullanılmıştır. Tablo 1'de değişkenlere ait ADF birim kök testi sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 1: ADF Birim Kök Test Sonuçları**

Sabitli			Sabitli ve Trendli		
Değişken	Hesaplanan İstatistik	Olasılık	Değişken	Hesaplanan İstatistik	Olasılık
$CO_2$	-0,242	0,902	$CO_2$	-3,151	0,116
$\Delta CO_2$	-5,808*	0,001	$\Delta CO_2$	-5,733*	0,001
LGDP	0,542	0,984	LGDP	-2,169	0,485
$\Delta LGDP$	-5,072*	0,001	$\Delta LGDP$	-4,388*	0,012
RNW	-1,493	0,521	RNW	-0,379	0,982
$\Delta RNW$	-4,973*	0,001	$\Delta RNW$	-5,523*	0,001

**Not:** \*%1 anlamlılık düzeyinde durağanlığı göstermektedir.

Tablo 1'de görülen sabitli model ve sabitli-trendli model için ADF birim kök testi sonuçlarına göre hem sabitli model hem de sabitli-trendli model için  $CO_2$ , LGDP ve RNW değişkenlerinin birinci farkları I(1) alındığı takdirde %1 istatistiksel anlamlılık düzeyinde durağan hale geldiği

görülmektedir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkileri araştırmak maksadıyla Pesaran vd. (2001) tarafından ARDL sınır testi geliştirilmiştir. ARDL sınır testinin diğer eşbütünleşme testlerinden farkı ve üstün tarafı farklı düzeylerde durağan olan yani bir kısmı I(1) diğer kısmı I(0) olan değişkenler arasındaki ilişkilerin incelenmesine olanak sağlamasıdır. Bu esneklik beraberinde bazı ön koşullar getirmektedir. Bu ön koşullar bağımlı değişkenin mutlaka I(1) olması, diğer değişkenlerden hiçbirinin I(1)'den yüksek derecede durağan olmamasıdır. Bunun sebebi ise sadece I(0) alt değerleri için ve I(1) üst değerleri için kritik değerlerin hesaplanmış olmasıdır. Bu şartların varlığı halinde ARDL sınır testi yardımıyla değişkenler arasındaki ilişkiler incelenebilir.

ARDL bağımlı ve bağımsız değişkenlerin gecikmelerinin tek bir model içinde analize dahil edilmesine olanak sağlamaktadır. 2 no'lu modeldeki eşitlikte belirtilen  $\Theta$ 'lar bağımsız değişkenlerin katsayı matrisini, m, n ve l ise değişkenlere ait olabilecek farklı gecikme sayılarını temsil etmektedir. Model içindeki i gecikme sayısını,  $e_t$  ise hata terimini ifade etmektedir. 2 no'lu modelde gecikme sayıları için Schwarz Bilgi Kriteri (SIC) esas alınmıştır.

$$CO_{2t} = \theta_0 + \sum_{i=1}^m \theta_{1i} CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{2i} LGDP_{t-i} + \sum_{i=0}^l \theta_{3i} RNW_{t-i} + e_t \quad (2)$$

Çalışmada yapılan analizler neticesinde ARDL (1,0,0) modelinin uygun model olduğu saptanmıştır. Bu saptamaya ilave olarak modelin sağlıklı olup olmadığına yönelik tanımlayıcı testler uygulanmıştır. Testlerin ortaya koymuş olduğu sonuçlara göre ARDL (1,0,0) modelinde otokorelasyon ve değişen varyans problemlerine rastlanılmamış olup, hata terimlerinin normal dağıldığı ve modelin fonksiyonel biçiminde herhangi bir sıkıntı olmadığı yönündeki bulgular Tablo 2'de gösterilmektedir.

**Tablo 2: ARDL (1,0,0) Model Tahmini**

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
$CO_2$ (-1)	0,156164	0,149737	1,042918	0,3083
LGDP	1,288582*	0,242561	5,312410	0,0000
RNW	-0,021384	0,013083	-1,634499	0,1164
C	-31,94692*	6,200475	-5,152335	0,0000

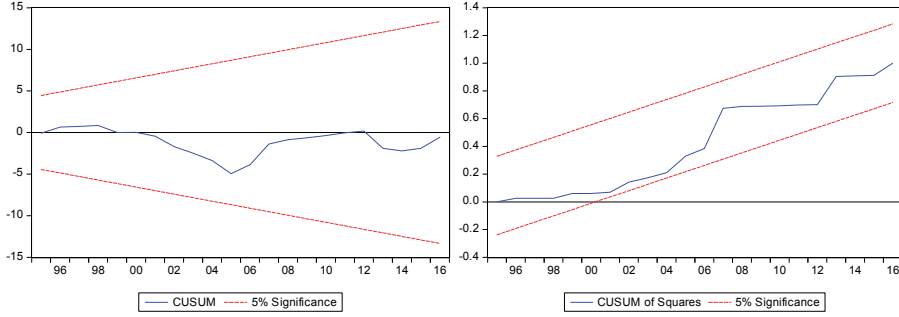
**Tanımlayıcı İstatistikler**

Test	Hesaplanan İstatistik	Olasılık
Breusch-Godfrey Otokorelasyon	1,646	0,438
Breusch-Pagan-Godfrey Değişen Varyans	2,522	0,471
Jargue-Bera Normallilik	1,403	0,495
Ramsey RESET	1,083	0,309

**Not:** \*%5 anlamlılık düzeyine göre anlamlılığı ifade etmektedir.

Çalışmanın ele alındığı dönem içinde ARDL(1,0,0) modelinden elde edilen katsayıların istikrarına ilişkin inceleme CUSUM ve CUSUMQ analizi yardımıyla test edilmiştir. Şekil 2'den de görüleceği üzere CUSUM ve CUSUMQ'ler %5 güven aralıklarının içinde olup ARDL(1,0,0) modeli için elde edilen katsayıların istikrarlı olduğu gözlemlenmiştir.

**Şekil 2: CUSUM ve CUSUMQ Sonuçları**



ARDL modelinin belirlenmesinin ardından değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkileri test etmek amacıyla 3 no'lu eşitlik oluşturulmuştur.

$$\begin{aligned} \Delta CO_{2t} = & \theta_0 + \sum_{i=1}^m \theta_{1i} \Delta CO_{2t-i} \\ & + \sum_{i=0}^n \theta_{2i} \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{i=0}^l \theta_{3i} \Delta RNW_{t-i} + \theta_4 CO_{2t-i} \\ & + \theta_5 LGDP_{t-i} + \theta_6 RNW_{t-1} + e_{1t} \end{aligned} \quad (3)$$

3 no'lu eşitlikteki değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin test edilebilmesi için;

$H_0: \theta_4 = \theta_5 = \theta_6 = 0$  (eşbütünleşme yoktur)

$H_1: \text{En az } \theta \neq 0$  (eşbütünleşme vardır) hipotezleri kurulmaktadır.

Hipotezleri sınamak için modelde yer alan  $\theta_4 = \theta_5 = \theta_6 = 0$  katsayılarının eşanlı sifıra eşit olup olmadığı Wald F testi yardımıyla incelenmektedir. Hipotezlere yönelik karara varabilmek için Wald F testi yardımıyla elde edilen istatistik değerler Pesaran vd.'ye (2001:300) ait çalışmada belirtilen alt sınır  $I(0)$  ve üst sınır  $I(1)$  değerleriyle kıyaslanmaktadır. Bu kıyaslama neticesinde hesaplanan istatistik değeri  $I(1)$  kritik değerinden büyükse  $H_0$  reddedilir. Yani değişkenler arasında uzun dönemli ilişkilerin varlığından bahsedilebilir.

**Tablo 3: ARDL Sınır Testi Sonuçları**

K	F istatistiği	%5 Kritik Değerler	
		I(0)	I(1)
1	5,42	4,13	5

Tablo 3'deki ARDL sınır testi sonuçlarına göre elde edilen F istatistik değeri (5,42), I(1) kritik değerinden (5) büyük olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilir. Bu sonuç LGDP ile RNW değişkeninin  $CO_2$  değişkenini uzun dönemde etkilediği anlamına gelmektedir. Bu bulgu dikkate alınarak iktisadi büyüme ile yenilenebilir enerji tüketiminin uzun dönemde  $CO_2$ 'ye etkisinin olduğu söylenebilir. Gelinen bu noktadan sonra hata düzeltme mekanizmasının çalışıp çalışmadığı, uzun ve kısa dönemde değişkenlerin birbirlerini nasıl etkilediği test edilmelidir. Bununla birlikte bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etkisinin olup olmadığı da test edilmelidir. Hata düzeltme mekanizmasının işlerliği 4 no'lu model vasıtasıyla kontrol edilmektedir.

$$\Delta CO_2 = \theta_0 + \sum_{i=1}^m \theta_{1i} \Delta CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{2i} \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{i=0}^l \theta_{3i} \Delta RNW_{t-i} + \theta_4 ECM_{t-1} + e_{2t} \quad (4)$$

4 no'lu modelde bulunan ECM(-1)'ye ait katsayının 0 ile -1 arasında ve istatistiki olarak anlamlı olması değişkenler arasındaki dengesizliklerin kısa dönemde ortadan kalktığını ifade etmektedir. Ayrıca Tablo 4'deki hata düzeltme modeli sonuçlarına göre ECM(-1) katsayısı 0 ile -1 arasında ve istatistiki olarak anlamlıdır. Dolayısıyla bu sonuçlar modelde yer alan kısa dönemli sapmaların uzun dönemde dengeye geldiğini ifade etmektedir.

**Tablo 4: Kısa ve Uzun Dönem Katsayıları**

Kısa Dönem Katsayıları ve Hata Düzeltme Modeli				
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
$\Delta LGDP$	1,367*	0,347	3,935	0,001
$\Delta RNW$	-0,048*	0,022	-2,163	0,041
ECM(-1)	-0,657*	0,214	-3,065	0,005
Uzun Dönem Katsayıları				
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
LGDP	1,527*	0,140	10,859	0,001
RNW	-0,025**	0,014	-1,729	0,097
C	-37,859*	3,983	-9,504	0,001

Not: \*,\*\* sırasıyla %5, %10 anlamlılık düzeyine göre anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 4'deki sonuçlara göre LGDP ile RNW değişkenlerinin kısa ve uzun dönemde  $CO_2$  değişkeni üzerindeki etkisi istatistiki olarak anlamlıdır. LGDP değişkeninin %1'lik artışı  $CO_2$  değişkenini kısa dönemde %1,4, uzun dönemde ise %1,5 artırmaktadır. RNW değişkeninin %1'lik artışı  $CO_2$  değişkeninin kısa dönemde %0,04, uzun dönemde ise %0,03 azaltmaktadır. Netice olarak iktisadi büyüme  $CO_2$  emisyonunu artırırken yenilenebilir enerji

kullanımı ise CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltmaktadır. Bununla birlikte ECM(-1) katsayısı beklenildiği gibi negatif işaretli ve anlamlıdır. Bu katsayının anlamlı olması modelde hata düzeltme mekanizmasının çalıştığını yani kısa dönemdeki sapmaların uzun dönemde dengeye geldiğini göstermektedir.

### **Sonuç**

İktisadi büyüme ve yenilenebilir enerji kullanımının çevre kirliliği üzerindeki etkilerini tespit etmek amacıyla 1990-2016 dönemi verileri kullanılarak yapılan ARDL sınır testi sonuçlarında değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisi saptanmıştır. Bununla birlikte iktisadi büyümenin kısa ve uzun dönemde CO<sub>2</sub> emisyonunu artırdığı, yenilenebilir enerji tüketiminin ise kısa ve uzun dönemde CO<sub>2</sub> emisyonunu azalttığı yönünde bulgulara ulaşılmıştır. İktisadi büyümede görülen %1'lik bir artışın uzun dönemde CO<sub>2</sub> emisyonunu yaklaşık olarak %1,5 artırdığı, yenilenebilir enerji kullanımındaki %1'lik bir artışın ise uzun dönemde CO<sub>2</sub> emisyonunu yaklaşık olarak %0,03 azalttığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar literatür kısmında belirtilmiş olan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Lakin Türkiye için yürütülen bu çalışmada iktisadi büyümenin CO<sub>2</sub> emisyonunu oransal olarak kendisinden daha fazla artırdığı sonucu toplumsal ve sağlık sorunlarının ciddi boyutlara ulaşabileceğinin de bir emaresi olarak görülmelidir.

İktisadi büyümenin CO<sub>2</sub> emisyonunu artırıcı özelliği içinde en önemli rol enerji kullanımından kaynaklanmaktadır. Bilindiği üzere fosil yakıtların kullanımı CO<sub>2</sub> emisyonu ile birlikte çevre kirliliğine ve küresel ısınmaya yol açtığı artık gizlenemeyen bir gerçek olarak uluslararası boyutta hararetle tartışılan küresel bir problem haline gelmiştir. Özellikle son yıllarda gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülke enerji bağımlılığını azaltmak ve çevresel hassasiyetlerden kaynaklı olarak yenilenebilir enerji üretimi, depolanması ve kullanımına yönelik ciddi boyutlarda araştırma ve geliştirme maliyetlerine katlanmaktadırlar. Çalışmanın literatüründe de ağırlıklı olarak belirtildiği gibi ampirik kısımdan çıkan sonuçlar yenilenebilir enerji kullanımının CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltıcı yönde etkisinin olduğudur. Fakat halihazırda Türkiye'nin yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı dünya geneline bakıldığında çok düşük oranlarda seyretmektedir. Türkiye gibi enerji bağımlısı ve cari açığının en büyük kısmı bu enerji bağımlılığından kaynaklanan ülkelerin yenilenebilir enerjiye yönelik yatırımlarının çevre hassasiyetlerinin yanında iktisadi sorunlarını istikrara kavuşturabilecek niteliklere sahip olduğu ortadadır.

### **Kaynakça**

Acaravcı, A. ve Erdoğan, S. (2018), "Yenilenebilir Enerji, Çevre ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Seçilmiş Ülkeler için Ampirik Bir Analiz", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 13(1), 53-64.

- Ahmad, N., Du, L., Lu, J., Wang, J., Li, H.Z. ve Hashmi, M.Z. (2017), “Modelling the CO<sub>2</sub> Emissions and Economic Growth in Croatia: Is There any Environmental Kuznets Curve?”, *Energy*, 123, 164-172.
- Al-Mulali, U. (2011), “Oil Consumption, CO<sub>2</sub> Emission and Economic Growth in MENA Countries”, *Energy*, 36(10), 6165-6171.
- Apergis, N., Payne, E.J., Menyah, K. ve Wolde-Rufael, Y. (2010), “On the causal Dynamics between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy, and Economic Growth”, *Ecological Economics*, 69, 2255-2260.
- Begum, R.A., Sohag, K., Abdullah, S.M.S. ve Jaafar, M. (2015), “CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption, Economic and Population Growth in Malaysia”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 594-601.
- Bento, J.P.C. ve Moutinho, V. (2016), “CO<sub>2</sub> Emissions, Non-Renewable and Renewable Electricity Production, Economic Growth, and International Trade in Italy”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 142-155.
- Bölük, G. ve Mert, M. (2015), “The Renewable Energy, Growth and Environmental Kuznets Curve in Turkey: An ARDL Approach”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587-595.
- Chen, Y., Wang, Z. ve Zhong, Z. (2019), “CO<sub>2</sub> Emissions, Economic Growth, Renewable and Non-Renewable Energy Production and Foreign Trade in China”, *Renewable Energy*, 131, 208-216.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (2009), *Türkiye Enerji Raporu 2009*, Ankara.
- Farhani, S. ve Shahbaz, M. (2014), “What Role of Renewable and non-Renewable Electricity Consumption and Output is Needed to Initially Mitigate CO<sub>2</sub> Emissions in MENA Region?”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 80-90.
- Ito, K. (2017), “CO<sub>2</sub> Emissions, Renewable and Non-Renewable Energy Consumption, and Economic Growth: Evidence from Panel Data for Developing Countries”, *International Economics*, 151, 1-6.
- Leitão, N.C. (2014), “Economic Growth, Carbon Dioxide Emissions, Renewable Energy and Globalization”, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(3), 391-399.
- Magazzino, C. (2016), “The Relationship between CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Italy”, *International Journal of Sustainable Energy*, 35(9), 844-857.
- Menyah, K. ve Wolde-Rufael, Y. (2010), “CO<sub>2</sub> Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth in the US”, *Energy Policy*, 38, 2911-2915.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. ve Smith, R. J. (2001), “Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships”, *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.

- Said, S.E. ve Dickey, D.A. (1984), “Testing for Unit Roots in Autoregressive-Moving Average Models of Unknown Order”, *Biometrika* 71(3), 599-607.
- The World Bank Open Data, <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD> (Erişim Tarihi: 10.02.2019)
- Tiwari, A.K. (2011), “A Structural VAR Analysis of Renewable Energy Consumption, Real GDP and CO<sub>2</sub> Emissions: Evidence from India”, *Economics Bulletin*, 31(2), 1793-1806.
- Wang S., Zhou D., Zhou P. ve Wang Q. (2011), “CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis”, *Energy Policy*, 39, 4870-4875.
- Yazdi, S.K., Khanalizadeh, B. ve Mastorakis, N. (2010), “Renewable, Non-Renewable Energy Consumption, Economic Growth and CO<sub>2</sub> Emission: Evidence for Iran”, *Advances in Environmental Sciences, Development and Chemistry*, 399-404.
- Zeb, R., Salar, L., Awan, U., Zaman, K. ve Shahbaz, M. (2014), “Causal Links between Renewable Energy, Environmental Degradation and Economic Growth in Selected SAARC Countries: Progress Towards Green Economy”, *Renewable Energy*, 71, 123-132.