



Seçili Enerji Tüketimlerinin Karbondioksit Emisyonu Üzerindeki Etkisinin ARDL Sınır Testi ile Belirlenmesi

Determining the Effect of Selected Energy Consumptions on Carbon Dioxide Emissions by ARDL Limit Test

Yıldırım DEMİR

Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of
Economics and Administrative Sciences,
Department of
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, İktisadi ve İdari
Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü,
Van, Türkiye
ydemir@yyu.edu.tr
ORCID 0000-0002-6350-8122 |

Şakir İŞLEYEN

Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of
Economics and Administrative Sciences,
Department of Econometrics,
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, İktisadi ve İdari
Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü,
Van, Türkiye
sakirisleyen@yyu.edu.tr
ORCID 0000-0002-8186-1990

Kerem ÖZEN

Independent Researcher / Bağımsız Araştırmacı

keremozen5@gmail.com ORCID 0000-0003-2264-2787

Article Information/Makale Bilgisi

Cite as/Atıf: Demir, Y., İşleyen, Ş. and Özen, K. (2023). *Determining the Effect of Selected Energy Consumptions on Carbon Dioxide Emissions by ARDL Limit Test. Van Yüzüncü Yıl University the Journal of Social Sciences Institute*, 59, 80 – 107.

Demir, Y., İşleyen, Ş. ve Özen, K. (2023). Seçili Enerji Tüketimlerinin Karbondioksit Emisyonu Üzerindeki Etkisinin ARDL Sınır Testi ile Belirlenmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 59, 80 – 107.

Article Types / Makale Türü: Research Article/Araştırma Makalesi

Received/Geliş Tarihi: 22 February 2023/22 Şubat 2023

Accepted/Kabul Tarihi: 23 March/23 Mart 2023

Published/Yayın Tarihi: 31 March/31 Mart 2023

Pub Date Season/Yayın Sezonu: March/Mart

Issue/Sayı: 59 **Pages/Sayfa:** 80 - 107

Plagiarism/İntihal: This article has been reviewed by at least two referees and scanned via a plagiarism software./ Bu makale, en az iki hakem tarafından incelendi ve intihal içermediği teyit edildi.

Published by/Yayıncı: Van Yüzüncü Yıl University of Social Sciences Institute/Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Ethical Statement/Etik Beyan: It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited/ Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (Yıldırım DEMİR- Şakir İŞLEYEN- Kerem ÖZEN).

Telif Hakkı ve Lisans/Copyright & License: Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır./ Authors publishing with the journal retain the copyright to their work licensed under the CC BY-NC 4.0.

Seçili Enerji Tüketimlerinin Karbondioksit Emisyonu Üzerindeki Etkisinin ARDL Sınır Testi ile Belirlenmesi

Öz

Hızla artan dünya nüfusu enerji kaynaklarına olan ihtiyacı artırmakta ve bu ihtiyaçlar yenilenemeyen enerji kaynaklarının aşırı kullanımına yol açmaktadır. Bu aşırı kullanımın başta CO₂ emisyonu olmak üzere çevre üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu bağlamda enerji tüketimi ile CO₂ arasındaki ilişki birçok çalışmada öne çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de kömür, doğalgaz, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji tüketimlerinin CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini ARDL Sınır testi ile incelemektir. Çalışmada, 1972-2021 yılları arasındaki veriler kullanılmış ve veriler Dünya Bankasından alınmıştır. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi için Toda-Yamamoto testi kullanılmıştır. ARDL testine göre %5 anlamlılık düzeyinde kömür, doğalgaz ve yenilenebilir enerji tüketimlerinin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisinin anlamlı ($p < 0.05$) olduğu, ancak hidroelektrik enerji tüketiminin etkisinin anlamlı ($p > 0.05$) olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonunu azalttığı ve diğer üç değişkenin ise emisyonu artırdığı gözlemlenmiştir. Nedensellik testine göre; CO₂ ile doğalgaz ve doğalgaz ile hidroelektrik arasında çift yönlü, kömürden doğalgaza ve hidroelektrikten kömüre ise tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunurken, yenilenebilir enerjinin ise hiçbir değişkenle nedensellik ilişkisi bulunmamıştır. Sonuç olarak, CO₂ emisyonu üzerinde en etkili değişkenin kömür olduğu belirlenmiştir. Böylece kömür enerjisi tüketiminin azaltılması ve bunun yerine yenilenebilir enerji tüketiminin artırılması CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde azaltacağından yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı temiz bir çevre için büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler:

ARDL, iklim değişikliği, karbondioksit emisyonları, Toda-Yamamoto.

Determining the Effect of Selected Energy Consumptions on Carbon Dioxide Emissions by ARDL Limit Test

Abstract

The rapidly increasing world population increases the need for energy resources and these needs lead to excessive use of non-renewable energy resources. This excessive use has negative effects on the environment, especially on CO₂ emission. In this context, the relationship between energy consumption and CO₂ is prominent in many studies. The aim of this study is to examine the effects of coal, natural gas, hydroelectric and renewable energy consumptions on CO₂ emission in Turkey with the ARDL Boundary test. In the study, the data between 1972 and 2021 were used and the data were obtained from the World Bank. Toda-Yamamoto test was used for the causality relationship between the variables. According to the ARDL test, it was determined that the effect of coal, natural gas and renewable energy consumptions on CO₂ emission was significant ($p < 0.05$) at the 5% significance level, but the effect of hydroelectric energy consumption was not significant ($p > 0.05$). In addition, it has been observed that renewable energy consumption reduces CO₂ emission and the other three variables increase it. According to the causality test; while there is a bidirectional causality relationship between CO₂ and natural gas, and between natural gas and hydroelectricity, and one-way causality from coal to natural gas and from hydroelectricity to coal, there is no causal relationship between renewable energy and any variable. As a result, it was determined that the most effective variable on CO₂ emission was coal. Thus, the use of renewable energy sources is of great importance for a clean environment, since reducing coal energy consumption and instead increasing renewable energy consumption will significantly reduce CO₂ emission.

Keywords:

ARDL, climate change, carbon dioxide emissions, Toda-Yamamoto.

Giriş

Atmosferdeki sera gazlarının artması hava kirliliğine ve dolayısıyla bu çağın en ciddi çevre sorunları arasında yer alan küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi iki temel soruna yol açmaktadır. Gün geçtikçe küresel boyutta çevre kirliliğinin artmasına neden olan sera gazlarındaki ve CO₂ emisyonlarındaki artışların insan faaliyetlerinden kaynaklandığı fikri bilimsel araştırmalarda daha yaygın bir şekilde dile getirilmektedir. Bu bağlamda ulusal ve uluslararası otoriteler, CO₂ emisyonlarını minimize etmek amacıyla çeşitli önlemler almaya çalışmaktadır. İşte bu noktada temel olarak fosil yakıt kullanımının azaltılarak CO₂ salınımının azaltılabileceği fikri önem kazanmaktadır. Ancak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ulaşım, turizm, imalat ve tarım gibi birçok sektörün gelişmesinde fosil enerji kaynakları yaygın olarak kullanılmaktadır (Okumuş, 2020, s. 22).

Fosil yakıtların yayılması, sera gazlarının yoğunluğunu artırmakta ve sera gazlarındaki artış, sera etkisine yol açarak dünyanın karbon depolama kapasitesini azaltmakta, böylece atmosferin doğal dengesinin bozulmasına sebep olmaktadır. İhtiyaç duyulan enerjinin büyük bir oranı, fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynakları gibi alternatif enerji kaynaklarından elde edilirse karbon emisyonlarının bu olumsuz etkileri tam olarak sıfırlanmasa bile bunların minimize edilmesine önemli katkılar sağlayacaktır (Çetintaş ve ark., 2017, s. 3). Zira fosil yakıtlar; gel-git, güneş, rüzgâr, jeotermal, atık enerji ve biokütle gibi primer enerji kaynaklarına dayanan yenilenebilir enerji kaynaklarına göre çok daha fazla sera gazı emisyonu üretmektedir. Sera etkisine neden olan karbondioksit emisyonlarının büyük bir oranına, enerji üretim ve tüketiminde fosil yakıtların aşırı kullanımı neden olmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı, bu aşırı kullanım nedeniyle 2050 yılına kadar petrol talebinin %70, CO₂ emisyonları ise %130 artacağını öngörmektedir (Çoban ve Kılınç, 2015, s. 197). Benzer bir çalışmada büyüme ile enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu arasında uzun dönemde negatif yönlü bir ilişkinin olduğu görülmektedir (Eygü ve Kılınç, 2021, s. 275).

Rezerv gibi bir probleminin olmaması yani doğada her zaman bulunması ve yenilenemez enerji kaynakları gibi karbon salınımına yol açmaması nedeniyle günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları oldukça popüler bir konuma sahiptir. Bu enerji kaynaklarının CO₂ emisyonları çok düşük olması çevrenin korunmasına ve temiz kalmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu kaynaklar, enerji kaynaklarını çeşitlendirme, enerji bağımlılığını azaltarak enerji güvenliğini sağlama ve enerjide dışa bağımlılığı azaltma gibi avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajlarından dolayı alternatif enerji kaynakları giderek tüm dünyada yaygınlaşmaktadır (Karaaslan ve ark., 2017, s. 1298). Dolayısıyla vergi sistemleri ve çevresel dışsallar azaltılarak fosil yakıtlar yerine çok daha az kirletici olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilebilir ve böylece fosil yakıt kullanımı da minimize edilebilir. Bu sayede çevre ve insan hayatını olumsuz etkileyen bazı olayların önüne geçilebilir.

Doğada meydana gelen bir olayla daha iyi ve etkili bir mücadele, soruna etki eden faktörlerin doğru belirlenmesiyle mümkün olabilir. Ancak çoğu kez sorun veya faktörler doğru belirlense bile, bunlar arasındaki ilişkileri ortaya koymada uygun model kullanılmaması hatalı sonuçlara yol açabilmektedir. Bu amaç doğrultusunda her geçen gün yeni yöntemler geliştirilmektedir. Bu yöntemlerden birisi de daha çok iktisadi alanda kullanılan ARDL modelidir. Bu model asimetrik davranışlar sergilemesi nedeniyle diğer bilim alanlarında da değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde kullanılmakta ve etkili sonuçlar vermektedir.

Bu çalışma iktisadi bir çalışma olmamasına rağmen çalışmada daha çok iktisadi alana uygulanan ekonometrik modeller kullanılarak Kömür, Doğalgaz (DG), Hidroelektrik (HE) ve Yenilenebilir (YE) enerji kaynaklarının çevre kirliliği üzerinde etkili bir parametre olan CO₂ salınımı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bölge, dönem, yöntem ve/veya kullanılan enerji türleri gibi özelliklerden en az birisi bakımından çalışma literatürdeki çalışmalardan farklılaşmaktadır. Bu yönüyle çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı ve iklim değişikliği konusunda üretilecek politikalara ışık tutabileceği düşünülmektedir.

1. Literatür Taraması

Farklı enerji kaynakları kullanılarak gerçekleştirilen tüketimlerin karbondioksit salınımı üzerindeki etkilerine yönelik ampirik literatür Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1.

Enerji Tüketimlerinin CO₂ Salınımı Üzerindeki Etkilerine Yönelik Kaynak Bildirileri

Yazar(lar)	Dönem	Yöntem	Bulgu
Çoban ve Kılıç (2015)	1990-2012	Zaman Serisi Analizi	Kişi başı yenilenebilir enerji tüketimiyle enerji kaynaklı kişi başı CO ₂ emisyonları arasında bir eşbütünlüğe ilişki belirlenmiştir. Ayrıca regresyon analizi, kişi başı yenilenebilir enerji tüketiminin enerji kaynaklı kişi başı CO ₂ salınımları üzerinde olumsuz, kişi başı GSYİH'daki artışın ise kişi başı CO ₂ salınımları üzerinde olumlu etkiye sahip olduğunu göstermektedir.
Bilgili ve ark. (2016)	1984-2015	Zaman Serisi Analizi	Analiz sonuçlarına göre, biyokütle enerji tüketiminin CO ₂ emisyonlarını azalttığı tespit edilmiştir.
Çetintaş ve ark. (2017)	1986-2013	Zaman Serisi Analizi	Fosil yakıtlardan elektrik üretiminin aşamalı olarak azaltılması zaman içinde CO ₂ emisyonlarında önemli tasarruflara yol açacağı ileri sürülmüştür. CO ₂ emisyonları artırılırken sadece elektrik üretiminde değil diğer alanlarda da emisyon tasarrufu sağlayan üretim süreçleri kullanılarak ekosistem üzerindeki olumsuz etkinin düşük tutulabileceği ifade edilmiştir.

Karaaslan ve ark. (2017)	1990-2012	ARDL Analizi	OECD ülkelerinde uzun vadede büyüme ile CO ₂ arasında pozitif bir ilişki, yenilenebilir enerji tüketimi ve nüfus artışı ile CO ₂ arasında ise negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Kısa vadede, nüfus artışı ve CO ₂ ile enerji harcaması ve CO ₂ arasında benzer ilişki elde edilmiştir. Türkiye'de kısa vadede, enerji tüketimi ile CO ₂ arasında pozitif bir ilişki, yenilenebilir enerji tüketimi, KBMG ve büyüme değişkenleri ile CO ₂ arasında ise CO ₂ negatif bir ilişki tespit edilmiştir.
Koengkan ve ark. (2017)	1980-2012	Panel Veri Analizi	10 Güney Amerika ülkesinde yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Analiz sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin alternatif kaynakların tüketilmesi durumunda karbondioksit emisyonlarını uzun dönemde % -0,0420 azaltmış kısa dönemde %1 arttırmıştır.
Squalli (2017)	2010	STIRPAT	ABD eyaletinde 2010 yılında kullanılan sera gazları verileri ile diğer emisyon kaynaklarını kontrol eden ABD ve büyük devletler yenilenebilir enerjinin daha düşük sera gazı emisyonlarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Eyaletlerin bireysel olarak kömür kullanımındaki paylarını %41,47'nin altına indirdikleri tespit edilmiştir.
Dong ve ark. (2018)	1965-2016	Yapısal Kırılma Modelleme Yöntemi	Çin'de CO ₂ emisyonları için EKC'nin varlığını doğrulamaktadır. Ayrıca, doğal gaz ve yenilenebilir kaynakların CO ₂ emisyonlarını azaltmada uzun ve kısa vadede olumlu etkileri gözlemlenmiştir.
Naz ve ark. (2018)	1975-2016	Panel Veri Analizi	Yenilenebilir enerji tüketimi (YET), doğrudan yabancı yatırım girişleri (DYY) ve ekonomik büyümenin CO ₂ emisyonları üzerindeki etkilerinin incelenmesi sonucunda ekonomik büyümenin ve DYY girişlerinin her ikisinin de CO ₂ emisyonlarını artırdığını, YET ise çalışma süresi boyunca CO ₂ emisyonlarını önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir.
Danish ve ark. (2019)	1990-2015	Panel Veri Analizi	BRICS ülkelerinde doğal kaynakların CO ₂ emisyonları üzerinde heterojen bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Doğal kaynakların bolluğu Rusya'da CO ₂ emisyonunu azaltacağını ancak Güney Afrika kirliliğe katkıda bulunacağını öne sürmüşlerdir.
Hasnisah ve ark. (2019)	1980-2014	Panel Veri, Sıradan Panel Eşbütünleşme	Çevresel kalite, ekonomik kalkınma, yenilenebilir ve yenilenemez enerji arasındaki ilişki incelemiş ve Yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kalite

		ve OLS	üzerinde etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir.
Subaşı (2019)	1987-2017	Eşbütünleşme, Toda ve Yamamoto	Model de değişkenler arasında durağan olmayan değişkenlere rastlandığından dolayı Toda ve Yamamoto (1994) nedensellik testi kullanılmıştır. Test sonuçları, toplam gelir ve karbon emisyonları arasında önemli bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir.
Valadkhani ve ark. (2019)	1965-2016	Panel Kıırma Regresyonu ve Zaman Serileri	Birincil enerji tüketim türlerinin (petrol, kömür, gaz, hidroelektrik ve diğer yenilenebilir kaynaklar) CO ₂ emisyonlarına etkisi incelenmiş ve sonuçlar farklı gelir seviyelerinde bir birincil yakıt kaynağından diğerine geçiş kıyaslandığında diğer ekonomiler baz alınarak yakıtta özüğü önemli kazanımlar elde etmişlerdir.
Azam ve ark. (2020)	1990-2014	Panel Eşbütünleşme ve Nedensellik Testi	Doğal gaz, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji tüketiminin ekonomik büyüme ve CO ₂ üzerindeki etkilerin araştırılması sonucunda değişkenler arasında nedenselliğın olduğu ve uzun dönemde bir denge korelasyonun varlığını tespit etmişlerdir.
Okumuş (2020)	1968-2014	ARDL (Auto Regressive Distributed Lag)	Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki belirlenmiştir. Yenilenemeyen enerji tüketiminin, ticaretin serbestleştirilmesinin ve şehirleşmenin kısa ve uzun vadede karbon emisyonlarını artıracığı ileri sürülmüştür. Ancak yenilenebilir enerji tüketimi, kısa vadede CO ₂ emisyonlarını azaltırken, uzun vadede etkisi istatistiki olarak anlamsız bulunmuştur.
Szetela ve ark. (2022)	2000-2015	Genelleştirilmiş EKK ve iki aşamalı GMM Yöntemini	Yenilenebilir enerjinin kişi başı CO ₂ emisyonu üzerinde önemli ölçüde olumsuz etkisi bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik artışın kişi başı CO ₂ emisyonları %1.25 azalttığı görülmektedir.
Eygü (2022)	1995-2020	ARDL Analizi	Yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Uzun dönem dengesinde meydana gelen sapmanın yaklaşık %46,49' u bir sonraki dönemde dengeye gelmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada; Türkiye'de kömür, doğalgaz, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin karbondioksit salınımı üzerindeki etkisi ARDL testi ile incelenmiştir. 1972-2021 yıllarını kapsayan veriler Dünya Bankasının <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> uzantılı

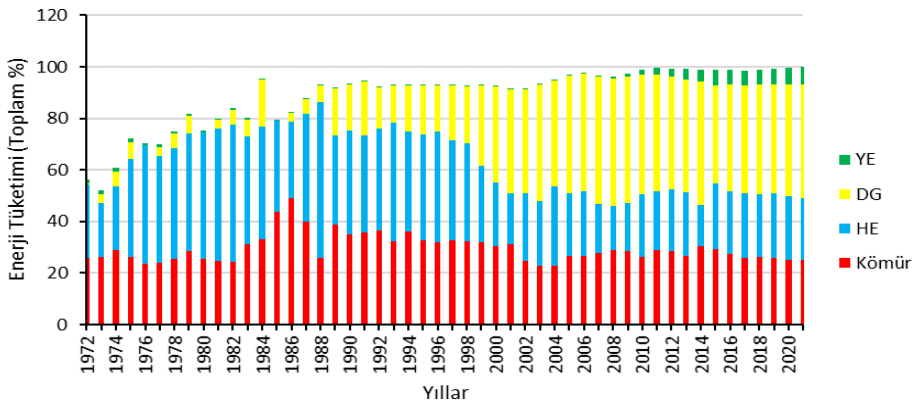
adresinden alınmıştır. Ancak Dünya bankasında sadece 1972-2015 yılları arasındaki veriler mevcut olduğundan 2016-2021 (6 yıllık) yılları için veriler ortalama atama yöntemi ile elde edilmiştir. Yaygın olarak kullanılan ortalama atama (OA), koşulsuz ortalama atama olarak da adlandırılan veri atama yöntemlerinden birisidir (Wilks, 1932).

Çalışmada, ADF ve PP gibi iki farklı birim kök testi kullanılarak serilerin durağanlığı sınanmış durağan olmayan seriler durağan hale getirilmiştir. Daha sonra Akaike bilgi kriterine (AIC) göre uygun model seçimi yapılmış ve ARDL modeli için varsayımlar sınanmıştır. Gerekli varsayımların sağlandığı belirlendikten sonra ARDL eşbütümleşme varlığı ve buna bağlı uzun dönem eşbütümleşme sonuçları incelenmiştir. Yapısal kırılmanın olup olmadığına bakıldıktan sonra aynı model üzerinden kısa dönem eşbütümleme durumu incelenmiştir. Son olarak değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olup olmadığı ve varsa nedenselliğin hangi yöne doğru olduğu Toda-Yamamoto nedensellik testi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Gerekli analizler Eviews 12 paket programı ile yapılmıştır. Ayrıca çalışmada kullanılan değişkenlere ait histogramlar Şekil 1 ve Şekil 2 ile verilmiştir.

Şekil 1 incelendiğinde 1972'den günümüze kömür, HE, DG ve YE kaynaklarından üretilen enerjinin toplam tüketilen enerji içerisindeki paylarının giderek arttığı ve 2010 yılından itibaren bu oranın neredeyse %100 olduğu görülmektedir. 1990'a kadar bu dört enerji kaynağı arasında en yüksek payın HE'ye ve daha sonra kömüre ait olduğu, doğal gazdan elde edilen enerjinin çok düşük ve yenilenebilir kaynaklardan ise minimal düzeyde enerji elde edildiği görülmektedir. 1990'dan sonra kömür ve hidrodan elde edilen enerjide düşüşler olurken, doğalgazdan elde edilen enerjide büyük artışlar meydana gelmiş ve 2010 yılından sonrada yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjide de önemli bir oranda artış olmuştur.

Şekil 1.

Bağımsız Değişkenler için Veri Dağılım Grafiği

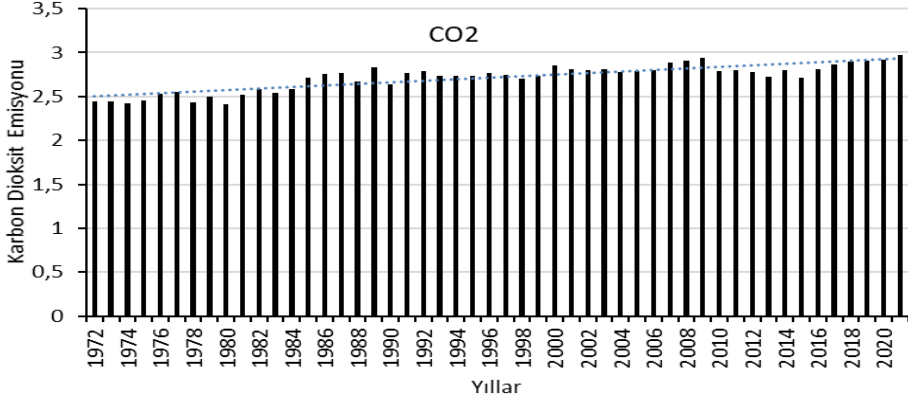


Özellikle son 15 yılda tüketilen enerjinin %45'inden fazlasının doğalgazdan ve %5 gibi bir oranın ise yenilenebilir kaynaklardan üretildiği belirlenmiştir. Böylece 2016 itibariyle Türkiye enerjisinin %50'sinden fazlasının nispeten diğer iki enerji kaynağından daha

temiz olan doğalgazdan ve yeşil enerji olarak adlandırılan yenilenebilir kaynaklardan elde edildiği söylenebilir.

Şekil 2.

CO₂ için Veri Dağılım Grafiği



Şekil 2 incelendiğinde, 1972'den günümüze elektrik enerjisi kaynaklı CO₂ emisyon oranındaki artışların doğrusal olduğu gözlemlenmektedir. Ancak Şekil 2, Şekil 1 ile birlikte değerlendirildiğinde enerji tüketimindeki ciddi artışların CO₂ emisyonunu çok fazla artırmadığı gözlemlenmektedir. Bu durum, son dönemlerde enerji tüketimindeki artışa rağmen kömür ve hidroda ki üretimin düşürülmesine, artış oranından fazlasının temiz enerji kaynaklarından üretilmesine bağlanabilir.

2.1. Zaman Serilerinde Durağanlık Testleri

Zaman serilerinde ortalama ve varyansın zamana bağlı değişim göstermemesi olayı durağanlık olarak ifade edilmektedir. Durağanlık şartını sağlayan bir zaman serisi, uzun dönemde ortalama etrafında dalgalanmakta ve ortalamaya dönme eğilimi göstermektedir. Durağan olan serilerin ortalamaya dönme eğilimi gösterebilmesi, serilere uygulanan bir birimlik geçici şokun etkisiyle mümkün olabilmektedir (Gujarati ve Porter, 2009) ve bu durağanlığın tespitinde yapısal kırılmalarda dikkate alınabilmektedir (Coşkun ve Eygü, 2020). Değişkenlerde birim kökün varlığı serinin durağan olmadığını göstermektedir. Durağan olmayan serilerin analizinde sahte regresyon olarak adlandırılan bir ilişki ortaya çıkmakta ve bu durumda güvenilir olmayan sonuçlar elde edilmektedir (Altun ve ark., 2018).

Birim kökün sınanması için birçok test bulunmaktadır. Bu çalışmada, Phillips-Perron (PP) ve Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testleriyle serilerde birim kök varlığı belirlenmeye çalışılmıştır.

2.1.1. Genişletilmiş Dickey-Fuller Birim Kök Testi (ADF)

Dickey ve Fuller (1979) tarafından geliştirilen birim kök testinde otokorelasyon problemi göz ardı edilmiştir. Ancak modeldeki hata terimlerinin otokorelasyonlu üzerine

Dickey ve Fuller (1981) tarafından geliştirilen birim kök testinde bu problemin ortadan kaldırılması amacıyla bağımlı değişkenin gecikmeli terimleri modele dâhil edilmiştir. Daha önce Dickey ve Fuller (1979) birim kök testi için geliştirilen kritik değerler ADF olarak adlandırılan genişletilmiş Dickey ve Fuller (1981) birim kök testi için de kullanılmıştır. Genişletilmiş test için uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesinde çeşitli ölçütler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesinde sonlu örneklerde daha güçlü sonuçlar veren AIC kullanılmıştır.

ADF testi için AR(p) süreçli denklemler geliştirilerek otokorelasyon problemi ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Sabit model ve sabit modele $\beta_1 t$ eklenerek sabit+trendli model oluşturulmuştur.

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \theta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \theta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Böylece eşitlik (1) sabit modellenli ve eşitlik (2) ise sabit+trendli modellenli göstermektedir. Bu eşitliklerde, ΔY_t ; değişkenlerin birinci farkını, β_0 ; sabit terimi, t ; trendi, p ; uygun gecikme uzunluğunu, Y_{t-1} ; gecikmeli fark trendini, ε_t ; hata terimini, β_1 , θ ve α ise ilişki katsayılarını göstermektedir (Pata ve ark., 2016). ADF için hipotez testleri aşağıdaki gibi kurulmaktadır.

H_0 : $\delta=0$ veya $\rho=1$ (Birim kök vardır, seri durağan değildir)

H_1 : $\delta<0$ veya $\rho<1$ (Birim kök yoktur, seri durağandır).

2.1.2. Phillips Perron Birim Kök Testi

Phillips ve Perron (1988), hata terimleri arasındaki otokorelasyonu düzeltmek amacıyla otoregresif-hareketli ortalama süreçlerini (ARMA) kullanan parametrik olmayan bir test önermişlerdir. Bu test, DF ve ADF testlerine karşı geliştirilen alternatif bir birim kök testidir. Phillips Perron testi, trendli zaman serilerinin durağanlık analizinde DF ve ADF testlerine göre daha güçlü sonuçlar vermektedir. Testle ilgili denklemler, eşitlik (3) ve (4) ile gösterilmiştir.

$$y_t = \hat{\mu} + \hat{\alpha} y_{t-1} + \hat{\varepsilon}_t \quad (3)$$

$$y_t = \tilde{\mu} + \tilde{\beta} \left(t - \frac{1}{2} T \right) + \tilde{\alpha} y_{t-1} + \tilde{\varepsilon}_t \quad (4)$$

Burada, EKK regresyon modeli katsayıları μ , α ve β , gözlem sayısı T ve hata terimi ise ε ile gösterilmektedir. Eşitlik (3) ve (4)'deki modellere sıfır dışında bir sabit terim eklendiği durumda veri oluşturma süreçleri, katsayılar ve t-istatistiği değişmeyeceğinden bu iki eşitlik yerine eşitlik (5) kullanılabilir.

$$y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Phillips ve Perron (1988) tarafından, eşitlik (3) ve (4)'ten elde edilen klasik test istatistikleri dönüştürülerek Z istatistikleri tanımlanmış ve parametre bağımlılık sorunu asimptotik olarak elimine edilmeye çalışılmıştır. Bu test ile DF testi aynı limit dağılıma sahip olduğundan Z istatistikleri, DF kritik değerlerini kullanmakta ve hipotezler aşağıdaki gibi kurulmaktadır (Demir, 2021a).

H_0 : $\delta=0$ veya $\rho=1$ (Seri durağan değildir veya seri birim kök içermektedir)

H_1 : $\delta<0$ veya $\rho<1$ (Seri durağandır veya seri birim kök içermemektedir).

2.2. Eş Bütünleşme Testi

Zaman serileri ekonometrik ve iktisadi çalışmaların temelini oluşturmaktadır. İktisadi zaman serileri arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla son yıllarda birçok bilimsel çalışma yayımlanmıştır. Zaman serileri arasındaki ilişkileri belirlemede eşbütünleşme analizleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Eşbütünleşme analizi, Granger (1981) ve Engle ve Granger (1987) tarafından geliştirilmiş ve günümüzde iktisadi alanda kullanılan popüler yöntemlerden biri haline gelmiştir. Eşbütünleşme, ortak stokastik eğilimli değişkenler arasında uzun dönemli ilişkilerin bulunması olayıdır. Böylece eşbütünleşmenin olduğu durumlarda değişkenlerin birbirinden bağımsız hareket edemediği ifade edilmektedir (İşleyen ve ark., 2017). Ancak, eşbütünleşme analizlerinin uygulanabilmesi için zaman serilerinin durağan hale getirilmesi gerekmektedir. Zira durağan olmayan zaman serileriyle gerçekleştirilecek analizlerde değişkenler arasındaki ilişkinin gerçeği yansıtılmasından ziyade sahte olabileceği belirlenmiştir (Engle ve Granger 1987).

2.2.1. Gecikmesi Dağıtılmış Otoresif Model (ARDL) Sınır Testi

Yaklaşımı

Pesaran ve Shin (1998) ve Pesaran ve ark. (2001) tarafından önerilen ve en küçük kareler (EKK) yaklaşımına dayanan ARDL yöntemi, değişkenler arasındaki otoresif ilişkilerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Zaman serileri için kullanılan regresyon analizlerinde, ardışık bağımlı model ve gecikmesi dağıtılmış (distributed lag) model olmak üzere iki model yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bağımsız değişkenler arasında bağımlı değişkenin bir veya daha fazla gecikmeli değerini içeren model ardışık bağımlı model olarak, bağımsız değişkenlerin şimdiki değerlerinin yanı sıra gecikmeli değerlerini de içeren model ise gecikmesi dağıtılmış model olarak tanımlanmaktadır. Bu modeller eşitlik (6) ve (7)'de verilmiştir (Demir, 2021b).

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (6)$$

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Burada, eşitlik (6) ardışık bağımlı modeli ve eşitlik (7) ise gecikmesi dağıtılmış modeli göstermektedir.

Engle-Granger yönteminde, iki değişken arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı araştırılırken, tahmini uzun dönem denge sapması kullanılmaktadır. Değişkenlerin

gecikmeli değerlerinin göz ardı edilmesi spesifikasyon hatası gibi bir soruna yol açtığından eşbütünleşme ilişkisinin belirlenmesinde ARDL modeli önerilmektedir (Sevüktekin ve Çınar, 2017). ARDL sınır test yaklaşımı, serilerin hangi düzeyde durağan olduğuna bakılmaksızın seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin belirlenebilmesi ve küçük örnekleme boyutlarında etkili sonuçlar vermesi, seri korelasyon ve içsellik sorununu önlemesi gibi önemli avantajlara sahiptir (Narayan, 2004).

ARDL sınır testi ile eşbütünleşme ilişkisini belirlemede aşağıdaki hipotezler kurulmaktadır.

$H_0: y_1 = y_2 = \dots = 0$, Eşbütünleşme ilişkisi bulunmamaktadır,

$H_1: y_1 \neq y_2 \neq \dots \neq 0$, Eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır.

Hesaplanan F istatistiği, kritik değer in üst sınırından büyük olduğunda H_0 hipotezi reddedilerek değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu, kritik değer in alt sınırından küçük olduğunda ise H_0 hipotezi kabul edilerek değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı söylenebilir. F istatistiği, kritik değer in alt ve üst sınırları arasında yer alıyorsa eşbütünleşme hakkında karar verilememektedir.

2.3. Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

Literatürde, Granger nedensellik testi ile yapılan çalışmalar daha fazladır. Ancak, serilerin aynı düzeyde durağan olması durumunda bu testin kullanılması daha uygundur. Serilerin aynı düzeyde durağan olmaması durumunda bu test ile yapılan analizlerde hatalı sonuçlar elde edilebilir. Serileri aynı düzeyde durağanlaştırmak için durağan olan serilerinde farkları alınmakta, ancak bu durumda belli bir oranda veri kaybı meydana gelmektedir. Meydana gelebilecek veri kayıplarını önlemek amacıyla farklı düzeyde durağan olan seriler arasındaki nedensellik ilişkisinin belirlenmesinde vektör otoregresif (VAR) modele dayanan Toda-Yamamoto (1995) testinin kullanılmasıyla daha sağlıklı sonuçlara ulaşılabilir (Squalli, 2007; Meçik ve Koyuncu, 2020).

Toda-Yamamoto test modelinin doğru belirlenmesi ve seviyede daha iyi sonuçların elde edilmesi öncelikle maksimum bütünleşme derecesi (d_{max}) ve gecikme uzunluğu (p) belirlenmesiyle mümkündür. Bu iki parametre belirlendikten sonra, $p + d_{max}$ boyutunda VAR ($VAR_{(p+d_{max})}$) bir modeli oluşturularak Toda-Yamamoto testi kullanılmaktadır. Ancak Toda-Yamamoto nedensellik testinin kullanılabilmesi için d_{max} değerinin, p değerinden küçük veya bu değere eşit olması gerekmektedir. VAR modeli, eşitlik 8 ve 9 ile gösterilmektedir (Riyath, 2018; Demir, 2021b).

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \alpha_1 Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \alpha_2 X_{t-1} + \mu_{yt} \quad (8)$$

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_1 X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_2 Y_{t-1} + \mu_{xt} \quad (9)$$

3. Bulgular

Analizlerde kullanılan değişkenler ait tanımlayıcı istatistiklerden ortalama, medyan, standart sapma, maksimum-minimum değerler ve değişim aralığı Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2.

Değişkenler için Tanımlayıcı İstatistikler

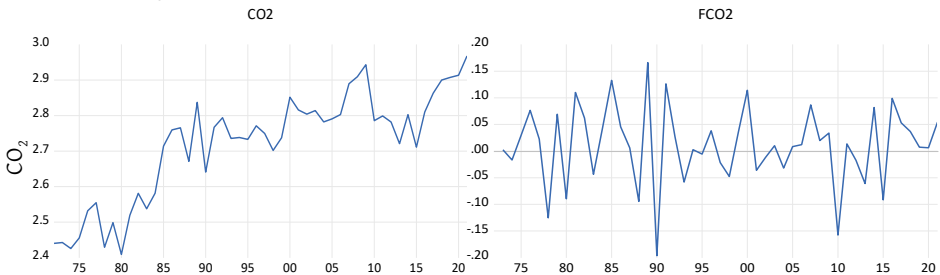
Değişken	Tanımlayıcı İstatistikler						
	N	Ortalama	Medyan	S. Sapma	Max.	Min.	D. Aralığı
Co2	50	2.7178	2.7626	0.1528	2.9678	2.4091	0.5587
Kömür	50	29.5689	28.4909	5.4172	48.9633	22.8590	26.1043
HE	50	32.7334	29.8458	10.6722	60.2502	16.1313	44.1189
DG	50	25.2888	21.1386	17.9379	49.7359	0.1695	49.5664
YE	50	1.5416	0.51296	2.1058	6.6971	0.0175	6.6796

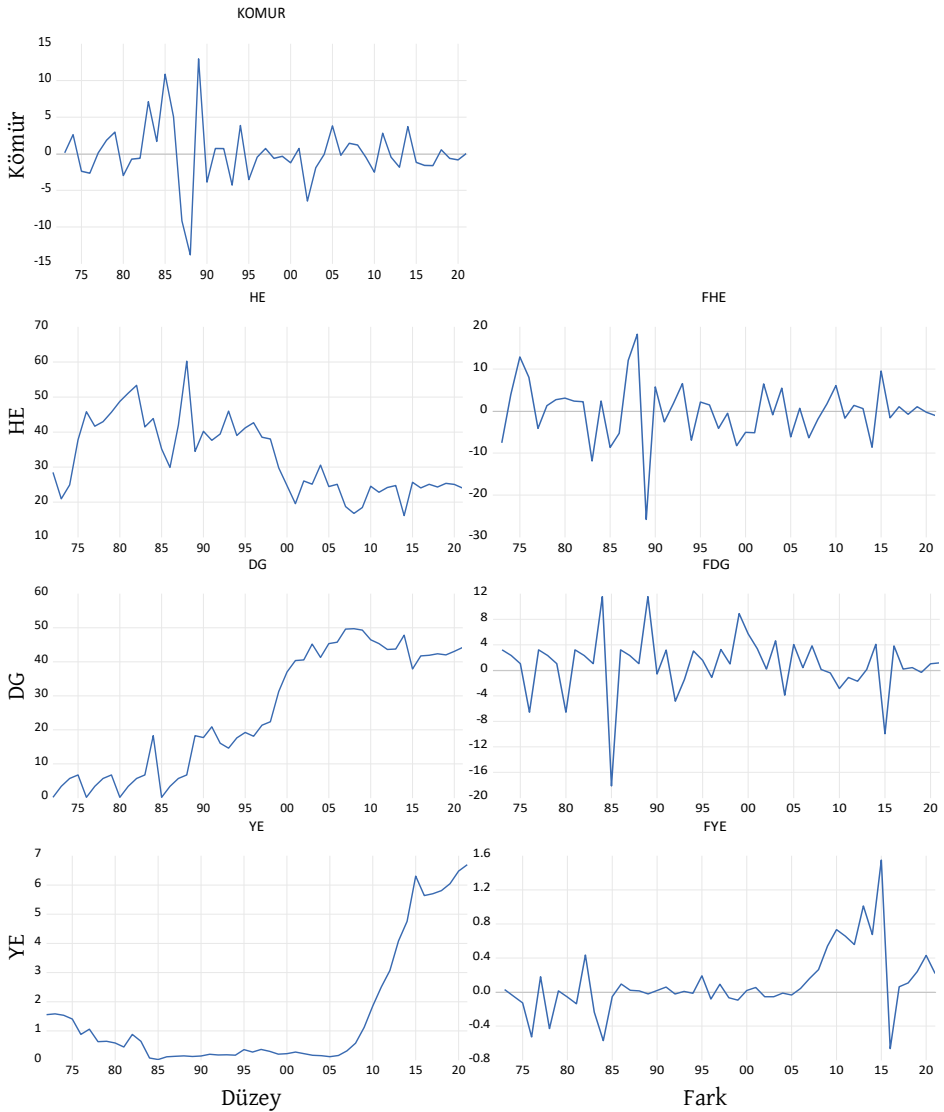
Tablo 2 incelendiğinde, son 50 yılda Türkiye için en yüksek CO₂ salınımının 2.9678, en düşük salınımın 2.4091 ve ortalama CO₂ salınım değerinin ise 2.7178 olduğu görülmektedir. Bu süre içerisinde tüketilen elektrik enerjisinin ortalama %29.5689’u kömürden, %32.7334’ü hidroelektrikten, %25.2888’i doğalgazdan ve %1.5416’sı yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir. Ayrıca kömürden elde edilen elektrik %22.8590 ile %48.9633 arasında değişim gösterirken, HE’den elde edilen enerjinin %16.1313-%60.2502, DG’den elde edilen enerjinin %0.1695-%49.7359 ve YE’den elde edilen enerjinin ise %0.0175-%6.6971 arasında değişim göstermektedir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında oransal olarak en büyük değişimin yaklaşık 382 katla YE’de meydana geldiği ve DG’deki değişimin de çok ciddi olduğu görülmektedir.

Birim kök test sonuçlarına bakılmadan önce değişkenlerin durağanlığı hakkında fikir sahibi olmak ve serilerdeki kırılmaları belirlemek amacıyla değişkenlere ait birim kök grafikleri Şekil 3’de verilmiştir.

Şekil 3.

Birim Kök Grafiği





Şekil 3 incelendiğinde, düzeyde sadece kömür değişkenine ait gözlemlerin herhangi bir yöne eğilim göstermeden belli sınırlar içerisinde sıfır etrafında bir yayılım gösterdiği gözlemlenirken, düzeyde diğer değişkenler için bu durum gözlemlenmemektedir. Ancak kömür değişkeni dışındaki değişkenlerin birinci farkları alınarak bu değişkenler için yeni grafikler oluşturulmuş ve oluşturulan grafiklerde değişkenlere ait gözlemlerin herhangi bir yöne eğilim göstermeden sıfır etrafında bir yayılım gösterdiği gözlemlenmiştir. Böylece, kömür değişkeninin düzeyde ve diğer değişkenlerin ise birinci farkta daha durağan bir grafiğe sahip oldukları belirlenmiştir. Bu veri saçılım grafiği Tablo 3'te verilen birim kök testleriyle de desteklenmektedir.

ADF ve PP birim kök testleri kullanılarak değişkenlerin durağan olup olmadığı belirlenmeye çalışılmış ve analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3 incelendiğinde, ADF ve PP testleri kullanılarak yapılan analizlerde sabit ve sabit+trendli modellerin olasılık değerlerine göre ($p < 0.05$) düzeyde kömür için H_0 hipotezi ret edilmektedir. Böylece bu değişkenin düzeyde durağan olduğu belirlenmiştir. Ancak kömür dışındaki diğer değişkenlere ait sonuçlar incelendiğinde iki test ve iki modelde de bu değişkenlere ait olasılık değerlerinin 0.05'ten büyük oldukları görülmektedir. Böylece, CO_2 , HE, DG ve YE değişkenleri için H_0 hipotezi kabul edilmekte ($p > 0.05$) ve bu dört değişkenin %5 anlamlılık düzeyinde birim kök içerdiği yani bu serilerin durağan olmadığı tespit edilmiştir. Birim kök içeren bu serilerin birinci dereceden farkları alındıktan sonra seriler tekrar analiz edilmiş, kullanılan iki test ve modele göre de düzeyde durağan olmayan bu dört değişken için H_0 hipotezi reddedilmiştir. Dolayısıyla birinci dereceden fark alma işleminden sonra %5 anlamlılık düzeyinde CO_2 , HE, DG ve YE değişkeninin de durağan hale geldiği görülmektedir.

Tablo 3.

Birim Kök Test Sonuçları

Test	Değişken	I(0)				I(1)			
		Sabit		Sabit+Trendli		Sabit		Sabit+Trendli	
		t-İst.	p-değeri	t-İst.	p-değeri	t-İst.	p-değeri	t-İst.	p-değeri
ADF	CO_2	-1.484	0.543	-3.393	0.073	-10.637	0.001	-10.580	0.001
	Kömür	-3.039	0.042	-7.604	0.005				
	HE	-2.370	0.173	-5.604	0.182	-8.690	0.001	-8.702	0.001
	DG	-0.841	0.790	-2.561	0.311	-9.783	0.001	-9.686	0.001
	YE	-1.401	0.584	-2.343	0.412	-8.073	0.001	-8.264	0.001
PP	CO_2	-1.672	0.452	-3.350	0.074	-11.027	0.001	-10.954	0.001
	Kömür	-9.181	0.003	-9.281	0.001				
	HE	-2.340	0.170	-3.412	0.070	-9.316	0.001	-9.459	0.001
	DG	-0.976	0.761	-2.427	0.372	-10.157	0.001	-10.053	0.001
	YE	-1.271	0.658	-2.223	0.484	-8.463	0.001	-10.617	0.001

$p < 0.05$

Değişkenler aynı düzeyde durağanlık göstermiyorsa bunlar arasındaki eşbütünlüğün belirlenmesinde ARDL uygun bir yaklaşımdır. Çalışmada maksimum gecikme sayısı 5 olarak alınmış ve uygun gecikme uzunluğu 4 olarak belirlenmiştir. ARDL'de uygun model tahminin yapılması için AIC kullanılmış, AIC bilgi kriterine göre uygun model ARDL (2, 2, 0, 2, 4) olarak belirlenmiş ve gerekli sonuçlar Tablo 4'te sunulmuştur. Ayrıca, ARDL analizlerinde EKK yaklaşımına ait temel varsayımların göz ardı edilmemesi gerekmektedir. EKK yaklaşımı varsayımları için ARDL tanimsal test sonuçları da Tablo 4'de verilmiştir.

Belirleme katsayısı (R^2), bağımlı değişkendeki değişimin ne oranda bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir. Tablo 4 incelendiğinde CO_2 'daki varyasyonun yaklaşık %93'ü Kömür, HE, DG ve YE değişkenleri ile açıklanabileceği görülmektedir. Düzeltilmiş R^2 değeriyle de CO_2 'daki varyasyonun yaklaşık %88'inin bu

değişkenler tarafından açıklandığı görülmekte ve bu değer model popülasyona genelleştirildiğinde dikkate alınmaktadır. R^2 ve düzeltilmiş R^2 değerlerinin yüksek olması bağımlı değişkeni açıklamada bağımsız değişkenlerin gücünü göstermektedir. Modelin uygun olması için F-istatistiği anlamlı olması gerekmekte ve F-istatistiği olasılık değerine ($p < 0.05$) göre ARDL (2, 2, 0, 2, 4) modelin anlamlı olduğu görülmektedir. Otokorelasyon sorununun varlığı Breush-Godfrey LM testiyle belirlenmiş ve test istatistiği 2.351 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.

ARDL (2, 2, 0, 2, 4) Modeli için Tanısal Test Sonuçları

<i>Tanısal Testler</i>	<i>Test İstatistikleri</i>	<i>p</i>
R^2	0.934	
Adjusted R^2	0.881	
F- İstatistik	24.143	0.001
Breush-Godfrey LM Test	2.351	0.316
Breusch-Pagan-Godfrey Test	14.346	0.430
Jargue-Bera Normality Test	0.239	0.897
Ramsey-Reset Test	0.064	0.826

$p < 0.05$

Breush-Godfrey LM olasılık değerine ($p > 0.05$) göre otokorelasyon probleminin olmadığı gözlemlenmektedir. Değişen varyans problemi olan çalışmalarda hatalı sonuçlar elde edilebilir, bu nedenle çalışmada değişen varyans sorununun olup olmadığı Breusch-Pagan-Godfrey testi ile belirlenmeye çalışılmış ve test istatistiği 14.346 olarak elde edilmiştir. Breusch-Pagan-Godfrey olasılık değerine ($p > 0.05$) göre çalışmada değişen varyans sorununun olmadığı belirlenmiştir. Hataların normal dağılım gösterip göstermediği Jargue-Bera normalite testi ile belirlenmiş ve test istatistiği 0.239 olarak hesaplanmıştır. Test olasılık değerine ($p > 0.05$) göre hataların normal dağılıma sahip olduğu söylenebilir. Model kurma hatasının varlığı Ramsey-RESET testi ile sınanmış ve test istatistiği 0.064 olarak hesaplanmıştır. Test olasılık değerine ($p > 0.05$) göre model kurma hatasının olmadığı gözlemlenmiştir.

Tablo 5'de, çoklu doğrusal bağıntı problemi için VIF değerleri verilmiştir. Çoklu doğrusal bağıntı probleminin belirlenmesinde varyans şişirme değeri (VIF) yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisidir. Bu değer artıkça değişkenler arasındaki çoklu doğrusal bağlantı da artmaktadır. VIF değeri 10'dan büyük olduğunda ilgili bağımsız değişkenler arasında çoklu bağıntı sorunu olduğu söylenebilir.

Tablo 5.

Çoklu Doğrusal Bağlantı Problemi

	<i>Kömür (VIF)</i>	<i>DG (VIF)</i>	<i>HE (VIF)</i>	<i>YE (VIF)</i>
0	9.503	9.715	9.301	4.103

-1	9.210	9.405	5.461
-2	9.813	8.203	4.509
-3			4.050
-4			2.790

Tablo 5 incelendiğinde, dört bağımsız değişkene ait VIF değerinin de 10'dan küçük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bağımsız değişkenler arasında herhangi bir ilişkinin olmadığı ve çoklu doğrusal bağıntı probleminin gözlemlenmediği belirlenmiştir.

Tablo 6'da, ARDL sınır testine göre eşbütünlük varlığının sınanması için F istatistik değerleri ve %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde kritik değerler verilmiştir.

Tablo 6.

ARDL Eşbütünlük Sınır Testi

Bağımsız Değişken sayısı (k)	p istatistiği	Anlamlılık Düzeyi	Kritik Değerler	
			Alt Sınır	Üst Sınır
		%1	3.845	5.150
4	11.97	%5	2.823	3,872
		%10	2,372	3,320

Tablo 6'da, %5 anlamlılık düzeyi dikkate alındığında F istatistik değerinin üst sınır değerinden büyük ($11.97 > 3.872$) olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasında eşbütünlük belirlenmiştir.

Eşbütünlük belirlendiğinden bu değişkenler arasındaki ilişkiye ait parametreler ARDL modeli ile tahmin edilmiş ve uzun dönem ARDL modeli kullanılarak hesaplanan katsayılar ve olasılık değerlerine ait sonuçlar Tablo 7'de verilmiştir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki Tablo 7'deki bilgiler kullanılarak belirlenebilir.

Tablo 7.

Uzun Dönem ARDL Eşbütünlük Sonuçları

Değişken	Katsayılar	Standart Hata	t	p
Sabit	1.976	0.110	15.264	0.001
Kömür	0.018	0.001	9.416	0.001
DG	0.007	0.001	6.503	0.001
HE	0.003	0.002	0.479	0.639
YE	-0.039	0.004	-1.876	0.039

$p < 0.05$

Tablo 7 incelendiğinde, kömür, DG ve YE bağımsız değişkenlerinin CO₂ bağımlı değişkeni üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu ($p < 0.05$), HE bağımsız değişkeninin ise anlamlı bir etkiye sahip olmadığı ($p > 0.05$) görülmektedir. Kömür de meydana gelen bir birimlik değişimin CO₂'de 0.018'lik bir artışa, DG'de meydana gelen bir birimlik değişimin

CO₂'de 0.007'lik bir artışa ve YE'de meydana gelen bir birimlik değişimin ise CO₂'de 0.039'luk bir düşüğe neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca HE'de meydana gelen bir birimlik değişimin CO₂'de 0.003'lük bir artışa neden olduğu ancak bu değişimin CO₂ üzerindeki etkisinin anlamsız olduğu söylenebilir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında bu değişkenlerden, CO₂ salınımı üzerindeki en etkili değişkenin kömür olduğu belirlenmiştir. Böylece, CO₂ ve bağımsız değişkenler arasındaki model;

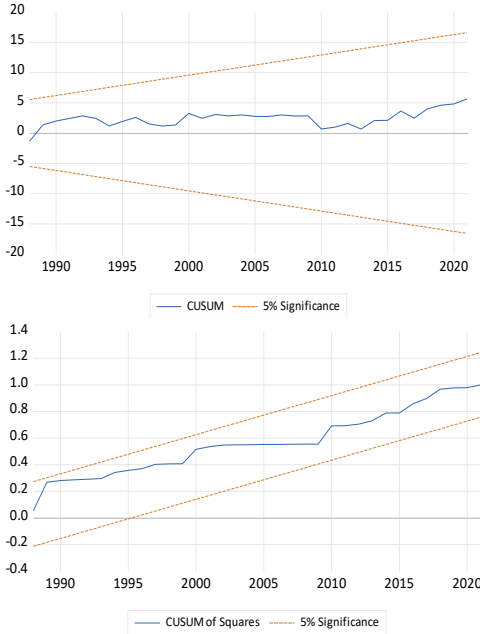
$$CO_2 = 1.976 + 0.018 * Kömür + 0.007 * DG + 0.003 * HE - 0.039 * YE$$

olarak kurulmaktadır.

Değişkenlerdeki yapısal kırılmaları sınamak amacıyla geri dönüşümlü hata terimlerinin kareleri kullanılarak CUSUM ve CUSUMQ grafikleri oluşturulmuş ve bu grafikler yardımıyla da ARDL modelinin kararlılığı incelenmiştir.

Şekil 4.

Yapısal Kırılma için CUSUM ve CUSUMQ Grafiği



Şekil 4'de, değişkenlerin %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar arasında kalması ARDL modelinin kararlı ve dolayısıyla model katsayılarının istikrarlı olduğunu göstermektedir. Tahmin edilen ARDL modeline ait kararlılığı gösteren Şekil 4 incelendiğinde, her iki grafikte de %5 anlamlılık düzeyinde değerlerin kritik sınırlar dışına taşmadığı ve bu sınırlar arasında kaldığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla değişkenlerde yapısal kırılmanın olmadığı ve uzun dönem katsayıların istikrarlı olduğu belirlenmiştir.

Hata düzeltme katsayısı CointEq(-1) ile gösterilmekte ve hata düzeltme katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olabilmesi için, 0 ile 1 arasında negatif bir değer alması

gerekmektedir (Polat ve Gemici, 2017). Tablo 8 kısa dönem eşbütünleşme analiz sonuçlarını ve hata düzeltme teriminin çalışıp çalışmadığını göstermektedir.

Tablo 8 incelendiğinde, hata düzeltme terimi -0.783 olarak bulunduğundan istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilir. Bu durum değişkenler arasında uzun dönemde meydana gelen bir sapmanın sonraki dönemde yaklaşık olarak %79.5 oranında değişkenlerin birbirine yaklaştığını göstermektedir. Başka bir ifade ile CO₂ için oluşacak kısa dönemli sapmalar, uzun dönemde salınımlar göstererek tekrar denge noktasına yakınsama gösterebileceği tahmin edilebilir. F istatistik değerinin (5.738) %5 anlamlılık düzeyinde kritik değerin üst sınırından (3.46) büyük olduğu ve dolayısıyla kısa dönemde de bir eşbütünleşmenin bulunduğu görülmektedir. Kısa dönem R² ve düzeltilmiş R² değerlerinin uzun dönem değerlerinden daha düşük olduğu, ancak yine de bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklamada iyi bir güce sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 8.

ARDL (2, 2, 0, 2, 4) Kısa Dönem Eşbütünleşme Sonuçları ve Hata Düzeltme Terimi

<i>Değişken</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t- istatistik</i>	<i>p</i>
CointEq(-1)*	-0.783	0.147	-6.941	0.001
Sabit	2.052	0.323	-6.536	0.001
D(CO ₂ (-1))	0.306	0.150	2.670	0.011
Kömür	0.016	0.003	3.139	0.002
Kömür(-1)	0.004	0.004	0.472	0.062
D(DG)	0.017	0.003	5.254	0.001
D(HE)	0.005	0.002	2.953	0.004
D(HE(-1))	0.007	0.001	6.070	0.001
D(YE)	0.002	0.007	0.376	0.703
D(YE(-1))	0.013	0.009	1.260	0.205
D(YE(-2))	-0.006	0.008	-0.190	0.803
D(YE(-3))	-0.029	0.006	-3.081	0.003
R ²	0.795			
Düzeltilmiş R ²	0.739			
Test	İstatistik Değeri	Anlamlılık Düzeyi	Alt sınır	Üst Sınır
F-Testi	5.738	%5	2.63	3.46

Nedensellik yönü için uygun gecikme uzunluğu VAR modeli ile belirlenmiş ve ARDL modeli için gecikme uzunluğunun belirlenmesinde kullanılan sonuçlar Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9.

ARDL Modeli için Gecikme Uzunlukları

<i>Gecikme</i>	<i>LR</i>	<i>FPE</i>	<i>AIC</i>	<i>SIC</i>	<i>HQ</i>
0	NA	1002.830	21.191	21.301	21.162
1	231.914	9.097	16.393	17.590*	16.829
2	55.337*	5.780*	15.887*	18.087	16.706*
3	11.471	12.971	16.610	19.783	17.781
4	25.659	17.029	16.653	20.828	18.219

Tablo 9'da, her ne kadar uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesinde kullanılan 6 farklı ölçüm tekniğine ait sonuçlar verilmiş olsa da çalışmada AIC'ye göre gecikme uzunluğu belirlenmiştir. Tablo 9 incelendiğinde, uygun gecikme uzunluğu 2 olarak belirlenmiştir. Tüm değişkenlerin aynı düzeyde uygun gecikmeye sahip olması, serilerin değişen varyans ve serisel korelasyon problemlerine sahip olmadıkları, böylece normal dağılıma sahip oldukları söylenebilir. Gecikme uzunluğu belirlendikten sonra Toda-Yamamoto testi kullanılarak nedensellik analizi gerçekleştirilmiş ve test sonuçları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10.

Toda-Yamamoto Nedensellik Testine ait Sonuçlar

		<i>CO₂</i>	<i>Kömür</i>	<i>HE</i>	<i>DG</i>	<i>YE</i>
<i>CO₂</i>	Test İstatistiği		0.381	0.251	7.763	1.190
	p değeri		0.833	0.890	0.028	0.561
<i>Kömür</i>	Test İstatistiği	3.516		0.208	18.401	1.551
	p değeri	0.184		0.907	0.009	0.468
<i>HE</i>	Test İstatistiği	3.273	10.191		12.448	1.670
	p değeri	0.197	0.008		0.006	0.438
<i>DG</i>	Test İstatistiği	7.019	3.850	7.612		0.559
	p değeri	0.037	0.151	0.028		0.763
<i>YE</i>	Test İstatistiği	1.080	0.821	0.390	0.938	
	p değeri	0.591	0.671	0.831	0.632	

p<0.05

Değişkenler arasında %5 anlamlılık düzeyinde nedensellik ilişkisinin olması olasılık değerinin 0.05'ten küçük olmasına bağlıdır. Tablo 10 incelendiğinde, CO₂ ile DG arasında ve DG ile HE arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi belirlenirken, kömürden DG'ye ve HE'den kömüre ise tek yönlü nedensellik ilişkisi belirlenmiştir. YE'nin ise hiçbir değişkenle nedensellik ilişkisi bulunmamıştır].

Sonuç

Gün geçtikçe iklim değişikliği, küresel ısınma ve buna bağlı çevresel sorunlar, insanoğlunun yaşamını daha fazla tehdit etmektedir. Bu nedenle, bu sorunlarla baş edebilmek için büyük bütçeler oluşturulmakta ve tehdit minimize edilmeye çalışılmaktadır. Fakat sorunla mücadelede daha iyi sonuçlar elde edebilmek için soruna neden olan faktörlerin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Zira sorun ve soruna etki eden faktörler doğru bir şekilde belirlenirse, daha iyi bir sonuç, daha az bir bütçe ve kolay bir şekilde elde edilebilir. Böylece daha güzel bir çevre ve yaşanabilir bir dünya gelecek nesillere bırakılabilir. Ancak sorun ve faktörlerin doğru belirlenmesinin yanı sıra bunlar arasındaki ilişkileri ortaya koymak için uygun modeller de kullanılmalıdır. Bu amaç doğrultusunda gün geçtikçe yeni yöntemler ileri sürülmektedir. Doğru bir modelleme, genellikle değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrusal olmayan yöntemlerle belirlenmesi ile mümkün olmaktadır. Bu modellerden birisi de ARDL modelidir.

ARDL modeli her ne kadar daha çok iktisadi değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde kullanılsa da, asimetric davranışlar sergilemesi nedeniyle diğer bilim alanlarında da değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde kullanılmakta ve etkili sonuçlar vermektedir. Çünkü zaman serisi şeklindeki verilerde, değişkenler arasındaki ilişkiler belirlenirken çoğu kez eşbütünleşme testleri kullanılmakta ve bu testlerin birçoğu ise serilerin aynı seviyede durağan olmasını ön şart olarak kabul etmektedir. Aynı seviyede sadece bir seri bile durağan değilse serileri aynı seviyede durağan hale getirmek için tüm serilere fark alma yöntemi uygulanmakta ve seriler durağan hale getirilmektedir. Bu durumda belli bir oranda bilgi kaybı yaşanmakta ve sonuçların güvenilirliği etkilenmektedir. Ancak ARDL sınır testi tüm serilerin aynı seviyede durağan olmasına ihtiyaç duymamaktadır. Böylece tüm serilere değil de sadece durağan olmayan seriye iteratif bir şekilde fark alma işlemi uygulanarak seri durağan hale getirilmekte ve bu yönüyle yöntem büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu nedenle seçili bazı enerji kaynaklarının CO₂ salınımı üzerindeki etkileri bu yöntemle incelenmiştir.

CO₂ salınımının çevre kirliliği üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu bilinmekte ve bu nedenle bu çalışmada CO₂ salınımını etkileyen enerji kaynaklarından kömür, DG, HE ve YE ele alınarak bunların etkileri ARDL eşbütünleşme sınır testi ile incelenmiştir. %5 hata barındıran analiz sonuçları, uzun dönemde karbondioksit üzerinde hidroelektriğin pozitif ve istatistiki olarak anlamsız, kömür ve doğalgazın pozitif ve anlamlı, yenilenebilir enerji kaynaklarının ise negatif ve anlamlı bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Böylece, kömür enerjisi tüketiminde meydana gelecek %100'lük bir artış %1.8'lik, doğalgaz enerjisi tüketiminde meydana gelecek %100'lük bir artış %0.7'lik ve hidroelektrik enerjisi tüketiminde meydana gelecek %100'lük bir artış %0.3'lük CO₂ emisyonu artışına neden olurken, yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminde meydana gelecek %100'lük bir artış ise %3.9'luk CO₂ emisyonu düşüşüne neden olmaktadır. Uzun dönemde, bu dört bağımsız değişken CO₂'daki varyasyonun yaklaşık %93'ünü açıklarken, kısa dönemde bu değer biraz düşse de yine CO₂'daki varyasyonun yaklaşık %79'unu açıklamaktadır. F istatistik değerleri dikkate alındığında hem uzun hem de kısa dönemde bağımsız değişkenlerle bağımlı

değişken arasında eşbütünleşme belirlenmiştir. Ayrıca -0.783 hata düzeltme terimi, kısa dönemde CO₂'de meydana gelen sapmaların uzun dönemde salınımlar göstererek tekrar denge noktasına geldiğini göstermektedir. Nedensellik sonuçlarına göre %5 anlamlılık düzeyinde CO₂ salınımı ile sadece doğalgaz arasında bir nedensellik ilişkisi olduğu ve bu ilişkinin de çift yönlü olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Çoban ve Kılıç (2015) çalışmalarında, Türkiye'nin kişi başı yenilenebilir enerji tüketimiyle enerji kaynaklı kişi başı CO₂ emisyonları arasında bir eşbütünleşme olduğunu ve kişi başı yenilenebilir enerji tüketiminin enerji kaynaklı kişi başı CO₂ salınımları üzerinde negatif etkiye sahip olduğunu göstermektedirler. Bilgili ve ark. (2016), 1984-2015 dönemi verileriyle Amerika Birleşik Devletleri'nde biyokütle enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını azalttığını tespit etmişler. Çetintaş ve ark. (2017), 1986-2013 verilerini kullanarak Türkiye üzerine yaptıkları çalışmada fosil yakıtlardan elektrik üretimi aşamalı olarak azaltıldığı zaman CO₂ emisyonlarında önemli düşüşler meydana geleceğini ileri sürmüşler. Karaaslan ve ark. (2017) tarafından, 1990-2012 dönemi verileriyle OECD ülkelerinde CO₂ emisyonları için etkili faktörler araştırılmış ve yenilenebilir enerji tüketimi ile CO₂ arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Türkiye'de kısa vadede, enerji tüketimi ile CO₂ arasında pozitif bir ilişki, yenilenebilir enerji tüketimi ile CO₂ arasında ise negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Dong ve ark. (2018) tarafından, Çin ait 1965-2016 dönemi verileri kullanılarak doğal gaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının CO₂ emisyonlarını azaltmada uzun ve kısa vadede olumlu etkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Naz ve ark. (2018), 1975-2016 dönemi verileriyle yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini incelemekte ve yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde azalttığı tespit etmişler. Okumuş (2020), Türkiye'de yenilenemeyen enerji tüketiminin kısa ve uzun vadede CO₂ emisyonlarını artıracak ve yenilenebilir enerji tüketiminin ise kısa vadede CO₂ emisyonlarını azaltacağını, ancak uzun vadede etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olacağını ifade etmiştir. Szetela ve ark. (2022), 2000-2015 dönemi verilerini kullanarak yenilenebilir enerjinin kişi başı CO₂ emisyonu üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğunu ve yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik artışın kişi başı CO₂ emisyonlarını %1.25 azalttığını belirlemişler.

Bu çalışma, bölge, dönem, yöntem ve/veya kullanılan enerji türleri gibi özelliklerden en az birisi bakımından çalışma literatürdeki çalışmalardan farklılaşmaktadır. Ancak bu farklılıklara rağmen çalışma sonuçları literatürdeki sonuçlara benzerlik göstermekte, hatta sözü edilen ilk üç özelliğin tümünden farklı olduğu çalışmalarla da paralel sonuçlar çalışmadan elde edilmiş ve dolayısıyla çalışmanın literatürle uyumlu olduğu söylenebilir. Bu farklılık ve benzerlikler bağlamında çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı ve iklim değişikliği konusunda üretilecek politikalara ışık tutabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, CO₂ salınımı üzerinde en etkili değişkenin yenilenebilir enerji kaynaklarının olduğu ve daha sonra kömürün geldiği belirlenmiştir. Ancak kömür enerjisi kullanımı arttığında CO₂ salınımı da artarken, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı

artığında ise CO₂ salınımı azalmaktadır. Böylece daha temiz ve yaşanılabilir bir çevre için kömür enerjisi kullanımı minimize edilmeli ve bunun yerine daha çok alternatif enerji kaynakları kullanımına eğilim gösterilmelidir. Bu bağlamda geliştirilecek politikalar ve yapılacak teşvik ve yatırımlar büyük önem arz etmektedir.

Kaynakça | References

Altun, Y., İşleyen, Ş. ve Görür, Ç. (2018). Türkiye’de eğitim ve sağlık harcamalarının ekonomik büyümeye etkisi: 1999-2017. *Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 39, 223-244.

Azam, A., Rafiq, M., Shafique, M., Zhang, H. & Yuan, J. (2020). Analyzing the Effect of Natural Gas, Nuclear Energy and Renewable Energy on GDP and Carbon Emissions: A multi-variate Panel Data analysis. *Energy*, 219, 1-11.

Bilgili, F., Öztürk, İ., Koçak, E., Bulut, Ü., Pamuk, Y., Muğaloğlu, E. ve Bağlıtaş, H. H. (2016). The influence of biomass energy consumption on CO₂ emissions: a wavelet coherence approach. *Environ Sci Pollut Res*. 23(19), 19043–19061. doi: 10.1007/s11356-016-7094-2

Coşkun, H. ve Eygü, H. (2020). Ar-Ge harcamaları ve ihracat ilişkisinin incelenmesi: Türkiye Örneği. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(İktisadi ve İdari Bilimler), 233-242. <https://doi.org/10.18506/anemon.761623>

Çetintaş, H., Bicil, I. M. ve Türköz, K. (2017). Türkiye’de enerji üretiminde fosil yakıt kullanımı ve CO₂ emisyonu ilişkisi: Bir senaryo analizi. *EconWorld Working Paper Series No: 2017-002*, 1-12. doi: 10.22440/EconWorld.WP.2017.002

Çoban, O. ve Kılınç, N. Ş. (2015). Yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonu ilişkisi: TR örneği. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 38(1), 195-208.

Danish, Baloch M. A., Mahmood, N. & Zhang, J. W. (2019). Effect of natural resources, renewable energy and economic development on CO₂ emissions in BRICS countries. *Science of the Total Environment*, 678, 632-638. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.028>

Demir, Y. (2021a). Analyzing the effect of employment in the agricultural and industrial sectors on economic growth with the ARDL bounds test. *International Journal of Contemporary Economics and Administrative Sciences*, XI(1), 178-192. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5136851>

Demir, Y. (2021b). Eğitim, sağlık ve ar-ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ARDL sınır testi ile belirlenmesi. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(3), 1758-1770. <https://doi.org/10.33206/mjss.918786>

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

Dickey, D. A. & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica*, 49(4), 1057-1072. <https://doi.org/10.2307/1912517>

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*, 640-641, 293-302. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.322> 0048-9697

Engle, R. F. & Granger, C. W. (1987). Co-Integration in error correction: Representation, estimation and, testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276. <https://doi.org/10.2307/1913236>

Eygü, H. ve Kılınç, A. (2021). Enerji tüketiminin ve karbondioksit salınımının ekonomik büyümeye etkisinin incelenmesi: panel veri analizi yaklaşımı. *Siirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 268-280.

Eygü, H. (2022). Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve ekonomik büyüme ilişkisi: 1995-2020 Türkiye örneği. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 8(2), 387-397. <https://doi.org/10.30855/gjeb.2022.8.2.012>

Granger, C. W. J. (1981). Some properties of time series data and their use in econometric model specification. *Journal of Econometrics*, 23(1), 121-130. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(81\)90079-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(81)90079-8)

Gujarati, D. N. & Porter, D. C. (2009). *Basic Econometrics* (5nd ed.). McGraw-Hill/Irwin.

Hasnisah, A., Azlina, A. A. & Taib, C. M. I. C. (2019). The Impact of Renewable Energy Consumption on Carbon Dioxide Emissions: Empirical Evidence from Developing Countries in Asia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(3), 135-143.

İşleyen, Ş., Altun, Y. & Görür, Ç. (2017). The causality relationship between interest rate and income with investment in Usa: 1965-2016. *The Journal of Academic Social Science*, 60(5), 146-163. <http://dx.doi.org/10.16992/ASOS.13112>

Karaaslan, A., Abar, H. ve Çamkaya, S. (2017). CO₂ salınımı üzerinde etkili olan faktörlerin araştırılması: OECD ülkeleri üzerine ekonometrik bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(4), 1297-1310.

Koengkan, M. & Funhas, J. A. (2017). The Negative Impact of Renewable Energy Consumption on Carbon Dioxide Emissions: An Empirical Evidence from South American Countries. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 6(5), 893-914.

Meçik, O. ve Koyuncu, T. (2020). Türkiye’de göç ve ekonomik büyüme ilişkisi: TodaYamamoto nedensellik testi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 9(3), 2618-2638. <https://doi.org/10.15869/itobiad.748770>

Narayan, P. K. (2004). Fiji’s tourism demand: The ARDL approach to cointegration. *Tourism Economics*, 10(2), 193-206. <https://doi.org/10.5367/000000004323142425>

Naz, S., Sultan, R., Zaman, K., Aldakhil, A. M., Nassani, A. A. & Abro, M. M. Q. (2018). Moderating and Mediating Role of Renewable Energy Consumption, FDI İnflows, And Economic Growth On Carbon Dioxide Emissions: Evidence from Robust Least Square Estimator. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 2806-2819.

Okumuş İ. (2020). Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi, tarım ve CO₂ emisyonu ilişkisi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 6(1), 21-34. <https://doi.org/10.20979/ueyd.659092>

Pata, U. K., Yurtkuran, S. ve Kalça, A. (2016). Türkiye’de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(2), 255-271. <https://doi.org/10.14780/muiibd.281411>

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. <https://doi.org/10.1002/jae.616>

Phillips, P. C. B., Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346. <https://doi.org/10.2307/2336182>

Polat, M. & Gemici, E. (2017). Analysis of the relationship between BIST and BRICS stocks in terms of portfolio diversification: cointegration analysis with ARDL boundary test. *Journal of Economics, Finance and Accounting*, 4(4), 393-404.

Riyath, M. I. M. (2018). Toda and Yamamoto causality test between US\$ exchange rates and stock market prices in Sri Lanka. *SAJSSE*, 2(3), 1-9.

Sevüktekin, M. ve Çınar, M. (2017). *Ekonometrik zaman serileri analizi: Eviews uygulamalı* (Beşinci baskı). Dora Yayın.

Squalli, J. (2007). Electricity consumption and economic growth: Bounds and causality analyses of OPEC members. *Energy Economics*, 29(6), 1192-1205. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.10.001>

Squalli, J. (2017). Renewable Energy, Coal as A Baseload Power Source, and Greenhouse Gas Emissions: Evidence from U.S. State-Level Data. *Energy*, 127, 479-488.

Subaşı, S. (2019). *CO₂ emisyonları, doğal gaz, yenilenebilir enerji kaynakları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye’deki dinamik değişkenlerin analizi* [Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi]. Dicle Üniversitesi.

Szetela, B., Majewska, A., Jamroz, P., Djalilov, B. & Salahodjaev, R. (2022). Renewable energy and CO₂ emissions in top natural resource rents depending countries: the role of governance. *Front. Energy Res.*, 10, 1-7. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.872941>

Valadkhani, A., Smyth, R. & Nguyen, J. (2018). Effects of Primary Energy Consumption On CO₂ Emissions Under Optimal Thresholds: Evidence from Sixty Countries Over the Last Half Century. *Energy Economics*, 80, 680-690.

Wilks, S. S. (1932). Moments and distributions of estimates of population parameters from fragmentary samples. *The Annals of Mathematical Statistics*, 3(3), 163-195.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Araştırmacı verilerin toplanmasında, analizinde ve raporlaştırılmasında her türlü etik ilke ve kurala özen gösterdiğini beyan eder.

Yazarların Makaleye Katkı Oranları

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çıkar Beyanı

Makalenin hazırlanmasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.