

Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasında Frekans Alanında Nedensellik Analizi: Türkiye Örneği

Buket Kırcı Altınkeski¹

Fatih Çemrek²

Özet

Enerji, modern endüstriyel ekonomide en temel girdi unsurudur. Ekonomik büyüme enerji tüketimi ile yakından ilişkilidir. Bu çalışmada enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki frekans alanında nedensellik testi ile araştırılarak hem ilişkinin yönünün belirlenmesi hem de kısa, orta ve uzun vadede ilişkinin yönünün değişip değişmediğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi Türkiye ekonomisi için 1968-2021 dönem aralığında yıllık veriler kullanılarak frekans boyutunda nedensellik testi yardımıyla incelenmiştir. Breitung ve Candelon (2006) nedensellik testi yapılmadan önce enerji tüketimi ile ekonomik büyüme değişkenleri kullanılarak VAR model tahmin edilmiş ve optimal gecikme sayısı belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye yönelik sadece uzun dönemde bir nedensellik ilişkisi tespit edilirken, ekonomik büyümeden enerji tüketimine yönelik bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Elde edilen bu sonuçlar Aydın (2020) ve Rashed ve Eren (2021) tarafından bulunan sonuçlar ile örtüşmektedir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, emek ve sermayeyi tamamlayıcı bir unsur olan enerji tüketimi, uzun vadede Türkiye ekonomisinde ekonomik büyümeyi etkileyecektir. Bu bağlamda, karar vericilerin enerji teşvik politikalarını uygulamaları önemlidir. Enerji hammaddeleri üreticilere düşük fiyatlarla veya düşük vergi oranlarıyla sunulabilirse, bu büyümeye olumlu katkı sağlayacaktır.

1 Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Tekirdağ. ORCID: 0000-0002-0188-7809.

2 Doç. Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Eskişehir. ORCID: 0000-0002-6528-7159.

GİRİŞ

Genel tanımı olarak enerji, bir cismin ya da sistemin iş yapabilme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Enerji, insanlık tarihinde hayatın en önemli parçasıdır. Şu an yaşadığımız yüzyıl içerisinde nüfusun artması ile birlikte, sanayi sektörü ve teknolojik alanda yaşanan son gelişmelerin hızlanması nedeniyle enerji vazgeçilmez bir ihtiyaç olarak önemli bir kavram olmuştur. Sanayi Devrimi ile ortaya çıkan makinalaşma nedeniyle enerji talebi artmıştır. Enerji kullanımının artmasıyla da üretimde artış sağlanmış ve bunun sonucunda da yaşam standartları yükselmiştir.

Enerji, modern endüstriyel ekonomide en temel girdi unsurudur. Enerji, insan yaşamında pişirme ve alan/su ısıtma, aydınlatma açısından temel bir bileşendir. Sağlık, gıda üretimi ve depolanması, eğitim, maden çıkarma, endüstriyel üretim ve ulaşım için oldukça önemlidir. Enerjinin yoğun kullanımı, genel üretim ve yaşam standartlarını iyileştirmiştir. Sanayileşme süreci ile yakından ilgili olan kentleşme aşamasına geçilmesi ile birlikte enerji talebi de hızla artmıştır. Enerji üretimi ve tüketimi ise ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile doğru orantılı olmuştur. Bundan dolayı enerjiyi en uygun ve doğru bir şekilde kullanabilmek üzere, var olan enerji kaynaklarını en iyi duruma getirebilmek amacıyla ülkeler enerji politikaları ortaya koymuşlardır.

İktisat bilimi açısından ise enerjinin kendisi yerine enerji kaynakları ve enerjiyi arz ve talep açısından almaktadır. Enerji, iktisat bilimi açısından en önemli üretim kaynaklarından birisidir ve içsel üretim faktörüdür. Enerjiyi üretimde kullanabilmek için ülkeler kendi kaynaklarından ya da bu kaynaklara sahip ülkelere temin etmektedirler. Bu durum da enerji satan ülkeler için ihracat geliri oluşturmakta ve ekonomilerini olumlu etkilemektedir. Enerjiyi ithal eden ülkeler açısından da önemli bir maliyet unsuru olmakta ve enerji bağımlılığı ve cari açık problemlerini beraberinde getirmektedir.

Enerji tüketimi ise ekonomik gelişme ve büyümenin temel göstergelerinden biridir. Ekonomik büyüme enerji tüketimi ile yakından ilişkilidir. Ekonomik kalkınma ancak daha fazla enerji tüketimiyle sağlanmaktadır. İnsan toplumunun gelişimi için önemli bir maddi temel olan enerji, aynı zamanda ekonomik büyümenin de ana itici gücüdür. Ancak enerji, ekonomik büyümeyi teşvik ederken, aynı zamanda dünya çevresine kirlilik sorunları da getirmekte ve giderek ekonominin sürdürülebilir kalkınmasını engelleyen bir darboğaz haline gelmektedir. Enerji ve ekonomik kalkınma arasındaki ilişki ekonomi açısından incelenmesinin iki yönü vardır. Bunlardan ilki, ekonomik kalkınmanın enerjiye bağlı olmasıdır. Bunun anlamı ekonomik kalkınma enerjiden ayrılmaz olmasıdır. İkinci yönü ise enerji kullanımının derecesinin ve ölçeğinin belirli ekonomik gelişme koşullarına bağlı olmasıdır. Böylece

ekonomik kalkınma, enerjinin büyük ölçekli gelişimine ve kullanımına neden olabilir.

Bu çalışmada enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi Türkiye ekonomisi için 1968-2021 dönem aralığında yıllık veriler kullanılarak frekans boyutunda nedensellik testi yardımıyla incelenmesi amaçlanmaktadır.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünün ardından ikinci bölümde literatürde yer alan çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde kullanılan ekonometrik yöntem ayrıntılı bir şekilde anlatılmış olup, beşinci bölümde ise veri ve analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Son bölümde ise elde edilen sonuç ile ilgili genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Literatür

Şimşek (2016), enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki zamansal nedensellik ilişkisini ARDL sınır testi kullanarak araştırmıştır. Analiz sonucunda, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Nedensellik testi ile enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu sonucu elde edilmiştir.

Usta (2016), Türkiye’de bölgesel (İBBS Düzey 2) enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini belirlemek üzere panel veri analizi kullanmıştır. 2004-2011 dönemi yıllık veriler kullanılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre bölgesel enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği sonucu elde edilmiştir.

Çınar ve Öz (2017), 1965-2015 dönemi için yenilenebilir enerji (termik, hidroelektrik ve jeotermal) tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Granger nedensellik testi sonuçları, hidroelektrik ve termik enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir.

Öncel vd. (2017), 1990-2011 dönemi için yıllık veriler kullanılarak, 22 OECD ülkesi için elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmada verilerin analizinde zamanla değişen panel nedensellik analizinden yararlanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, 1991-2005 döneminde elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye doğru ve 1995-2009 döneminde ise ekonomik büyümeden elektrik tüketimine doğru nedensellik ilişkisinin olduğu belirlenmiştir.

Usta ve Berber (2017), 1970-2012 döneminde yıllık veriler incelenerek, Türkiye’de sektörel enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testi

kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, ulaştırma ve sanayi sektörlerinde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında iki yönlü (karşılıklı) ilişki olduğunu beirlenmiştir. Ayrıca, tarım ve konut sektörleri enerji tüketimiyle ekonomik büyüme arasında bir ilişkinin olmadığı sonucu da elde edilmiştir.

Alper (2018), Türkiye için yenilenebilir enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Çalışmada, 1990-2017 dönemi verilerine Bayer-Hanck eş bütünleşme testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testi yapılmıştır. Çalışma sonucunda, değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. Yenilenebilir enerji kullanımının %1 artması, ekonomik büyümeyi %0.19 arttırdığı sonucu da elde edilmiştir. Nedensellik testi sonucunda ise, ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji kullanımına doğru tek yönlü bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

Durğun ve Durğun (2018), 1980'den 2015'e kadar olan dönem için kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasıla ile kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketim serileri arasındaki nedensellik ilişkisini incelemişlerdir. Çalışmada ilk olarak ADF ve Zivot-Andrews birim kök testleri uygulanmış ve eşbütünleşme analizi için kullanılan ARDL sınır testi sonuçlarına göre seriler arasında uzun dönemli ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

Kızılkaya (2018), Türkiye özelinde 1960-2015 dönemi yıllık verilerini kullanarak enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Eşbütünleşme ilişkisinin varlığını belirlemek üzere Bayer ve Hanck (2012) eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Elde edilen sonuca göre, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme serileri arasında uzun dönemde bir ilişki tespit edilememiştir.

Tayyar (2019) çalışmasında Türkiye özelinde 1970-2017 dönemi için ticari, aydınlatma, konut, diğer, kamu ve sanayi sektörlerinin elektrik tüketimi ve kullanılan toplam elektrik tüketimi ve reel gayri safi yurtiçi hasıla serilerini kullanmıştır. Çalışmada, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkileri Toda-Yamamoto (1995) ile Dolado-Lütkepohl (1996) analizleri yapılmıştır. Toda-Yamamoto testi sonuçlarına göre ticari, konut ve sanayi sektörlerinin elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında iki yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. Dolado-Lütkepohl testinden elde edilen sonuçlara göre, mesken ve aydınlatma sektörleri için koruma hipotezinin geçerli olduğu ve diğer sektörlerde nedensellik ilişkisinin bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yüksel Yıldırım (2019), Türkiye için ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmada, 1961-2014 dönemi için yıllık veriler kullanılmıştır. Birim kök testlerinden sonra, değişkenler arasında eşbütünleşme analizi yapılmış ve daha sonra Granger nedensellik analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında ve enerji tüketimi ile CO2 emisyonları arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Çetin (2020), Türkiye için ekonomik büyüme ve elektrik enerjisi kullanımı arasındaki ilişkiyi Granger Nedensellik Analizi ve ARDL testi ile araştırmıştır. Çalışmada 1961-2018 dönemi yıllık veriler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, elektrik tüketimi ile GSYİH arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir. Ayrıca, uzun vadeli sonuçlar, elektrik enerjisi kullanımı ile büyüme değişkenleri arasında bir ilişki bulmuştur.

Demirgil ve Birol (2020), Türkiye’de 1980-2018 dönemi için yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, sınır ARDL testi ile kullanmışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Sınır ARDL testi sonucunda incelenen değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketiminin %1’artmasıyla, ekonomik büyüme üzerinde %0,91 oranında artış meydana getirdiği sonucu elde edilmiştir. Toda-Yamamoto nedensellik testi ile yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu sonucu elde edilmiştir.

Taşçı ve Ağralıoğlu (2020), Türkiye için 1985-2018 dönemlerini kapsayan yıllık verileri inceleyerek, enerji tüketimi, enerji verimliliği, sermaye birikimi, Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme ve nüfus arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Vektör hata düzeltme modeli kullanılarak, uzun vadede enerji tüketimi ile ekonomik büyüme, teknolojik gelişme ile ekonomik büyüme, nüfus ve ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ile teknolojik yenilik arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Arslan vd. (2021), Türkiye için enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve cari açık arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. 1980- 2015 yılları arasındaki yıllık verilerle yapılan çalışmada, Türkiye’de enerji tüketiminin ekonomik büyümenin nedeni olmadığı belirlenmiştir. Ancak cari açık ile enerji ithalatının arasında çift yönlü ilişkinin olduğu sonucu elde edilmiştir. İncelenen dönemde Türkiye’nin enerjide dışa bağımlı olmasının cari açık üzerinde etkili olduğu ifade edilmiştir.

Gürsucu (2021), 1960-2015 dönemi verileri yardımıyla, Türkiye için ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve finansal gelişme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada, değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemede Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, finansal gelişme ile ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu belirlenmiştir.

Mete (2021), G7 ülkelerinin 1993-2018 dönemine ait yıllık veriler kullanarak enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Çalışmada Gengenbach, Urbain and Westerlund panel eşbütünleşme analizi kullanılmıştır. Eşbütünleşme analizinden, enerji tüketimi, ticari açıklık, sera gazı emisyonu ve ekonomik büyüme serileri arasında uzun dönemli ilişki olduğu belirlenmiştir.

Emek ve Atay Polat (2022), 1990-2018 arası gelişmekte olan 15 pazar ülkesinde yenilenebilir ve yenilenebilir enerji tüketimi, küreselleşme ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemek için panel veri analizi tekniklerini kullanmışlardır. Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında Dumitrescu ve Hurlin'in (2012) nedensellik testi uygulanmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında ve küreselleşme ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Breitung ve Candelon (2006) frekans alanında nedensellik sınaması kullanan çalışmalardan bazıları da aşağıda verilmiştir.

Eren vd. (2018), Türkiye'de 1975-2013 dönemi için yıllık verileri kullanarak, vergi gelirleri ile kalkınma arasındaki ilişkinin varlığını araştırmışlar ve bu ilişkinin yönünü farklı ekonometrik testlerle analiz etmişlerdir. Breitung ve Candelon frekans alanında nedensellik testi ile toplam gelirden kalkınmaya, dolaysız vergi gelirinden kalkınmaya ve kalkınmadan dolaylı vergi gelirine tek yönlü bir ilişki olduğunu bulmuşlardır.

Karahan ve Aydın (2018), 2009-2018 dönemi için günlük verileri kullanarak Türkiye'de petrol fiyatları ile BIST 100 endeksi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Breitung ve Candelon (2006) frekans alanında nedensellik ve Hatemi J (2012) asimetrik nedensellik testlerini kullanmışlardır. Frekans alanı nedensellik testi sonucuna göre Brent petrol fiyatlarından BIST 100 endeksine doğru sadece kısa dönem nedensellik ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. Asimetrik nedensellik testinden de petrol fiyatları ile hisse senetleri arasında nedensellik ilişkisinin olmadığı ifade edilmiştir.

Aydın (2020), Türkiye için 1965- 2017 dönem aralığındaki veriler ile enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi zaman ve frekans

boyutlarında nedensellik testleri kullanarak araştırmıştır. Zaman boyutunda nedensellik ilişkisiyi araştırmada Toda ve Yamamoto nedensellik testinden; frekans boyutunda nedensellik ilişkisiyi araştırırken ise Breitung ve Candelon (2006) nedensellik testinden yararlanılmıştır. Araştırmalar zaman boyutunda nedensellik olmadığını göstermiştir. Frekans boyutunda ise Türkiye’de enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu bulunmuştur.

Rashed ve Eren (2021), Türkiye’de ekonomik, sosyal ve politik küreselleşme ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemek için 1970’den 2017’ye kadar yıllık verileri kullanmıştır. Çalışmada, Hacker ve Hatemi-J nedensellik testi sonucunda herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Breitung ve Candelon (2006) frekans dağılımı nedensellik testine göre ise, uzun, orta ve kısa vadede nedensellik ilişkileri tespit edilmiştir.

Frekans Alanında Nedensellik Testi

Bu çalışmada enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki dinamik ilişkiyi incelemek için Granger (1969) tarafından geliştirilen nedensellik testi konseptine bağlı olarak Breitung ve Candelon (2006) tarafından geliştirilen frekans alanı nedensellik testi kullanılacaktır. Breitung ve Candelon (2006) tarafından geliştirilen nedensellik testi, değişkenler arasındaki ilişkileri frekans boyutunda ele alarak değişkenler arasındaki kısa, orta ve uzun vadeli nedenselliğin belirlenebilmesini sağlamaktadır. Breitung ve Candelon (2006) frekans alanında nedensellik testinin aşamaları şu şekilde ifade edilebilir (Çevik ve Bektaş, 2019):

Breitung ve Candelon (2006) tarafından geliştirilen yöntemde, $z_t = [x_t, y_t]'$ iki boyutlu zaman değişkenlerinin bir vektörü olarak tanımlanırsa, z_t değişkeni için VAR modeli şu şekilde ifade edilir:

$$\theta(L)z_t = \varepsilon_t \quad (1)$$

Sistemin durağan olması varsayımı altında, VAR model Hareketli Ortalama (MA) formunda aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$z_t = \Phi(L)\varepsilon_t = \begin{bmatrix} \Phi_{11}(L) & \Phi_{12}(L) \\ \Phi_{21}(L) & \Phi_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\Psi(L)\eta_t = \begin{bmatrix} \Psi_{11}(L) & \Psi_{12}(L) \\ \Psi_{21}(L) & \Psi_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_{1t} \\ \eta_{2t} \end{bmatrix} \quad (3)$$

burada $\Phi(L) = \theta(L)^{-1}$ ve $\Psi(L) = \Phi(L)G^{-1}$ şeklinde tanımlanır ve x_t 'in spektral yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi gösterilir:

$$f_x(\omega) = \frac{1}{2\pi} \left\{ |\Psi_{11}(e^{-i\omega})|^2 + |\Psi_{12}(e^{-i\omega})|^2 \right\} \quad (4)$$

Geweke (1982) ve Hosoya (2001) frekans alanında nedensellik ilişkisini şu şekilde tanımlamışlardır:

$$M_{y \rightarrow x}(\omega) = \log \left[\frac{2\pi f_x(\omega)}{|\Psi_{11}(e^{-i\omega})|^2} \right] = \log \left[1 + \frac{|\Psi_{12}(e^{-i\omega})|^2}{|\Psi_{11}(e^{-i\omega})|^2} \right] \quad (5)$$

Denklemden $|\Psi_{12}(e^{-i\omega})|^2 = 0$ olduğunda, ω frekans değerinde y 'den x 'e nedensellik yoktur. Breitung and Candelon (2006) ise ω frekans değerinde y 'den x 'e nedensellik yoktur sıfır hipotezini $M_{y \rightarrow x}(\omega) = 0$ aşğıdaki kısıtlamaların kullanılarak sınanabileceğini belirtmiştir.

$$\Psi(L) = \theta(L)^{-1} G^{-1} \text{ ve } \Psi_{12}(L) = -\frac{g^{22} \theta_{12}(L)}{|\theta(L)|}$$

Bu durumda, ω frekans değerinde y 'den x 'e nedensellik yoktur hipotezi aşğıdaki gibi test edilebilir:

$$|\theta_{12}(e^{-i\omega})| = \left| \sum_{k=1}^p \theta_{12,k} \cos(k\omega) - \sum_{k=1}^p \theta_{12,k} \sin(k\omega) i \right| = 0 \quad (6)$$

Böylece, $|\theta_{12}(e^{-i\omega})| = 0$ için gerekli ve yeterli koşullar şu şekilde yazılabilir:

$$\sum_{k=1}^p \theta_{12,k} \cos(k\omega) = 0 \text{ ve } \sum_{k=1}^p \theta_{12,k} \sin(k\omega) = 0 \quad (7)$$

Breitung ve Candelon (2006) tarafından geliştirilen bir test yöntemi, yukarıdaki denklemin doğrusal kısıtlamalarına dayanmaktadır. x_t için VAR denklemi şu şekilde yazılabilir:

$$x_t = \alpha_1 x_{t-1} + \dots + \alpha_p x_{t-p} + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \varepsilon_{1t} \quad (8)$$

Nedensellik yoktur hipotezi $M_{y \rightarrow x}(\omega) = 0$ aşğıdaki doğrusal kısıtlama ile test edilir:

$$H_0 = R(\omega)\beta = 0$$

$$\text{burada } \beta = [\beta_1, \dots, \beta_p]' \text{ ve } R(\omega) = \begin{bmatrix} \cos(\omega) & \cos(2\omega) & \dots & \cos(p\omega) \\ \sin(\omega) & \sin(2\omega) & \dots & \sin(p\omega) \end{bmatrix}$$

Breitung ve Candelon (2006) $\omega \in (0, \pi)$ frekans aralığı için test istatistiğinin (2, T-2p) serbestlik dereceli F dağılımına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Farklı frekans düzeylerine karşılık gelen zaman boyutu $= 2\pi/\omega$ formülü ile hesaplanmaktadır. Ciner (2011) kısa dönemde nedenselliğin 2.5 frekans seviyesinde, orta vadeli nedenselliğin 1.5 frekans seviyesinde ve uzun dönemde nedenselliğin 0.5 frekans seviyesine denk geldiğini belirtmiştir. 0.1'ten daha düşük frekans seviyesi ilişkinin kalıcı nedenselliği ifade etmektedir.

Veri ve Analiz Sonuçları

Çalışmanın amacı, enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırmaktır. Çalışma, Türkiye ekonomisi özelinde olup, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki dinamik ilişki 1968 ile 2021 yılları arasında yıllık veriler kullanılarak analiz edilecektir. Çalışmada kullanılan değişkenlerden birincil enerji tüketimi 2022 BP (British Petroleum) Dünya Enerji İstatistikleri Raporu'ndan, ekonomik büyümeyi temsilen sabit fiyatlarla GSYİH verisi ise Dünya Bankası (World Bank) veri tabanından elde edilmiştir. Analize geçilmeden önce değişkenlerin doğal logaritmaları hesaplanmış ve tüm analizler logaritmik seriler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) Birim Kök Testleri kullanılarak serilerin bütünleşme dereceleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Birim Kök Testi Sonuçları

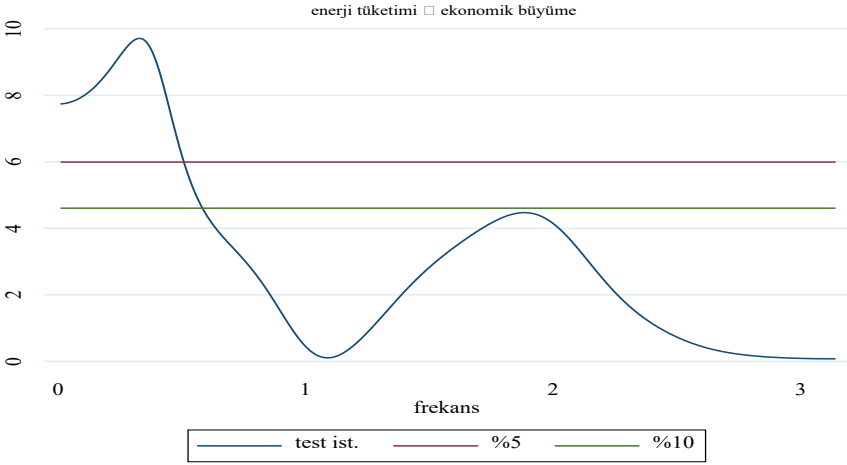
Değişkenler	Düzy				Birinci Fark			
	ADF		PP		ADF		PP	
	Sabit	Sabit & Trend	Sabit	Sabit & Trend	Sabit	Sabit & Trend	Sabit	Sabit & Trend
<i>Enerji Tüketimi</i>	-2.125 [0.235]	-2.737 [0.226]	-2.494 [0.122]	-2.677 [0.250]	-7.411 [0.000]	-7.732 [0.000]	-7.408 [0.000]	-7.769 [0.000]
<i>Ekonomik Büyüme</i>	0.790 [0.993]	-1.813 [0.684]	1.246 [0.998]	-1.831 [0.684]	-6.862 [0.000]	-4.400 [0.000]	-6.843 [0.000]	-7.053 [0.000]

ADF: Augmented Dickey Fuller testi, PP:Phillips-Perron testi anlamına gelmektedir.

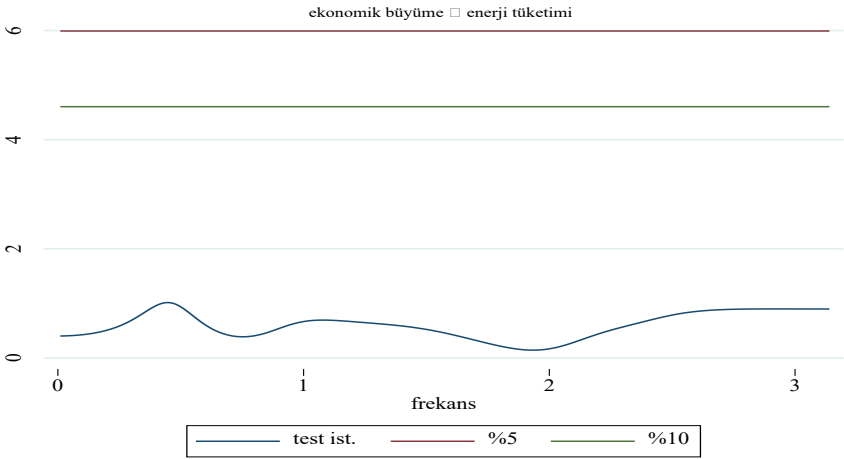
Köşeli parantez içerisindeki değerler ise olasılık değerlerini göstermektedir.

Tablo 1'deki bulgular incelendiğinde çalışmada kullanılan değişkenlerin düzey değerlerinde durağan olmadıkları, birinci farkları alındığında ise durağan hale geldikleri anlaşılmaktadır. Breitung ve Candelon (2006) nedensellik testi yapılmadan önce enerji tüketimi ile ekonomik büyüme değişkenleri kullanılarak VAR model tahmin edilmiş ve optimal gecikme sayısı olarak 7 olarak belirlenmiştir. Frekans alanında nedensellik testi sonuçlarının grafiksel olarak gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.

a) Enerji Tüketiminden Ekonomik Büyüme Yönelik Nedensellik Sonuçları



b) Ekonomik Büyümeden Enerji Tüketimine Yönelik Nedensellik Sonuçları



Şekil 1: Breitung ve Candelon (2006) Frekans Alanında Nedensellik Sonuçları

Şekil 1 Panel a'da enerji tüketiminden ekonomik büyüme yönelik nedensellik için test istatistiği, %5 ve %10 önem düzeyindeki kritik değerler yer almaktadır. Sonuçlara göre, enerji tüketiminden ekonomik büyüme yönelik nedensellik yoktur sıfır hipotezi 0.5'ten küçük frekans değerlerinden reddedilmektedir. Bu sonuç, enerji tüketiminden ekonomik büyüme yönelik

nedenselliğin sadece uzun dönemde geçerli olduğunu göstermektedir ve teorik beklentiler ile uyumludur.

Diğer taraftan Şekil 1 Panel b'deki sonuçlara göre, ekonomik büyümeden enerji tüketimine yönelik nedensellik testi sonuçlarına göre, tüm frekans düzeylerinde test istatistiği kritik değerleri aşmamıştır. Bu sonuç, ekonomik büyümeden enerji tüketimine yönelik bir nedensellik ilişkisi olmadığını göstermektedir. Panel a ve Panel b'den elde edilen sonuçlar Aydın (2020) ve Rashed ve Eren (2021) tarafından elde edilen sonuçlar ile örtüşmektedir.

Sonuç ve Değerlendirme

Enerji, modern endüstriyel ekonomide en temel girdi unsurudur. Ekonomik büyüme enerji tüketimi ile yakından ilişkilidir. Bu çalışmada enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki frekans alanında nedensellik testi ile araştırılarak hem ilişkinin yönünün belirlenmesi hem de kısa, orta ve uzun vadede ilişkinin yönünün değişip değişmediğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi Türkiye ekonomisi için 1968-2021 dönem aralığında yıllık veriler kullanılarak frekans boyutunda nedensellik testi yardımıyla incelenmiştir. Breitung ve Candelon (2006) nedensellik testi yapılmadan önce enerji tüketimi ile ekonomik büyüme değişkenleri kullanılarak VAR model tahmin edilmiş ve optimal gecikme sayısı belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye yönelik sadece uzun dönemde bir nedensellik ilişkisi tespit edilirken, ekonomik büyümeden enerji tüketimine yönelik bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Elde edilen bu sonuçlar Aydın (2020) ve Rashed ve Eren (2021) tarafından bulunan sonuçlar ile örtüşmektedir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, emek ve sermayeyi tamamlayıcı bir unsur olan enerji tüketimi, uzun vadede Türkiye ekonomisinde ekonomik büyümeyi etkileyecektir. Bu bağlamda, karar vericilerin enerji teşvik politikalarını uygulamaları önemlidir. Enerji hammaddeleri üreticilere düşük fiyatlarla veya düşük vergi oranlarıyla sunulabilirse, bu büyümeye olumlu katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Alper, F. Ö. (2018). Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2017 Türkiye Örneği. Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi, 8 (2), 223-242.
- Arslan, M., Gençer Çelik G., Kuzu, S. (2021). Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi; Türkiye Örneği, Şarkiyat İlmî Araştırmalar Dergisi, 13(1), 26-40.
- Aydın, M., (2020). Enerji Tüketimi- Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye İçin Frekans Alanında Nedensellik Yaklaşımı, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 56, Mayıs-Ağustos 2020,83-96.
- Breitung, J. & Candelon, B. (2006). Testing for short and long-run causality: a frequency domain approach, Journal of Econometrics,132: 363–378.
- Ciner, Ç. (2011). Commodity prices and inflation: testing in the frequency domain, Research in International Business and Finance, 25, 229-237.
- Çetin, G., (2020). Türkiye Açısından Elektrik Enerjisi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Granger Nedensellik Analizi-ARDL Sınır Testi Karşılaştırması, Journal of Finance Letters, 114, 483-500.
- Çevik, E. İ., & Bektaş, G. (2019). Savunma harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye örneği. Balkan Sosyal Bilimler Dergisi, 8(16), 229-236.
- Çınar, M. ve Öz, R. (2017). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisine Yenilenebilir Enerji Bağlamında Bir Öneri, 3(13),40-54.
- Demirgil, B., Birol Y.E., (2020). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye İçin Bir Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi, Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 21(1),68-83.
- 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.
- Emek, Ö.F., Atay Polat, M. (2022). Enerji Tüketimi, Küreselleşme ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Seçilmiş Yükselen Piyasa Ekonomileri İçin Bir Nedensellik Analizi İktisat Politikası Araştırmaları Dergisi, 9(2),331-351.
- Eren M.V., Ergin Ünal, A., Aydın, H.İ., (2018). Türkiye’de Vergi Gelirleri ile Ekonomik Kalkınma Arasındaki İlişki: Frekans Alanı Nedensellik Analizi, Doğu Üniversitesi Dergisi, 19 (1) 2018, 1-18
- Gürsucu, O. (2021). Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Finansal Gelişme İlişkisi: Türkiye Örneği, Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, 9(2), 69-79.
- Karahan, G., Aydın, H.İ., (2018). Petrol Fiyatları, Kur ve Hisse Senedi Getirileri Üzerine Bir Araştırma, Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi, 10(19), 405-413.

- Kızılkaya, O., (2018). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Büyüme İlişkisi: Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi, International Journal of Economics and Administrative Studies, Prof. Dr. Harun TERZI Special Issue, 59 – 72.
- Mete E., (2021). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: G7 Ülkeleri Örneği, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 35(4), 1481-1495.
- Öncel, A., Kırca, M., İnal, V. (2017). Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: OECD Ülkelerine Yönelik Zamanla Değişen Panel Nedensellik Analizi, Maliye Dergisi, 173, 398-420.
- Rashed, F. Eren, M. V., (2021). Türkiye’de Küreselleşme ve Enerji Tüketimi Arasındaki İlişki: Frekans Dağılımı Nedensellik Analizi. Fiscaeconomia, 5(2), 556-578.
- Şimşek, T., (2016). Türkiye’de Enerji Tüketimi Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin ARDL Sınır Testi ile İncelenmesi, Journal of International Management, Educational and Economics Perspectives, 4(1), 69–78.
- Taşçı, H., Ağırlioğlu, S. (2020). Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketiminin Eşbütünleşme ve Nedensellik İlişkisi ile Analizi: Türkiye Örneği, Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 4(2), 65-71.
- Tayyar, A.E. (2019). Türkiye’de Sektörel Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme İlişkisi: MWALD Temelli Nedensellik Analizlerinin Uygulanması, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 54(4), 1937-1956.
- Usta C., Berber, M. (2017). Türkiye’de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme İlişkisinin Sektörel Analizi, Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 13(1), 173-187.
- Usta, C., (2016), Türkiye’de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme İlişkisinin Bölgesel Analizi, Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi, 2(2),181-201.
- Yüksel Yıldırım, C. (2019). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme: Granger Nedensellik Yaklaşımı, İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi, 4(9), 119-145.