



ARAŞTIRMA MAKALESİ | RESEARCH ARTICLE

SEÇİLMİŞ AVRUPA ÜLKELERİNDE KİŞİ BAŞI ENERJİ TÜKETİMİ
YAKINSAMASI: RALS TESTİNDEN KANITLAR

İbrahim Sezer BELLİLER

Arş. Gör., Harran Üniversitesi, Ekonometri
Bölümü, sezerbelliler@gmail.com.tr

0000-0001-8141-6347

Ahmet DEMİRALP

Dr., Harran Üniversitesi, Ekonometri Bölümü,
ahmt.dmrp@gmail.com

0000-0002-0981-7215

Atıf / Citation: Belliler İ. S. & Demiralp A. (2023). Seçilmiş avrupa ülkelerinde kişi başı enerji tüketimi yakınsaması: RALS testinden kanıtlar. *İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, (İNİJOSS), 12(2), 141-156.

<https://doi.org/10.54282/inijoss.1369331>

Öz

Gelişen ekonomilerin son yıllardaki odak noktası sadece kişi başı milli gelirin büyümesi olmaktan çıkmış yerini sürdürülebilirliğe bırakmıştır. Sürdürülebilir bir ekonomi artık sürdürülebilir çevre ile mümkün olmaktadır. Dolayısıyla ülkelerin enerji kullanım oranları sürdürülebilirlik çerçevesiyle birlikte oldukça önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada kişi başı enerji tüketiminin en çok olduğu 10 Avrupa ülkesinin enerji tüketimi yakınsaması 1965 ile 2022 yılları arasında kapsayan veri seti kullanılarak incelenmiştir. Enerji yakınsamasının tespiti için geleneksel birim kök testleri ile kalıntıları genişletilmiş birçok güncel birim kök testi kullanılmıştır. Geleneksel birim kök testleri sonucunda yakınsamanın varlığına dair yeterli kanıt elde edilememiş olup uygulanan klasik birim kök testleri temel hipotezi reddedebilme konusunda oldukça güçsüz kaldığı tespit edilmiştir. Klasik birim kök testlerinden elde edilen kalıntılar incelendiğinde ise birçok ülkenin kalıntılarının normal dağılmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle kalıntıları eklenmiş RALS tipi birim kök testleri veri setlerine uygulanmıştır. Klasik birim kök testleri neticesinde hiçbir ülke için yakınsama tespit edilememesine karşın RALS tipi birim kök testleri sonuçlarında bazı Avrupa ülkelerinin yakınsama davranışı gösterdiği tespit edilmiştir. Veri setinin 58 yıllık dönemi içermesi nedeniyle bu uzun dönemde birçok ekonomik dalgalanmanın yaşandığı bilinmektedir. Bu sebeple veri setlerine son olarak yapısal kırılmaları dikkate alan en güncel RALS tipi birim kök testi uygulanmıştır. Klasik birim kök testlerinde hiç yakınsama tespit edilememiş olup kırılmasız RALS tipi birim kök testleri neticesinde üç ülkenin grup ortalamasına yakınsadığı bulunmuştur. En son uygulanan kırılmalı RALS tipi birim kök testi sonucunda ise seçilmiş 10 Avrupa ülkesinden 7'sinin (Almanya, Belçika, Fransa, Hollanda, İtalya, Romanya ve Yunanistan) grup ortalamasına yakınsadığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Enerji tüketimi, Yakınsama, RALS birim kök testi

CONVERGENCE OF PER CAPITA ENERGY CONSUMPTION IN SELECTED EUROPEAN COUNTRIES: EVIDENCE FROM RALS TESTS

Abstract

The focus of developing economies in recent years has shifted from the growth of per capita national income to sustainability. A sustainable economy is now possible with a sustainable environment. Therefore, energy utilization rates of countries have become a very important issue with the sustainability framework. In this study, the energy consumption convergence of the 10 European countries with the highest per capita energy consumption is analyzed using the data set covering the period between 1965 and 2022. Conventional unit root tests and many recent unit root tests with extended residuals are used to detect energy convergence. Conventional unit root tests did not provide sufficient evidence for convergence, and the classical unit root tests were found to be very weak in rejecting the null hypothesis. When the residuals obtained from the classical unit root tests are analyzed, it is found that the residuals of many countries are not normally distributed. Therefore, RALS-type unit root tests with extended residuals were applied to the data sets. Although no convergence was detected for any country because of classical unit root tests, it was found that some European countries showed convergence behavior in the results of RALS-type unit root tests. Since the data set covers 58 years, it is known that many economic fluctuations have been experienced in this long period. For this reason, the most recent RALS type unit root test, which considers structural breaks, was applied to the data sets. No convergence was detected in the classical unit root tests, and because of the unbroken RALS-type unit root tests, it was found that three countries converged to the group average. As a result of the latest RALS-type unit root test with breaks found that 7 out of 10 selected European countries (Germany, Belgium, France, Netherlands, Italy, Romania, and Greece) converged to the group average.

Keywords: Energy consumption, Convergence, RALS unit root test

GİRİŞ

Enerji, çağımızın en önemli sorunlarından biridir ve tüm dünyadaki araştırmacıların büyük ilgisini çekmektedir. Enerji güvenliği, enerji verimliliği, ekonomik büyüme, sürdürülebilirlik, sera gazı emisyonları ve iklim değişikliği gibi önemli küresel konuların tümü enerji sektörüyle ilgilidir. Bu sebeple ekonomideki önemi nedeniyle araştırmacılar enerji tüketiminin farklı yönlerini araştırmışlardır (Fallahi, 2017). Ayrıca enerjinin üretim için vazgeçilmez bir kaynak olması ve bu kaynaktaki değişimlerin üretim olanaklarını doğrudan etkilemesi, enerji ile ilgili konuların iktisat literatüründeki önemini her geçen gün artırmaktadır. Sanayi devriminden itibaren üretim biçimleri tamamen değişmiştir ve buradaki tetikleyici mekanizma teknolojik gelişmeden başka bir şey değildir (Demir ve Çergibozan, 2020).

Enerji kullanımı, dünya çapında mal ve hizmet üretiminde ve ekonomilerin işleyişinde hayati bir girdidir. Ancak ekonomiler daha fazla sanayileştikçe ve enerji sektörü zaman içinde geliştikçe, enerji kullanım modelleri de değişmektedir. Enerji sektöründeki teknolojik gelişmeler ve enerji altyapısının daha da modernleştirilmesi, birçok sanayileşmiş ekonomi için azalan enerji yoğunluklarının (enerji-GSYİH oranı) gösterdiği gibi enerji verimliliğinde iyileşmelerle sonuçlanmıştır (Meng vd., 2013).

Ülkeler arası yakınsama açısından enerji tüketiminin dağılımının incelenmesi, ekonomik kalkınma perspektifinden ve sürdürülebilirlik bağlamında önemlidir. Üretim sürecinde önemli bir girdi olarak algılanan enerji kullanımının çıktı ve büyüme ile ilgisi açıktır. Enerji kullanımı ve çevresel kalite arasındaki ilişki, ülkeler arası enerji tüketimi kalıplarını sera emisyonları, küresel

ısıtma ve emisyonlarla ilgili uluslararası girişimler de dahil olmak üzere sürdürülebilirlik konularının önemli bir boyutu haline getirmektedir (Mohammadi ve Ram, 2012).

Enerji tüketiminde stokastik yakınsamanın incelenmesi, kişi başına gayri safi yurtiçi hasılının (GSYH) yanı sıra ekonomik refahın ölçülmesinde daha kabul edilebilir bir temel sağladığı için kişi başına enerji tüketiminde stokastik yakınsamaya odaklanarak ekonomi politikalarında, özellikle de enerji politikalarında başarıya ulaşmak için literatürde birçok tartışmaya konu olmuştur (Mohammadi ve Ram, 2012; Meng vd, 2013; Demir ve Cergibozan, 2020). Dahası, bir grup ulus veya bölge içinde kişi başına enerji tüketiminde stokastik yakınsama, ülkenin bir yıldaki (t) her ekonomi için ortalama enerji tüketimine göre kişi başına enerji tüketiminin durağan olduğu anlamına gelir, ancak bu, ülkenin kişi başına enerji tüketiminin eşit olma eğiliminde olduğu anlamına gelmez, daha ziyade, bir serinin grubun ortalamasına doğru bir yakınsama olduğu anlamına gelir (Fallahi, 2017; Pan ve Maslyuk-Escobedo, 2019; Qahtan vd., 2021).

Ayrıca, enerji tüketimi ekonomik büyümenin sağlanmasında katalizör ve vazgeçilmez bir araç olduğundan, enerji tüketiminde stokastik yakınsama konusunun araştırılması, yani enerji tüketim düzeyinde yakınsama, uzun bir zaman diliminde sürdürülebilir ekonomik kalkınma için kapsamlı enerji politikaları tasarlayarak enerji arzının sürdürülmesinde uygun enerji politikalarının formüle edilmesinde bilgi sağlayacaktır (Öztürk ve Aslan, 2011).

Enerji tüketiminde birim kök testlerinin kullanımı Narayan ve Smyth (2007) ile başlayarak zamanla bu alanda birçok çalışma araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Ortaya çıkan bu literatürü yakın zamanda, Meng vd. (2013) Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkelerinde kişi başına enerji tüketimindeki koşullu yakınsamayı incelemek üzere bireysel zaman serisi testleri için birim kök testleri uygulamak üzere genişletmiştir (Mishra ve Smyth, 2014). Bu bağlamda seçilmiş Avrupa ülkelerindeki kişi başı enerji tüketim yakınsaması geleneksel ve kalıntılarla genişletilmiş en küçük kareler yöntemine dayanan birim kök testleri ile incelenmiştir. Seçilen 10 Avrupa ülkesi (Almanya, Hollanda, Polonya, Yunanistan, Belçika, Fransa, İngiltere, İspanya, İtalya ve Romanya) için kişi başı enerji tüketim verileri 1965-2022 yıllarını kapsayacak şekilde alınmıştır. Geleneksel birim kök testleri ile karşılaştırabilmek için hataların normal dağılmamasını dikkate alan RALS-ADF ve hem yapısal kırılmalı hem de yapısal kırılmamasız RALS-LM testleri kullanılarak çalışma detaylandırılmıştır. Çalışmanın hem konusu hem de kullanılan analiz yöntemlerinin güncel olması nedeniyle literature katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın geri kalan kısmı şu şekilde planlanmıştır. Birinci bölümde kişi başı enerji tüketim yakınsamasını konu alan çalışmalar raporlanmıştır. İkinci bölümde veri seti ile analizde kullanılacak yöntemler verilmiştir. Üçüncü bölümde ise analiz sonuçlarına ait ampirik bulgular tablolarla açıklamalı olarak verilmiştir. Son olarak sonuç bölümünde ise yapılan çalışma özetlenmiştir.

1. LİTERATÜR

Enerji yakınsaması teorisi ile ilgili ilk çalışmalar düşük ve yüksek gelirli ülkeler arasındaki büyüme oranlarının yakınsamasını gelir dağılımı üzerinden analiz eden ekonomik büyüme modellerinde (Solow, 1956; Barro, 1991; Mankiw vd., 1992; Quah, 1993) yer almaktadır (Liu ve Lee, 2020). Son zamanlara kadar enerji yakınsaması ile ilgili yapılan çalışmalar enerji yoğunluğu yakınsaması üzerine yoğunlaşmaktaydı (Markandya vd., 2006; Le Pen ve Sevi, 2010; Liddle, 2010; Mulder ve de Groot, 2012; Ezcara, 2007; Herrerias, 2012). Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalar enerji kullanımı/tüketimi yakınsamasına doğru bir yönelim göstermiştir. Bu çalışmanın ana konusu enerji tüketiminin yakınsaması üzerine olduğu için literatür çalışması buna yoğunlaşarak verilecektir. Aşağıdaki tabloda ulusal ve uluslararası literatürde yer alan çalışmalar yıl bazlı verilerek derlenmiştir.

Yazar(lar)	Değişken	Dönem ve Veri Seti	Yöntem	Bulgular
Mohammadi ve Ram (2012)	Kişi başı enerji ve elektrik tüketimi	1971-2007 108 ülke	Kantil regresyon, beta ve sigma yakınsama	Kişi başı enerji yakınsaması için zayıf kanıtlar geçerli
Meng vd. (2013)	Kişi başı enerji kullanımı	1960-2010 25 OECD ülkesi	LM, RALS-LM birim kök testleri	OECD ülkeleri arasında enerji yakınsaması geçerli
Mishra ve Smyth (2014)	Kişi başı enerji tüketimi	1971-2011 ASEAN ülkeleri	Panel KPSS durağanlık, LM birim kök testi	Her iki test sonucuna göre ASEAN ülkelerinde enerji yakınsaması geçerli
Anoruo ve DiPietro (2014)	Kişi başı enerji tüketimi	1971-2011 22 Afrika ülkesi	Birinci ve ikinci nesil panel birim kök testleri	15 ülke için grup ortalamasına yakınsama geçerli
Fallahi ve Voia (2015)	Kişi başı enerji kullanımı	1960-2012 25 OECD ülkeleri	Romano ve Wolf (2001)'in alt örneklem güven aralıkları	Analiz sonuçlarından 13 ülke için yakınsama geçerli
Fallahi (2017)	Kişi başı enerji kullanımı	1971-2013 109 ülke	Pesaran (2007) ikili yaklaşımı içinde alt örneklem güven aralıkları	Örneklem gruplarının hepsi için yakınsama geçerli
Hao ve Peng (2017)	Kişi başı enerji tüketimi	1994-2014 30 Çin eyaleti	Mekansal dinamik ekonometrik modeller, beta yakınsaması	Çin eyaletlerinde mutlak ve koşullu beta yakınsaması geçerli
Le vd. (2017)	Kişi başı enerji ve elektrik kullanımı	1989-2012 19 APEC ülkesi	Im vd. (2005) panel birim kök testi, Hadri ve Rao (2008) panel durağanlık, Panel KSS testi	Bütün APEC ülkesinde yakınsama geçerli

Esenyel (2017)	Kişi başı enerji tüketimi	1960-2014 Türkiye, OECD, AB ülkeleri	ZA, LP, LM, NP birim kök testleri	Türkiye’de enerji tüketimi OECD ve AB ülkelerine yakınsamamaktadır
Ivanovski vd. (2018)	Kişi başı enerji tüketimi	1990-2016 7 Avustralya bölgesi ve 9 sektör	Philips-Sul kulüp yakınsama yaklaşımı	Kişi başına toplam enerji tüketimi ve dokuz sektörün sekizinde kişi başına enerji tüketimi için çoklu kulüp yakınsaması geçerli
Pan ve Maslyuk-Escobedo (2019)	Kişi başı enerji tüketimi	1971-2014 26 Afrika ülkesi	Panel birim kök testleri, RALS-LM birim kök testi	İncelenen ülkelerin çoğunda koşullu stokastik yakınsama geçerli
Liu ve Lee (2020)	Kişi başı enerji tüketimi	1971-2014 107 ülke	ADF, PP ve KPSS birim kök testleri, LLC, Breitung, IPS, ADF-Fisher ve PP-Fisher panel birim kök testleri, Fourier Panel KSS birim kök testi	İncelenen ülkelerin çoğunda stokastik yakınsama geçerli
Akram vd. (2020)	Kişi başı enerji tüketimi	1971-2017 Hindistan sektörel düzeyde	İki aşamalı LM, üç aşamalı RALS-LM birim kök testleri	LM ve RALS-LM birim kök testlerinden elde edilen sonuçlar, birkaç sektör dışında yakınsama geçerli
Liu ve Chien (2020)	Kişi başı enerji kullanımı	1971-2014 107 ülke	Sıralı panel seçim yöntemi (SPSM)	Çoğu ülke için enerji kullanım yakınsaması geçerli
Mike ve Kızılkaya (2021)	Kişi başı enerji tüketimi	1965-2019 31 OECD ülkesi	Panel durağanlık testi	18 ülke için enerji yakınsaması geçerli
Romero-Ávila ve Omay (2022)	Kişi başı enerji tüketimi	1971-2019 110 ülke	6 farklı doğrusal olmayan panel birim kök testleri	Altı panel testinden ikisine göre yüksek gelirli ve üst-orta gelirli ülkeler arasında stokastik yakınsamayı geçerli
Karademir vd. (2023)	Kişi başı enerji tüketimi	1965-2021 G-20 ülkeleri	ADF, Nahar-Inder testi	ADF’ye göre 2 ülke için yakınsama geçerli iken Nahar-Inder testine göre 16 ülke için yakınsama geçerlidir

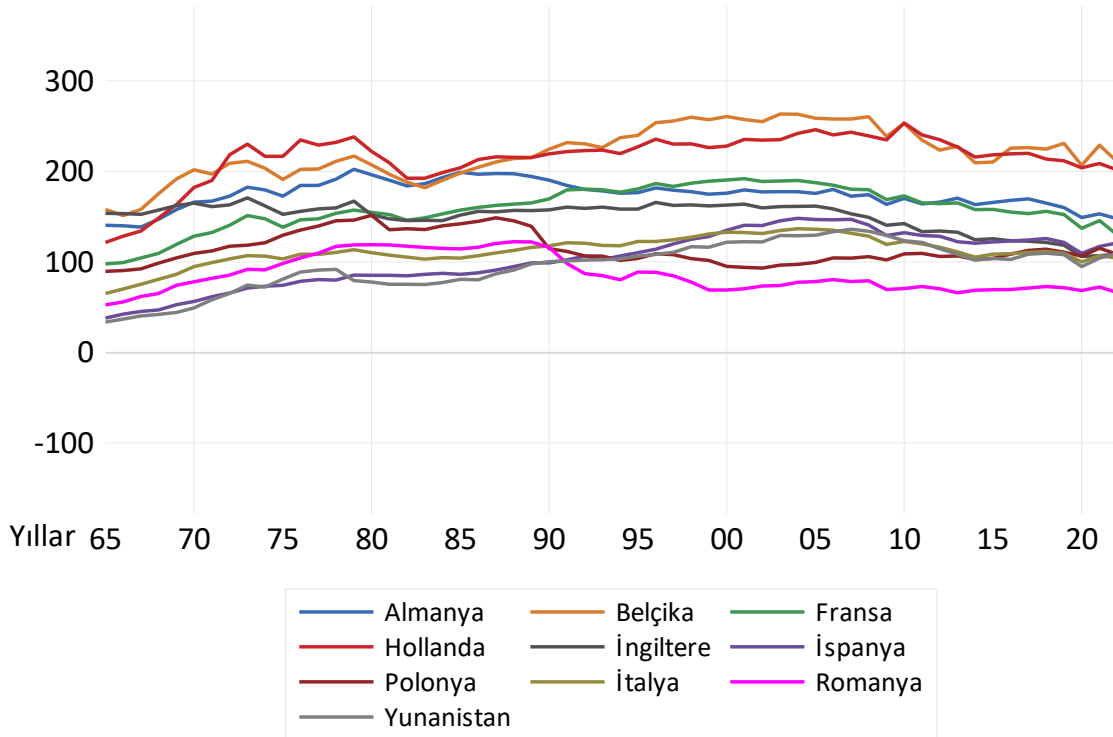
2. VERİ SETİ ve EKONOMETRİK YÖNTEM

Avrupa’da yer alan ülkeler için kişi başı enerji tüketiminin yakınsamasının incelendiği bu çalışmada kullanılan veriler BP-Statistical Review of World Energy Haziran-2022 raporundan alınmıştır. Çalışmada yer alan ülkeler kişi başına enerji tüketiminin en çok olduğu Almanya,

Hollanda, Polonya, Yunanistan, Belçika, Fransa, İngiltere, İspanya, İtalya ve Romanya'dan oluşmaktadır. 10 ülkeye ait kullanılan veri setinde 1965-2022 yılları arasındaki kişi başı enerji tüketim değerleri yer almaktadır. Enerji tüketiminin yakınsamasının analiz edilmesi için verilere Meng vd. (2013) çalışmalarında kullandığı aşağıdaki dönüşüm uygulanmıştır.

$$y_{it} = \ln \left(\frac{\text{Ülkelerin enerji tüketimi}}{\text{Ülkelerin enerji tüketiminin ortalaması}} \right)$$

Seçilmiş Avrupa bölgesindeki 10 ülkeye ait kişi başı enerji tüketimi grafiği aşağıda verilmiştir.



Grafik 1. Değişkenlere Ait Zaman Grafiği

Kişi başına düşen enerji tüketim grafiği incelendiğinde Belçika ve Hollanda diğer ülkelere kıyasla en yüksek tüketim değerleriyle öne çıkmaktadır. Kişi başı enerji tüketiminde üçüncü sırayı Almanya almakla birlikte son yıllara doğru Fransa'nın tüketimiyle benzerlik göstermektedir. Almanya ve Fransa'yı İngiltere takip etmekle birlikte son yıllara doğru İngiltere, İtalya, İspanya, Polonya ve Yunanistan kişi başı enerji tüketiminde birbirlerine benzer tüketim davranışı gösterdikleri grafikten de anlaşılmaktadır. Romanya'nın enerji tüketimi ise 90'lı yıllara kadar gruba yakın seyretmekle birlikte 1990'dan sonra seçilmiş Avrupa bölgesindeki ülkelere negatif yönde ayrılarak son sırayı almıştır. 10 ülkenin enerji tüketimine ait tanımlayıcı istatistik değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

Ülkeler	Gözlem Sayısı	Ort.	Medyan	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık	Jarque-Bera(JB)	JB Olasılık
Almanya	58	174.62	176.22	15.31	-0.48	2.92	2.2101	0.331
Belçika	58	220.52	220.22	28.38	-0.29	2.60	1.1826	0.55
Fransa	58	158.88	157.93	23.78	-0.72	3.14	5.00	0.08
Hollanda	58	214.99	219.84	28.01	-1.80	6.14	55.28	0.00
İngiltere	58	149.79	156.29	16.32	-1.28	3.62	16.83	0.00
İspanya	58	102.91	106.59	30.15	-0.38	2.21	2.91	0.233
İtalya	58	111.85	110.55	15.62	-0.82	4.08	9.24	0.009
Polonya	58	114.50	108.61	17.35	0.73	2.29	6.42	0.040
Romanya	58	86.19	78.69	20.13	0.58	1.98	5.72	0.057
Yunanistan	58	95.31	101.97	26.51	-0.63	2.72	4.00	0.135

Yukarıdaki tablo incelendiğinde kişi başı enerji tüketiminde yıllar itibari ile en yüksek ortalamaların sırasıyla Belçika, Hollanda ve Almanya olduğu görülmektedir. Kişi başı enerji tüketiminde en yüksek değere sahip ülke Belçika iken en düşük değerin ise Yunanistan'a ait olduğu anlaşılmaktadır. Çarpıklık ve basıklık değerini dikkate alan Jarque- Berra normallik testine göre %1 anlamlılık seviyesinde İngiltere ve İtalya hariç diğer bütün ülkelerin normal dağılmadığı saptanmıştır.

2.1. Kalıntıları Eklenmiş En Küçük Kareler LM (RALS-LM) Birim Kök Testi

Meng vd. (2014), Im vd. (2014) tarafından kalıntıları eklenmiş en küçük kareler (RALS) tahmincileri kullanarak önerdikleri çalışmayı ilk defa Schmidt ve Philips (1992) tarafından önerilen Lagrange Çarpanı (LM) ekleyerek RALS-LM birim kök testini önermişlerdir. İlk olarak LM için önerilen gözlemlenemeyen bileşenler modeli aşağıdaki gibidir.

$$y_t = \psi + \xi t + x_t, \quad x_t = \beta x_{t-1} + e_t \quad (1)$$

Birim kök için $\beta = 1$ temel hipotezi $\beta < 1$ alternatif hipotezine karşı sınanır. Burada ψ ve ξ parametreleri y_t 'nin birim köklü ($\beta = 1$) olup olmadığına bakılmaksızın sırasıyla seviye ve deterministic trendleri ifade etmektedir. LM ve DF prosedürleri arasındaki temel fark, trendden ayırma yöntemidir. LM testleri için deterministik trend bileşenlerinin katsayıları Δy_t 'nin Δz_t üzerindeki farklarının regresyonundan tahmin edilir. Schmidt ve Philips (1992) y_t 'nin trendden arındırılmış yapısını aşağıdaki şekilde önermişlerdir.

$$\tilde{y}_t = y_t - \tilde{\psi} - \tilde{\xi} t \quad (2)$$

LM birim kök istatistiği aşağıdaki regresyondan elde edilir.

$$\Delta y_t = \delta' \Delta z_t + \phi \tilde{y}_{t-1} + e_t \quad (3)$$

Burada $\tilde{y}_t = y_t - \tilde{\psi} - z_t \tilde{\delta}, t = 2, \dots, T$, δ' regresyondaki katsayı vektörü ve $\tilde{\psi}$ ise ψ 'nin kısıtlı en çok olabilirlik tahmincisidir. Otokorelasyon hatasını hesaba katan regresyon modeli ise (3) eşitliğine $\Delta \tilde{y}_{t-j}, j = 1, \dots, p$ terimi eklenerek aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\Delta y_t = \delta' \Delta z_t + \phi \tilde{y}_{t-1} + \sum_{j=1}^p c_j \Delta \tilde{y}_{t-j} + e_t \quad (4)$$

\hat{e}_t , (4) eşitliğindeki LM regresyonunun kalıntıları göstermek üzere \hat{w}_t aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\hat{w}_t = h(\hat{e}_t) - \hat{K} - \hat{e}_t \hat{D}_2 \quad (5)$$

Burada $h(\hat{e}_t) = [\hat{e}_t^2, \hat{e}_t^3]'$, $\hat{K} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T h(\hat{e}_t)$ ve $\hat{D}_2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T h'(\hat{e}_t)$ şeklindedir. $m_j = T^{-1} \sum_{t=1}^T \hat{e}_t^j$ kullanılarak \hat{w}_t aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$\hat{w}_t = [\hat{e}_t^2 - m_2, \hat{e}_t^3 - m_3 - 3m_2 \hat{e}_t] \quad (6)$$

(4) ile verilen eşitliğe \hat{w}_t eklenerek RALS-LM testi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\Delta y_t = \delta' \Delta z_t + \phi \tilde{y}_{t-1} + \sum_{j=1}^p g_j \Delta \tilde{y}_{t-j} + \hat{w}_t' \gamma + e_t \quad (7)$$

Son olarak RALS-LM test istatistiği aşağıdaki gibidir.

$$\tau_{RALS-LM} \rightarrow \rho \tau_{LM} + \sqrt{1 - \rho^2} N(0,1) \quad (8)$$

Meng vd. (2014)'in yukarıda önermiş olduğu RALS-LM testinin normal olmayan hatalarda daha fazla güç kazandığını ve doğrusal olmayan bazı formlara karşı oldukça dirençli olduğunu göstermiştir. Ancak, diğer birim kök testlerinde olduğu gibi, bu önerilen RALS-LM testi de mevcut yapısal kırılmalar dikkate alınmadığında güç kaybetmektedir. Bu nedenle, trend kaymalarına izin vererek testi genişletiyoruz (Meng vd., 2017). Meng vd. (2017) tarafından geliştirilen RALS-LM birim kök testi sabit ve deterministik trend'de yapısal kırılmalara izin veren bir yöntemdir. Bu yöntem Lee ve Strazicich (2003, 2004) tarafından geliştirilen, sabit terimde ve deterministik trend'de yapısal kırılmaları dikkate alan LM birim kök testinin kalıntılarla genişletilmiş halidir.

Meng vd. (2014) tarafından önerilen RALS-LM birim kök testinin varlığını sınamak için kullanılan (8) eşitliği ile verilen test istatistiği, Meng vd. (2017) tarafından önerilen test istatistiği ile aynı olup ρ^2 katsayısına bağlı olarak RALS-LM testinin kritik değerleri Meng vd. (2014) ve Meng vd. (2017) tarafından sunulmuştur.

2.2. Kalıntıları Eklenmiş ADF (RALS-ADF) Birim Kök Testi

Im vd. (2014), Im ve Schmidt (2008) tarafından önerilen RALS yöntemini ADF birim kök testi için uyarlamışlardır. ADF birim kök testine ait model aşağıdaki gibidir.

$$\Delta y_t = \alpha + \beta y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta y_{t-j} + e_t \quad (9)$$

(5) ve (6) eşitliği ile tanımlanan RALS prosedürü (9) eşitliğine eklenmesiyle RALS-ADF testi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\Delta y_t = \alpha + \beta y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta y_{t-j} + \varphi \hat{w}_t + e_t \quad (10)$$

(10) eşitliği ile verilen test regresyonu için birim kökün varlığı ise RALS-LM yöntemine benzer şekilde aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\tau_{RALS-ADF} \rightarrow \rho \tau_{ADF} + \sqrt{1 - \rho^2} N(0,1) \quad (11)$$

3. AMPİRİK BULGULAR

Avrupa’da en çok enerji tüketimine sahip 10 ülkeye ait kişi başı enerji tüketiminin grup ortalamasına yakınsamasının ele alındığı bu çalışmada ilk olarak klasik ADF ile LM birim kök testleri uygulanmıştır. Daha sonra geleneksel birim kök testleri ile karşılaştırma yapabilmek için hataların normal dağılmama durumlarını ele alan kalıntıları eklenmiş en küçük kareler yöntemini temel alan RALS-LM ve RALS-ADF testleri de yakınsamanın varlığını göstermek için analizde kullanılmıştır. Uygulanan testlere ait bulgular aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 3. Geleneksel Birim Kök Test Sonuçları

Ülkeler	ADF olasılık Değeri	Optimal Gecikme	LM test istatistiği
Almanya	0.4658	0	0.1119
Belçika	0.7363	0	-1.2049
Fransa	0.9080	1	0.0272
Hollanda	0.0558*	0	1.3059
İngiltere	0.9651	0	-1.9454
İspanya	0.4090	0	1.0488
Polonya	0.4067	0	-1.7788
İtalya	0.1214	0	0.6977
Romanya	0.0816*	1	-0.9762
Yunanistan	0.3433	1	-0.1701

Not: *: 0.10 anlamlılık seviyesinde durağanlığı ifade eden temel hipotezin reddedildiğini ifade etmektedir. ADF geleneksel birim kök testinin olasılık değeri ile geleneksel Schmidt ve Phillips (1992) LM test istatistiği verilmiştir.

Geleneksel birim kök testleri sonuçları incelendiğinde klasik ADF test istatistiğine göre sadece Hollanda ve Romanya %10 anlamlılık seviyesine göre durağan bulunmuştur. Schmidt ve Phillips (1992)’in LM birim kök testi sonuçlarına göre ise hiçbir ülke için durağanlık tespit edilememiştir. Sadece ADF birim kök testine göre Hollanda ve Romanya’nın grup ortalamasına göre yakınsama davranışı gösterdiği tespit edilebilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde serilerin genel olarak normal dağılıma uygunluk göstermediği anlaşılmıştır. Tanımlayıcı istatistiklerin yanı sıra hata terimlerinin de normal dağılması önem arz etmektedir. Yukarıdaki tabloda geleneksel birim kök test sonuçları verilmiştir. İlgili birim kök testlerinden elde edilen hata terimlerinin normal dağılması gerekmektedir. Bu nedenle Schmidt ve Phillips (1992) birim kök analizinden elde edilen kalıntılara ait normallik testi uygulanmıştır. Kalıntılara uygulanan normallik testi aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4. Hata Terimlerine Ait Normallik Testi Sonuçları

Ülkeler	Basıklık	Çarpıklık	J-B Olasılık Değeri
Almanya	-0.3092	0.1831	0.7125
Belçika	-0.0537	-0.2757	0.6947
Fransa	1.3760	-0.6329	0.0157**
Hollanda	0.7678	0.5768	0.1023
İngiltere	1.8755	-1.1338	0.0000***
İspanya	1.2640	-0.4307	0.0621*
Polonya	5.1040	-1.6210	0.0000***
İtalya	0.3981	-0.1380	0.7568
Romanya	0.8905	-0.7311	0.0308**
Yunanistan	1.0805	-0.1096	0.2361

Not: *,** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık seviyelerinde hata terimlerinin normal dağıldığını ifade eden temel hipotezin reddedildiğini ifade etmektedir.

Hata terimlerine uygulanan normallik testi sonuçlarına göre Fransa, İngiltere, İspanya, Polonya ve Romanya'ya ait birim kök denklemlerinden elde edilen kalıntıların normal dağılmadığı anlaşılmıştır. Bu nedenle normallik varsayımını dikkate alan birim kök testlerinin kullanılmasıyla seçilen AB ülkeleri arasındaki kişi başına enerji tüketiminin yakınsamasının daha net bir şekilde tespit edilebileceği düşünülmüştür. İlk olarak yapısal kırılmasız Meng vd. (2014) tarafından önerilen RALS-LM birim kök testi uygulanacaktır. RALS-LM testine ait sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Tablo 5. RALS-LM Birim Kök Testi sonuçları

Ülkeler	Test İstatistiği	$\hat{\rho}^2$	Optimal Gecikme
Almanya	-0.97267	0.34989	11
Belçika	-5.11850***	0.52642	2
Fransa	-1.11117	0.51941	10
Hollanda	0.24546	0.88376	10
İngiltere	-2.34031	0.48667	9
İspanya	-4.29427***	0.50106	3
Polonya	-1.29011	0.70716	8
İtalya	-0.41613	0.97056	11
Romanya	-2.40189	0.52344	10
Yunanistan	-3.66226***	0.77343	5

Not: ***, %1 anlamlılık seviyesinde serinin durağan olduğunu ifade eden temel hipotezin reddedildiğini ifade etmektedir. RALS-LM birim kök test denklemi sabit terimli ve trendli olarak ele alınmıştır.

RALS-LM birim kök testi sonuçları incelendiğinde Belçika, İspanya ve Yunanistan serilerinin durağan olduğu tespit edilmiştir. Bir başka ifadeyle Belçika, İspanya ve Yunanistan enerji tüketimlerinin grup ortalamasına yakınsamaktadır. Klasik LM birim kök testinde ise hiçbir ülke

için yakınsama tespit edilmediği göz önüne alındığında RALS-LM birim kök testinin daha doğru sonuçlar verdiği ifade edilebilir. Bu sebeple enerji yakınsamasının tespit edilebilmesi için Im vd. (2014) tarafından geliştirilen RALS-ADF birim kök testi de uygulanmıştır. RALS -ADF birim kök testine ait sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 6. RALS-ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Ülkeler	Test İstatistiği	$\hat{\rho}^2$	Optimal Gecikme
Almanya	-2.39782	0.65	0
Belçika	-1.83107	0.74	0
Fransa	-0.98516	0.73	0
Hollanda	-3.51482**	0.85	0
İngiltere	-0.96139	0.54	0
İspanya	-2.48375	0.69	0
Polonya	-2.49224	0.68	0
İtalya	-3.15906*	0.83	0
Romanya	-3.68145**	0.61	0
Yunanistan	-2.65180	0.79	1

Not: * ve ** sembolleri sırasıyla %10 ve %5 anlamlılık seviyesinde serinin birim köklü olduğunu ifade eden temel hipotezin reddedildiğini göstermektedir. RALS-ADF birim kök denklemi sabit terimli ve trendli olarak ele alınmıştır.

RALS-ADF birim kök test sonuçları incelendiğinde ise Hollanda, İtalya ve Romanya'nın sırasıyla %10 ve %5 anlamlılık seviyelerinde birim kökü ifade eden temel hipotezin reddedildiği tespit edilmiştir. Son olarak iki kırılmalı RALS-LM birim kök testine ait sonuçlar aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

Tablo 7. İki Kırılmalı RALS-LM Birim Kök Test Sonuçları

Ülkeler	Test İstatistiği	$\hat{\rho}^2$	Optimal Gecikme	1. Kırılma Tarihi	2. Kırılma Tarihi
Almanya	-5.37418***	0.90	2	1984	2015
Belçika	-6.39555***	0.95	9	2007	2016
Fransa	-4.99211**	0.98	3	2007	2015
Hollanda	-4.54700**	0.98	4	1978	2009
İngiltere	-3.97574	0.89	0	1980	2005
İspanya	-3.24268	0.72	0	1977	2000
Polonya	-3.70938	0.89	2	1979	2004
İtalya	-5.74797***	0.80	11	1991	2007
Romanya	-6.73370***	0.60	2	1986	1999
Yunanistan	-5.11912***	0.88	4	1978	2007

Not: *, ** ve *** sembolleri sırasıyla %10 ve %5 ve %1 anlamlılık seviyesinde serinin birim köklü olduğunu ifade eden temel hipotezin reddedildiğini göstermektedir. RALS-LM birim kök denklemi sabit terimli ve trendli olarak ele alınmıştır.

İki kırılmalı RALS-LM birim kök testi sonuçları incelendiğinde ise Almanya, Belçika, Fransa, Hollanda, İtalya, Romanya ve Yunanistan için serilerin birim köklü olduğunu ifade eden temel hipotezin reddedildiği tespit edilmiştir. Ayrıca sabitte ve deterministik trendde iki adet yapısal kırılmanın dikkate alınmasıyla birlikte kırılma tarihleri de ilgili tablodaki gibi gösterilmiştir.

SONUÇ

Avrupa ülkelerinin enerji tüketimlerinin incelendiği bu çalışmada temel olarak en yüksek kişi başı enerji sarfiyatına sahip on Avrupa ülkesi ele alınmıştır. İktisadi anlamda aynı kıtada yer alan ve İngiltere hariç Avrupa birliğine üye ülkelerin enerji tüketimlerinin yıllar itibarıyla yakınsama davranışı göstereceği öngörülmüştür. Bu nedenle yakınsama davranışının tespit edilebilmesi için verilere Meng vd. (2013) çalışmalarında kullandığı dönüşüm uygulanmıştır. Yakınsama analizinin gerçekleştirilebilmesi için serilere önce geleneksel daha sonra kalıntıları eklenmiş birim kök testleri uygulanmıştır. Geleneksel birim kök analizleri uygulandıktan sonra kalıntıların normalliği test edilmiştir. Klasik birim kök testlerinden elde edilen kalıntıların bir çok ülke için normal dağılıma uygunluk göstermediği tespit edilmiştir. Ayrıca geleneksel birim kök testlerinin sonuçları incelendiğinde Avrupa ülkelerinin enerji tüketimi yakınsamasına dair yeterli düzeyde kanıt elde edilememiştir. Bu bağlamda uygulanan geleneksel birim kök testleri, serinin durağan olmadığını ifade eden temel hipotezi reddedebilmekte yetersiz kalmışlardır. Bu nedenle kalıntıların normal dağılmadığı durumlarda kullanılan kalıntıları eklenmiş RALS tipi birim kök testleri uygulanmıştır. Serilere öncelikle yapısal kırılmasız RALS-LM ve RALS-ADF birim kök testleri uygulanmıştır. Yapısal kırılmasız RALS-LM birim kök testi sonucunda Belçika, İspanya ve Yunanistan için yakınsamanın varlığı tespit edilebilmiştir. Yapısal kırılmasız RALS-ADF birim kök testi sonucunda ise Hollanda, İtalya ve Romanya için yakınsama tespit edilebilmiştir. Tüm bu uygulanan birim kök testleri neticesinde Avrupa ülkelerinin enerji tüketimlerinin yakınsama göstermesiyle ilgili yeterli bulguya ulaşılamamıştır. Bu sebeple yapısal kırılmayı dikkate alan Meng vd.'nin (2017) literatüre kazandırdığı en güncel RALS tipi birim kök testi de uygulanmış karşılaştırmalı sonuçlar elde edilmiştir. Yapısal kırılmaların dikkate alınmasıyla birlikte ülkelerin gerçekte yakınsama davranışı gösterdiği tespit edilebilmiştir. Sabitte ve trendde iki yapısal kırılmayı dikkate alan RALS-LM birim kök testi sonucunda Almanya, Belçika, Fransa, Hollanda, İtalya, Romanya ve Yunanistan'ın enerji tüketimlerinin grup ortalamasına yakınsadığı bulunmuştur. Çalışmamız enerji yakınsamasının tespiti için önce geleneksel daha sonra RALS tipi birçok farklı güncel birim kök testlerinin kullanılması neticesinde özgün değer taşımaktadır. Ayrıca iki kırılmalı RALS-LM birim kök testinden elde edilen kırılma tarihleri incelendiğinde ise Belçika, Fransa, İtalya ve Yunanistan'ın enerji tüketimlerinin kırılma tarihi olarak 2007 yılını göstermesi de Amerika'da yaşanan tüm dünyayı etkileyen mortgage krizinin bir yansıması olarak ifade edilebilmektedir. Sonuç olarak seçilmiş Avrupa ülkeleri incelendiğinde yapısal kırılmaların dikkate alınması ve verilerin yapısına uygun birim kök testlerinin kullanılmasıyla birlikte enerji yakınsamasına dair güçlü bulgulara ulaşılmıştır.

EXTENDED ABSTRACT

The use of energy is an essential input into the production of goods and services and the functioning of economies around the world. However, as economies become more industrialized

and the energy sector evolves, patterns of energy use are changing. Technological advances in the energy sector and further modernization of energy infrastructure have resulted in improvements in energy efficiency, as shown by declining energy intensities in many industrialized economies (Meng et al., 2013). Analyzing the distribution of energy consumption in terms of convergence across countries is important from the perspective of economic development and sustainability. The relationship between energy use and environmental quality makes cross-country energy consumption patterns an important dimension of sustainability issues, including international initiatives on greenhouse gas emissions, global warming, and emissions (Mohammadi and Ram, 2012).

Starting with Narayan and Smyth (2007), the use of unit root tests in energy consumption has been analyzed by many researchers over time. Recently, Meng et al. (2013) extended this emerging literature to apply unit root tests for individual time series tests to examine conditional convergence in per capita energy consumption in Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) countries (Mishra and Smyth, 2014). In this context, the convergence of energy consumption per capita in selected European countries is analyzed by unit root tests based on the conventional and residual-extended least squares method. Per capita energy consumption data for 10 selected European countries (Germany, the Netherlands, Poland, Greece, Belgium, France, France, the UK, Spain, Italy, and Romania) are taken for the period 1965-2022. To compare with conventional unit root tests, RALS-ADF, which considers the non-normal distribution of errors, and RALS-LM tests, both with and without structural breaks, are used.

The data used in this study, which examines the convergence of per capita energy consumption for countries in European countries, are taken from the BP-Statistical Review of World Energy June-2022 report. The countries in the study consist of Germany, the Netherlands, Poland, Greece, Belgium, France, the UK, Spain, Italy, Italy, and Romania, which have the highest per capita energy consumption. The data set of 10 countries includes per capita energy consumption values between 1965-2022. To analyze the convergence of energy consumption, the transformation used in Meng et al. (2013) was applied to the data.

To perform the convergence analysis, first conventional and then unit root tests with residuals were applied to the series. After applying conventional unit root analyses, the normality of the residuals was tested. It was found that the residuals obtained from conventional unit root tests do not conform to the normal distribution for many countries. In addition, when the results of the conventional unit root tests are analyzed, there is insufficient evidence of energy consumption convergence in European countries. In this context, the conventional unit root tests were insufficient to reject the null hypothesis of the non-stationarity of the series. For this reason, RALS-type unit root tests with added residuals, which are used when the residuals are not normally distributed, were applied. Firstly, RALS-LM and RALS-ADF unit root tests without structural breaks were applied to the series. The RALS-LM unit root test without structural breaks revealed convergence for Belgium, Spain, and Greece, while the RALS-ADF unit root test revealed convergence for the Netherlands, Italy, and Romania. As a result of all these unit root tests, there is no sufficient evidence of the convergence of energy consumption of European countries. For this reason, the most recent RALS-type unit root test introduced to the literature by Meng et al.

(2017), which considers the structural break, was also applied and comparative results were obtained. With the consideration of structural breaks, it has been determined that countries show convergence behavior. As a result of the RALS-LM unit root test, which considers two structural breaks in the constant and trend, it is determined that the energy consumption of Germany, Belgium, France, the Netherlands, Italy, Romania, and Greece converged to the group average. Our study has a unique value because of the use of many different current unit root tests, first conventional and then RALS-type, for the detection of energy convergence. In addition, when the break dates obtained from the two-break RALS-LM unit root test are analyzed, the fact that the energy consumptions of Belgium, France, Italy, and Greece show 2007 as the break date can be expressed as a reflection of the mortgage crisis in the USA, which affected the whole world. As a result, when the selected European countries are analyzed, strong findings on energy convergence are obtained by taking structural breaks into account and using unit root tests appropriate to the structure of the data.

Çıkar Çatışması Bildirimi/ Conflict of Interest Statement:

Yazar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve yayımlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir. / The authors declared no potential conflict of interest regarding the research, authorship, and publication of this article.

Destek/Finansman Bilgileri/ Support Financing Information:

Yazar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve yayımlanması için herhangi bir finansal destek almamıştır. / The authors have received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

Yazar Katkı Oranı: / Author Contribution Rate: Yazarların katkı oranı eşittir. / The contribution rates of all authors are equal.

KAYNAKÇA

- Akram, V., Rath, B. N., & Sahoo, P. K. (2020). Stochastic conditional convergence in per capita energy consumption in India. *Economic Analysis and Policy*, 65, 224-240.
- Anoruo, E., & DiPietro, W. R. (2014). Convergence in per capita energy consumption among African countries: evidence from sequential panel selection method. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(4), 568-577.
- Barro, R. J. (1991). Economic growth in a cross section of countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407-443.
- Demir, C., & Cergibozan, R. (2020). Does alternative energy usage converge across OECD countries? *Renewable Energy*, 146, 559-567.
- Esenyel, N. M. (2017). Türkiye'de enerji yakınsama hipotezinin sınanması: yapısal kırılmalı birim kök analizi. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 6(3), 42-52.
- Ezcurra, R. (2007). Is there cross-country convergence in carbon dioxide emissions? *Energy Policy*, 35(2), 1363-1372.
- Fallahi, F., & Voia, M. C. (2015). Convergence and persistence in per capita energy use among OECD countries: Revisited using confidence intervals. *Energy Economics*, 52, 246-253.
- Fallahi, F. (2017). Stochastic convergence in per capita energy use in world. *Energy Economics*, 65, 228-239.
- Faruk, M., & Kızılkaya, O. (2021). Kişi başına enerji tüketiminin yakınsaması: OECD ülkeleri için ampirik bir analiz. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 16(61), 298-309.
- Hadri, K., & Rao, Y. (2008). Panel stationarity test with structural breaks. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 70(2), 245-269.
- Hao, Y., & Peng, H. (2017). On the convergence in China's provincial per capita energy consumption: new evidence from a spatial econometric analysis. *Energy Economics*, 68, 31-43.

- Herrerias, M. J. (2012). World energy intensity convergence revisited: A weighted distribution dynamics approach. *Energy Policy*, 49, 383-399.
- Im, K. S., Lee, J., & Tieslau, M. (2005). Panel LM unit-root tests with level shifts. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 67(3), 393-419.
- Im, K. S., Lee, J., & Tieslau, M. A. (2014). *More powerful unit root tests with non-normal errors* (pp. 315-342). Springer New York.
- Ivanovski, K., Churchill, S. A., & Smyth, R. (2018). A club convergence analysis of per capita energy consumption across Australian regions and sectors. *Energy Economics*, 76, 519-531.
- Karademir, C., Felek, Ş., & Ceylan, R. (2023). G20 Ülkeleri Arasında Kişi Başı Enerji Tüketiminde Yakınsama Hipotezi Geçerli Mi? Nahar-Inder Testi'nden Bulgular. *Business & Economics Research Journal*, 14(3).
- Le Pen, Y., & Sévi, B. (2010). On the non-convergence of energy intensities: evidence from a pair-wise econometric approach. *Ecological Economics*, 69(3), 641-650.
- Le, T. H., Chang, Y., & Park, D. (2017). Energy demand convergence in APEC: An empirical analysis. *Energy Economics*, 65, 32-41.
- Lee, J., & Strazicich, M. C. (2003). Minimum Lagrange multiplier unit root test with two structural breaks. *Review of economics and statistics*, 85(4), 1082-1089.
- Lee, J., & Strazicich, M. C. (2004). Minimum LM Unit Root Test with One Structural Break. *Manuscript, Department of Economics, Appalachian State University*, 33(4), 2483-2492.
- Liddle, B. (2010). Revisiting world energy intensity convergence for regional differences. *Applied Energy*, 87(10), 3218-3225.
- Liu, T. Y., & Lee, C. C. (2020). Convergence of the world's energy use. *Resource and Energy Economics*, 62, 1-21.
- Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407-437.
- Markandya, A., Pedrosa-Galinato, S., & Streimikiene, D. (2006). Energy intensity in transition economies: is there convergence towards the EU average? *Energy Economics*, 28(1), 121-145.
- Meng, M., Payne, J. E., & Lee, J. (2013). Convergence in per capita energy use among OECD countries. *Energy Economics*, 36, 536-545.
- Meng, M., Im, K. S., Lee, J., & Tieslau, M. A. (2014). More powerful LM unit root tests with non-normal errors. *Festschrift in honor of Peter Schmidt: Econometric methods and applications*, 343-357.
- Meng, M., Lee, J., & Payne, J. E. (2017). RALS-LM unit root test with trend breaks and non-normal errors: application to the Prebisch-Singer hypothesis. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 21(1), 31-45.
- Mishra, V., & Smyth, R. (2014). Convergence in energy consumption per capita among ASEAN countries. *Energy Policy*, 73, 180-185.
- Mohammadi, H., & Ram, R. (2012). Cross-country convergence in energy and electricity consumption, 1971-2007. *Energy Economics*, 34(6), 1882-1887.
- Mulder, P., & De Groot, H. L. (2012). Structural change and convergence of energy intensity across OECD countries, 1970-2005. *Energy Economics*, 34(6), 1910-1921.
- Narayan, P. K., & Smyth, R. (2007). Are shocks to energy consumption permanent or temporary? Evidence from 182 countries. *Energy Policy*, 35(1), 333-341.
- Ozturk, I., & Aslan, A. (2011). Are fluctuations in energy consumption per capita transitory? Evidence from Turkey. *Energy Exploration & Exploitation*, 29(2), 161-167.
- Qahtan, A. S. A., Xu, H., & Abdo, A. B. (2021). Stochastic convergence of disaggregated energy consumption per capita and its catch-up rate: An independent analysis of MENA net oil-exporting and importing countries. *Energy Policy*, 150, 112151.
- Quah, D. (1993). Galton's fallacy and tests of the convergence hypothesis. *The Scandinavian Journal of Economics*, 427-443.
- Pan, L., & Maslyuk-Escobedo, S. (2019). Stochastic convergence in per capita energy consumption and its catch-up rate: evidence from 26 African countries. *Applied Economics*, 51(24), 2566-2590.
- Pesaran, M. H. (2007). A pair-wise approach to testing for output and growth convergence. *Journal of Econometrics*, 138(1), 312-355.

- Romano, J. P., & Wolf, M. (2001). Subsampling intervals in autoregressive models with linear time trend. *Econometrica*, 69(5), 1283-1314.
- Romero-Ávila, D., & Omay, T. (2022). Convergence of per capita energy consumption around the world: New evidence from nonlinear panel unit root tests. *Energy Economics*, 111, 106062.
- Schmidt, P., & Phillips, P. C. (1992). LM tests for a unit root in the presence of deterministic trends. *Oxford bulletin of economics and statistics*, 54(3), 257-287.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.