

**Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belirleyicileri: Ampirik Bir  
Tahmin**

***Determinants of Renewable Energy Sources in Turkey: An Empirical  
Estimation***

**Hüseyin AĞIR**

Prof. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, huseyinaqir@hotmail.com

**Sefa ÖZBEK**

Arş. Gör., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, sefa3358@gmail.com

**Sena TÜRKMEN**

Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, sena\_dng01@hotmail.com

**MAKALE BİLGİSİ**

*Makale Geçmişi:*

Geliş 29 Eylül 2020

Düzeltilme Geliş 01 Aralık 2020

Kabul 03 Aralık 2020

**Anahtar Kelimeler:**

Yenilenebilir Enerji, Johansen  
Eşbütünleşme, Toda-Yamamoto  
Nedensellik, Türkiye.

© 2020 PESA Tüm hakları saklıdır

**ÖZET**

*Geleneksel ya da fosil yakıtlar olarak adlandırılan enerji türünün meydana gelme süresi çok uzun yılları almakta ve yenilenemez enerji olarak da adlandırılmaktadır. Bu enerji türünün yüksek maliyetli oluşu çevreye verdiği zararlar da göz önüne alındığında kullanılmaması ya da kullanımının azaltılması sürdürülebilirlik açısından önemli hale gelmektedir. Türkiye fosil yakıtlar açısından zengin olmayan bir ülke olduğundan bu kaynakların kullanımı, ülkeyi dış dünyaya bağımlı hale getirebiliyor, yüksek cari açıklara sebep olabiliyor, çevre hassasiyetini olumsuz etkileyebiliyor. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ise uzun dönemde daha az maliyetli oluşu ve bunların çevreye duyarlılığı bu kaynakların kullanımını özendirilmektedir. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyicilerinin tespiti de önem kazanmaktadır.*

*Bu çalışma Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyicilerini ampirik olarak araştırmayı amaçlamaktadır. Bunun için Türkiye Ekonomisinin 1960-2015 dönemi yıllık zaman serisi verileri kullanılarak eşbütünleşme ve nedensellik analizleri yapılmaktadır. Eşbütünleşme analizi, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji üretimi, kişi başına milli gelir, enerji tüketimi ve kentleşme değişkenlerinin uzun dönemde birlikte hareket ettiğini gösterirken, nedensellik testi sonuçları enerji tüketiminden, kişi başına gelire doğru ve kişi başına gelirden de kentleşmeye doğru nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya koymaktadır.*

**ARTICLE INFO**

*Article History:*

Received 29 September 2020

Received in revised form 01

December 2020

Accepted 03 December 2020

**Keywords:**

Renewable Energy, Johansen  
Cointegration, Toda-Yamamoto  
Causality, Turkey.

© 2020 PESA All rights reserved

**ABSTRACT**

*The type of energy called conventional fuels or fossil fuels takes many years to occur and it is also called non-renewable energy. Considering the high cost of this type of energy and its damages to the environment, not being used or reducing its use becomes important in terms of sustainability. Because of Turkey isn't rich country in terms of fossil fuel, use of these resources can be made the country dependent on the outside world, can lead to high current account deficit, it could adversely affect the environmental sensitivity the country. The fact that renewable energy sources are less costly in the long run and their environmental sensitivity can encourage the use of these sources. In this context, the evaluation of the determinants of renewable energy sources is also important.*

*This study aims to investigate empirically the determinants of renewable energy sources in Turkey. The cointegration and causality analysis is done by using annual time series data for the period 1960-2015 of Turkey economy. While cointegration analysis shows that energy production from renewable resources, per capita income, energy consumption and urbanization variables move together in the long term, causality test results reveal the existence of a causal relationship from energy consumption to per capita income and per capita income to urbanization.*

## GİRİŞ

Temeli insan kökenli sorunlar olan küresel ısınma ve iklim değişiklikleri son yıllarda sıkça tartışılmaya başlanmıştır (IPCC, 2013: 13). Küreselleşme süreci ile beraber insanların istek ve ihtiyaçlarının artması ile yapılan faaliyetler sonucu doğaya zarar verilmekte, gelecek nesillerin yaşam kalitesine olumsuz kalıntılar bırakılmaktadır. Dünyada

- Artan nüfus,
- Artan sanayileşme faaliyetleri
- Teknolojideki gelişmeler
- Yaşam standartlarındaki iyileşmeler
- Tüketim harcamalarındaki artış

gibi sebeplerden dolayı enerji talebinde artışlar yaşanmaktadır. Artan talebi karşılamak için daha çok yenilenemez enerji kaynakları tercih edilmektedir. Bu tercihin sebebi bu kaynaklara erişimin daha az maliyetli ve daha kolay ulaşılabilir olmasıdır. Doğalgaz, kömür, petrol gibi geleneksel fosil yakıtların tercih edilmesiyle çevre kirliliği ve küresel ısınmaya sebep olan karbondioksit ve benzeri sera gazları salınımında artışlar gözlenmektedir. Böylece iklim değişiklikleri başta olmak üzere,

- Azalan biyolojik çeşitlilik
- Artan erozyonlar
- Tarımsal üretimin zarar görmesi
- Hava kirliliği

gibi küresel ölçekte olumsuz durumların meydana gelmesi kaçınılmaz hale gelmektedir (Çınar ve Yılmaz, 2015: 56).

Artan enerji talebinin yenilenemez kaynaklardan karşılanmasının bu denli olumsuz sonuçlar doğurabileceğinden hareketle, dünyada daha temiz olduğu düşünülen ve çevreye, doğaya daha yararlı olan yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi vurgulanmaya başlanmıştır. Rüzgâr, güneş, jeotermal, hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kullanımı son yıllarda eskiye oranla daha çok teşvik edilmektedir. Hükümetler tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımlar yapmak, hükümet politikaları haline gelmeye başlamıştır. Bazı çevrelerce maliyetlerinin fazla olduğu düşünülse de uzun dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre ve doğa dostu olması özelliği ile beraber gelecek kuşaklar adına kullanımının artırılmasının gerekliliği ortaya konmaktadır (IEA, 2019; Yanar ve Kerimoğlu, 2011: 193). Diğer taraftan, yenilenemez enerji kaynaklarının dünyada genel olarak bazı bölgelerde yoğunlaşmış olması, 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi gibi kötü tecrübeler farklı enerji kaynaklarına yönelimi hızlandırmıştır.

Yükselen piyasa ekonomileri arasında yer alan Türkiye, 1980'li yıllarda ticari serbestleşme sonraki yıllarda finansal serbestleşme ile beraber sanayide önemli gelişmeler yaşamıştır. Türkiye'de gelişen sanayi ile birlikte enerji talebinde artışlar meydana gelmiştir. Yenilenemez enerji kaynaklarından olan özellikle petrol yönünden kıt kaynaklara sahip olan Türkiye'nin, cari işlemler açığı verdiği yıllarda ithalat kaleminin önemli bir bölümünü enerji ithalatı oluşturmaktadır. Bu yönüyle Türkiye'nin dışa bağımlılığının minimal seviyeye inmesi için yenilenmez enerji kaynaklarını hem çok verimli kullanması hem de kıt olan bu kaynakların yerine alternatif enerji kaynaklarına yönelmesi önem arz etmektedir (Ağır ve Kar, 2010: 151). Dış şoklara karşı etkin mücadele ve sürdürülebilir cari açık ve istikrarlı büyüme için enerji bağımlılığının en aza indirilmesi önemle üzerinde durulması gereken konuların başında gelmektedir. Türkiye'nin özellikle güneş, su, rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin bir şekilde kullanabilmesi, dışa bağımlılığını azaltıcı etki yapacağı düşünülmektedir (Ceylan ve Başer, 2014: 57). Dolayısıyla Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi elzem hale gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli hale gelmesiyle, bu kaynakları belirleyen faktörlerin ne/neler olduğunun tespiti önemli bir araştırma sorusu

olarak karşımıza çıkmaktadır. Böylece yenilebilir enerji konusunda atılacak adımların daha ciddi bir şekilde ele alınması mümkün olacaktır.

Bu çalışmanın ilerleyen bölümlerinde konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalara değinilecek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyicileri ampirik olarak test edilecektir. Bu amaçla çalışmada, Sadorsky (2009), Aguirre ve Ibikunle (2014) ve Salim ve Rafiq (2012) araştırmacıları tarafından kullanılan model temel alınarak inceleme gerçekleştirilecektir.

## **1. Literatür Taraması**

Yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik büyüme üzerine pozitif etkisi olduğu genel kabul görmekle birlikte, bu kaynakların talebinin hangi değişkenlerce belirlendiği önemli araştırma konularından birini oluşturmaktadır.

Sadorsky (2009a) çalışmasında yenilebilir enerjinin belirleyicilerini, karbondioksit emisyonu, fiyat değişkenlikleri ve gelir düzeyi değişkenleri aracılığıyla araştırmıştır. Çalışmada gelişmekte olan piyasa ekonomileri için panel eşbütünleşme analizi yapılmıştır. Gelir düzeyi ve karbondioksit emisyonunun yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde pozitif ve anlamlı etki yarattığını ancak, fiyat değişkenliklerinin negatif etkiye sebep olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sadorsky (2009b) çalışmasında yenilebilir enerjinin belirleyicilerini G-7 ülkeleri için araştırmıştır. Panel eşbütünleşme testi aracılığıyla yapılan analizde fiyat değişkenliklerinin yenilenebilir enerji kaynaklarını negatif etkilediğini ortaya koymuştur. Diğer taraftan karbondioksit emisyonunun ve gelir düzeyinin ise pozitif ve anlamlı etkilere sebep olduğu elde edilmiştir.

Büyükyılmaz ve Mert (2010)'da kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi, kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla ve karbondioksit emisyonu değişkenleri arasındaki ilişkileri araştırmak amacıyla Markov rejim modelinin geliştirilmiş hali olan MSVAR yöntemini kullanmıştır. 1960-2010 dönemi yıllık verileri ile Türkiye için yapılan analiz bulguları ilgili değişkenler arasında rejim farklılıklarına göre ilişkilerin farklılaştığı ve nedensellik ilişkisinin her bir değişken arasında olduğunu ortaya koymuştur.

Marques vd. (2010) çalışmalarında, yenilenebilir kaynakların belirleyicilerini üç farklı model altında incelemişlerdir. İlk modelde kurumsal değişken, kotalar, kamu politikaları, tarifeler, araştırma ve geliştirme harcamaları değişkenleri ile, ikinci kurulan modelde gelir düzeyi, karbondioksit emisyonu, fosil yakıt maliyetleri, enerji ithalatı değişkenleri ile son kurulan modelde ise elektrik piyasasındaki deregülasyon, yenilenebilir enerji potansiyeli değişkenleri aracılığıyla belirlemeyi amaçlamıştır. Sabit etkili vektör ayrıştırma modelinin kullanıldığı çalışmada Avrupa Birliği ülkeleri incelenmiştir. Sonuç olarak karbondioksit emisyonu değişkeninin, yenilebilir enerji üzerinde negatif etkide bulunduğu, enerji bağımlılığı ve enerji fiyatlarının ise pozitif etkide bulunduğu elde edilmiştir. Ayrıca Avrupa Birliği üyeliğinin, yenilenebilir enerji kaynaklarını pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Menyah ve Rufael (2010)'da yenilenebilir enerji tüketimi, karbondioksit emisyonu, nükleer enerji tüketimi, ekonomik büyüme değişkenleri arasındaki ilişkiyi ABD için araştırmıştır. 1960-2007 yıllık verileri ile yapılan Granger nedensellik testi bulguları, nükleer enerji tüketiminden karbondioksit emisyonuna doğru tek yönlü Granger nedenselliğinin varlığını ortaya koymuştur.

Popp vd. (2011) çalışmasında, 26 OECD ülkesi için karbondioksit emisyonu ve gelir düzeyinin yenilenebilir enerji kaynaklarının üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bir diğer değişken olan çevre politikaları ise diğer iki değişkenden daha etkin olduğu sonucuna ulaşarak, ülkelerin daha çok çevre politikalarına önem verip çevreye zararlı yenilenemez enerjiden uzak durmaları gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

Lin ve Moubarak (2014) çalışmalarında, karbondioksit emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini Çin için araştırmıştır. Analizde 1977-2011 dönemi verileri ile ARDL ve Johansen eşbütünleşme ve Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Bulgular ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi karşılıklı Granger nedensellik

olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasında ne kısa dönemde ne de uzun dönemde bir nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır.

Apergis ve Payne (2014) çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarını belirlemek adına yedi Orta Amerika ülkesinde panel eşbütünleşme analizi yapmıştır. Analiz bulgularına göre karbondioksit emisyonunun, gelir düzeyinin, fiyat değişkenliklerinin yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucu elde edilmiştir.

Aguirre ve Ibikunle (2014)’de Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika ülkeleri için yaptıkları çalışmada karbondioksit emisyonunun yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı üzerinde etkili olduğu ancak enerji ithalatının zayıf etkide bulunduğunu ortaya koymuştur. Fosil yakıtları tercih edip maliyet avantajı elde eden ülkelerin enerji kullanımlarındaki artışın yenilenebilir enerji kaynak tercihini negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Salim ve Shafiei (2014) çalışmalarında OECD ülkeleri için yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyicilerini panel eşbütünleşme analizi ile araştırmıştır. Analiz sonuçlarında kentleşme oranının artmasının yenilenemez enerji kullanımını artırdığı elde edilmiştir. Yenilenemez kaynaklar üzerinde nüfus yoğunluğunun negatif etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çınar ve Yılmaz (2015) çalışmalarında gelişmekte olan 8 ülke (Türkiye, Endonezya, Çin, Meksika, Hindistan, Şili, Brezilya ve Güney Afrika) için yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyicilerini araştırmıştır. 2 farklı model kurularak yapılan çalışmada, ilk olarak yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyümeye etkisi araştırılmaktadır. İkinci kurulan modelde ise yenilenebilir enerji tüketimi, karbondioksit emisyonu, enerji fiyatları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelenmektedir. Analize dahil edilen gelişmekte olan ülkelerde 1990-2013 dönemi için sürdürülebilir büyümenin gerçekleşmesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyici bir rol oynadığı ortaya çıkmaktadır.

Akay vd. (2015)’de karbondioksit emisyonu, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerinin aralarındaki ilişkiyi incelemiştir. Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri için 1988-2010 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışmada panel vektör otoregresyon yaklaşımı aracılığıyla yapılan analiz sonucu yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı nedensellik ilişkisinin varlığı elde edilmiştir. Diğer taraftan ekonomik büyüme, enerji tüketiminde meydana gelen bir şok karşısında pozitif tepki verirken, karbondioksit emisyonunun ise yenilenebilir enerji tüketiminden negatif etkilendiği bulgusuna ulaşılmıştır.

Cadoret ve Padovano (2016)’da 26 AB ülkesi için yenilenebilir enerjinin yayılmasındaki politik faktörleri 2004-2011 yılları için araştırmıştır. Politik faktörler olarak hükümet ideolojisi, lobilerin etkisi, yönetim kalitesi değişkenleri belirlenmiştir. Araştırma bulgularına göre, yenilenebilir enerji yönetimi imalat sanayi endüstrisinde meydana gelen lobi faaliyetlerinden olumsuz biçimde etkilendiği ancak standart yönetim kalitesi ölçümlerinin de pozitif bir etki yarattığı görülmüştür. Diğer taraftan, kişi başına düşen gelirin yenilenebilir enerji dağılımı üzerinde negatif bir etkide bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Erdoğan vd. (2018) Türkiye için 1998-2015 dönemi verileriyle yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Johansen Eşbütünleşme Testi ve VECM nedenselliğinin kullanıldığı analiz bulgularına göre, nedensellik ilişkisinin ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji üretimine doğru olduğu ve iki değişken arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.

Uysal ve Gümüş (2019), toplam elektrik enerjisi üretimi, yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi, ekonomik büyüme ve toplam elektrik enerjisi tüketiminin yenilenebilir enerjiye oranı değişkenleri ile Türkiye’de yenilenebilir elektrik enerjisi üretimini belirleyen etmenleri araştırmıştır. EKK tahmini yapılan çalışmada yenilenebilir elektrik enerjisi üretimini belirleyen etmenlerin ekonomik büyüme, toplam elektrik enerjisi tüketiminin yenilenebilir enerji tüketimi içerisindeki payı, toplam elektrik enerjisi tüketimi olduğu tespit edilmiştir.

Ceyhan vd. (2019) çalışmalarında Türkiye’de tasarruflar ile yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim arasında ilişkisinin mevcut olup olmadığı araştırılmıştır. 1984-2017 dönemi yıllık

verileri aracılığıyla katsayı tahmini (FMOLS-DOLS), eş bütünleşme ve nedensellik testlerinin yapıldığı çalışmada bulgular, yenilenebilir enerji kaynaklarından tasarruflara doğru tek taraflı uzun dönemli pozitif bir nedensellik ilişkisinin varlığını göstermektedir.

## 2. Ekonometrik Analiz

Bu bölümde, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyenleri araştırılmaktadır. 1960-2015 dönemi yıllık verileriyle yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji üretimi, ekonomik büyüme, kentleşme oranı ve enerji kullanımı değişkenleriyle analiz yapılmaktadır. Bu değişkenler belirlenirken ilgili literatürden (Çınar ve Yilmazer, 2015; Akay, 2015) yararlanılmıştır. Verilerin tamamı Dünya Bankası istatistikleri WDI veri tabanından elde edilmiştir. Kolaylık açısından,

LRE : Logaritmik yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimini

LY : Logaritmik kişi başına düşen milli geliri

LURBAN : Logaritmik kentleşme oranını

LETUK : Logaritmik enerji kullanımını

sembolize etmektedir. Kurulacak olan model matematiksel olarak,

$$LRE = f(LY, LURBAN, LETUK) \quad (1)$$

şeklinde kapalı fonksiyon şeklinde yazılabilirken, ekonometrik olarak da,

$$LRE_t = \beta_1 + \beta_2 LY_t + \beta_3 LURBAN_t + \beta_4 LETUK_t + u_t \quad (2)$$

biçiminde ifade edilmektedir. Analizlerde ilgili değişkenler için birim kök testine yer verilmektedir. Sonrasında eşbütünleşme analizi tahminiyle değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisi ortaya konulmakta son olarak da nedensellik testi tahminlerine yer verilmektedir.

### 2.1 Birim Kök Testi

Birim kök içeren zaman serileri ile yapılan regresyon çözümlerinde, kurulan modelde gerçekte ilişkisiz olan değişkenlere rağmen yüksek  $R^2$  sonucu ortaya çıkabilmektedir. Bu durumda sahte regresyon sorunu oluşmaktadır (Granger ve Newbold, 1974). Dolayısıyla analiz edilecek modeldeki bir serinin durağanlığının araştırılması önem arz etmektedir. Bir X serisi,

$$\begin{aligned} &\text{➤ } E(X_t) = \mu \\ &\text{➤ } Var(X_t) = E(X_t - \mu)^2 = \sigma^2 \\ &\text{➤ } \gamma_k = E(X_t - \mu)(X_{t-k} - \mu) \end{aligned} \quad (3)$$

özelliklerini taşıyorsa yani sabit aritmetik ortalama, sabit varyans ve sabit kovaryansa (kovaryanstaki değişimler sadece gecikme mesafesine bağlı) sahip olması durumunda durağandır denilmektedir (Gujarati, 1999: 740).

Çalışmada kullanılacak olan Johansen eşbütünleşme yönteminden önce serilerin birim kök sürece sahip olup olmadıkları test edilecektir. Bunun için literatürde en yaygın test olan Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF Augmented Dickey Fuller) birim kök (unit root) testi kullanılacaktır. Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi, ekonomik büyüme, kentleşme oranı, enerji kullanımı serileri için ADF birim kök test sonuçları Tablo 1'de gösterilmektedir.

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

	Model	Seviye	Birinci Fark
LRE	S	-0.243 (0)	-5.562*** (0)
	S&T	0.660 (0)	-5.989*** (0)
LY	S	-0.211 (0)	-8.466*** (0)
	S&T	-3.603** (0)	-8.323*** (0)
LURBAN	S	-1.488 (1)	-4.950*** (0)
	S&T	-2.676 (1)	-4.905*** (0)
LETUK	S	-1.082 (0)	-7.208*** (0)
	S&T	-2.514 (0)	-7.261*** (0)

**Not:** S: Sabitli model. S&T: Sabit ve trendli model. ADF testinde maksimum gecikme sayısı 3 olarak alınmış ve optimum gecikme sayısı Schwarz Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. Parantez içindeki sayılar optimum gecikme sayılarıdır. Kritik değerler sabitli model için -3.555 (%1), -2.915 (%5) ve -2.595 (%10); sabit ve trendli model için -4.133 (%1), -3.493 (%5) ve -3.175 (%10)'dur.. \*, \*\* ve \*\*\* Ho hipotezinin sırasıyla %10, %5 ve %1 anlam seviyesinde reddedildiğini göstermektedir.

ADF testinin sıfır hipotezi birim kökün varlığı üzerine kuruludur. ADF test istatistiği bulgularına göre modelde kullanılan tüm serilerin birinci farklarında, %1 anlam düzeyinde durağan oldukları görülmektedir. Teknik ifadeyle serilerin, I(1) olduğu anlaşılmaktadır. Var analizine dayalı Johansen eş bütünleşme testi yapabilmek için serilerin aynı derecen durağan (I(1)) olma koşulu sağlanmaktadır.

## 2.2 Eşbütünleşme Testi

İktisat literatüründe eşbütünleşme, ekonomik değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin istatistiki olarak ifadesi anlamına gelmektedir. Johansen eşbütünleşme yaklaşımında, eğer ekonometrik modelde iki veya daha fazla değişkenin mevcut ise birden fazla eştümleştirici vektör olma ihtimali bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle, söz konusu değişkenler arasında birden fazla denge ilişkisi olabilmektedir. Değişken sayısının k adet olduğu düşünüldüğünde, k-1 adet eştümleştirici vektör bulunabilmektedir. Örneğin 2 değişkenli bir modelde, 1 eştümleştirici vektör bulunmaktadır. Johansen (1988), Johansen-Juselius (1990) ve Johansen (1995) yaklaşımlarında çok denklem yaklaşımı önerilerek, söz konusu değişkenler arasında birden fazla eştümleşme ilişkisinin gözlemlenebileceği ifade edilmiştir. Söz konusu yaklaşımların özünde, modelde yer alan tüm değişkenlerin içsel kabul edilmesi ve normalleştirme için değişken seçimine gerek duyulmaması bulunmaktadır (Sevüktekin ve Çınar, 2017: 580-581). Johansen yöntemine göre  $X_t$ , (1) eşitliğindeki gibi tanımlanan bir sınırlanmamış vektör otoregressive süreç olsun (unrestricted vector autoregression/VAR) (Özdemir ve Öksüzler, 2006; Jordan ve Eita, 2007).

$$X_t = \rho + \sigma_1 X_{t-1} + \dots + \sigma_k X_{t-k} + \varepsilon_t \quad (4)$$

n tane değişkenden meydana gelen  $X_t$ , (n x1) boyutlu vektör; k gecikme sayısı ve  $\sigma$  (n x n) boyutlu tahmin edilecek parametreler vektörüdür. (4) denklemi, VECM olacak biçimde (5)'deki gibi yeniden ifade edilebilir (Jordan ve Eita, 2007).

$$\Delta X_t = \rho + \tau_1 \Delta X_{t-1} + \dots + \tau_{k-1} \Delta X_{t-k+1} + \sigma X_{t-k} + \varepsilon_t \quad (5)$$

(4) eşitliğinde,  $\sigma = -(1 - \sigma_1 - \dots - \sigma_k)$ ;  $\tau_i = -(1 - \tau_1 - \dots - \tau_i)$ , ( $i = 1, \dots, k - 1$ );  $\rho$  ile sabit terim;  $\varepsilon_t$  ile ise hata vektörü ifade edilmektedir. Ayrıca  $\Delta$  ise, ilgili değişkenlerin farkının alındığını sembolize etmektedir. (5) eşitliği uzun dönemin yanında kısa dönemli ilişkiler hakkında da bilgi sağlamaktadır. (n x n) boyutlu ve r ranklı olan  $\sigma$  matrisi, uzun dönem katsayılarını göstermektedir. Eşbütünleşme analizinin amacı,  $\sigma$  matrisinin rankının (r) belirlenmesi ile eşbütünleşme vektörü sayısına karar vermektir. Johansen (1988) ile Johansen ve Juselius (1990) trace (iz) ve Max-Eigen değer (maksimum özdeğer) testleri ile rankın belirlenebileceğini göstermiştir (Karagöl ve Serel, 2005; Özdemir ve Öksüzler, 2006; Jordan ve Eita, 2007; Aktaş, 2009). Yapılan eş bütünleşme testinde kişi başına milli gelir, enerji tüketimi, kentleşme ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji üretimi değişkenleri arasında 1 adet eşbütünleşme denkleminde rastlanmıştır. Diğer bir deyişle, söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin mevcut olduğu bilgisi elde edilmiştir. Söz konusu ilişkinin varlığını gösteren, Johansen eşbütünleşme testi sonuçları Tablo 2'de gösterilmektedir.

H <sub>0</sub> Hipotezi	Trace İstatistiği	Olasılık Değerleri	Max-Eigen İstatistiği	Olasılık Değerleri
$r = 0$	55.961**	0.034	24.860	0.140
$r \leq 1$	31.101	0.129	19.419	0.120
$r \leq 2$	11.681	0.478	8.821	0.453
$r \leq 3$	2.860	0.607	2.860	0.607

Not: \*\* işareti, H<sub>0</sub> hipotezinin %5 anlamlılık düzeyinde reddedildiğini göstermektedir. Otokorelasyon probleminin olmadığı uygun gecikme uzunluğu 2 olarak belirlenmiştir.

Johansen eşbütünleşme analizi bulguları ilk modelde, Trace istatistiğinde %5 anlamlılık düzeyinde 1 adet eşbütünleşme vektörü olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji üretimi, kişi başına milli gelir, enerji tüketimi ve kentleşme değişkenlerinin uzun dönemde birlikte hareket ettikleri görülmektedir. İlgili eşbütünleşme testi tahmin sonucu, (6)'da gösterilmektedir.

$$LRE = 80.328LY - 24.113LURBAN - 213.831LETUK \quad (6)$$

(6) denklemi bulgularına göre, uzun dönemde milli gelir ile yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji üretimini arasında pozitif bir ilişki olmasına karşın; kentleşme ve enerji talebi değişkenleri ile yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji üretimi arasında negatif bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Eşbütünleşme ilişkisinin varlığından sonra, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin tespiti için Toda-Yamamoto(TY) nedensellik testinden yararlanılmaktadır. Literatürde sıkça kullanılan Granger nedensellik testinin geliştirilmiş hali olan TY nedensellik testi serilerin seviye değerlerine uygulanmaktadır. Dolayısıyla fark alma işlemi uygulanmadan yapılmakta ve böylece bilgi kaybı önlenmektedir. Sims (1980)'in geliştirdiği VAR yönteminin genişletilmiş biçimi olan TY yöntemi, 1995 yılında Toda ve Yamamoto tarafından önerilmiştir. TY analizinde, k gecikme uzunluğuna sahip VAR modelinin kısıtlanan parametrelerine  $\chi^2$  dağılımı gösteren genişletilmiş Wald testi uygulanır. TY analizi iki aşamalı bir yöntemdir: VAR modelinin birinci aşamasında optimal gecikme uzunluğu (k) ve modeldeki değişkenlerin maksimum bütünleşme seviyeleri (dmax) birim kök testleri yardımıyla belirlenir. İkinci aşamada k gecikmeli VAR modelinin kısıtlamalarına MWALD testi uygulanır. Y ve X gibi iki değişkenli TY nedensellik modeli denklem (4) ve (5)'de gösterilmektedir.

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_{i1} Y_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{k+d_{max}} \beta_{2j} Y_{t-j} + \sum_{i=1}^k \alpha_{1i} X_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{k+d_{max}} \alpha_{2j} X_{t-j} + e_{1t} \quad (7)$$

$$X_t = c_0 + \sum_{i=1}^k c_{i1} X_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{k+d_{max}} c_{2j} X_{t-j} + \sum_{i=1}^k d_{1i} Y_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{k+d_{max}} d_{2j} Y_{t-j} + e_{2t} \quad (8)$$

Yukarıdaki iki denklemde  $e_{1t}$  ve  $e_{2t}$  ile gösterilen hata terimlerinin; değişen varyansının sabit, ortalamasının sıfır ve ardışık bağımlılığın ve değişen varyansın olmadığı kabul edilmektedir. (7) denkleminde sıfır hipotez;  $\alpha_{1i} = 0$ 'dır ve bu hipotezin reddedilmesi X, Y'nin Granger nedeni olduğu anlamına gelmektedir. (8) denkleminde ise sıfır hipotezi  $d_{1i} = 0$  dir ve bu hipotezin reddedilmesi Y'nin, X'in Granger nedeni olduğunu göstermektedir.

Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji üretimi, kişi başına milli gelir, enerji tüketimi ve kentleşme değişkenlerinin aralarındaki nedensellik ilişkisinin sonuçları Tablo 3'de gösterilmektedir.

<b>Bağımlı Değişken: LRE</b>	<b>Wald İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
LY	1.569	0.456
LURBAN	0.211	0.900
LETUK	0.254	0.881
<b>Bağımlı Değişken: LY</b>	<b>Wald İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
LRE	0.336	0.845
LURBAN	0.968	0.616
LETUK	6.488**	0.039
<b>Bağımlı Değişken: LURBAN</b>	<b>Wald İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
LETUK	7.2188	0.027
LRE	0.313	0.855
LY	10.406***	0.005
<b>Bağımlı Değişken: LETUK</b>	<b>Wald İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
LRE	0.116	0.943
LY	1.488	0.475
LURBAN	0.245	0.885

**Not:** Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçları seviyede VAR(2+1) elde edilmiştir. \*\* ve \*\*\* sırasıyla %5 ve %1 anlamlılık düzeylerinde anlamlılığı göstermektedir.

TY nedensellik analizi sonuçlarına göre, %5 anlamlılık düzeyinde LETUK değişkeninin, LY değişkeninin nedeni olduğu elde edilmektedir. Diğer bir ifadeyle enerji tüketimi, kişi başına milli gelirin %5 anlamlılık düzeyinde nedenidir. Diğer taraftan, %1 anlamlılık seviyesinde LY, LURBAN'ın nedenidir yani; kişi başına milli gelir, kentleşmenin nedeni olduğu ortaya konmaktadır. TY nedensellik testi bulgularına göre, adı geçen değişkenler arasındaki nedensellikler dışında herhangi bir nedenselliğe %10 anlamlılık düzeyinde ulaşılamamıştır.

## SONUÇ

Sanayi devriminden günümüze dek artan enerji ihtiyacı, beraberinde bazı olumsuzlukları meydana getirmiştir. Küresel ısınma, çevre kirliliği gibi küresel tehditlerin önlem alınmadığı takdirde gelecek kuşaklar üzerinde olumsuz durumlar meydana getireceği açıktır. Özellikle yenilenemez enerji kullanımının getirdiği sorunlar düşünüldüğünde, dünyada temiz enerji olarak nitelenen yenilenebilir enerjinin kullanımı teşvik edilmeye başlanmıştır. Bu teşviklerin katkı sağlayabilmesi için yenilenebilir enerji kullanımını belirleyen etmenlerin tespiti adına bu çalışmada 1960-2015 dönemi yıllık verileriyle bir araştırma yapılmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyicileri olarak kişi başına gelir, kentleşme ve enerji tüketimi verileri ele alınmış ve uygulanan Johansen eşbütünleşme sonuçlarına göre söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığına ulaşılmıştır. Türkiye için bulunan bu sonucun, ilgili yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji üretimi ile kişi başına milli gelir, kentleşme ve enerji tüketimi ile birlikte hareket ettiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla ekonomik büyümenin, artan eğitim seviyesi ile artan kentleşmenin ve artan üretimin enerji tüketimini artırdığı göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan, Toda-Yamamoto nedensellik testi bulguları ise enerji tüketiminden, kişi başına gelire doğru ve kişi başına düşen milli gelirden de kentleşmeye doğru nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar da, üretimin artması ile yükselen enerji talebinin ekonomik büyümeye, büyüyen ekonominin ise kentleşmeye neden olduğunu göstermektedir. Yükselen piyasa ekonomileri arasında yer alan Türkiye'nin, üretim sürecinde yenilenebilir enerjiden daha çok, düşük maliyetli ve kolay elde edilebilir yenilenemez enerji kaynaklarına yönelmesi beklenen bir durum olmasına karşın cari açığının büyük kısmının yenilenemez enerji ithalatı olduğu gerçeğinden hareketle, yenilenebilir enerjiyi teşvik edici politikaların artırılmasının önem arz ettiği düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

- Aguirre, M. and Ibikunle, G. (2014), Determinants of Renewable Energy Growth: A Global Sample Analysis, *Energy Policy*, 69, 374-384.
- Ağır, H. ve Kar, M. (2010), Türkiye'de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi İlişkisi: Yatay Kesit Analizi, *Sosyoekonomi*, 6(12), 149-175.
- Akay, E.Ç., Abdieva, R. and Oskonbaeva, Z. (2015), Yenilenebilir Enerji Tüketimi, İktisadi Büyüme ve Karbondioksit Emisyonu Arasındaki Nedensel İlişki: Orta Doğu ve Kuzey Afrika Ülkeleri Örneği, *International Conference on Eurasian Economies*, 2015, Kazan.
- Aktaş, C. (2009), Türkiye'nin İhracat, İthalat ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik Analizi, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18 (2), 35-47.
- Apergis, N. and Payne, J. E. (2014), Renewable Energy, Output, CO2 Emissions, And Fossil Fuel Prices in Central America: Evidence From A Nonlinear Panel Smooth Transition Vector Error Correction Model, *Energy Economics*, 42, 226232.
- Büyükyılmaz, A. ve Mert, M. (2015). CO2 Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin MSVAR Yaklaşımı ile Modellenmesi: Türkiye Örneği. *Journal of World of Turks*, 7(3), 103-118.
- Cadoret, I. and Padovano, F. (2016), The Political Drivers of Renewable Energies Policies. *Energy Economics*, 56, 261-269.



- Ceyhan, S., Peçe, M. A. ve Kamacı, A. (2019), Yenilenebilir Enerji Kaynakları İle Yurtiçi Tasarruflar Arasındaki İlişki: Türkiye örneği, Bartın Üniversitesi İİBF Dergisi, 10(19), 83-97.
- Ceylan, R., ve Başer, S. (2014). Türkiye’de Petrol Tüketimi İle Reel GSYİH Arasındaki Uzun Dönem İlişkinin Johansen Eş-Bütünleşme Yöntemi İle Analiz Edilmesi, *Business & Economics Research Journal*, 5(2), 47-60.
- Çınar, S. ve Yilmazer, M. (2015), Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belirleyicileri ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Gelişmekte Olan Ülkeler Örneği, *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 30(1), 55-78.
- Dickey, D.A. and Fuller, W.A. (1981), Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with A Unit Root, *Econometrica*, 49 (4), pp. 1057-1072.
- Erdoğan, S., Dücan, E., Şentürk, M., ve 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.
- Granger, C.W.J. and Newbold P. (1974), Spurious Regressions in Econometrics, *Journal of Econometrics*, 2:111-120,
- Gujarati, D., (1999), *Temel Ekonometri*, Literatür yayıncılık, (Çevienler: Ümit ŞENESEN, Gülay Günlük ŞENESEN), İstanbul.
- IEA (International Energy Agency). (2012), *Key World Energy Statistics 2012*, [www.iea.org/publications/.../kwes.pdf](http://www.iea.org/publications/.../kwes.pdf) (19.09.2019).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Johansen, S. (1988), Statistical Analysis of Cointegration Vectors, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254.
- Johansen, S. and Juselius, K. (1990), Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Application to the Demand for Money, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210.
- Jordan, A. C. and Eita, J. H. (2007), Export and Economic Growth in Namibia: A Granger Causality Analysis, *South African Journal of Economics*, 75(3), 540- 547.
- Karagöl, E. ve Serel, A. (2005), Türkiye’de İhracat ve GSMH Arasındaki İlişkinin Kointegrasyon Yöntemiyle İncelenmesi, *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, 50, 1030-1040.
- Lin, B. ve Moubarak, M. (2014), Renewable Energy Consumption-Economic Growth Nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 111-117.
- Marques, A. C., Funhas, J. A. and Manso, J. R.P. (2010), Motivations Driving Renewable Energy in European Countries: A Panel Data Approach, *Energy Policy*, 38, 6877-6885.
- Menyah, K. and Rufael, Y. W. (2010), CO2 Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth in The US, *Energy Policy*, 38(6), 2911-2915.
- Özdemir, A. R. ve Öksüzler, O. (2006), Türkiye’de Turizm Bir Ekonomik Büyüme Politikası Aracı Olabilir mi? Bir Granger Nedensellik Analizi, *Balıkesir Üniversitesi SBE Dergisi*, 9(16), 107-126.
- Popp, D., Hascic, I. and Medhi, N. (2011), Technology and The Diffusion of Renewable Energy, *Energy Economics*, 33, 648-662.
- Sadorsky, P. (2009a), Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies, *Energy Policy*, 37(10), 4021-4028.

- Sadorsky, P. (2009b), Renewable Energy Consumption, CO<sub>2</sub> Emissions and Oil Prices in The G7 Countries, *Energy Economics*, 31, 456-462.
- Salım, R.A. and Rafiq, S. (2012), Why Do Some Emerging Economies Proactively Accelerate The Adoption of Renewable Energy?, *Energy Economics*, 34, 1051- 1057.
- Salım, R.A. and Shafiei, S. (2014), Urbanization and Renewable and Nonrenewable Energy Consumption in OECD Countries: An Empirical Analysis, *Economic Modelling*, 38, 581-591.
- Sevüktekin, M. ve Çınar M. (2017) Ekonometrik zaman serileri analizi: Eviews uygulamalı (5. Baskı) Dora Basım Yayım.
- Sims, C. A. (1980), Macroeconomics and Reality, *Econometrica*, 48(1), 1-48.
- Toda, H. Y. and Yamamoto, T. (1995), Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Process, *Journal of Econometrics*, 66(1- 2), 225-250.
- Uysal, D., Yılmaz, K., ve Taş, T. (2015), Enerji ithalatı ve Cari açık ilişkisi: Türkiye Örneği, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 63-78.
- WDI (World Development Indicators) 2020. Ülke İstatistikleri, <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, (11.11.2019).
- Yanar, R., ve Kerimoğlu, G. (2011), Türkiye’de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi, *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 3(2), 191-201.