

# YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: TÜRKİYE İÇİN BİR TODA-YAMAMOTO NEDENSELLİK ANALİZİ

Bünyamin DEMİRGİL<sup>1</sup>

Yunus Emre BİROL<sup>2</sup>

## Özet

Bu çalışma, Türkiye’de 1980-2018 dönemi için yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemektedir. Bunun için çalışmada değişkenlere ilk olarak birim kök testi uygulanmış ve düzey değerlerinin birim kök içerdiği tespit edilmiştir. Birim kök testi sonrasında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi sınır ARDL testi ile incelenmiştir. Sınır ARDL testi sonuçlarına göre değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmuştur. Test sonucuna göre uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimindeki %1’lik artış, ekonomik büyümeyi %0,91 oranında artırmaktadır. Eşbütünleşme sonrası Toda-Yamamoto nedensellik testi yapılmış ve yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimindeki artışların ekonomik büyümeyi artıracaklarını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir enerji, Ekonomik büyüme, ARDL sınır testi, Toda-Yamamoto nedensellik testi

## The Relationship of Energy Consumption and Economic Growth: A Toda-Yamamoto Causality Analysis for Turkey

### Abstract

In this study, consumption of renewable energy in Turkey for the period 1980-2018 is to examine the impact on economic growth. For this purpose, unit root test was first applied to the variables and it was determined that the level values contained unit root. After the unit root test, the cointegration relationship between the variables was examined by the boundary ARDL test. According to the results of the boundary ARDL test, cointegration relationship was found

---

<sup>1</sup> Dr.Öğr. Üyesi, Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü, Sivas, [bdemirgil@cumhuriyet.edu.tr](mailto:bdemirgil@cumhuriyet.edu.tr) Orcid: 0000-0002-1150-0225

<sup>2</sup> Dr.Öğr. Üyesi, Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Sivas, [yebirol@cumhuriyet.edu.tr](mailto:yebirol@cumhuriyet.edu.tr) Orcid: 0000-0003-0557-3281

between the variables. According to the test results, 1% increase in renewable energy consumption increases the economic growth by 0.91% in the long term. After cointegration, the Toda-Yamamoto causality test was conducted and it was found that there was a one-way causality relationship from renewable energy consumption to economic growth. These results indicate that the increase in renewable energy consumption increased economic growth in Turkey.

**Keywords:** Renewable energy, Economic growth, ARDL bounds test, Toda-Yamamoto causality test

## GİRİŞ

Geçmişte toplumların ilkel ihtiyaçlarını karşılayan enerji, günümüzde daha karmaşık ihtiyaçlar bütünüünün karşılanmasında kullanılır hâle gelmiştir. Enerji, farklı formlardaki çeşitli unsurlardan elde edilmektedir. Bu unsurlar genel olarak enerji kaynakları olarak nitelendirilmektedir. Enerji kaynakları literatürde çoğunlukla yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere iki farklı kategoride sınıflandırılmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları, yeryüzünde kıt olan ve kullanıldıkça tükenen, kendini yenileyemeyen enerji kaynaklarını; yenilenebilir enerji kaynakları yeryüzünde bol olan ve kullanıldıkça tükenmeyen, kendini yenileyebilen enerji kaynaklarını ifade etmektedir. Bu özelliklerinden dolayı petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil enerji kaynaklarından oluşan yenilenemez enerji kaynakları ‘stok enerji kaynakları’; hidrolik, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle gibi enerji kaynaklarından oluşan yenilenebilir enerji kaynakları ise ‘akım enerji kaynakları’ olarak nitelendirilmektedir.

Dünya enerji tüketiminde fosil kökenli enerji kaynaklarının (fosil yakıtların) payı büyüktür. Bu durum üç farklı tartışmayı gündeme getirmektedir. İlk tartışılan konu, yoğun kullanılan bu kaynakların kıt olmaları nedeniyle tükenme tehlikesi ile karşı karşıya olmasıdır. İkinci konu, yeryüzünde dengesiz bir dağılıma sahip olan bu kaynakların ağırlıklı olarak demokratik açıdan tartışmalı veya siyasi açıdan istikrarsız bölgelerde bulunmasıdır. Üçüncü konu, bu kaynakların tüketiminin sera gazı salınımına neden olması, sera gazı salınımının da çevre kirliliğine yol açmasıdır. Bu üç tartışma kıtlık, arz güvenliği ve çevresel faktörler başlıkları altından değerlendirilebilir. Yenilenebilir enerji kullanımı fosil kaynakların neden olduğu bu olumsuzlukların giderilmesinde iyi bir alternatif olarak ön plana çıkmaktadır. İlk olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarında süreklilik olduğu için tükenme tehlikesi söz konusu değildir. İkinci olarak bu kaynaklar yerli oldukları için başka ülkelerden tedarik etme,

dolayısıyla da başka ülkelere bağımlılık söz konusu değildir. Üçüncü olarak, bu kaynaklar temiz oldukları için sera gazı salınımına yani çevre kirliliğine yol açmamaktadır.

19. yüzyılın enerji kaynağı kömür, 20. yüzyılın enerji kaynağı petroldür. 21. yüzyılın enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerjinin yanı sıra nükleer enerji öne çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları büyük oranda, nükleer enerji ise tamamen elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Bununla beraber, teknik ve ekonomik sebeplerden ötürü bazı alanlarda fosil yakıt kullanımı daha avantajlı olduğu için yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil enerji kaynaklarının yerini alması günümüz şartlarında mümkün görünmemektedir. Buna rağmen fosil kaynakları ikame edebilecek potansiyele sahip olan yenilenebilir kaynaklar, ulusal ve uluslararası düzeyde çeşitli teşvik uygulamalarına konu olmaktadır. Teşvik programları fosil kaynaklara kıyasla yenilenebilir kaynakların teknik ve ekonomik açıdan dezavantajlı olduğu hususların desteklenmesini amaçlamaktadır. Teşvikler, yenilenebilir teknolojilerin konsept aşamasından uygulama aşamasında kadar olan süreçlerin tamamında kendini göstermektedir. Teşvikler genellikle bu alana yatırım yapan özel teşebbüslerin desteklenmesi şeklinde algılansa da, bu alan üzerine çalışma yapan bilim insanlarının projelerine verilen desteklerin de bu kapsamda değerlendirilmesi mümkündür.

Yenilenebilir enerji kullanımı bir yandan enerji arz güvenliği ve çevresel risklerin azaltılmasına katkıda bulunurken, diğer yandan yatırım yapılan bir iş alanı olarak dikkat çekmektedir. İyi işleyen bir teşvik mekanizması özel sektörü kâr güdüsüyle bu alana yatırım yapmaya yönlendirmektedir. Yapılan yatırımların gayri safi yurtiçi hasılaya katkı sağlayacağı açıktır. Bununla beraber yurt dışından tedarik edilen birtakım parçaların dış denge üzerinde kısa vadede baskı oluşturması ihtimal dâhilindedir. Ancak, yenilenebilir enerji üretiminin ithal enerji kaynaklarının azaltılmasına katkı sağlayarak uzun dönemde dış dengeye olumlu katkı sağlaması beklenmektedir. Yenilenebilir enerji kullanımının ekonomik katkılarının yanı sıra dış politika anlamında da katkıları söz konusudur. Bu kaynakların kullanımının yaygınlaşması bir ülkenin fosil yakıtların fiyatlarındaki dalgalanmalara ve bu kaynakların bulunduğu ülkelerdeki istikrarsızlıklara karşı kırılganlığının azalmasına ve dış piyasalardan tedarik edilecek enerji kaynakları açısından pazarlık gücünün artmasına yol açabilir.

Literatürde, enerji kullanımının ekonomi üzerindeki etkileri önemli bir konu olarak tartışılmaktadır. Bu tartışmaların çoğunlukla enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki üzerine odaklandığı görülmektedir. Son yıllarda, gelişen yenilenebilir enerji teknolojileri ile beraber düşen maliyetler neticesinden yararlanan enerji kaynakları çeşitlenmiştir. Bu durum enerji üzerine yapılan çalışmalarda yenilenemez ve yenilenebilir enerji kullanımı ayrımı

yapılmasına neden olmuştur. Hatta bu ayrım daha da özele indirgenerek yenilenebilir enerji kaynaklarından hidrolik, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle kaynaklarının kullanımının ekonomi üzerindeki etkilerinin araştırılmasına yol açmıştır. Bu çalışmayla yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin Türkiye özelinde araştırılması amaçlanmaktadır. Bu amaç için öncelikle geçmişte yapılmış olan çalışmalar ulaşılan sonuçlar açısından özetlenecek, ardından Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme değişkenleri arasındaki ilişki eşbütünleşme ve nedensellik analizleriyle araştırılmaya çalışılacaktır.

## 2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Literatürde yenilenebilir enerji kullanımı ekonomik büyüme ilişkisini araştıran çalışmaların ulaştıkları sonuçlar dört başlık halinde ele alınabilir. Yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunda ‘büyüme hipotezi’, ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunda ‘koruma hipotezi’, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı yani çift yönlü nedensellik olduğunda ‘geri besleme hipotezi’ ve yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığında ‘yansızlık hipotezi’ geçerli olmaktadır. Büyüme hipotezi geçerli olduğunda yenilenebilir enerji üzerine izlenen politikaların ekonomik büyüme üzerinde etkili olması, ekonomik büyüme üzerine izlenen politikaların yenilenebilir enerji üzerinde etkili olmaması; koruma hipotezi geçerli olduğunda ekonomik büyüme üzerine izlenen politikaların yenilenebilir enerji üzerinde etkili olması, yenilenebilir enerji üzerine izlenen politikaların ekonomik büyüme üzerinde etkili olmaması beklenmektedir. Geri besleme hipotezi geçerli olduğunda yenilenebilir enerji kullanımının ekonomik büyümeyi, ekonomik büyümenin de yenilenebilir enerji kullanımını etkilemesi beklenmektedir. Yansızlık hipotezinde ise ne yenilenebilir enerji kullanımından ekonomik büyümeye ne de ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji kullanımına bir etki beklenmektedir. Geçerli olan hipotez izlenecek ekonomi politikasının belirlenmesinde ilgililere yol gösterebilir.

Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme değişkenleri kullanılarak Türkiye üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde tam bir görüş birliğinin sağlanamadığı görülmektedir. Öcal ve Aslan (2013), 1990-2010 dönemi için ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testini ve Alper (2018), 1990-2017 dönemi için Bayer-Hanck eşbütünleşme testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testini kullandıkları çalışmalarında ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu; Durğun ve Durğun (2018), 1980-2015

dönemini ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testi ile inceledikleri çalışmalarında yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu; Büyükyılmaz ve Mert (2015), Markov rejim değişim modelinin çok değişkenli versiyonu olan MS-VAR modeli ile 1960-2010 dönemini ele aldıkları çalışmalarında ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasından karşılıklı yani çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Erdoğan vd. (2018), 1998-2015 dönemini ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testi ile analiz ettikleri çalışmalarında ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji üretimine doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu tespit etmişlerdir. Johansen ve Gregory-Hansen eşbütünleşme, ARDL sınır ve VECM Granger nedensellik testlerini kullandığı iki çalışmasının ilkinde Doğan (2015), 1990-2012 döneminde ekonomik büyüme ile yenilenebilir kaynaklardan elektrik tüketimi arasında kısa dönemde nedensellik ilişkisi olmadığını, uzun dönemde yenilenebilir kaynaklardan elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu; 1988-2012 dönemini incelediği diğer çalışmasında Doğan (2016), kısa dönemde ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu, uzun dönemde bu değişkenler arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu belirlemiştir. Özetlenen bu çalışmaların bulguları değerlendirildiğinde Türkiye için ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi ön plana çıkmaktadır. Bulgulardaki farklılıkların; kullanılan veri seti, ele alınan dönem ve kullanılan ekonometrik yöntem farklılıklarından kaynaklandığı söylenebilir.

Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Türkiye dışında tek bir ülke için araştıran çalışmalardan bazıları incelenen ülke ve ulaşılan sonuç açısından özetlenebilir. Bobinaite vd. (2011), Litvanya; Tiwari (2011), Hindistan; Khoshnevis Yazdi ve Shakouri (2017), İran; Haseeb vd. (2019), Malezya üzerine yaptıkları çalışmalarında yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu belirlemişlerdir. Azad vd. (2014), Avustralya; Burakov ve Freidin (2017), Rusya için yaptıkları çalışmalarında ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Pao ve Fu (2013), Brezilya; Lin ve Moubarak (2014), Çin; Cherni ve Jouini (2017), Tunus; Rafindadi ve Öztürk (2017), Almanya üzerine yaptıkları çalışmalarında yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasından çift yönlü nedensellik olduğunu tespit etmişlerdir. Bowden ve Payne (2010), yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini ABD ekonomisi için sektörler itibarıyla incelemişlerdir. Çalışmada, konut sektöründe yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek

yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuşken, ticari ve endüstriyel amaçlı yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Tugcu vd. (2012), G7 ülkelerini tek tek inceledikleri çalışmalarında yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisinin tek yönlü veya karşılıklı olabileceği gibi anlamsız olabileceğini de ortaya koymuşlardır. Ampirik sonuçlardaki bu farklılıkların temelinde incelenen dönem ve ekonometrik yöntem farklılıklarından daha fazla ülkelerin kendine has özellikleri ve iç dinamiklerinin belirleyici olduğunu söylemek mümkündür.

Yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme ilişkisi son yıllarda panel analizlerine de konu olmaktadır. Apergis ve Payne (2010a), 20 OECD ülkesi; Apergis ve Payne (2010b), 13 Avrasya ülkesi; Apergis ve Payne (2011a), 6 Orta Amerika ülkesi; Apergis ve Payne (2012), 80 ülke; Apergis ve Danuletiu (2014), 80 ülke; Koçak ve Şarkgüneşi (2017), 9 Karadeniz ve Balkan ülkesi üzerine yaptıkları çalışmalarında ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi olduğunu belirlemişlerdir. Bhattacharya vd. (2016), en fazla yenilenebilir enerji tüketen 38 ülkede ve İnglesi-Lotz (2016), 34 OECD ülkesinde yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu tespit etmişlerdir. Menegaki (2011), 27 Avrupa ülkesini incelediği çalışmasında yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Apergis ve Payne (2011b), gelişmekte olan 16 piyasa ekonomisi için yaptıkları analiz sonuçlarına göre, kısa dönemde ekonomik büyümeden yenilenebilir kaynaklardan elektrik tüketimine doğru tek yönlü, uzun dönemde ise karşılıklı nedensellik olduğunu ifade etmişlerdir. Armeanu vd. (2017), 28 AB ülkesi için ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji üretimine doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu ortaya koymuşlardır. Literatürde öne çıkan panel analizlerinde ulaşılan sonuçlar değerlendirildiğinde, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu ifade eden çalışmaların ağırlıkta olduğu görülmektedir.

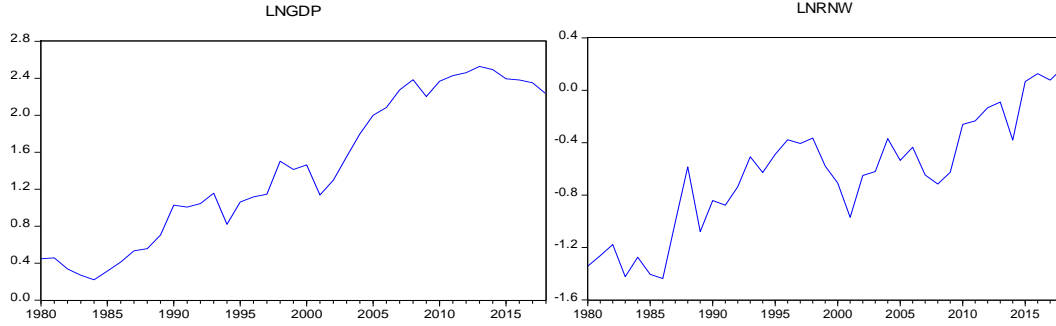
### **3. VERİ SETİ, METODOLOJİ ve UYGULAMA**

Çalışmada, kişi başına düşen gayrisafi yurt içi hasıla (ABD doları) ile kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişki incelenmiştir. Türkiye için 1980-2018 dönemi yıllık verileri ve iki değişkenin kullanılmıştır. Bu değişkenlerden kişi başına düşen gayrisafi yurt içi hasılayı temsil eden  $\ln gdp$  değişkeni bağımlı değişken, kişi başı yenilenebilir enerji tüketimini temsil eden  $\ln rnw$  değişkeni ise bağımsız değişkendir. Değişkenlerin doğal logaritmaları alınarak analiz edilmiştir. Değişkenlerden  $\ln rnw$ 'ye ait veriler British Petroleum

(BP) istatistiklerinden derlenmiş iken lngdp değişkenine ait veriler ise Dünya Bankası (WB) veri tabanından sağlanmıştır. Analizinde kullanılan model şu şekildedir:

$$\ln gdp = \alpha_0 + \beta_1 (\ln rnw)_t + \mu_t \quad (1)$$

Şekil 1’de çalışmada kullanılan serilerin grafiksel görünümü yer almaktadır.



**Şekil 1. Serilerin Grafikleri**

Çalışmada öncelikli olarak serilerin birim kök içerip içermediklerini araştırmak için birim kök testi yapılmıştır. Birim kök testi sonrası seriler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığını tespit etmek için sınır (ARDL) testi yapılmıştır. Son olarak seriler arasında nedensellik ilişkisinin yönünü tespit etmek için Toda-Yamamoto nedensellik testi yapılmıştır. Çalışmada yapılan analizler Eviews 10 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Analize başlamadan önce serilerin birim kök içerip içermediğine yönelik olarak durağanlığına bakılmaktadır. Bu nedenle analize birim kök testlerinin yapılması ile başlanmaktadır. İlgili serilerin durağanlığı ADF (Augmented Dickey- Fuller) birim kök testiyle incelenmiş ve test sonuçları Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1. ADF Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişken	ADF Birim Kök Testi	Kritik Değer (%5)
Lngdp	I(1) -6,50	-3,53
Lnrnw	I(1) -7,68	-3,53

Not: Kritik değer, %5 anlamlılık düzeyinde sabitli ve trendli model için Dickey-Fuller tablo değerleridir.

Tablo 2’de yer alan ADF birim kök testi sonucuna göre, her iki değişkenin de birinci farklarında durağan oldukları görülmektedir.

Serilerin durağanlığının tespitinin ardından seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin tespiti için Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen sınır testi (ARDL) kullanılmıştır. Bu test tekniğinin avantajı değişkenlerin hangi derecede eşbütünleşik olduğuna bakılmaksızın değişkenler arasında eşbütünleşmenin varlığının araştırılmasına imkân vermesidir (Şimşek ve

Kadılar, 2010:123). Çalışmada sınır (ARDL) testine dayalı eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Model aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

$$\Delta(\ln gdp)_t = \alpha_0 + \beta_1(\ln gdp)_{t-1} + \beta_2(\ln rnw)_{(t-1)} + \sum_{i=1}^m \lambda_{1i} \Delta(\ln gdp)_{(t-i)} + \sum_{i=1}^m \lambda_{2i} \Delta(\ln rnw)_{(t-i)} + \mu_t \quad (2)$$

İlgili değişkenler arasında eşbütünleşmenin varlığının sınanması için sınır (ARDL) testi yapılmış ve sonuçları Tablo 2’de yer almaktadır.

**Tablo 2.** Sınır Testi Sonuçları

k	F istatistiği	%5 anlamlılık düzeyinde sınır değerler	
		Alt sınır	Üst sınır
2	5,94	3,62	4,16

Sınır testinin sonuçlarına göre F değeri 5,94 olarak tespit edilmiş ve söz konusu değer Pesaran (2001) alt ve üst sınır değerleri olan 3,62 ve 4,16’dan büyük olduğundan dolayı sıfır hipotezi (değişkenler arasında eşbütünleşme yoktur) reddedilmiştir. Bu sonuca göre değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

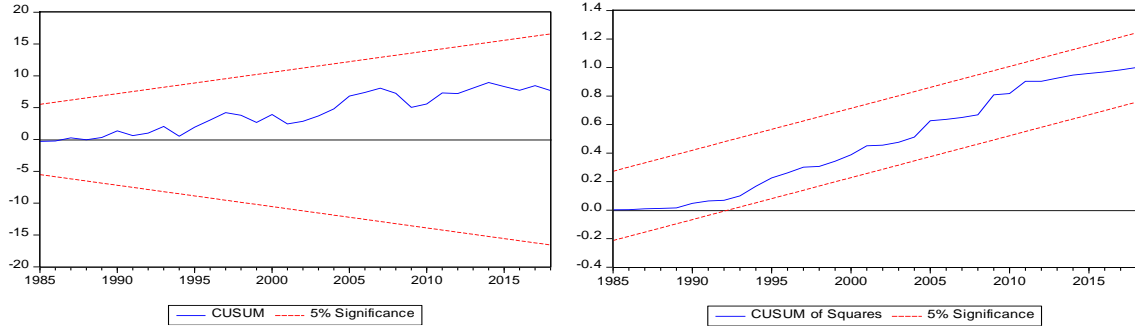
Seriler arasında uzun dönem ilişkisi tespit edildikten sonra maksimum gecikme uzunluğu Akaike (AIC) bilgi kriterlerine dayalı 9 olarak seçilmiş ve optimal gecikme uzunluğu 4 olarak belirlenmiştir. Çalışmada ARDL (1, 1) olarak belirlenmiş modelin sonuçları Tablo 3’te yer almaktadır.

**Tablo 3.** ARDL Yaklaşımına Dayalı Kısa ve Uzun Dönem Sonuçları

Bağımlı Değişken: lngdp				
Kısa Dönem Sonuçları				
Değişkenler	Katsayı	Standart hata	t-istatistiği	Olasılık*
D(lnrnw)	0.0942	0.0281	3.3448	0.0020
ECM	-0.0365	0.0084	-4.3452	0.0001
Uzun Dönem Sonuçları				
Lnrnw	0.9182	0.5195	1.7674	0.0861
C	3.3968	1.1658	2.9136	0.0063
Tanısal Testler	LM	(Olasılık)		
Otokorelasyon testi	$X_{BG}^2=2.32$	(0.71)		
Değişen varyans	$X_{ARCH}^2=1.35$	(0.12)		
Model kurma hatası	$X_{Ramsey}^2=1.33$	(0.66)		
Normallik testi	$X_{JB}^2=4,53$	(0,10)		

Tablo 3’te ARDL (1,1) modelinin tanısal test sonuçları verilmektedir. Buna göre modelde otokorelasyon, değişen varyans probleminin olmadığı, model kurma hatasının bulunmadığı ve hata teriminin normal dağıldığı belirlenmiştir. Ayrıca Şekil 2’de görüldüğü üzere CUSUM ve CUSUMQ testi modelin istikrarlı olduğunu göstermektedir.





Şekil 2. CUSUM ve CUSUMQ Grafikleri

Modelin uzun dönem sonuçlarının yer aldığı Tablo 3'e göre yenilenebilir enerji tüketimi (lnrnw) değişkeninin katsayısı %10 düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Buna göre uzun dönemde lnrnw değişkeninin %1 artması lngdp değişkenini %0,91 oranında artırmaktadır. Bu sonuç, uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimi artışının, ekonomik büyümeyi pozitif etkilediğini göstermektedir. Tablo 3'te yer alan modelin kısa dönem sonucuna göre lnrnw değişkeninin katsayısı %5 düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Buna göre kısa dönemde lnrnw değişkeninin %1 artması lngdp değişkenini %0,09 oranında artırmaktadır.

Tablo 3'te bulunan ECM (Error Correction Model) ile ifade edilen hata düzeltme katsayısı, 0 ile -1 arasında değer almakta ve kısa dönemde meydana gelen sapmaların ne kadarının uzun dönemde düzeleceğini göstermektedir. Tablo 3'e göre, -0,0365 olarak hesaplanan hata düzeltme katsayısı istatistiki olarak anlamlı ve negatif işaretlidir. Buna sonuç hata düzeltme modelinin çalıştığını göstermektedir. Ayrıca bu sonuca göre değişkenlerde kısa dönemde meydana gelen sapmaların yaklaşık %4'ü bir sonraki dönemde düzelme göstererek tekrar uzun dönem dengesine gelmektedir.

Çalışmada değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisi ortaya konulduktan sonra değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin tespiti için nedensellik testi yapılmıştır. Nedensellik ilişkisinin tespiti için Granger nedensellik testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testi gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

Bu yöntemlerden biri Granger (1969) tarafından geliştirilen VAR modelidir. Ancak Granger nedensellik testinde sahte regresyon durumunu ortadan kaldırmak için analizi yapılacak değişkenlerin durağan olması gerekmektedir. Değişkenlerin farkı alınarak durağanlaştırılması nedensellik durumunu açıklamada bilgi eksikliğini ortaya çıkarmaktadır. Yine Granger nedensellik testinde değişkenler aynı düzeyde durağanlığa ulaşıyorsa, değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisi de araştırılmalıdır. Eğer değişkenler arasında

eşbütünleşme ilişki varsa Vektör Hata Düzeltme Modeli kullanılabilir. Eğer değişkenler arasında eşbütünleşme yoksa Vektör Hata Düzeltme Modeli de geçersiz olmaktadır. Toda ve Yamamoto (1995) tarafından geliştirilen nedensellik testinde bu şartlar olmadan nedensellik analizi yapılabilmektedir (Tayyar: 2018:101).

Toda-Yamamoto nedensellik testi VAR (Vector Autoregression) modeline dayanmakta ve incelenecek olan serilerin birim kök içerip içermediklerine bakılmaksızın seviye değerlerin yer aldığı modelin tahmin edilmesine imkân sağlamaktadır. Bu testin uygulanabilmesi için VAR modelinin maksimum bütünleşme derecesi (dmax) ile optimal gecikme uzunluğu (m) tespit edilmeli ve sonra (m+dmax) biçiminde bir VAR modeli tahmin edilmelidir (Gazel, 2017:291).

Toda-Yamamoto testinin modeli şu şekildedir:

$$Y_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^{m+dmax} \alpha_{1i} X_{t-1} + \sum_{i=1}^{m+dmax} \alpha_{2i} Y_{t-1} + \epsilon_{1t} \quad (3)$$

$$X_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^{m+dmax} \beta_{1i} X_{t-1} + \sum_{i=1}^{m+dmax} \beta_{2i} Y_{t-1} + \epsilon_{2t} \quad (4)$$

Burada (3). modelin hipotezi

Ho:  $\alpha_{2i} = 0$  X, Y'nin Granger nedeni değildir

H1:  $\alpha_{2i} \neq 0$  X, Y'nin Granger nedenidir

şeklindedir; (4). modelin hipotezi ise

Ho:  $\beta_{2i} = 0$  X, Y'nin Granger nedeni değildir

H1:  $\beta_{2i} \neq 0$  X, Y'nin Granger nedenidir

şeklindedir (Durğun ve Durğun, 2018: 16).

Toda- Yamamoto nedensellik testi için en uygun gecikme uzunluğu 9, maksimum bütünleşme derecesi ise 1 olarak belirlenmiştir. Toda-Yamamoto nedensellik test sonuçları Tablo 4'de yer almaktadır.

**Tablo 4.** lngdp ve lnrrw için Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

Temel Hipotez	Gecikme Uzunluğu m=9 dmax1 (m+ dmax=10)	(Ki-kare) İstatistiği	Prob.	Hipotez
<del>lnrrw</del> lngdp	10	46.5011	0.0000	Ho Red

ln <del>gdp</del> lnrnw	10	10.0807	0.3440	Ho Kabul
----------------------------	----	---------	--------	----------

Tablo 4’de yer alan Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına göre lnrnw değişkeninden lngdp değişkenine doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Diğer taraftan lngdp değişkeninden lnrnw değişkenine doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır.

## SONUÇ

Yaşanan sanayileşme süreci ile beraber enerjiye olan talep artmıştır. Günümüz gelişmiş ülkeleri artan enerji taleplerinin önemli bir kısmını fosil yakıtlardan sağlamaktadır. Ancak fosil yakıt kaynaklarının tükenbilir nitelikte olması ve çevreye verdiği zararlar dolayısıyla alternatif enerji kaynaklarının gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu kapsamda sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınmanın sağlanmasında fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir yönelim gerçekleşmiştir. Enerjide tüketiminde dışa bağımlı olan ve enerji talebinin yaklaşık %75’ini ithal ettiği fosil yakıtlardan sağlayan Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi, hem dışa bağımlılığını hem de cari açığını azaltmasına yardımcı olacaktır.

Bu çalışma Türkiye’nin 1980-2018 dönemi için yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Çalışmada kullanılan serilerin durağanlığının tespiti amacıyla ilk olarak birim kök testi yapılmıştır. Birim kök testi sonrasında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin araştırılmasında sınır (ARDL) testinden yararlanılmıştır. Son olarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin incelenmesinde Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanılmıştır. Sınır (ARDL) testi sonucuna göre değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisi bulunmakta ve uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimindeki %1’lik artış, ekonomik büyümeyi %0,91 oranında artırmaktadır. Diğer taraftan Toda-Yamamoto nedensellik testi sonucuna göre yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Bu kapsamda nedensellik testinin sonucu sınır (ARDL) testinin sonucunu destekler niteliktedir.

Çalışmada elde edilen bulgular Türkiye için büyüme hipotezinin geçerli olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuç, Doğan (2015) ve Durğun ve Durğun (2018) tarafından Türkiye üzerine yapılan çalışmalarla; Bobinaite vd. (2011), Tiwari (2011), Khoshnevis Yazdi ve Shakouri (2017) ve Haseeb vd. (2019) tarafından sırasıyla Litvanya, Hindistan, İran ve Malezya üzerine yapılan çalışmalarla ve Bhattacharya vd. (2016) ve İnglesi-Lotz (2016) tarafından sırasıyla en fazla yenilenebilir enerji tüketen 38 ülke ve 34 OECD ülkesi üzerine yapılan

Çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur. Ulaşılan sonuçlardan yola çıkararak Türkiye’de yenilenebilir enerji üzerine izlenecek politikaların ekonomik büyümeyi etkilemesinin mümkün olduğunu ancak ekonomik büyüme üzerine izlenecek politikaların yenilenebilir enerji tüketimini etkilemesinin mümkün olmadığını söylemek mümkündür.

## KAYNAKÇA

- Alper, F. Ö. (2018). Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2017 Türkiye Örneği. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 8(2), 223-242.
- Apergis, N. & Danuletiu, D. C. (2014). Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from the Sign of Panel Long-Run Causality. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(4), 578-587.
- Apergis, N. & Payne, J. E. (2010a). Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from a Panel of OECD Countries. *Energy Policy*, 38, 656-660.
- Apergis, N. & Payne, J. E. (2010b). Renewable Energy Consumption and Growth in Eurasia. *Energy Economics*, 32, 1392-1397.
- Apergis, N. & Payne, J. E. (2011a). The Renewable Energy Consumption-Growth Nexus in Central America. *Applied Energy*, 88, 343-347.
- Apergis, N. & Payne, J. E. (2011b). Renewable and Non-Renewable Electricity Consumption-Growth Nexus: Evidence from Emerging Market Economies. *Applied Energy*, 88, 5226-5230.
- Apergis, N. & Payne, J. E. (2012). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption-Growth Nexus: Evidence from a Panel Error Correction Model. *Energy Economics*, 34, 733-738.
- Armeanu, D. Ş., Vintila, G. & Gherghina, Ş. C. (2017). Does Renewable Energy Drive Sustainable Economic Growth? Multivariate Panel Data Evidence for EU-28 Countries. *Energies*, 10(3), 381.
- Azad, A. K., Rasul, M. G., Khan, M. M. K., Omri, A., Bhuiya, M. M. K. & Hazrat, M. A. (2014). Modelling of Renewable Energy Economy in Australia. *Energy Procedia*, 61, 1902-1906.
- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I. & Bhattacharya, S. (2016). The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from Top 38 countries. *Applied Energy*, 162, 733-741.

- Bobinaite, V., Juozapaviciene, A. & Konstantinaviciute, I. (2011). Assessment of Causality Relationship between Renewable Energy Consumption and Economic Growth in Lithuania. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 22(5), 510-518.
- Bowden, N. & Payne, J. E. (2010). Sectoral Analysis of the Causal Relationship Between Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Real Output in the US. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 5(4), 400-408.
- Burakov, D. & Freidin, M. (2017). Financial Development, Economic Growth and Renewable Energy Consumption in Russia: A Vector Error Correction Approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(6), 39-47.
- Büyükyılmaz, A. & Mert, M. (2015). CO<sub>2</sub> Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin MS-VAR Yaklaşımı ile Modellenmesi: Türkiye Örneği. *Zeitschrift für die Welt der Türken (Journal of World of Turks)*, 7(3), 103-117.
- Cherni, A. & Jouini, S. E. (2017). An ARDL Approach to the CO<sub>2</sub> Emissions, Renewable Energy and Economic Growth Nexus: Tunisian Evidence. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 29056-29066.
- Doğan, E. (2015). The Relationship Between Economic Growth and Electricity Consumption from Renewable and Non-Renewable Sources: A study of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 534-546.
- Doğan, E. (2016). Analyzing the Linkage Between Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth by Considering Structural Break in Time-Series Data. *Renewable Energy*, 99, 1126-1136.
- Durğun, B. & Durğun, F. (2018). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *International Review of Economics and Management*, 6(1), 1-27.
- Erdoğan, S., Dücan, E., Şentürk, M. & Şentürk, A. (2018). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Üretimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi Üzerine Ampirik Bulgular. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 233-246.
- Gazel, S. (2017). Bist Sınai Endeksi ile Çeşitli Metaller Arasındaki İlişki: Toda-Yamamoto Nedensellik Testi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (52), 287-299.

- Haseeb, M., Abidin, I. S. Z., Hye, Q. M. A. & Hartani, N. H. (2019). The Impact of Renewable Energy on Economic Well-Being of Malaysia: Fresh Evidence from Auto Regressive Distributed Lag Bound Testing Approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(1), 269-275.
- Inglesi-Lotz, R. (2016). The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application. *Energy Economics*, 53, 58-63.
- Khoshnevis Yazdi, S. & Shakouri, B. (2017). Renewable Energy, Nonrenewable Energy Consumption and Economic Growth. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 12(12), 1038-1045.
- Koçak, E. & Şarkgüneşi, A. (2017). The Renewable Energy and Economic Growth Nexus in Black Sea and Balkan countries. *Energy Policy*, 100, 51-57.
- Lin, B. & Moubarak, M. (2014). Renewable Energy Consumption - Economic Growth Nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 111-117.
- Menegaki, A. N. (2011). Growth and Renewable Energy in Europe: A Random Effect Model with Evidence for Neutrality Hypothesis. *Energy Economics*, 33, 257-263.
- Öcal, O. & Aslan, A. (2013). Renewable Energy Consumption-Economic Growth Nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-499.
- Pao, H.-T. & Fu, H.-C. (2013). Renewable Energy, Non-Renewable Energy and Economic Growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 381-392.
- 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.
- Rafindadi, A. A. & Öztürk, I. (2017). Impacts of Renewable Energy Consumption on the German Economic Growth: Evidence from Combined Cointegration Test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1130–1141.
- Şimşek M. & Kadılar C. (2010). Türkiye’de Beşeri Sermaye, İhracat ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Nedensellik İlişkisi, *Cumhuriyet Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11(1), 115-140.
- Tayyar, A. E. (2018). Endojen Para Arzının Politik Yönü: Türkiye için Toda- Yamamoto Nedensellik Analizinin Uygulanması, *Sosyal Bilimler Dergisi*, 26, 89-107.

- 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.
- Toda, H. Y. & Yamamoto T. (1995). Statistical Inferences in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes. *Journal of Econometrics*, 66, 225-250.
- Tugcu, C. T., Ozturk, I. & Aslan, A. (2012). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth Relationship Revisited: Evidence from G7 Countries. *Energy Economics*, 34, 1942-1950.