

Macaristan Ekonomisinde Enerji Verimliliğini Etkileyen Faktörlerin FOURIER ADL Eşbütünleşme Yaklaşımıyla Belirlenmesi

Mustafa NAİMOĞLU (<https://orcid.org/0000-0001-9684-159X>), Bingöl University, Turkey; mnaimoglu@bingol.edu.tr

Ahmet Melik SAHABİ (<https://orcid.org/0000-0002-8038-4627>), Bingöl University, Turkey; asahabi@bingol.edu.tr

Sefa ÖZBEK (<https://orcid.org/0000-0002-2263-216X>), Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Turkey; sefaozbek@yahoo.com

Determination of Factors Affecting Energy Efficiency in Hungary's Economy by FOURIER ADL Cointegration Approach

Abstract

In this study, the factors affecting energy efficiency were investigated for the Hungarian economy, which increased energy efficiency the most among the developed market emerging economies. The Fourier ADL approach, introduced to the literature recently, has been used as an empirical method. In the sample period of 1990-2020, the annual GDP per capita of the Hungarian economy, industrialisation and fossil fuel use, and energy efficiency variables were used. Empirical findings show that GDP per capita and industrialisation increase energy efficiency; It has been shown that the use of fossil fuels reduces energy efficiency.

Keywords : Energy Efficiency, GDP, Industrialization, Fossil Fuel Use, Hungary.

JEL Classification Codes : F63, Q4, C32.

Öz

Bu çalışmada ileri piyasa yükselen ekonomileri arasında enerji verimliliğini en fazla artıran Macaristan ekonomisi için enerji verimliliğini etkileyen faktörler araştırılmıştır. Ampirik yöntem olarak son yıllarda literatüre kazandırılan Fourier ADL yaklaşımı kullanılmıştır. 1990-2020 örneklem döneminde Macaristan ekonomisine ait yıllık kişi başı GSYH, sanayileşme ve fosil yakıt kullanımı ile enerji verimliliği değişkenleri kullanılmıştır. Ampirik bulgular, kişi başı GSYH ve sanayileşmenin enerji verimliliğini artırdığını; fosil yakıt kullanımının ise enerji verimliliğini azalttığını göstermiştir.

Anahtar Sözcükler : Enerji Verimliliği, GSYH, Sanayileşme, Fosil Yakıt Kullanımı, Macaristan.

1. Giriş

Enerji verimliliği kavramı literatürde enerji yoğunluğu ve enerji etkinliği kavramlarıyla çok karıştırılan bir kavramdır. Enerji etkinliği bir birim enerji başına elde edilen maksimum çıktı anlamına gelmektedir (Karabat & Aydın, 2018: 6; Özkara, 2015: 13). Enerji yoğunluğu ise bir birim çıktı başına kullanılan enerji miktarıdır (İslatine & Haydaroğlu, 2009: 157). Enerji verimliliği ise bir birim çıktı başına kullanılan minimum enerji miktarıdır (Patterson, 1996: 377). Dolayısıyla enerji verimliliği enerji yoğunluğunun tam tersidir (Ediger, 2009: 21). Yani bir birim çıktı başına kullanılan enerji miktarı arttıkça enerji yoğunluğu artmakta ancak enerji verimliliği ise azalmaktadır. Diğer yandan kullanılan bir birim enerji başına elde edilen çıktı da azalacağı için enerji etkinliğinde de azalma meydana gelecektir.

Enerji verimliliğinde yaşanan artışın, kirlilik ve maliyetlerde azalma, karbon ayakizi ve enerji güvenliğinde artma, iklim değişikliklerini azaltma ekonomik büyüme ve iş yaratma gibi birçok olumlu etkileri bulunmaktadır (Tuominen et al., 2013: 181). Diğer yandan daha yüksek verimlilik, enerji talebini azaltacağı gibi ek yeni enerji kaynaklarının devreye sokulması için yapılacak olan yatırımlardan da daha ekonomik olmaktadır. Bu yüzden ekonomiler için enerjinin verimli kullanılması hayati önem taşımaktadır. O halde enerji verimliliğini artıran ekonomilerin bunu nasıl başardığını araştırmak tüm ekonomiler için örnek bir politika oluşturulmasına neden olabilecektir.

Macaristan ekonomisi IMF tarafından 2015 yılı dünya ekonomik raporunda sınıflandırılan yükselen ekonomiler arasında bir ekonomidir (IMF: WEO, 2015: 124). Ayrıca Financial Times ve Londra Borsa'sının ortak bir kuruluşu olan FTSE (Financial Times Stock Exchange)'a göre ise yükselen ekonomiler içerisinde ileri yükselen piyasa ekonomileri arasında yer alan bir ekonomidir (FTSE, 2015: 2). Dünya Bankası'ndan alınan verilerle tarafımızca yapılan hesaplamalara göre 1990-2019 döneminde yükselen ekonomiler için (Macaristan, Çin ve Venezuela hariç)¹ yıllık olarak ortalama GSYH artış hızı %3,19 olarak gerçekleşirken Macaristan ekonomisi için ise bu artışın altında olarak %2,58 şeklinde gerçekleşmiştir. Macaristan ekonomisinin büyüme hızı yükselen ekonomilerin büyüme hızından daha düşük gerçekleşse de Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'ndan alınan verilerle tarafımızca yapılan hesaplamalara göre 1990-2019 yılında yükselen ekonomiler için (Macaristan, Çin ve Venezuela hariç) yıllık olarak ortalama yenilenebilir enerji kullanım hızı %2,75 iken Macaristan ekonomisinde ise daha yüksek olarak %3,36 şeklinde gerçekleşmiştir. Ayrıca yine aynı dönemde yükselen ekonomiler için (Macaristan, Çin ve Venezuela hariç) yıllık olarak ortalama fosil yakıt ve toplam enerji tüketimi sırasıyla %1,21 ve %1,29 artış hızına sahipken Macaristan ekonomisinde ise bu artışlar sırasıyla %1,10 ve %0,41 azalış olarak gerçekleşmiştir. Dolayısıyla Macaristan ekonomisi yükselen ekonomilerin aksine fosil yakıt ve toplam enerji kullanımını çok fazla

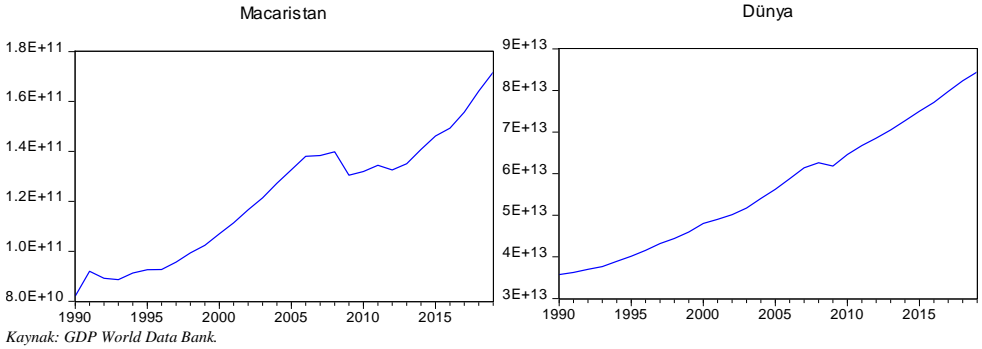
¹ *Venezüella GSYH verisi Dünya Bankası'nda bulunmadığından Venezüella verisi hesaba katılmamıştır. Çin ekonomisi ise çoğu alanda sahip olduğu yüksek büyüme rakamlarıyla tek başına yükselen ekonomilerin hesaplanan rakamlarını çok yükselttiği için hesaplama dışı bırakılmıştır.*

azaltmış ve bunun yerine yine yükselen ekonomilerin yenilenebilir enerji kullanımı artışından daha yüksek artışlar gerçekleştirmiştir.

Macaristan ekonomisi ekonomik büyüme olarak küresel ekonomiye önemli katkıları olan bir ekonomidir. Dünya Bankası'ndan alınan verilerle tarafımızca yapılan hesaplamalara göre 1990-2019 yılında dünya GSYH'si yıllık olarak ortalama %2,91 artış hızına sahipken Macaristan ekonomisinde ise bu artış %2,49 olarak gerçekleşmiştir².

Grafik 1'de Macaristan ekonomisi ve dünya için 1990-2019 döneminde GSYH'lar gösterilmektedir.

Grafik: 1
GSYH (2015, ABD\$)

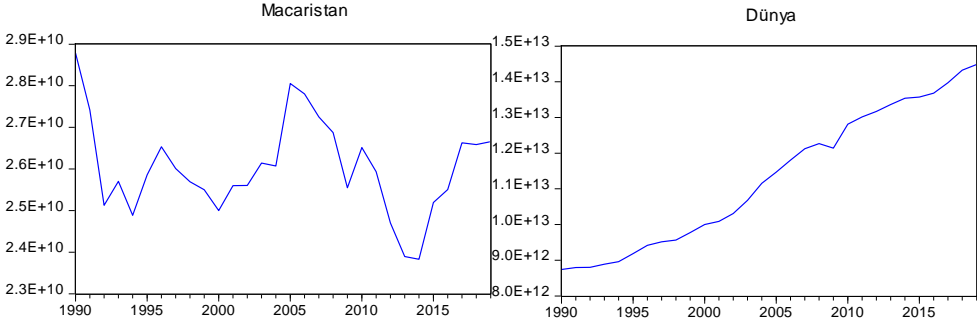


Grafik 1'e dikkat edilirse dünya GSYH'si 2008 krizinde bir kırılma yaşamış ancak sonra tekrar artış göstermiştir. Macaristan ekonomisi ise 2008 krizinden etkilenmiş ancak 2012 yılından sonra hızlı bir şekilde GSYH'sini artırmayı başarmıştır. Bu artışı ise kullandığı enerjiyle sağlamaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'ndan alınan verilerle tarafımızca yapılan hesaplamalara göre 1990-2019 yılında dünya toplam enerji tüketimi yıllık olarak ortalama %1,70 artış hızına sahip olarak gerçekleşirken Macaristan ekonomisinde yine ilgili dönemde toplam enerji tüketimi yıllık olarak ortalama %0,26 azalış hızına sahip olarak gerçekleşmiştir.

Grafik 2'de Macaristan ekonomisi ve dünya için 1990-2019 döneminde gerçekleştirdiği toplam enerji kullanımları gösterilmektedir.

² Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre Macaristan ekonomisine ait 1990-2020 dönemi için veriler bulunmaktadır. Ancak dünya için ise 1990-2019 dönemine ait veriler bulunmaktadır. Bu yüzden hesaplamalar ve grafiklerde tutarlılık ve bütünlük sağlanması için 1990-2019 dönemi verileri kullanılırken tüm ekonometrik analizlerde ise Macaristan ekonomisi için 1990-2020 dönemine ait veriler kullanılmıştır.

Grafik: 2
Toplam Enerji Kullanımı (koe)

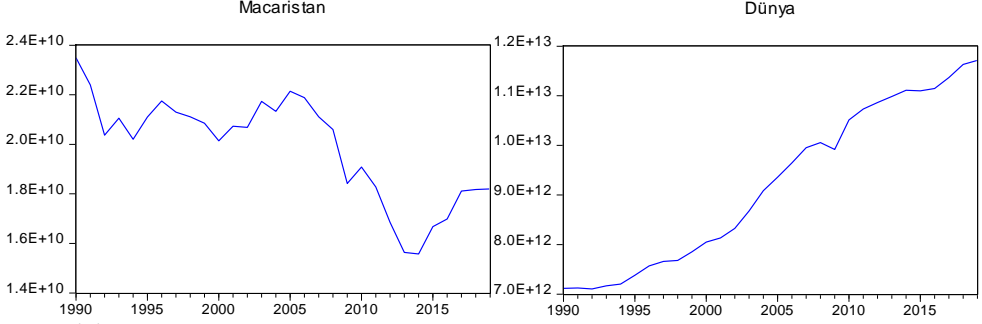


Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı (IEA).

Grafik 2 incelendiğinde dünya toplam enerji tüketimi genel olarak artış gösterirken Macaristan ekonomisinde ise büyük dalgalı artan-azalan bir görünüm sergilemiştir. Ayrıca 1990 yılına göre 2019 yılında dünya toplam enerji tüketimi %65,79 artış gösterirken Macaristan ekonomisinde ise %7,39 azalış göstermiştir. Macaristan ekonomisi toplam enerji kullanım payı arasında en yüksek paya sahip fosil yakıt kullanımını azaltmayı başarmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'ndan alınan verilerle tarafımızca yapılan hesaplamalara göre 1990-2019 döneminde dünya fosil yakıt kullanımı yıllık olarak ortalama %1,68 artış hızına sahip iken Macaristan ekonomisinde yine aynı dönemde fosil yakıt kullanımı yıllık olarak ortalama %0,85 azalış olarak gerçekleşmiştir. Bunun en büyük nedeni Macaristan ekonomisinin fosil yakıt yerine yüksek oranda yenilenebilir enerji kullanımını artırmasıdır. Çünkü Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'ndan alınan verilerle tarafımızca yapılan hesaplamalara göre 1990-2019 yılında gelişmekte olan ekonomiler arasında özel bir konuma sahip yükselen ekonomiler için (Macaristan, Çin ve Venezuela hariç) yıllık olarak ortalama yenilenebilir enerji kullanım hızı %2,75 iken Macaristan ekonomisinde ise daha yüksek olarak %3,36 şeklinde gerçekleşmiştir.

Grafik 3'te Macaristan ekonomisi ve dünya için 1990-2019 döneminde gerçekleşen fosil yakıt kullanımları gösterilmektedir.

Grafik: 3
Fosil Yakıt Kullanımı (koe)

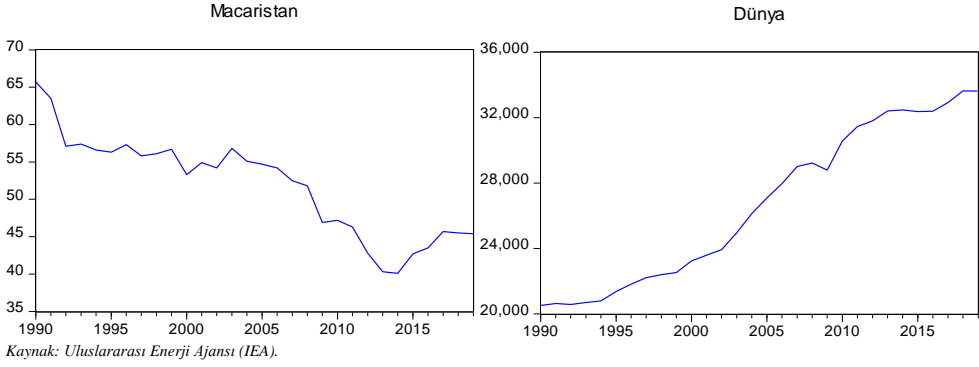


Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı (IEA).

1990 yılında dünyanın kullandığı toplam enerji içerisinde fosil yakıt kullanımı %81,43 paya sahipken 2019 yılına gelindiğinde bu pay istenilen seviyede olmasa da azalmış ve %80,88 olarak gerçekleşmiştir. Ancak Macaristan ekonomisinin 1990 yılında kullandığı toplam enerji içerisinde fosil yakıt kullanımı %81,61 paya sahipken 2019 yılına gelindiğinde bu pay önemli derecede azalmış ve %68,28 olarak gerçekleşmiştir. Bu durum çevresel kaliteye de olumlu yansımıştır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'ndan alınan verilerle tarafımızca yapılan hesaplamalara göre 1990-2019 döneminde dünya fosil yakıt kullanımı sonucu meydana gelen dünya karbon salınımı yıllık olarak ortalama %1,74 artış hızına sahip iken Macaristan ekonomisinde yine aynı dönemde CO₂ salınımı yıllık olarak ortalama %1,22 azalış olarak gerçekleşmiştir. Dolayısıyla Macaristan ekonomisinin özellikle de COVID-19 küresel salgını sonrası daha yaşanılabilir, daha temiz ve daha sağlıklı bir dünya için gerekli olan karbon salınımının azalmasına katkıda bulunması önemli bir gelişmedir.

Grafik 4'te Macaristan ekonomisi ve dünya için 1990-2019 döneminde fosil yakıt kullanımı sonucu ortaya çıkan karbon salınımları gösterilmektedir.

Grafik: 4
Karbon Salınımı (Mt)

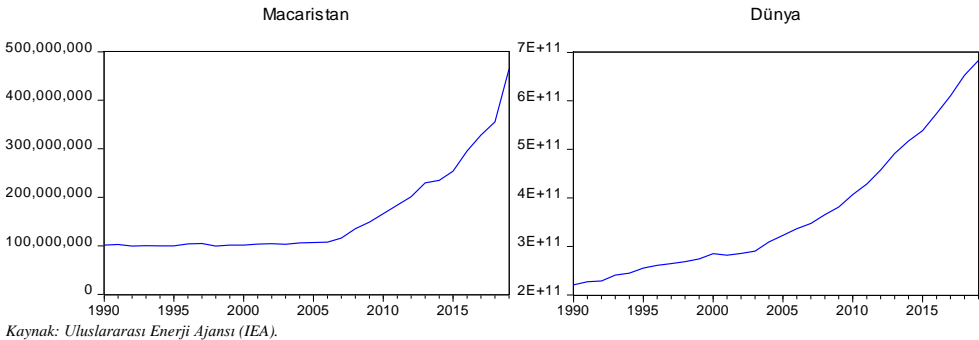


Grafik 4'e dikkat edilirse dünya karbon salınımının arttığı görülürken Macaristan ekonomisi için ise dalgalı ancak genel olarak azalış gösterdiği görülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynağı çevre kalitesinin artmasında fosil yakıt kaynaklarına alternatif olabilecek önemli bir enerji kaynağıdır. Macaristan ekonomisinde yaşanan çevresel kalite artışı bunu desteklemektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'ndan alınan verilerle tarafımızca yapılan hesaplamalara göre 1990-2019 döneminde dünya yenilenebilir enerji kullanımı yıllık olarak ortalama %3,84 artış hızıyla en hızlı kullanımı artan bir enerji kaynağı iken Macaristan ekonomisinde yine aynı dönemde yenilenebilir enerji kullanımı dünya ortalamasının neredeyse iki katına yakın olarak yıllık ortalama %5,21 artış hızına sahip olmuştur.

Grafik 5'te Macaristan ekonomisi ve dünya için 1990-2019 döneminde yenilenebilir enerji kullanımları gösterilmektedir.

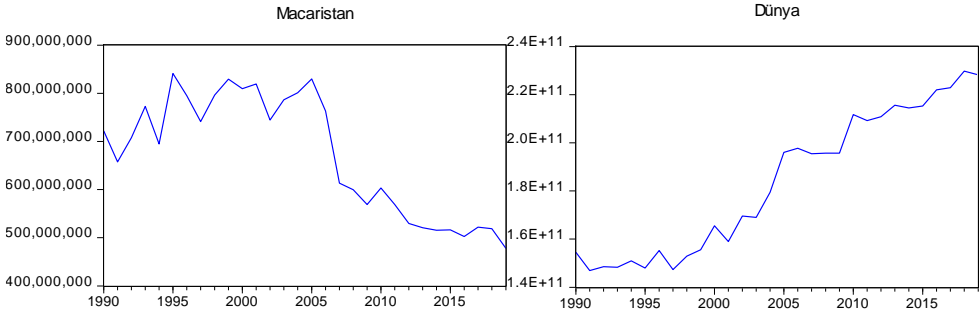
Grafik: 5
Yenilenebilir Enerji Kullanımı (koe)



Grafik 5 incelendiğinde Macaristan ekonomisi 2008 küresel krizi sonrasında fosil yakıt kullanımını ciddi bir şekilde azaltmasına paralel olarak yenilenebilir enerji kullanımını önemli oranda artırmayı başarmıştır. Dolayısıyla azalan fosil yakıt kullanımının yerine artan yenilenebilir enerji kullanımını Macaristan özelinde/ dünya genelinde çevresel kalitenin artmasına neden olmaktadır. Çevresel kalitenin artışına neden olabilecek bir diğer durum ise enerji kayıplarında yaşanan azalmalardır. Artan enerji kayıpları herhangi bir çıktıya dönüşmemenin yanında daha fazla enerji kullanımına, daha fazla karbon salınımına ve daha fazla maliyete neden olmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)’ndan alınan verilerle tarafımızca yapılan hesaplamalara göre 1990-2019 döneminde enerjinin üretimi, iletimi ve taşınması sırasında meydana gelen dünya enerji kayıpları yıllık olarak ortalama % 1,31 artış hızına sahip iken Macaristan ekonomisinde ise yine aynı dönemde enerji kayıpları yıllık ortalama % 1,36 azalış hızına sahip olmuştur.

Grafik 6’da Macaristan ekonomisi ve dünya için 1990-2019 döneminde enerji kayıpları gösterilmektedir.

Grafik: 6
Enerji Kayıpları (Mt)

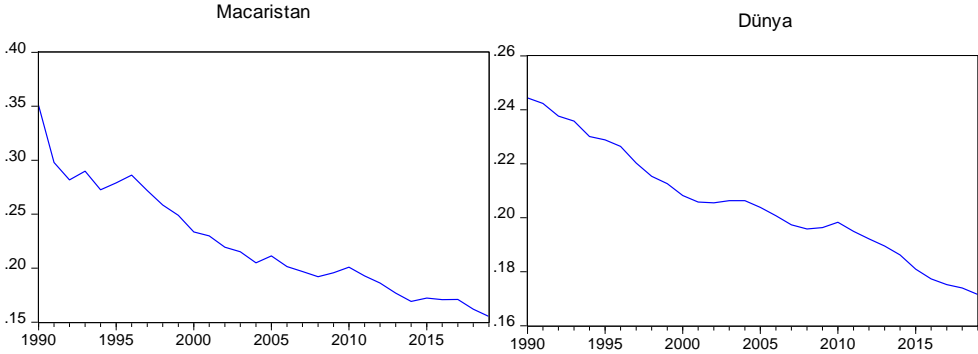


Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı (IEA).

Dolayısıyla Macaristan ekonomisi yüksek büyüme rakamlarıyla küresel ekonominin büyümesine yardım eden ve bunu kullandığı enerjiyle sağlayan ileri piyasa ekonomileri arasında bulunan bir ekonomidir. Ancak enerji kullanımı içerisinde fosil yakıt kullanımı ve enerji kayıplarını azaltmayı başararak ve bununla beraber yenilenebilir enerji kullanımını artırmayı sağlayarak Macaristan özelinde/ dünya genelinde karbon salınımının azaltılmasıyla çevresel kalitenin artmasına yardım eden önemli bir ekonomidir. Macaristan ekonomisinde artan yenilenebilir enerji kullanımı sürdürülebilir enerjinin yanında daha az enerji ithalatına, daha az döviz ihtiyacına, daha az cari açığa ve daha az kırılgan bir ekonomi olmasına neden olmaktadır. Diğer yandan azalan enerji kayıpları ise daha az enerji talebine, daha az enerji kullanımına, daha az ek enerji kaynak yatırımına ve daha az enerji maliyetlerine neden olmaktadır. Bu durum Macaristan ekonomisi için enerjinin yoğun kullanımını azaltmasına neden olmaktadır. Yani elde edilen çıktı için ihtiyaç duyulan enerjinin daha az kullanılmasına ve dolayısıyla enerjide verimlilik artışına neden olmaktadır.

Grafik 7’de Macaristan ekonomisi ve dünya için 1990-2019 döneminde enerji yoğunlukları gösterilmektedir.

Grafik: 7
Enerji Yoğunluğu (Toplam Enerji Kullanımı/ GSYH)



Kaynak: GSYH World Data Bank; Toplam enerji kullanımı Uluslararası Enerji Ajansı (IEA).

1990 yılına göre 2019 yılında dünya enerji yoğunluğu %29,80 azalış gösterirken bu durum Macaristan ekonomisinde %55,76 azalış göstermiştir. Dolayısıyla Macaristan ekonomisi bir birim çıktı başına kullanılan enerjinin azaltılmasını başarmış ve kullandığı enerjiyi daha verimli kullanmıştır. Ayrıca Macaristan ekonomisi bu artışla ileri piyasa ekonomileri arasında en fazla enerji yoğunluğunu azaltmış (tersine enerji verimliliğini artırmış) bir ekonomidir. Dolayısıyla Macaristan ekonomisinde artan bu verimliliğin araştırılması ayrı değer kazanmaktadır.

Gerçekleşen yüksek büyümelerin hala yüksek oranda fosil yakıt kullanımıyla gerçekleşmesi, artan fosil yakıt kullanımının daha fazla CO₂ salınımına neden olması ve bunun sonucunda çevresel bozulmaların daha fazla artarak yaşanabilir bir dünyanın var olan tehdidinin şiddetini artırmaktadır. Bununla beraber artan enerji kayıpları sonucu enerji talebinin artması ve ihtiyaç duyulan talebin ya öz kaynaklar ile karşılanamaması durumunda dışarıdan ithal edilmesiyle ek maliyet getirmesi ya da ek yeni enerji yatırımlarına neden olarak maliyet artışlarına neden olması ve en önemlisi sürdürülebilir enerji ve sürdürülebilir büyüme açısından kullanılan enerjinin nasıl daha verimli kullanılması gerektiği ve bu verimliliği artırmada hangi faktörlerin etkili olabileceği tartışmasında enerji verimliliğinin araştırılması çok önemli hale gelmektedir.

Bu çalışmanın önceki çalışmalardan ilk farkı ihtiyaç duyulan enerji kaynaklarını kendi öz kaynaklarıyla karşılayamayan ve kullanılan enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasına en birincil muhatap olan ileri piyasa ekonomileri arasındaki Macaristan ekonomisi için araştırılmasıdır. İkincisi yüksek büyüme rakamlarıyla öne çıkan Macaristan ekonomisi için yüksek enerji kullanımından kaynaklı yüksek maliyetin bu enerjiyi verimli bir şekilde kullanılmasını çok önemli yapmasıdır. Üçüncüsü enerji verimliliğinin ekonomik

büyüme, sanayileşme ve fosil yakıt kullanımıyla araştırılmasıdır. Dördüncüsü değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin son zamanlarda literatüre kazandırılan Fourier ADL eşbütünleşme testi ile sınanmasıdır. Beşincisi değişkenlerin enerji verimliliği üzerindeki etkisinin büyüklüğü ve işaretinin sağlamlık testi olarak üç farklı tahminci tarafından koşullanmasıdır. Son olarak elde edilen bulgularla Macaristan özelinde/ dünya genelinde kullanılan enerjinin nasıl verimli kullanılabilir sorusunun ekonometrik yöntemlerle araştırılarak önemli sonuçlar elde edilmesidir. Bu bağlamda 1990-2020 dönemi Macaristan ekonomisi için kişi başı GSYH, sanayileşme ve fosil yakıt kullanımının enerji verimliliği üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Ayrıca literatürde Macaristan ekonomisi özelinde enerji verimliliğini araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanmaması çalışmanın ana motivasyon kaynaklarından birisidir. Bu bölümü takip eden bölümde ilgili literatür araştırmasına yer verilmektedir. Sonraki bölümde ampirik olarak model, yöntem ve bulgular ortaya konmaktadır. Son olarak bulgular ışığında çıkarımlar yapılarak politika önerileri sunulmakta ve bu şekilde çalışma sonlandırılmaktadır.

2. Literatür

Enerji ile büyüme gibi farklı makroekonomik değişkenler arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların geçtiğimiz yüzyılın ikinci yarısından itibaren yoğunlaştığını ve genellikle enerji tüketiminin belirleyicilerini tespit etme amacıyla yapıldığını görmekteyiz. Ancak enerji verimliliği, özellikle 1970'li yıllar ile birlikte küresel enerji krizlerinin görülmeye başlaması, fosil yakıt rezervlerinin sınırlı ve belli ülkelerin tekelinde olmasından kaynaklı kaygıların artması, küresel ısınmanın potansiyel tehditlerinin yoğunlaşması ve yeşil ekonomiye geçiş sürecinin başlaması ile birlikte, son birkaç on yılda araştırmacıların ilgisini çekmeye başlamıştır. Bu süreçte alanla ilgili son birkaç on yılda yoğun çalışmaların ortaya çıkması geniş bir literatür oluşumuna neden olmuştur. Tüm bunlara rağmen bu alanda enerji verimliliği ile kişi başı milli gelir, özellikle sanayileşme ve fosil yakıt tüketimi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışma sayısı sınırlıdır. Bu çalışmalar incelendiğinde literatürde çoğunlukla panel veri setlerinden faydalandığı, zaman serilerini kullanan çalışmaların ise nispeten daha az olduğu görülmektedir. Bu çalışmalardan bazılarında aşağıda değinilmiştir.

Sadorsky (2013) çalışmasında gelişmekte olan ülkelerdeki kentleşmenin ve sanayileşmenin enerji yoğunluğu üzerindeki etkilerini incelemiştir. 76 ülkenin dâhil edildiği çalışmada panel veri analizindeki yatay kesit bağımlılığını ve eğitim parametrelerinde heterojenliği dikkate alan CCEMG ve AMG gibi günümüzde de güncelliğini koruyan tahminciler kullanılmış ve 1980-2010 yılları arası incelenmiştir. Çalışmanın ampirik sonuçlarına bakıldığında özellikle heterojen katsayılara göre kişi başı milli gelirin enerji yoğunluğunu negatif etkilediği, kentleşme ve sanayileşmenin ise pozitif etkilediği bulunmuştur. Diğer bir ifadeyle bu sonuçlara göre enerji verimliliğini kişi başı milli gelir pozitif, kentleşme ve sanayileşme ise negatif etkilemektedir. Bulunan bu sonuçlar aynı zamanda anlamlıdır.

Filipovic, Verbic ve Radovanovic (2015) çalışmalarında içerisinde Macaristan'ın da bulunduğu 28 Avrupa Birliği ülkesini 1990-2012 yılları arasında incelemiştir. Panel veri

seti kullanılarak oluşturulan modelin sabit birim etkilere sahip olduğu tespit edilmiş ve çalışmada standart panel tahmincilerinden olan kukla değişkenli en küçük kareler (LSDV) tahmincisi kullanılmıştır. Enerji yoğunluğunun belirleyicilerinin incelendiği çalışma sonuçlarına göre enerji fiyatlarının, enerji vergilerinin ve kişi başı milli gelirin enerji yoğunluğu üzerinde negatif etkisinin olduğu görülmüştür.

Farajzadeh ve Nematollahi (2018) 1973-2013 yılları arasında İran'da içerisinde enerji yoğunluğunun da olduğu üç farklı enerji göstergesinin belirleyicilerini ortaya çıkardıkları çalışmalarında, dinamik panel veri yöntemlerinden faydalanmış ve sanayileşmenin de içinde bulunduğu dokuz farklı açıklayıcı değişken kullanmışlardır. Çalışmada enerji yoğunluğu için kurulan dört farklı modelin tamamında sanayileşmenin enerji verimliliği üzerinde negatif ve anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Zamanla ağır sanayiden uzaklaşma, enerji verimliliği yüksek sanayi kollarının yaygınlaşması böyle bir sonucu ortaya çıkarabileceği belirtilmiştir.

Şener ve Karakaş (2019) çalışmalarında ekonomideki büyümenin enerji verimliliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Panel veri setleri üzerinden uzun dönem ilişki tespiti için Westerlund (2007) eşbütünlüşme testinin, katsayı tahmini için ise AMG tahmincisinin kullanıldığı çalışmada analiz yüksek, içerisinde Macaristan'ın da bulunduğu orta ve düşük olmak üzere üç farklı gelir grubu ülkeleri için 1995-2016 yılları arasında kapsayacak şekilde ayrı ayrı yapılmıştır. Enerji yoğunluğunun enerji verimliliğini temsil etmesi amacıyla bağımlı değişken olarak kullanıldığı modellerde açıklayıcı değişken olarak GSYH'nin yanında sanayi enerji yoğunluğu ile sanayileşmeyi temsilen sanayi katma değeri değişkenleri kullanılmıştır. Uzun dönem ilişkinin bulunduğu orta gelir grubu ülkelerde yapılan uzun dönem katsayı tahminlerine göre ekonomideki büyümenin ve sanayileşmenin enerji yoğunluğunu azalttığı dolayısı ile enerji verimliliğini artırdığı bulunmuştur. Bireysel katsayıların da raporlandığı çalışmada bu durumun Macaristan özelinde de geçerli olduğu görülmektedir.

Bayar ve Gavriletea (2019) yaptıkları çalışmalarında MSCI yükselen ekonomiler endeksine dahil 22 ülkede yenilenebilir enerji tüketimi ve enerji verimliliği ile kişi başı gelirdeki büyüme arasındaki uzun dönem ilişkiyi 1992-2014 periyodunda incelemişlerdir. İçerisinde Macaristan'ın da bulunduğu bu ülke grubu için yapılan Westerlund (2008) Durbin-Hausman panel eşbütünlüşme testleri sonucunda uzun dönem ilişkiye rastlanmıştır ve akabinde Dumitrescu ve Hurlin (2012) heterojen panel nedensellik testi ile Granger nedensellik ilişkisi incelenmiştir. Sonuçlara göre sadece enerji verimliliğinden ve yenilenebilir enerji tüketiminden kişi başı gelirdeki büyümeye doğru bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Enerji fiyatlarının enerji yoğunluğu üzerindeki etkisini 120 ülke ve 34 yıldan oluşan bir panel veri seti ile Antonietti ve Fontini (2019) 1980-2013 yılları arasında incelemişlerdir. Eşbütünlüşme ilişkisinin arandığı çalışmada enerji fiyatlarının yanında modellerde aynı zamanda ekonomik büyüme, kilometrekareye düşen nüfus, toplam emisyon içindeki karbon emisyonu miktarı ve sanayileşmeyi temsilen sanayi katma değeri açıklayıcı değişken olarak

kullanılmıştır. 1980-2013 ve 1997-2013 olmak üzere iki farklı periyotta oluşturulan modellerde uygulanan Westerlund (2005) ve Kao (1999) eşbütünlüğe testleri sonucunda uzun dönem ilişki tespit edilmiştir. Modellerde kullanılan Havuzlanmış EKK, LSDV ve GMM gibi farklı tahminler ile elde edilen genel sonuçlara göre ise ekonomik büyümenin her iki periyotta da enerji yoğunluğunu negatif etkilediği, diğer bir ifadeyle enerji verimliliğini pozitif etkilediği bulunmuştur. Enerji fiyatlarının ise enerji yoğunluğunu sadece 1997-2013 periyodunda negatif etkilediği, sanayi katma değerinin ise anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Fitriyanto ve Iskandar (2019) Güneydoğu Asya Uluslar Birliğine üye on ülkede, enerji yoğunluğunu etkileyen faktörleri panel veri analizi yöntemleri ile 2001-2014 yılları arasında incelemişlerdir. Çalışmada enerji yoğunluğun bağımlı değişken olduğu dinamik bir model kurulmuş, açıklayıcı değişkenler ise bağımlı değişkenin bir dönem gecikmesinin yanında kişi başı milli gelir, kişi başı enerji tüketimi, dışa açıklık, enerji fiyatları ve doğrudan yatırımlar olmuştur. Bu şekilde oluşturulan dinamik model GMM yöntemi ile tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre ise enerji yoğunluğunu kişi başı milli gelir ve enerji fiyatları negatif; kişi başı enerji tüketimi ise pozitif etkilemektedir. Dışa açıklık ile doğrudan yatırımların etkisi anlamlı bulunmamıştır.

Malik (2019) Pakistan'da 1971-2017 yılları arasında enerji verimliliğinin belirleyicilerini incelediği çalışmasında zaman serisi analizi yöntemlerinden faydalanmıştır. Çalışmanın modelinde kentleşme, sanayileşme ve örgütsel kalite kişi başı milli gelirle beraber açıklayıcı değişkenler olarak kullanılmıştır. Johansen eşbütünlüğe testi ve vektör hata düzeltme modeli yardımı ile uzun dönem ilişki tespit edilen çalışmada, katsayı tahmin sonuçlarına göre kentleşme ve kişi başı milli gelir uzun dönemde enerji verimliliğini pozitif yönde etkilerken sanayileşme ve örgütsel kalite negatif yönde etkilediği görülmüştür. Bulunan bu sonuçların tümü istatistiksel olarak anlamlıdır.

Murshed (2020) yaptığı çalışmasında Güney Asya ülkelerini (Bangladeş, Hindistan, Pakistan, Sri Lanka, Nepal ve Maldivler) 2000 yılından 2016 yılına kadar gerçekleşmiş yıllık verileri kullanarak incelemiştir. Ana amaç olarak bilişim teknolojilerinde dışa açıklığın enerji ile ilgili çeşitli değişkenler üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada bağımlı değişkenler olarak yenilenebilir enerji tüketimi, toplam enerji tüketiminde yenilenebilir enerji payının yanında enerji yoğunluğunu da kullanılmıştır. Etkilerin farklı aşamalarda farklı yönlerde oluşacağı düşünülerek çalışmada doğrusal olmayan modeller kurulmuş, bilişim teknolojileri dış ticaret hacmine ek olarak petrol fiyatı, doğrudan yabancı yatırımlar, net resmi doğrudan devlet destekleri, yurt dışında yerleşik vatandaşlardan yurt içine net parasal girişler, kişi başı milli gelir ve tüketici fiyat endeksi kontrol değişkenleri olarak modele eklenmiştir. Kurulan tüm modellerde Westerlund (2007) eşbütünlüğe testi yardımı ile uzun dönem ilişki bulunmuştur. CUP-FM ve CUP-BC gibi ikinci nesil tahminler ile yapılan doğrusal olmayan regresyon tahmininin sonuçlarına göre bilişim teknolojileri dış ticaret hacminin düşük seviyelerde enerji verimliliğini azalttığı, fakat hacim büyüdükçe verimliliği artırdığı tespit edilmiştir. Petrol fiyatları ile enerji verimliliği arasında anlamlı ilişki bulunamayan çalışmada doğrudan yabancı yatırımların enerji verimliliğini negatif

etkilediği bulunmuş, kişi başı milli gelirin ise düşük seviyelerde negatif olarak tespit edilen etkisinin, gelirin artması ile pozitif dönüşümü görülmüş fakat bu pozitif etki anlamlı bulunamamıştır. Çalışmada son olarak Dumitrescu ve Hurlin (2012) heterojen panel nedensellik testi ile değişkenler arasında Granger nedensellik ilişkisi incelenmiştir. Buna göre bilişim teknolojileri dış ticaret hacminden tüm bağımlı değişkenlere doğru, aynı şekilde petrol fiyatları ve kişi başı milli gelirden enerji verimliliğine doğru Granger nedensellik ilişkisi bulunmuş, doğrudan yabancı yatırımlar ile enerji verimliliği arasında herhangi bir nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır.

Seçilmiş 35 gelişmekte olan ülkeyi incelediği çalışmasında Solarin (2020) 2010 ile 2016 arasındaki 7 yılı kapsayan yıllık veriler ile oluşturulmuş bir panel veri setinden faydalanmıştır. Çalışmada özellikle fosil yakıt sübvansiyonlarının enerji yoğunluğuna etkisi üzerinde durulmuştur. Kısa dönem ilişkinin incelendiği çalışmada kurulan dinamik modelde aynı zamanda kişi başı milli gelir ve sanayileşmeyi temsilen sanayi katma değeri değişkenleri kullanılmış ve model GMM tahmincisi ile tahmin edilmiştir. Sonuçlar fosil yakıt sübvansiyonlarını enerji yoğunluğunu artırdığını göstermiştir. Ayrıca enerji yoğunluğu üzerinde kişi başı milli gelirin negatif; sanayileşmenin ise pozitif etkisi olduğu görülmüştür.

Enerji verimliliği ile ilgili literatür incelemesi sonucunda ekonomik büyümenin yüksek teknoloji ve yenilenebilir enerji yatırımları açısından önemli olduğu, sanayileşmenin ekonomik büyümenin çarkı ve sanayi sektöründe enerji maliyetlerinin önemli olduğu görülmektedir. Sanayi sektöründe yaşanacak enerji verimlilik artışları maliyetlerde azalma ve ekonomilerin uluslararası arenada rekabet gücünü artırmanın yanında söz sahibi olmasına neden olacağı değerlendirilmektedir. Fosil yakıt kullanımı ise enerji ithalatçısı ekonomiler açısından önemli bir yük ve enerji bağımsızlığı için önemli bir engel olarak görülmektedir.

3. Ekonometrik Yöntem ve Bulgular

Enerji verimliliği literatürde enerji yoğunluğu formülüyle ölçülmektedir. Ancak artan enerji yoğunluğu yani bir birim çıktı için ihtiyaç duyulan enerjinin daha fazla artması yani enerjinin yoğun kullanılması enerji verimliliğinde azalmanın olduğunu ve tersine enerji yoğunluğunda yaşanan bir azalmanın enerji verimliliğinde bir artışa neden olduğunu ifade etmektedir. Bu bölümde, Macaristan ekonomisi için enerjinin verimliliğinin önemli bir göstergesi olan enerji verimliliği (tersine enerji yoğunluğu) (lnYOĞUN) ile kişi başına GSYH (lnGDP), sanayileşme (lnSANAYİ) ve fosil yakıt kullanımı (lnFOSİL) arasındaki ilişki ekonometrik yöntemlerle test edilecek ve

$$\ln\text{YOĞUN} = f(\ln\text{GDP}, \ln\text{SANAYİ}, \ln\text{FOSİL}) \quad (1)$$

şeklindeki fonksiyonel ilişki araştırılacaktır.

3.1. Veriler

Macaristan'nın 1990-2020 dönemi için enerji verimliliğini etkileyen faktörlerin sınındığı bu çalışmada, bağımlı değişken olan enerji verimliliği (lnYOĞUN) toplam enerji

kullanımı (koe)/ GSYH ((2015 sabit fiyatlarıyla ABD\$) olarak alınmıştır. Ekonomik büyüme (lnGDP) kişi başı GSYH (2015 sabit fiyatlarıyla ABD\$), sanayileşme (lnSANAYİ) sanayi (Madencilik, imalat, kamu hizmetleri ve inşaat toplamı) katma değeri (2015 sabit fiyatlarıyla ABD\$) ve fosil yakıt kullanımı (lnFOSİL) kömür, petrol ve doğalgaz kullanımlarının toplamı (koe) olarak alınmıştır. GSYH ve sanayileşme verileri Dünya Bankası veri tabanından elde edilirken diğer değişkenlerin verisi ise Uluslararası Enerji Ajansı'ndan elde edilmiştir. Model de kullanılan tüm değişkenlerin doğal logaritmaları alınmıştır.

3.2. Yöntem

Bu kısımda ilk olarak değişkenlerin birim köke sahip olup olmadığı araştırılacaktır. Bunun için standart ADF ve Fourier ADF testleri kullanılacaktır. Sonra değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisi sınırlanacaktır. Bunun için ise son yıllarda Banerjee et al. (2017) tarafından literatüre kazandırılan Fourier ADL eşbütünlüşme testi kullanılacaktır. Daha sonra Tamamen Değiştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (FMOLS), Kanonik Eşbütünlüşme Regresyon (CCR) ve Dinamik En Küçük Kareler (DOLS) testleriyle kısa-uzun dönem katsayı tahminleri yapılacaktır. Son olarak ise değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Granger nedensellik testiyle araştırılacaktır.

3.3. Standart ADF ve Fourier ADF Durağanlık Testleri

Fourier ADF birim kök testi Enders ve Lee (2012) tarafından geliştirilen bir durağanlık testidir. Bu testte istatistikler bir serinin yapısal değişmeye sahip olabileceği düşüncesiyle geleneksel ADF testine fourier fonksiyonlarının eklenmesiyle elde edilmektedir. Bu şekilde bir seri herhangi bir dönemde sayısı önemli olmadan yapısal değişmeye sahip olduğunda fourier fonksiyonlarının bu değişmeyi dikkate alabileceği ifade edilmektedir. Bunun için ilk olarak

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \beta_1 + \beta_2 trend_t u_t \quad (2)$$

şeklindeki geleneksel ADF veri yaratım sürecini ele almışlardır. Dikkat edilirse (2) nolu denklemde herhangi bir yapısal değişme dikkate alınmamaktadır. Fourier ADF testinde ise aşağıdaki şekilde yapısal değişmeleri yakalayabilecek trigonometrik fonksiyonları eklenerek model revize edilmiştir.

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \beta_1 + \beta_2 trend + \beta_3 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_4 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + u_t \quad (3)$$

Burada t trend, T zaman, k bilinmeyen ve belirlenmesi gereken frekans değerini göstermektedir. Ancak bu test için önemli olan Minimum Hata Kareler Toplamı (MinSSR)'ye sahip uygun frekansı belirlemek olacaktır.

Değişkenler için durağanlık testleri yapılmış ve test sonuçları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo: 1
Standart ADF ve Fourier ADF Birim Kök Test Sonuçları

Değişken	Frekans	MINSSR	F test	Düzye		
				Uygun Gecikme	FADF	ADF
lnYOGUN	1	0,007	0,279	6	-1,074	-1,153
lnGDP	2	0,005	9,271**	2	-2,773	-1,559
lnSANAYI	2	0,012	6,055	6	-3,695	-1,130
lnFOSIL	1	0,008	5,418	6	-3,298	-1,535
Birinci Fark						
Değişken	Frekans	MINSSR	F test	Uygun Gecikme	FADF	ADF
ΔlnYOGUN	5	0,005	2,170	1	-5,749	-4,023***
ΔlnGDP	2	0,003	5,171	1	-3,905	-5,704***
ΔlnSANAYI	2	0,014	3,293	4	-1,364	-4,038***
ΔlnFOSIL	3	0,009	2,644	1	-3,187	-4,810***

Not: F test kritik değerleri %1=10,35, %5=7,58, %10=6,35, Fourier ADF k=1 kritik değerler %1=-4,42, %5=-3,81, %10=-3,49, ADF kritik değerler %1=-3,753, %5=-2,998, %10=-2,639, ***, ** ve * işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam seviyelerinde serilerin durağan olduğunu göstermektedir.

Tablo 1 incelendiğinde ekonomik büyüme fourier ADF ve diğer değişkenler ise standart ADF testine göre düzey değerlerinde birim köklü olduğu görülmektedir. Diğer taraftan tüm değişkenler için F testi anlamlı bulunmamasından dolayı fourier ADF yerine standart ADF testi yorumlanmış ve tüm değişkenlerin birinci farkı alındıktan sonra durağan halleri elde edilmiştir.

3.4. Eşbütünleşme Testi

Tüm değişkenlerin bütünleşme derecesinin I(1) olması değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunabileceği düşüncesiyle eşbütünleşme ilişkisi araştırılacaktır. Bunun için Banerjee et al. (2017) tarafından Gecikmesi Dağıtılmış Otopregresif Eşbütünleşme (ADL) testinde sabit terim yerine deterministik bileşenler yerleştirilerek Fourier ADL eşbütünleşme testi aşağıdaki şekilde geliştirilmiştir.

$$\Delta y_t = d(t) + \beta_1 y_{t-1} + \gamma_1' x_{t-1} + \theta' \Delta x_t + u_t \quad (4)$$

$$d(t) = a_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (5)$$

Burada $d(t)$ deterministik bileşendir. Revize edilmiş modelde otokorelasyon sorununu gidermek için değişkenlerin gecikmeli değerleri modele dahil edilmiştir. Burada test edilen temel hipotez *değişkenler arasında uzun dönemli ilişki bulunmamaktadır* şeklindedir. Dolayısıyla burada uzun dönemli ilişkiyi test etmek için (4) nolu denklem tahmin edilmekte ve uygun frekans değeri elde edilerek bağımlı değişkenin gecikmeli değer katsayısının anlamlılığı standart t-testiyle

$$H_0: \beta_1 = 0 \quad (6)$$

şeklinde test edilmektedir. Burada elde edilen test istatistiği ise Banerjee et al. (2017)'nin makalesindeki kritik değerlerle karşılaştırılarak karar verilmektedir.

Macaristan için enerji verimliliği ile açıklayıcı değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi sınanmış ve sonuçlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2
FADL Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Değişkenler	Gecikme Uzunluğu	Frekans	Min AIC	FADL Eşbütünleşme Test İstatistiği
lnYOGUN	4	3	-11,027	-13,844***
lnGDP	4			
lnSANAYI	4			
lnFOSİL	3			

Not: Fourier ADL eşbütünleşme için kritik değerler %1=-4,90, %5=-4,16, %10=-3,79 ve *** işaretleri %1 anlam seviyesinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 2 incelendiğinde Fourier ADL eşbütünleşme testi için uygun frekans değeri 3 bulunmuş ve test istatistiği %1 kritik değerlerden mutlak değerce daha büyük olduğu görülmüştür. Bu yüzden *değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur temel hipotezi reddedilmektedir*. Dolayısıyla Macaristan ekonomisi için enerji verimliliği ile açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin var olduğu tespit edilmiştir.

3.5. Eşbütünleşme Katsayılarının Tahmini

Bu bölümde açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisinin büyüklüğünü ve yönünü belirleyebilmek için eşbütünleşme katsayı tahmini yapılacaktır. Uzun dönem katsayı tahmini için yapısal değişimlerin kukla değişken olarak modelde yer almasına izin veren Phillips ve Hansen (1990) tarafından geliştirilen Tamamen Değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) yöntemi kullanılacaktır. FMOLS tahmincisi açıklayıcı değişkenler ile kalıntılar arasındaki ilişki ve içsellik sorunundan dolayı meydana gelebilecek sapmaların giderilmesi için önemli bir tahmincidir (Nazlıoğlu, 2010: 99). Bir diğer uzun dönem katsayı tahmincisi olarak Park (1992) tarafından geliştirilen Kanonik Eşbütünleşik Regresyon (CCR) tahmincisi kullanılacaktır. CCR tahmincisinde uzun dönemde meydana gelebilecek korelasyondan kaynaklı içsellik problem asimptotik olarak bertaraf edilmektedir (Mehmood et al., 2014: 9). Son olarak Stock ve Watson (1993) tarafından geliştirilen Dinamik Sıradan En Küçük Kareler (DOLS) tahmincisi ile uzun-kısa dönem katsayı tahmini yapılacaktır. DOLS tahmincisi sürece dinamik unsurlar eklemekte ve statik denklemlerde ortaya çıkabilecek problemleri (bağımsız değişken(ler) ve hata terimi arasındaki içsellik ve hata terimindeki kendine bağlaşımlılık problemleri gibi) bertaraf etmektedir. Ayrıca heterojen yapıda bulunan ve gözlem sayısı çok olmayan serilerde de etkin sonuçlar göstermektedir (Mark & Sul, 2003: 654).

Modelde eşbütünleşme ilişkisine rastlanmış ve uzun dönem katsayı tahmini için FMOLS, CCR ve DOLS tahmin sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3
FMOLS, CCR ve DOLS Uzun Dönem Katsayı Tahmin Sonuçları

lnYOGUN	lnGDP	lnSANAYI	lnFOSİL	C
FMOLS	-0,650*** (0,048)	-0,164*** (0,046)	0,571*** (0,032)	-2,173*** (0,378)
CCR	-0,652*** (0,053)	-0,165*** (0,053)	0,585*** (0,031)	-2,310*** (0,341)
DOLS	-0,525*** (0,112)	-0,282*** (0,110)	0,601*** (0,064)	-1,755*** (0,540)

Not: *%10), **(%5), ***(%1) düzeyinde anlamlılık seviyeleridir. Parantez içindeki değerler standart sapma değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 3 incelendiğinde tüm tahmin sonuçlarında katsayıların büyüklüğü ve işareti benzer sonuçlar göstermiştir. Enerji yoğunluğu enerji verimliliğinin tersi olduğundan model sonuçlarına göre enerji yoğunluğunu azaltan değişkenler enerji verimliliğinin artışına neden olmaktadır. O halde her üç tahminciye göre de ekonomik büyüme ve sanayileşme enerji verimliliğini artırırken fosil yakıt kullanımı ise enerji verimliliğini azaltmaktadır. Katsayı olarak incelendiğinde ekonomik büyümede meydana gelen %1'lik bir artış enerji verimliliğinde yaklaşık olarak %0,65 (FMOLS), %0,65 (CCR) ve %0,53 (DOLS) artış meydana getirirken sanayileşmede meydana gelen %1'lik bir artış enerji verimliliğinde yaklaşık olarak %0,16 (FMOLS), %0,17 (CCR) ve %0,28 (DOLS) artış meydana getirmektedir. Diğer taraftan Macaristan ekonomisi için ilgili dönemde fosil yakıt kullanımında meydana gelen %1'lik bir artış enerji verimliliğinde yaklaşık olarak %0,57 (FMOLS), %0,59 (CCR) ve %0,60 (DOLS) azalış meydana getirmektedir. Dolayısıyla Macaristan ekonomisi için artan ekonomik büyüme yenilenebilir enerji kullanımının artışına neden olurken sanayileşmede yaşanan artış ise sanayi sektöründe en çok maliyet getiren enerji girdisine yansımış ve kullanılan enerjinin tasarruflu kullanılmasının yanında verimli teknolojilerin kullanılmasıyla enerji verimliliğinde artış yaşanmıştır. Daha yüksek fosil yakıt kullanımı ise daha fazla enerji kayıplarına neden olmanın yanında dışa bağımlılığı azaltmakta, enerji maliyetlerini artırmakta ve çevresel kalitenin bozulmasına neden olmaktadır. Modelde kısa dönem katsayı tahmini için FMOLS, CCR ve DOLS hata düzeltme modelleri uygulanmış ve sonuçlar Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo: 4
FMOLS, CCR ve DOLS Kısa Dönem Katsayı Tahmin Sonuçları

ΔlnYOĞUN	ECT _{t-1}	ΔlnGDP	ΔlnSANAYİ	ΔlnFOSİL	C
FMOLS	-0,550*** (0,134)	-0,890*** (0,063)	-0,067** (0,026)	+0,702*** (0,031)	0,002 (0,001)
CCR	-0,501*** (0,169)	-0,892*** (0,056)	-0,071** (0,034)	+0,704*** (0,038)	0,002 (0,001)
DOLS	-0,643*** (0,180)	-0,837*** (0,059)	-0,073** (0,032)	+0,681*** (0,037)	0,001 (0,001)

Not: *%10), **%5), ***%1) düzeyinde anlamlılık seviyeleridir. Parantez içindeki değerler standart sapma değerlerini ifade etmektedir.

Hatalar arasındaki uzun dönem ilişkiyi ifade eden hata düzeltme katsayısı (ECT) teorik beklentiye uygun olarak bulunmuş, negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Dolayısıyla bu durum enerji verimliliği ile açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu doğrulamaktadır. Hata düzeltme terimi (ECT) düzeltme oranını belirtir ve FMOLS (-0,550), CCR (-0,501) ve DOLS (-0,643) modellerine göre, t-1 dönemindeki bir varyantın sırasıyla yaklaşık %0,55, %0,50 ve %0,64'ünün t döneminde düzeltileceğini gösterir.

3.6. Granger Nedensellik Testi

Bu bölümde ise değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirleyebilmek için nedensellik testi yapılacaktır. Zaman serisi özelliği gösteren iki değişkenin geçmiş ve hazır değerlerinin t anında bir sonraki dönemi için faydalı bilgi sağlamasına değişkenlerin birbirinin Granger nedenidir denilmektedir (Işığışık, 1994: 94). Yani kullanılan herhangi bir değişkenin geçmiş değerlerine bakılarak diğer bir değişken hakkında tutarlı ve güvenilir

bir şekilde öngörü yapılabilir veya tersine öngöründe bulunabiliyor ise bu değişkenler birbirinin Granger nedeni denilebilmektedir (Takim, 2010: 326). Bu nedensellik testi literatürde pratiklik açısından kolay olduğundan çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Granger nedensellik için kullanılacak olan değişkenlerin durağan olmaları gerekmektedir ancak aynı dereceden eşbütünlük olmasına gerek yoktur. Önemli olan uygun gecikme uzunluğunun seçimidir. Bu çalışmada kullanılan bütün değişkenlerin ise birinci farkı alındıktan sonra durağan hale geldiği görülmektedir.

Macaristan için enerji verimliliği ile ekonomik büyüme, sanayileşme ve fosil yakıt kullanımı arasındaki ilişkinin yönünü belirlemek için nedensellik ilişkisi araştırılmış ve sonuçlar Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5
Granger Nedensellik Test Sonuçları

Nedenselliğin Yönü	İstatistik	Olasılık	Nedenselliğin Yönü	İstatistik	Olasılık	Uygun gecikme uzunluğu
$\Delta \ln GDP \rightarrow \Delta \ln YOĞUN$	3,400*	0,065	$\Delta \ln YOĞUN \rightarrow \Delta \ln GDP$	2,935*	0,087	1
$\Delta \ln SANAYİ \rightarrow \Delta \ln YOĞUN$	6,651**	0,036	$\Delta \ln YOĞUN \rightarrow \Delta \ln SANAYİ$	1,267	0,531	2
$\Delta \ln FOSİL \rightarrow \Delta \ln YOĞUN$	2,419	0,298	$\Delta \ln YOĞUN \rightarrow \Delta \ln FOSİL$	1,910	0,385	2

Not: *(%10) ve **(%5) düzeyinde anlamlılık seviyeleridir. Serilerin birinci farkı alındıktan sonra durağan olması nedeniyle Δ ile serilerin birinci farkı gösterilmektedir. H₀: Granger nedeni değildir, H₁: Granger nedeni.

Tablo 5 sonuçlarına göre ekonomik büyüme ile enerji verimliliği arasında nedensellik yoktur olan temel hipotezi %10 anlamlılık düzeyinde reddedilmekte ve ekonomik büyüme ile enerji verimliliği arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunduğunu göstermektedir. Diğer yandan sanayileşmeden enerji verimliliğine doğru nedensellik yoktur olan temel hipotez %5 anlamlılık düzeyinde reddedilmekte ve tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Ancak fosil yakıttan enerji verimliliğine doğru herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmadığı elde edilmiştir.

4. Sonuç ve Değerlendirme

Financial Times ve Londra borsasının ortak bir kuruluşu olan FTSE yatırım kararı verme aşamasında olan yatırımcılara yardımcı olabilmek için yükselen ekonomileri ileri yükselen piyasa ekonomileri ve ikincil yükselen piyasa ekonomileri olarak ikiye ayırmıştır. Macaristan ekonomisi ise sosyal ve ekonomik potansiyeli bakımında ileri piyasa ekonomileri arasında yer olan önemli bir ekonomidir. Macaristan ekonomisi yatırım yapılabilir ekonomilerin ilkleri arasında bulunmanın yanında 1990-2020 döneminde yükselen ekonomiler arasında enerji verimliliğini en fazla artıran ekonomi olarak da ilk sırayı almaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada Macaristan ekonomisi için 1990-2020 döneminde enerji verimliliği ile kişi başı GSYH, sanayileşme ve fosil yakıt kullanımı arasındaki uzun dönemli ilişki araştırılmaktadır. Çalışmada değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisi sınanmadan önce durağanlık testleri kullanılmıştır. Bunun için standart ADF ve Fourier ADF testleri ile durağanlık sınanmış ve bütün değişkenlerin düzey değerlerinde birim köklü, birinci farklarında durağan oldukları tespit edilmiştir. Değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkisi ise son yıllarda literatüre Banerjee et al. (2017) tarafından kazandırılan Fourier ADL eşbütünlük testi ile araştırılmış ve eşbütünlük ilişkisinin

varlığına ulaşılmıştır. Açıklayıcı değişkenlerin enerji verimliliği üzerindeki etkisinin büyüklüğünü ve yönünü belirleyebilmek için FMOLS kısa-uzun dönem katsayı tahmini yapılmıştır. Sağlamlık testi olarak ise CCR ve DOLS kısa-uzun dönem tahminçileri kullanılmıştır. Her üç tahminciye göre de değişkenlerin büyüklüğü ve işareti birbirine benzer sonuçlar göstermiştir. Son olarak değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü görebilmek için Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Bulgular enerji verimliliğini en fazla artıran faktörün ekonomik büyüme olduğunu; en fazla azaltan faktörün ise fosil yakıt kullanımı olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca daha yüksek sanayileşme de Macaristan ekonomisi için enerji verimliliğinde artışına neden olduğu tespit edilmiştir. Katsayı olarak incelendiğinde enerji verimliliğini en fazla olumlu etkileyen değişken olan ekonomik büyümede meydana gelen %1'lik bir artış enerji verimliliğinde yaklaşık olarak %0,65 (FMOLS), %0,65 (CCR) ve %0,53 (DOLS) artışa, enerji verimliliğini en fazla olumsuz etkileyen değişken olan fosil yakıt kullanımında meydana gelen %1'lik bir artış enerji verimliliğinde yaklaşık olarak %0,57 (FMOLS), %0,59 (CCR) ve %0,60 (DOLS) azalışa sebep olduğu görülmektedir. Ayrıca sanayileşmede meydana gelen %1'lik bir artış enerji verimliliğinde yaklaşık olarak %0,16 (FMOLS), %0,17 (CCR) ve %0,28 (DOLS) artış meydana getirmektedir. Bununla beraber ekonomik büyüme ile enerji verimliliği arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunurken sanayileşmeden enerji verimliliğine doğru ise tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Ancak fosil yakıt ile enerji verimliliği arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmadığı elde edilmiştir.

Kullanılan değişkenler için tahmin edilen parametrelerin işareti ve büyüklüğü teorik olarak beklentileri karşılamaktadır. Ekonomik büyümede yaşanan artış enerji ithalatçısı olan Macaristan ekonomisi için yenilenebilir enerji yatırımlarını artırmaktadır. Diğer yandan çevre odaklı alınacak olan enerji politikalarının hayata geçirilmesiyle hem fosil yakıt kullanımının azaltılması sonucu çevre kalitesinin artışı sağlanmış olacak hem de kullanılan enerjinin daha verimli kullanılmasıyla enerji alanında dışa bağımlılığın azaltılmasının yanında daha az ek enerji kaynak yatırımlarına ve daha az enerji maliyetlerine neden olmayacaktır. Sanayileşmede yaşanan artış ise sanayi sektöründe en yüksek maliyet getiren enerji girdisine de yansyarak daha verimli teknolojiler kullanımının yanında enerjide tasarrufun ve kayıpların azaltılmasına neden olmaktadır. Fosil yakıt kullanımında yaşanan artış ise enerji ithalatçısı ekonomiler için yaşanan enerji fiyat artışlarından olumsuz etkilenerek daha fazla maliyet getirmekte veya üretimi kısımayla sonuçlanmasının yanında daha fazla karbon salınımıyla çevre kalitesini olumsuz etkilemektedir. Özellikle Covid-19 küresel salgını sonrası dünya artık daha fazla temiz ve sağlıklı bir dünyaya ihtiyaç duymanın yanında daha fazla çevre odaklı enerji politikalarına ihtiyaç duymaktadır. Sonuç olarak ileri piyasa ekonomileri arasında önemli bir konuma sahip Macaristan ekonomisi için ilgili dönemde ekonomik büyümenin, sanayileşmenin ve fosil yakıt kullanımının enerji verimliliği üzerinde önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular Sadorsky (2013), Şener ve Karakaş (2019), Antonietti ve Fontini (2019), Fitriyanto ve Iskandar (2019), Malik (2019), Farajzadeh ve Nematollahi (2018) ile Şener ve Karakaş (2019) tarafından yapılan çalışmalardaki ekonomik büyüme ve sanayileşme de yaşanan artışın enerji verimliliğini artırdığı sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Çalışmada elde edilen bulgular ışığında Macaristan ekonomisi için politika yapıcılara önemli görevler düşmektedir. Macaristan ekonomisinde ekonomik büyümede yaşanan artışın enerji verimliliğini olumlu etkilemesi Macaristan ekonomisinin genel enerji görünümünden de görüleceği gibi yenilenebilir enerji alanında yatırımların artması ve fosil yakıt kullanımının azalmasıyla ilişkilendirilebilir. Bu yüzden fosil yakıt kullanımına en önemli alternatif olabilecek yenilenebilir enerji kullanımının artırılması için bu alanda yatırımların daha fazla artırılması ve teşvik edilmesi gerekmektedir. Sanayileşmenin enerji verimliliğini olumlu etkilemesi ise sanayi sektöründe önemli dönüşümlerin gerçekleştiğini göstermektedir. Sanayi sektörü ekonomilerin büyümesinde ve küresel rekabet gücünün artırılmasında önemli bir çark görevini görmektedir. Bu yüzden artan sanayileşme sanayi sektöründe en fazla maliyet getiren enerji girdisine de yansyarak enerji verimli teknolojilerin daha fazla kullanımı sağlanmakta ve kullanılan enerjinin daha verimli ve daha tasarruflu kullanımı sağlanmaktadır. Fosil yakıt kullanımının enerji verimliliğini olumsuz etkilemesi ise enerji kaynakları arasında hala yüksek oranda paya sahip enerji ithalatçısı Macaristan ekonomisi için yenilenebilir enerji kaynak kullanımının hayati önem taşıdığı göstermektedir. Artan fosil yakıt kullanımı daha fazla enerji talebi, daha fazla enerji ithalatı, daha fazla döviz ihtiyacı, daha fazla cari açık ve daha fazla kırılğan bir ekonomiye neden olmaktadır. Ayrıca daha yüksek fosil yakıt kullanımı daha yüksek karbon salınımına, daha fazla çevre kalitesinin bozulmasına ve var olan daha yaşanılabilir bir dünya tehdidinin şiddetini artırmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada enerji verimliliğinin sadece ekonomik değişkenlerle araştırılması çalışmanın önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmayı izleyecek araştırmalar için sosyal ve politik değişkenlerin enerji verimliliği üzerindeki etkisi araştırılabilir. Enerji fiyatlarının da modele dâhil edilmesi önemli bulguları ortaya koyabileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca sektörel olarak araştırılacak olan enerji verimliliği ise Macaristan ekonomisi için daha ayrıntılı bilgi vereceği düşünölmektedir.

Kaynaklar

- Antonietti, R. & F. Fontini (2019), "Does energy price affect energy efficiency? Cross-country panel evidence", *Energy Policy*, 129, 896-906.
- Banerjee, P. et al. (2017), "Fourier ADL cointegration test to approximate smooth breaks with new evidence from Crude Oil Market", *Economic Modelling*, 67, 114-124.
- Bayar, Y. & M.D. Gavriletea (2019), "Energy efficiency, renewable energy, economic growth: evidence from emerging market economies", *Quality & Quantity*, 53(4), 2221-2234.
- Dumitrescu, E.-I. & C. Hurlin (2012), "Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels", *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460.
- Ediger, V.Ş. (2009), "Türkiye'nin Sürdürülebilir Enerji Gelişimi", *TÜBA Günce*, 39, 18-25.
- Enders, W. & J. Lee (2012), "The flexible Fourier form and Dickey-Fuller type unit root tests", *Economics Letters*, 117(1), 196-199.
- Farajzadeh, Z. & M.A. Nematollahi (2018), "Energy intensity and its components in Iran: Determinants and trends", *Energy Economics*, 73, 161-177.

- Filipovic, S. et al. (2015), "Determinants of energy intensity in the European Union: A panel data analysis", *Energy*, 92, 547-555.
- Fitriyanto, F. & D.D. Iskandar (2019), "An analysis on determinants of energy intensity in ASEAN countries", *Jurnal Ekonomi dan Studi Pembangunan*, 11(1), 90-103.
- İşığçok, E. (1994), *Zaman serilerinde nedensellik çözümlemesi: Türkiye'de para arzı ve enflasyon üzerine ampirik bir araştırma*, Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi.
- İslatince, H. & C. Haydaroğlu (2009), "Türk İmalat Sanayiinde Enerji Verimliliği ve Yoğunluğunun Analizi", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (24), 155-164.
- Kao, C. (1999), "Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data", *Journal of Econometrics*, 90(1), 1-44.
- Karabat, S. & B. Aydın (2018), "İyi Tarım Uygulamalarının Mandarin Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliği ve Ekonomik Analiz Üzerine Etkisi: İzmir İli Örneği", *Toprak Su Dergisi*, 7(1), 1-10.
- Malik, A. (2019), "Dynamics and Determinants of Energy Intensity: Evidence from Pakistan", *Journal of Academic Research in Economics*, 11(2), 249-275.
- Mark, N.C. & D. Sul (2003), "Cointegration vector estimation by panel DOLS and long-run money demand", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 65(5), 655-680.
- Mehmood, B. et al. (2014), "What causes what? Aviation demand and economic growth in Romania: Cointegration estimation and causality analysis", *Romanian Economic Business Review*, 9(1), 21-34.
- Murshed, M. (2020), "An empirical analysis of the non-linear impacts of ICT-trade openness on renewable energy transition, energy efficiency, clean cooking fuel access and environmental sustainability in South Asia", *Environmental Science and Pollution Research*, 27(29), 36254-36281.
- Nazhoğlu, Ş. (2010), "Makro iktisat politikalarının tarım sektörü üzerindeki etkileri: Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için bir karşılaştırma", *Doktora Tezi*, Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Özkara, Y. (2015), "Türk İmalat Sanayinin Bölgesel Düzeyde Etkinlik, Verimlilik ve Enerji Verimliliğinin Analizi (2003-2012)", *Doktora Tezi*, Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Park, J.Y. (1992), "Canonical Cointegrating Regressions", *Econometrica*, 60(1), 119-143.
- Patterson, M.G. (1996), "What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues", *Energy Policy*, 24(5), 377-390.
- Phillips, P.C.B. & B.E. Hansen (1990), "Statistical-Inference in Instrumental Variables Regression with I(1) Processes", *Review of Economic Studies*, 57(1), 99-125.
- Sadorsky, P. (2013), "Do urbanization and industrialization affect energy intensity in developing countries?", *Energy Economics*, 37, 52-59.
- Sener, S. & A.T. Karakas (2019), "The effect of economic growth on energy efficiency: evidence from high, upper-middle and lower-middle income countries", *Procedia Computer Science*, 158, 523-532.

- Solarin, S.A. (2020), "Towards sustainable development in developing countries: aggregate and disaggregate analysis of energy intensity and the role of fossil fuel subsidies", *Sustainable Production Consumption*, 24, 254-265.
- Stock, J.H. & M.W. Watson (1993), "A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 783-820.
- Takim, A. (2010), "Türkiye’de GSYH ile ihracat arasındaki ilişki: granger nedensellik testi", *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 315-330.
- Tuominen, P. et al. (2013), "Economic effects of energy efficiency improvements in the Finnish building stock", *Energy Policy*, 52, 181-189.
- Westerlund, J. (2005), "New simple tests for panel cointegration", *Econometric Reviews*, 24(3), 297-316.
- Westerlund, J. (2007), "Testing for error correction in panel data", *Oxford Bulletin of Economics Statistics*, 69(6), 709-748.
- Westerlund, J. (2008), "Panel cointegration tests of the Fisher effect", *Journal of Applied Econometrics*, 23(2), 193-233.
- World Bank (2021), *World Development Indicators Online Database*, <<https://databank.worldbank.org/source/world-developmentindicators>>, 06.02.2021.

Naimoğlu, M. & A.M. Sahabi & S. Özbek (2022), "Macaristan Ekonomisinde Enerji Verimliliğini Etkileyen Faktörlerin FOURIER ADL Eşbütünleşme Yaklaşımıyla Belirlenmesi", *Sosyoekonomi*, 30(53), 487-507.