



## G20 Ülkeleri Arasında Kişi Başı Enerji Tüketiminde Yakınsama Hipotezi Geçerli Mi? Nahar-Inder Testi'nden Bulgular

Cihat Karademir<sup>1</sup>, Şencan Felek<sup>2</sup>, Reşat Ceylan<sup>3</sup>

**Öz:** Bu çalışmanın amacı, 1965-2021 döneminde G-20 ülkelerinde kişi başı birincil enerji tüketim düzeylerinin yakınsama davranışı sergileyip sergilemediğini incelemektir. Yakınsama analizinde, Bernard ve Durlauf (1996)'dan hareketle ADF birim kök testi ve incelenen serilerde birim kökün var olması halinde bile yakınsama davranışının gerçekleşebileceğini ifade eden Nahar-Inder (2002) testi kullanılmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, ADF birim kök testinde iki ülke yakınsama davranışı sergilerken, Nahar-Inder (2002) tekniğine göre 16 ülkede yakınsama davranışı gözlemlenmiştir. Buradan hareketle, Nahar-Inder (2002) tekniğinin ADF birim kök testine göre daha güçlü sonuçlar verdiği görülmektedir. Ayrıca elde edilen yakınsama bulguları, enerji entegrasyonuna yönelik geliştirilecek politikaların başarı oranının yüksek olacağını göstermektedir. Bu doğrultuda çalışmanın politika önerileri arasında uluslararası anlaşmaların yaygınlaştırılması, yatırım gücünü artıracak kurumların oluşturulması ve gelişmekte olan ülkelerin enerji kullanımında yeşil dönüşümü gerçekleştirmelerine destek olacak bir uluslararası parasal bir fonun kurulması yer almaktadır.

### Anahtar Sözcükler:

Yakınsama, Enerji Tüketimi, G-20 Ülkeleri, Nahar-Inder Testi

JEL: O13, Q40, C22

Geliş : 09 Mart 2023  
Düzeltilme : 25 Nisan 2023  
Kabul : 11 Mayıs 2023

Tür : Araştırma

## Is the Convergence Hypothesis Valid for Per Capita Energy Consumption among G20 Countries? Findings from the Nahar-Inder Test

**Abstract:** The aim of this study is to examine whether the per capita primary energy consumption levels in G-20 countries exhibit convergence behavior in the period 1965-2021. In the convergence analysis, the ADF unit root test based on Bernard and Durlauf (1996) and the Nahar-Inder (2002) test, which states that convergence behavior can occur even in the presence of a unit root in the analyzed series, are used. According to the findings, while two countries exhibit convergence behavior in the ADF unit root test, convergence behavior is observed in 16 countries according to the Nahar-Inder (2002) technique. Thus, it is observed that the Nahar-Inder (2002) technique yields stronger results than the ADF unit root test. Moreover, the convergence findings indicate that the success rate of the policies to be developed for energy integration will be high. Accordingly, the policy recommendations of the study include the expansion of international agreements, the creation of institutions that will increase the sanctioning power, and the establishment of an international monetary fund to support developing countries in realizing a green transformation in energy use.

**Keywords:** Convergence, Energy Consumption, G-20 Countries, Nahar-Inder Test

JEL: O13, Q40, C22

Received : 09 March 2023  
Revised : 25 April 2023  
Accepted : 11 May 2023

Type : Research

**Cite this article as:** Karademir, C., Felek, Ş., & Ceylan R. (2023). G20 ülkeleri arasında kişi başı enerji tüketiminde yakınsama hipotezi geçerli mi? Nahar-Inder Testi'nden bulgular. *Business and Economics Research Journal*, 14(3), 337-350. <http://dx.doi.org/10.20409/berj.2023.420>

**Copyright:** © 2023 by the author(s). This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY-NC) International License.

<sup>1</sup> Res. Asst., Pamukkale University, Faculty of Economics and Administrative, Department of Economy, Denizli, Türkiye, cihatk@pau.edu.tr (Corresponding Author)

<sup>2</sup> PhD. Student, Pamukkale University, Social Sciences Institute, Denizli, Türkiye, sencanfelek@gmail.com

<sup>3</sup> Prof., PhD., Pamukkale University, Faculty of Economics and Administrative, Department of Economy, Denizli, Türkiye, rceylan@pau.edu.tr

## 1. Giriş

18. yüzyılın sonunda James Watt'ın buharlı motoru icat etmesi ile İngiltere'de başlayan sanayi devrimi, üretim sürecinde buharlı makinelerin kullanılmasına yol açmıştır. Devam eden süreçte elektrik kullanımına dayanan uzmanlaşma ve seri üretimle birlikte 20. yüzyılda elektronik devreler ve bilişim sektörünün gelişmesi, üretimi otomatik bir sistem haline getirmiştir. 21. yüzyılda ise kompleks görevleri yerine getirebilen yapay zekâ ve bulut teknolojilerinin kullanılmasıyla birlikte üretim sistemi yeniden bir evrim geçirmiştir. 18. yüzyıldan itibaren meydana gelen bu gelişmeler üretim sisteminin hızla gelişim kaydettiğini ve her bir teknolojik ilerlemeden sonra enerjiye olan ihtiyacın arttığını göstermektedir. Dolayısıyla bu süreçte enerji, üretim sistemlerinin vazgeçilmez girdilerinden birisi haline gelmiştir (Karaağaç ve Ceylan, 2018: 206).

Enerji, sadece enerji sektöründe değil, farklı sektörlerde de pazarların, teknolojik gelişmenin, hükümet politikalarının, sosyal normların ve bireysel davranışların ayrıntılı etkileşimine göre sürdürülebilir kalkınmaya katkı yapmaktadır (Kaygusuz, 2012: 1118). Enerji tüketiminin insan hayatına ulaşım, ısınma, iletişim vb. gibi alanlarda olumlu hizmetleri bulunmaktadır. Bu sayede enerji tüketimi, sosyal ve ekonomik refahın artmasına katkı sağlamakta ve akabinde ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerini gerçekleştirmelerini teşvik etmektedir (Le vd., 2017: 32). Ancak enerjinin çevreyi kirletecek ve sera gazı emisyonlarını artıracak şekilde üretilip kullanılması gibi olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Bu durumda eğer planlama dikkatli yapılmazsa petrol, doğalgaz ve kömür gibi çeşitli enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanılması ekosistemlerin bozulmasına yol açabilmektedir (Kaygusuz, 2012: 1118).

Enerji tüketimi, meydana gelen teknolojik ilerlemelerle birlikte önemli düzeyde artış göstermektedir. Ayrıca enerji tüketimi ile atmosfere salınan emisyonlar arasındaki yüksek orandaki ilişki göz önüne alındığında, özellikle 20. yüzyılda küresel ısınma ve iklim değişikliği küresel alanda üzerinde durulan önemli konulardan birisi olmuştur (IEA, 2008; Soytaş ve Sarı, 2009). Bu doğrultuda 1970 yılında Massachusettes'deki "Kritik Çevre Sorunları Çalışması (Study of Critical Environmental Problems; SCEP)" çalışmayı ve 1971 yılında İsveç'in Wijk şehrinde toplanan "İnsanoğlunun İklim Etkisi Üzerine Bir Çalışma (Study on Man's Impact on Climate; SMIC)" konferansında sanayi devriminden sonra artan CO<sub>2</sub> emisyonu konusu üzerinde durulmuştur. Daha sonrasında 1972 yılında Birleşmiş Milletler (BM) tarafından düzenlenen ve 113 ülkenin katıldığı Stockholm Konferansı, 1979 Dünya İklim Konferansı, 1988 Toronto Konferansı, 1988 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC), 1992 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 1997 Kyoto Protokolü ve 2015 Paris İklim Anlaşması gibi küresel ölçekteki toplantılarda enerji tüketimindeki artışlar nedeniyle ortaya çıkan küresel ısınma ve iklim değişikliği konuları üzerinde önemli kararlar alınmıştır. Bu tür anlaşmalar ülkeleri, iklim değişikliğinin çevresel ve ekonomik yansımaları, düşük verimlilik, fosil yakıt rezervleri, enerji bağımlılığındaki artışlar, enerji arz güvenliği, enerji fiyatları ve yenilenebilir enerjiye dönüşüm gibi konularda sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin sağlanması açısından birtakım politikalar tasarlamak ve uygulamaya koymak açısından önemli ölçüde etkilemiştir (Regnier, 2007; Costantini vd., 2007). Dolayısıyla bu durum ülkelerin enerji tüketimlerinin azaltılması, fosil yakıt tüketiminin azaltılıp yenilenebilir enerji kullanımının artması ve buradan hareketle enerji kullanımında yeşil dönüşüm ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesi gibi konularda adımlar atmalarına olanak sağlamıştır (Kounetas, 2018: 111).

Sürdürülebilir enerji tüketiminin sağlanması ve karbondioksit emisyonlarını azaltma çabası üzerinde etkileri olması nedeniyle enerji yakınsaması konusu önemlidir. Özellikle GSYH büyümesine göre enerji tüketiminin nasıl değiştiğini bilmek önemlidir. Birçok ülke, enerji yoğunluğunu azaltmak ve enerji verimliliğini teşvik etmek için politikalar benimsemekte ve karbondioksit emisyonlarını azaltmak için ortak bir çaba göstermektedir. Eğer bir ülkede enerji yakınsaması hızlı ve büyüme oranları istikrarlı ise, bu durum, enerji tüketimindeki büyümeyi kontrol altına alma politikalarının uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, ülkeler arasında kişi başı enerji tüketimindeki eşitsizliklerin azaltılması, bu tür politikaların başarılı olmasına da katkı sağlamaktadır (Mishra ve Smyth, 2014: 181).

Uluslararası anlaşmalar ülkelerin enerji tüketimi, karbon salınımı vb. gibi konularda ortak politikaların uygulanması konusunda önemli kararlar alsa da özellikle G20 ülkeleri gibi ülke toplulukları, mevcut gelir seviyesi, enerji kullanımı ve üretim yapısı, enerji politikaları ve yenilenebilir enerji yatırımları açısından

heterojen bir yapının varlığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle G20 ülkeleri gibi dünya GSYH'nin 2021 yılı itibariyle yaklaşık olarak %75'lik bir kısmını oluşturan ülke topluluklarının yakınsama-ıraksama davranışı, enerji, karbon emisyonları ve diğer enerji özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmasına ve böylece doğru politika önerilerinde bulunulmasına olanak tanıyacaktır (World Bank, WDI).

Verilen bu bilgiler çerçevesinde çalışmada 18 G20 ülkesi (AB ve Rusya hariç) için kişi başına düşen enerji tüketiminin yakınsama özelliği, 1965-2021 dönemi yıllık veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada standart Genişletilmiş Dickey-Fuller (Augmented Dickey-Fuller; ADF) birim kök testi ve Nahar-Inder (2002) testi kullanılmıştır. Nahar-Inder (2002) testi, zaman serisi tekniğine dayanmakta olup analize dahil edilen serilerde birim kökün varlığı durumunda bile yakınsama analizi yapmaya izin veren bir yöntemdir. Dolayısıyla çalışmanın amacı, 18 G20 ülkesi için 1965-2021 dönemi arasında, kişi başı enerji tüketimi serilerinin örneklem içi yakınsama davranışı sergileyip sergilemediği Nahar-Inder (2002) testi ile incelemektir. Bu doğrultuda çalışma şu şekilde planlanmaktadır. İkinci bölümde enerji tüketiminde yakınsama hipotezinin literatür çalışmalarına, üçüncü bölümde veri setine ve Nahar-Inder (2002) testinin metodolojisine, dördüncü bölümde ampirik bulgulara yer verilmektedir. Çalışmanın sonuç kısmı olan beşinci bölümde ise elde edilen bulguların değerlendirmesi yapılmaktadır.

## 2. Literatür Özeti

Sanayileşmenin hızla artmasıyla birlikte enerji ihtiyacının artması, birçok ülke için enerji kıtlığı ve çevre kirliliği gibi problemlere neden olmuştur. Dolayısıyla bu durum literatürde enerji tüketimi üzerine daha fazla çalışmaların yapılmasına yol açmıştır. Literatürde enerji yakınsaması üzerine yapılan çalışmaların genellikle toplam enerji tüketimi, enerji verimliliği/enerji yoğunluğu, karbondioksit emisyonu ve/veya çevre kirliliği değişkenleri üzerine olduğu ve bu çalışmaların farklı yakınsama yöntemleri ile hem ülkeler hem de bölgeler ve sektörler üzerine yapılmakta olduğu gözlenmektedir. Bu çalışmalardan Ezcurra (2007a), Lee vd. (2008), Panopoulou ve Pantelidis (2009), Ulucak ve Erdem (2012), Wang vd. (2014), Apergis ve Payne (2017), Magazzino (2019) ve Churchill vd. (2020) karbondioksit emisyonu değişkenini kullanarak yakınsamayı araştırırken, Markandya vd. (2006), Ezcurra (2007b), Le Pen ve Sevi (2010), Liddle (2010), Duro ve Padilla (2011), Hojko (2013), Apergis ve Christou (2015), Szep (2016) ve Mussini (2020) enerji verimliliği/enerji yoğunluğu değişkenlerini, Camarero vd. (2008), Ulucak (2018), Haider ve Akram (2019), Solarin (2019) ve Tillaguango vd. (2021) çevre kirliliği değişkenlerini kullanarak yakınsama hipotezinin geçerliliğini araştırmışlardır. Toplam enerji tüketimi verilerini kullanarak yakınsama hipotezinin test edildiği çalışmalar ise, Hsu vd. (2008), Narayan vd. (2010), Aslan ve Kum (2011), Jakob vd. (2012), Barros vd. (2012) ve Ivanovski vd. (2018) gibi çalışmalardır.

Literatürde enerji tüketimi yakınsaması üzerine yapılan çalışmalarda ele alınan konulardan biri de kişi başı enerji tüketiminin yakınsama özelliği gösterip göstermediğidir. Kişi başı enerji tüketim değişkeninin kullanıldığı çalışmaların çoğu, birim kök testleri yolu ile yakınsama hipotezinin geçerliliğini test etmektedir. Kişi başı enerji tüketim yakınsamasını inceleyen ampirik çalışmaların literatür taraması Tablo 1'de verilmektedir.

**Tablo 1.** Literatür Özeti

Yazar/Yıl	Yöntem	Ülke	Sonuç
Narayan ve Smyth (2007)	ADF birim kök testi Panel birim kök testi	182 Ülke	ADF birim kök testi sonucuna göre 56 ülke için kişi başı enerji tüketiminde yakınsama bulunmaktadır. Panel birim kök testi sonucuna göre ise ülkelerin kişi başı enerji tüketiminde yakınsama özelliği bulunmadığı tespit edilmiştir.

**Tablo 1.** Literatür Özeti (Devamı)

Yazar/Yıl	Yöntem	Ülke	Sonuç
Chen ve Lee (2007)	Carrion-i-Silvestre vd. (2005) tarafından geliştirilen panel durağanlık testi	Yedi bölgesel ülke paneline bölünmüş 104 ülke	Çalışmanın sonucunda modele dahil edilen yapısal kırılmalar ve kesitsel korelasyonlar ile kişi başı enerji tüketiminin bölgesel bazlı tüm panellerinin durağan olduğu tespit edilmiştir.
Hasanov ve Telatar (2011)	Geleneksel ADF birim kök testi ile KSS (2003) ve ST-TAR doğrusal olmayan birim kök testi	178 ülke	Çalışmada yapılan birim kök testi sonuçları, yapısal kırılmaların olduğu ve değişkenlerin doğrusal olmadığı durumlarda boş hipotezin reddedildiğini yani analize dahil edilen değişkenin durağan bir süreç izlediğini ortaya koymaktadır.
Mohammadi ve Ram (2012)	Koşulsuz $\beta$ yakınsama $\sigma$ yakınsama Koşullu $\beta$ yakınsama	Farklı gelişmişlik düzeyindeki ülkeler	Hem kişi başına elektrik tüketimi hem de kişi başı enerji tüketimi yakınsamasının incelendiği çalışmada kişi başı enerji tüketiminde zayıf yakınsama, kişi başı elektrik tüketiminde ise güçlü yakınsama olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Koşullu yakınsama sonuçlarına göre ise kentleşmenin enerji ve elektrik yakınsaması üzerindeki etkilerinin olumlu olduğu tespit edilmiştir.
Meng vd. (2013)	LM ve RALS-LM Birim Kök Testleri	25 OECD	Yapısal kırılmaların dikkate alındığı durumda kişi başı enerji tüketimi değişkeni durağan duruma gelmekte ve bu durum OECD ülkeleri için kişi başı enerji tüketimi yakınsamasına katkı sağlamaktadır.
Anoruo ve Dipietro (2014)	Geleneksel panel birim kök testi ve sıralı panel seçim yöntemi (SPSM)	22 Afrika ülkesi	Geleneksel panel birim kök testi sonuçların 22 Afrika ülkesinin kişi başı enerji tüketim serisinin bir grup olarak yakınsadığını ortaya koymaktadır. SPSM testi sonucu ise 22 Afrika ülkelerinden 15 ülkenin kişi başı enerji tüketiminin grup ortalamasına yakınsadığını diğer 7 ülkenin ise kişi başı enerji tüketiminin grup ortalamasından saptığını göstermektedir.
Mishra ve Smyth (2014)	Panel KPSS Panel LM birim kök testi	ASEAN Ülkeleri	Panel KPSS durağanlık testi sonucuna göre bireysel ülke analizleri içerisinde sadece Filipinliler için yakınsama olmadığını, ülke grupları analizi içerisinde ise ASEAN-5 ülkeleri için yakınsamanın geçerli olduğunun tespit edildiği gözlenmektedir. LM birim kök testi sonucuna göre ise ASEAN-4 ve ASEAN-5 ülkeleri için yakınsama hipotezi geçerlidir.
Hao vd. (2015)	Statik ve Dinamik regresyon yöntemi	Çin'in 29 ili	Bölgeler arasında kişi başı enerji tüketimi yakınsamasının geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Akarsu ve Berke (2016)	Mekânsal panel veri analizi	Türkiye	Türkiye illeri arasında kişi başı elektrik tüketiminin mutlak ve koşullu beta yakınsama varlığının test edildiği bu çalışmada mutlak beta yakınsaması olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Tablo 1.** Literatür Özeti (Devamı)

Yazar/Yıl	Yöntem	Ülke	Sonuç
Le vd. (2017)	Geleneksel panel birim kök testleri Fourier fonksiyonlu panel KSS birim kök testleri	APEC-12 APEC-19	Geleneksel panel birim kök testleri sonucunda tüm ülkeler için kişi başı enerji ve elektrik tüketimini için yakınsama özelliği olduğu, Fourier Panel KSS birim kök testi sonucunda ise APEC-19 ülkesinden 15’inde enerji tüketiminin, 17’sinde elektrik tüketiminin yakınsadığı tespit edilmiştir.
Ivanovski vd. (2018)	Phillips-Sull Kulüp yakınsama yaklaşımı	Avusturalya	Avusturalya’da bulunan dokuz sektör ve yedi eyaletteki kişi başı enerji tüketiminin yakınsadığı sonucuna ulaşılmıştır.
Liu ve Lee (2020)	Geleneksel zaman serisi, Geleneksel Panel ve Fourier fonksiyonlu Panel KSS birim kök testleri	107 ülke	Çalışmadan elde edilen bulgulara göre 10 ülkeden yedisinde yakınsama özelliği bulunmaktadır. Yüksek gelir ve üst-orta gelir grubu ülkeler, düşük-orta gelir ve düşük gelir grubu ülkelerden daha önce yakınsama sağlar. Enerji ihracatı yapan ülkeler, enerji ithalatı yapan ülkelere kıyasla daha hızlı yakınsama özelliği gösterir.
Mike ve Kızılkaya (2021)	Liv vd. (2015) Fourier panel durağanlık testi	OECD	Çalışmanın sonucunda 18 ülke için yakınsama özelliği olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Enerji tüketiminin entegrasyon özelliklerinin incelendiği bu çalışmaların ortak amacı, şokların birkaç nedenden dolayı kalıcı mı yoksa geçici mi olup olmadıklarını açıklamaktır. Bu nedenlerden birincisi, şokların kalıcılığı ve geçiciliği arasındaki ayrım, enerji ile ilgili politikaların kalıcı bir etkiye sahip olup olmadığının belirlenmesidir. İkincisi, enerji tüketimine yönelik şokların diğer sektörleri etkileyebilme gücünü açıklamaktır. Üçüncüsü ise, enerji tüketiminde bir birim kökün varlığının belirlenmesi, gelecekteki enerji tüketimi modellenmesine ve tahmin edilmesine katkı sağlamaktır (Meng vd., 2013: 537). Bu gelişmeler enerji tüketimi yakınsaması hakkında zengin bir literatürün oluşmasına katkı sağlamıştır.

Tablo 1’de verilen literatür çalışmalarına göre kişi başı enerji tüketimi yakınsamasının incelenmesinde genellikle birim kök testlerinin kullanıldığı gözlenmektedir. Bu konuda literatürde ülke veya bölgelerdeki enerji tüketimi yakınsamasının farklı tekniklerin kullanılarak tespit edildiği az sayıda çalışmanın olduğu gözlenmektedir. Bu bilgiler çerçevesinde çalışmada G20 ülkelerinde kişi başı enerji tüketiminin yakınsama özelliği gösterip göstermediği, serilerin durağan olmadığı durumda da yakınsama hipotezinin geçerli olabileceğini ifade eden Nahar-Inder (2002) analizi ile test edilmiştir. Ayrıca Nahar-Inder (2002) testi örneklem içi hareketliliği de göstermektedir. Çalışmada, geleneksel birim kök testleri sonucunda serilerin durağan çıkmaması durumunda yakınsama hipotezinin geçerli olabileceğini ifade eden Nahar-Inder (2002) testi kullanılarak literatüre farklı bir katkı yapılması amaçlanmaktadır.

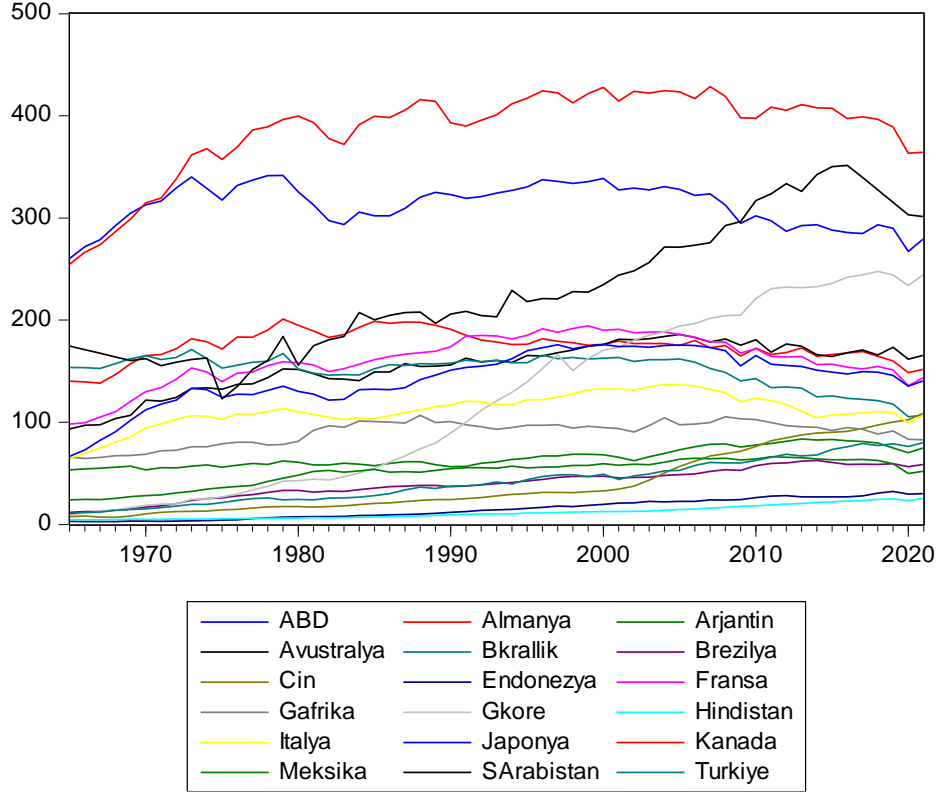
### 3. Veri ve Yöntem

#### 3.1. Veri

Çalışmada 18 G20 ülkesine ait (ABD, Almanya, Arjantin, Avustralya, Birleşik Krallık, Brezilya, Çin, Endonezya, Fransa, Güney Afrika, Güney Kore, Hindistan, İtalya, Japonya, Kanada, Meksika, Suudi Arabistan ve Türkiye) kişi başı birincil enerji tüketimi verileri kullanılmıştır. AB’ye ait genel bir kişi başı enerji tüketim verisinin bulunmaması ve Rusya verilerine erişimde yaşanan zorluklar nedeniyle, AB ve Rusya örnekleme dahil edilmemiştir. Veriler 1965-2021 dönemini kapsayacak şekilde BP Stat veri tabanından derlenmiş ve logaritmik şekilde kullanılmıştır.

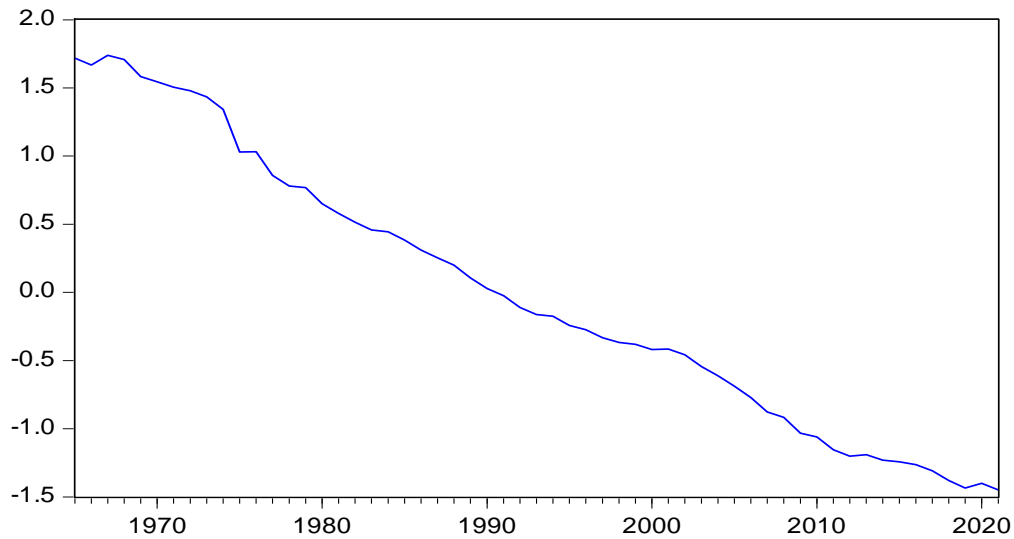
Şekil 1, 18 G20 ülkesinin kişi başı birincil enerji tüketim seviyelerinin zaman içerisindeki seyrini göstermektedir. Şekil 1'den hareketle birincil enerji tüketim seviyelerinin başlangıçta artış yönünde bir eğilime sahip olduğu, daha sonrasında artış eğiliminin azaldığı ve yatay bir seyir izlediği görülmektedir.

**Şekil 1.** 18 G20 Ülkesinin Kişi Başı Birincil Enerji Tüketim Seviyeleri (1965-2021)



Örneklem ülkelerinin kişi başı enerji tüketim seviyelerinin standart sapmasını gösteren  $\sigma$  yakınsama grafiği, örnekleme yer alan tüm ülkeler için yakınsama hipotezinin geçerli olup olmadığını göstermektedir. Şekil 2'den de görüleceği gibi  $\sigma$  yakınsama grafiği negatif eğilimli olup bu durum yakınsama hipotezinin geçerli olduğu yönünde ipucu vermektedir.

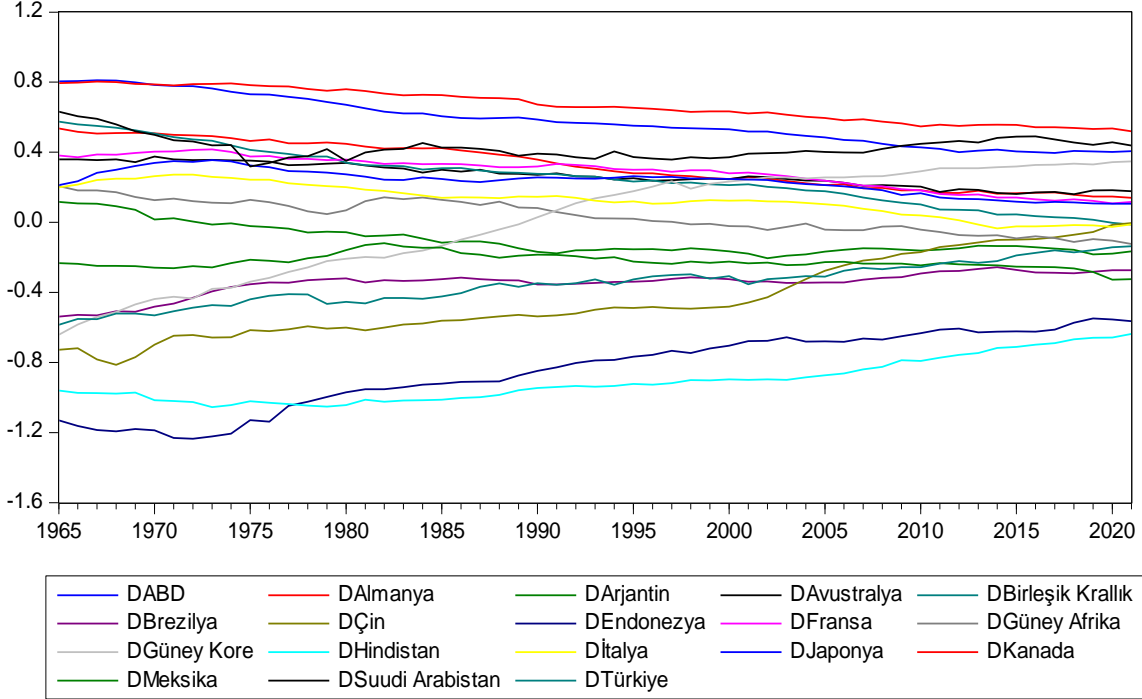
**Şekil 2.** 18 G20 Ülkesinin Kişi Başı Enerji Tüketimi Seviyelerinin Standart Sapması (1965-2021)





Nahar-Inder (2002) tekniği çerçevesinde, örneklem ülkelerinin kişi başı enerji tüketim seviyelerinin ortalamadan farkı alınmış seyrini gösteren Şekil 3'e göre incelenen dönem içerisinde serilerin zamanla sıfır etrafında bir bant haline gelerek birbirine doğru yakınsadığı gözlemlenmektedir.

**Şekil 3.** 18 G20 Ülkesinin Kişi Başı Enerji Tüketimi Seviyesinin Ortalamadan Farkı Alınmış Seri Davranışı (1965-2021)



### 3.2. Yöntem

Yakınsama kavramı, ekonomik büyüme ve kalkınma literatüründe uluslararası gelir eşitsizliği üzerindeki etkisi nedeniyle önemli bir araştırma konusu olmuştur. Solow (1956) tarafından ortaya atılan ve Solow (1956), Swan (1956), Cass (1965) ve Koopmans (1965)'in büyüme teorilerine dayanan yakınsama hipotezi, zamanla Neoklasik büyüme teorisinin temel çıkarımlarından biri olmuş ve bir ülkenin kişi başı büyüme oranının başlangıçtaki kişi başı gelir seviyesiyle ters orantılı olması biçiminde tanımlanmaktadır. Özellikle, tercihler ve teknoloji açısından yapısal özelliklerin aynı olduğu düşük gelirli ülkelerin, yüksek gelirli ülkelere göre daha hızlı büyüme eğiliminde olduğu ifade edilmektedir. Yakınsama çıkarımının yapılmasını sağlayan en önemli faktör ise, ölçeğe göre sabit getiri ve sermaye için azalan getiri varsayımlarının olmasıdır. Buradan hareketle düşük gelirli ekonomilerin marjinal sermaye verimliliği, yüksek gelirli ekonomilere göre daha yüksektir. Bu varsayımlar çerçevesinde yakınsama hipotezi, düşük gelirli ekonomilerin yüksek gelirli ekonomilere kıyasla daha yüksek bir ekonomik büyüme performansına sahip olacağını ve böylece düşük gelirli ekonomilerin yüksek gelirli ekonomilerin gelir düzeylerine yakınsayacağını belirtmektedir. Buradan hareketle yakınsama hipotezine göre, uzun dönemde ülkeler arası kişi başı gelir farkı azalabilmektedir (Barro, 1991: 407).

1980'li yıllardan itibaren uzun dönemli makroekonomik serilere erişim olanağının artması ve ekonometrik tekniklerin gelişmesi, yakınsama hipotezinin literatürde yaygın bir şekilde kullanılmasına neden olmuştur. İlk dönemde yatay kesit regresyon analizine dayalı olarak test edilen yakınsama hipotezi, daha sonrasında zaman serisi tekniklerinin gelişim göstermesiyle zaman serisi yöntemleri kullanılarak test edilmeye başlanmıştır. Yatay kesit regresyonuna dayalı analizlerde örneklemin bir bütün halinde yakınsama davranışı gösterip göstermediği incelenmiş ve bu durum  $\beta$  (beta) ve  $\sigma$  (sigma) yakınsama şeklinde tanımlanmıştır.  $\beta$  yakınsama, başlangıç gelir seviyesi ile büyüme oranı arasındaki negatif yönlü ilişki şeklinde tanımlanırken,  $\sigma$

yakınsama, ülkeler arası kişi başı gelir farklılıklarının standart sapmasının zaman içerisinde azalış göstereceğini ifade etmektedir (Sala-i Martin, 1996; Mollavelioğlu ve Ceylan, 2010).

Bernard ve Durlauf (1996), zaman serisi tekniği açısından yakınsama hipotezini şöyle tanımlamaktadır;  $i$  ve  $j$  iki farklı ülke ekonomisini gösterirken yakınsama hipotezinin geçerli olabilmesi için şu koşulun geçerli olması gerekmektedir:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} E (y_{i,t+k} - y_{j,t+k} | I_t) = 0 \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de yer alan  $y_{i,t}$  ve  $y_{j,t}$  ekonomilerin kişi başı gelir seviyelerini,  $I_t$  terimi  $t$  anında erişilebilir bütün bilgi setini ifade etmektedir. Denklem (1)'e göre, tahmin dönemi sonsuza doğru giderken ülkeler arasındaki kişi başı gelir farklılıkları zaman içerisinde sıfıra doğru yaklaşmaktadır. Bu durum yakınsama hipotezinin geçerli olduğunu ifade etmektedir.

Bernard ve Durlauf (1996)'a göre analiz edilen ülke sayısı ikiden fazla ise Eşitlik (1) kullanılamamaktadır. Bu durumda yakınsama analizi, örneklem ortalamasından sapmaya dayalı olarak gerçekleştirilmelidir. Bu durumda elde edilen eşitlik şöyle olmaktadır:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} E_t (y_{i,t+k} - \bar{y}_t) = 0 \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de yer alan  $\bar{y}_t$  terimi örneklem ortalamasını ifade etmektedir. Bernard ve Durlauf (1996)'a göre Eşitlik (2)'nin türetilmesiyle elde edilen seriye ADF birim kök testinin uygulanması sonucunda yakınsama hipotezi test edilmiş olacaktır. Uygulama sonucunda seri durağan ise yakınsama hipotezi kabul edilirken, seri durağan değil ise yakınsama hipotezi reddedilecektir.

Seriler durağan olmasa bile yakınsama hipotezinin geçerli olabileceğini ifade eden ve örneklem içi hareketliliği de gösteren Nahar-Inder (2002) testi,  $y_{it}$ ,  $t$  döneminde ( $i=1,2,3,\dots,N$ )  $N$  kadar ülkenin kişi başı gelir seviyesini gösterdiği durumda ve ekonomilerin nihai teknik bilgi birikimine sahip olduğu varsayımı altında ekonominin genel trendinin  $\alpha_t$  ve ülke parametresi  $\mu_i$  ise Neoklasik Büyüme Modeli şöyle ifade edilmektedir:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} E_t (y_{i,t+n} - a_{t+n}) = \mu_i \quad (3)$$

Eşitlik (3)'te yer alan  $a_t$  parametresi için iki farklı tanım yapılmaktadır. Bunlardan ilkinde göre  $a_t$ , örnekleme de yer alan ülkelerin kişi başı gelirlerinin ortalamasıdır. İkinci tanıma göre ise  $a_t$ , örneklem grubu içerisinde yer alan en yüksek kişi başı gelir düzeyine sahip ülkenin gelir seviyesidir. Eşitlik (3)'te yer alan bir diğer parametre  $\mu_i$  ise  $i$  ülkesi için dengeli büyümeyi ifade etmektedir. Dolayısıyla örnekleme deki ülkelerin kişi başına gelir seviyeleriyle kişi başına gelirin örneklem ortalaması arasındaki farkın zaman içerisinde azalıyor olması yakınsama hipotezinin geçerli olduğu yönünde kanıt sunmaktadır. Bu durumdan yola çıkarak mutlak yakınsama şöyle gösterilmektedir:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} E_t (y_{i,t+n} - \bar{y}_{t+n}) = 0 \quad (4)$$

$y_{i,t+n} - \bar{y}_{t+n}$  ifadesi tahmin dönemi sonsuza doğru giderken sıfıra doğru yaklaşmaktadır.  $y_{i,t+n} - \bar{y}_{t+n} = z_{it}$  şeklinde ifade etmek gerekirse,  $z_{it}$  ifadesinin zaman içerisinde azalış göstermesi yakınsama hipotezinin geçerli olduğunu söylemektedir.  $z_{it}$ 'nin sıfıra doğru yaklaşması durumunda bütün  $z_{it}$ 'ler için  $\left(\frac{\partial}{\partial t}\right) |z_{it}| < 0$  şartı sağlanmalıdır. İfadeyi daha basit göstermek için  $z_{it}^2 = w_{it}$  olarak kabul edilirse,  $\left(\frac{\partial}{\partial t}\right) |w_{it}| < 0$  olmalıdır. Böylece mutlak yakınsama şu şekilde ifade edilebilir:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} E_t (w_{it+n}) = 0 \quad (5)$$



$\left(\frac{\partial}{\partial t}\right) w_{it}$  ifadesini bulabilmek için  $w_{it}$ 'nin zamanın bir fonksiyonu olduğu kabul edilerek bu fonksiyon  $f(t)$  olarak ifade edilmektedir.

$$w_{it} = f(t) + u_{it} = \theta_0 + \theta_1 t + \theta_2 t^2 + \dots + \theta_{k-1} t^{k-1} + \theta_k t^k + u_{it} \quad (6)$$

Eşitlik (6)'da  $\theta_i$  parametreleri,  $u_{it}$  ise ortalaması sıfır, varyansı sabit hata terimini temsil etmektedir. Buradan hareketle fonksiyonun eğimi şöyle hesaplanmaktadır:

$$\frac{\partial}{\partial t} w_{it} = f'(t) \quad (7)$$

Bu şekilde hesaplanan eğim fonksiyonu yakınsama hipotezinin geçerliliğini gözlemlemek için kullanılmaktadır.  $w_{it}$ 'nin zaman içerisinde azalış göstermesi yakınsama hipotezinin kabul edildiğini göstermektedir. Eğimlerin ortalaması negatif ise yakınsama, pozitif ise ıraksama geçerlidir. Nahar-Inder (2002) tekniğine göre yakınsama analizi şu şekilde gerçekleştirilmektedir; ilk olarak  $\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{\partial}{\partial t} w_{it} < 0$  ifadesi bulunur. Bu ifade eşitlik (7)'den hareketle şöyle türetilmektedir:

$$\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{\partial}{\partial t} w_{it} = \theta_1 + \theta_2 r_2 + \dots + \theta_{k-1} r_{k-1} + \theta_k r_k = r' \theta \quad (8)$$

Eşitlik (8)'de yer alan  $r_2 = \frac{2}{T} \sum_{t=1}^T t, \dots, r_{k-1} = \frac{(k-1)}{T} \sum_{t=1}^T t^{k-2}, r_k = \frac{k}{T} \sum_{t=1}^T t^{k-1}$  demektir.  $r = [0 \ 1 \ r_2 \ \dots \ r_{k-1} \ r_k]$  ve  $\theta = [\theta_0 \ \theta_1 \ \dots \ \theta_{k-1} \ \theta_k]$  şeklinde ifade edilir. Boş hipotez,  $H_0: r' \theta \geq 0$  ve alternatif hipotez,  $H_1: r' \theta < 0$  şeklindedir. Hipotez testi için denklem (6) En Küçük Kareler (EKK) yöntemi aracılığıyla tahmin edilir,  $\theta$ , t-testine tabi tutulur. Uygulama sonucunda boş hipotezin reddedilmesi yakınsamanın geçerli olduğunu ifade eder. Bu durumda ülkelerin ortalama eğimleri eğimlerin ortalamasına doğru yaklaşmaktadır. Eğim katsayıları pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıysa bu durum ıraksamayı işaret etmektedir.

#### 4. Bulgular

Çalışmada, 18 G20 ülkesi için kişi başı enerji tüketim seviyelerinin yakınsama davranışı gösterip göstermediği Nahar-Inder (2002) tarafından geliştirilen yöntemle test edilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca Nahar-Inder (2002) test sonuçlarıyla karşılaştırma yapmak adına ADF birim kök tahmin sonuçları Tablo 2'de sunulmaktadır.

**Tablo 2.** ADF Birim Kök ve Nahar-Inder Yakınsama Test Sonuçları

Ülkeler	ADF (Sabit-Trend Form)		NAHAR-INDER		
	Gecikme Uzunluğu	Test İstatistiği	Polinom Derecesi	Eğim Katsayısı	t-İstatistiği
ABD	4	-2,4794	3	-0,0096	-16,29***
Almanya	0	-0,7932	6	-0,0056	-26,63***
Arjantin	0	-3,3899	6	0,0004	1,97**
Avustralya	4	-0,6030	8	-0,0036	-12,09***
Birleşik Krallık	3	-1,1172	6	-0,0158	-10,48***
<b>Brezilya</b>	<b>2</b>	<b>3,5589***</b>	<b>6</b>	<b>-0,0032</b>	<b>-3,84***</b>
Çin	5	0,7692	4	-0,0099	-9,36***
Endonezya	2	-1,4364	6	-0,0182	-5,24***
Fransa	0	1,1693	3	-0,0027	-28,91***
Güney Afrika	0	-0,8940	8	-0,0197	-5,89***
Güney Kore	2	-2,3991	5	-0,0040	-2,62***
Hindistan	0	2,6557	7	-0,0253	-6,27***
İtalya	1	-0,5326	3	-0,0021	-40,97***

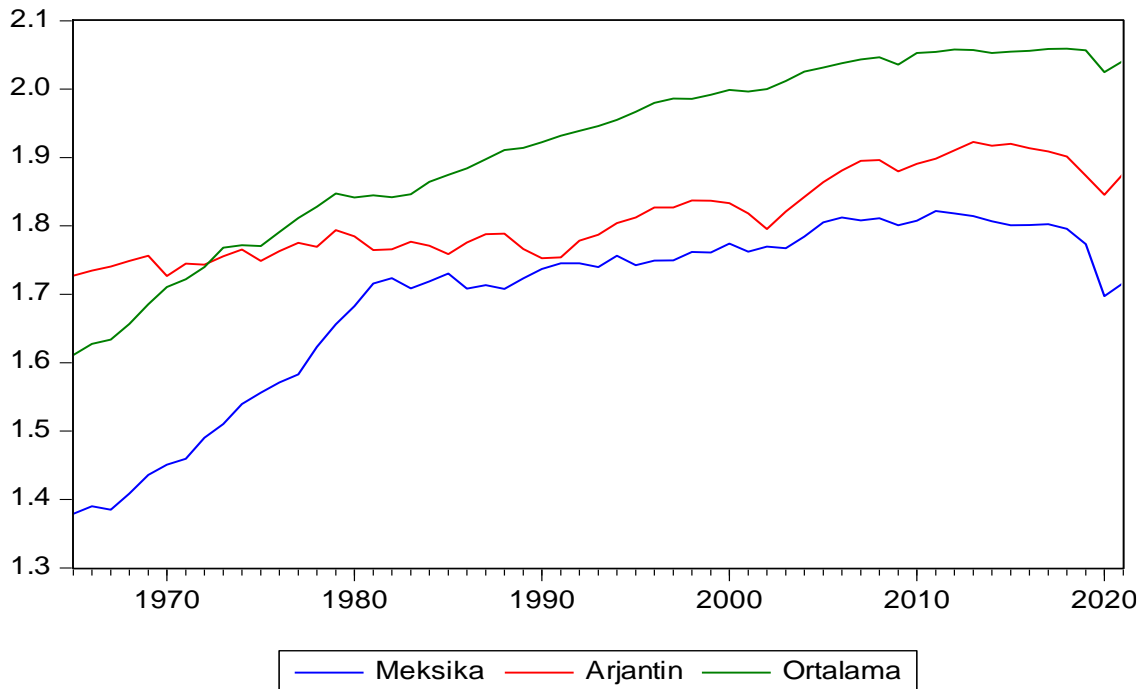
**Tablo 2.** ADF Birim Kök ve Nahar-Inder Yakınsama Test Sonuçları (Devamı)

Ülkeler	ADF (Sabit-Trend Form)		NAHAR-INDER		
	Gecikme Uzunluğu	Test İstatistiği	Polinom Derecesi	Eğim Katsayısı	t-İstatistiği
Japonya	2	-0,7866	4	-0,0017	-5,66***
Kanada	0	0,2308	4	-0,0064	-18,84***
Meksika	1	-0,7332	4	0,0004	1,75**
<b>Suudi Arabistan</b>	<b>5</b>	<b>-2,8765*</b>	<b>5</b>	<b>-0,0025</b>	<b>-2,67***</b>
Türkiye	0	-0,8832	3	-0,0055	-17,28***

**Not:** \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyinde yakınsama davranışını göstermektedir. Gecikme uzunluğu ve polinom dereceleri AIC'e göre belirlenmiştir.

Tablo 2'de yer alan ADF birim kök testi sonuçlarına göre 18 örneklem ülkesinden Brezilya ve Suudi Arabistan'a ait serilerin durağan olduğu, dolayısıyla sadece iki ülkenin kişi başı enerji tüketim seviyelerinin yakınsama davranışı gösterdiği anlaşılmaktadır. Nahar-Inder (2002) test sonuçlarına göre ise ilgili örneklem grubunda 16 ülkenin (ABD, Almanya, Avustralya, Birleşik Krallık, Brezilya, Çin, Endonezya, Fransa, Güney Afrika, Güney Kore, Hindistan, İtalya, Japonya, Kanada, Suudi Arabistan ve Türkiye) kişi başı enerji tüketim düzeyi yakınsama gösterirken, Arjantin ve Meksika ıraksama davranışı sergilemektedir. Bu durum Nahar-Inder (2002) testinin ADF birim kök testine göre daha güçlü sonuçlar ortaya çıkardığını göstermektedir.

Şekil 4, Nahar-Inder (2002) test sonuçlarına göre ıraksama davranışı gösteren Meksika ve Arjantin'in kişi başı enerji tüketim seviyelerinin örneklem ortalamasıyla karşılaştırmasını göstermektedir. Şekil 4'ten de açıkça görüleceği gibi Meksika ve Arjantin'in kişi başı enerji tüketim seviyeleri örneklem ortalaması doğru bir yakınsama göstermemektedir.

**Şekil 4.** Arjantin ve Meksika'nın Kişi Başı Enerji Tüketiminin Örneklem Ortalamasıyla Karşılaştırması (1965-2021)

1994 yılında Meksika’da ve 2000-2001 ve 2017 döneminde Arjantin’de ortaya çıkan finans ve döviz krizleri ilgili ekonomiler üzerinde yıpratıcı bir etki yaratmıştır ve bu durum ilgili ülkeleri diğer ülkelerden ayıran en belirgin özelliklerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca Meksika’nın geçmiş dönemde petrol ihracatçısı bir ülke konumdayken son yıllarda petrol ihracatının önemli ölçüde azalması, Arjantin’in ise enerji tüketimi açısından kendi kendine yeter bir ülke konumunda bulunması nedeniyle enerji alanında gerekli dönüşümü sağlamamış olması, bu ülkelerin örnekleme yer alan diğer ülkelerden farklılaşmasına yol açmıştır (Hacıhasanoğlu, 2005; <https://tr.tradingeconomics.com/mexico/exports-of-petroleum-petrochemicals>)

## 5. Sonuç

Bu çalışmada 18 G20 ülkesi için 1965-2021 dönemine ait kişi başı birincil enerji tüketimi yıllık verileri kullanılarak, örneklem ortalamasına doğru yakınsama davranışı sergileyip sergilemediği Nahar-Inder (2002) tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada seçilen örneklem, dünya üretiminin yılda yaklaşık olarak %75’lik bir kısmını oluşturmakta ve buradan hareketle önemli miktarda enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca ilgili ülkelerin büyük çoğunluğu küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele kapsamında önemli tedbirlerin alındığı küresel ölçekteki anlaşmalara taraftır. Dolayısıyla ilgili ülkelerin enerji tüketim değerlerinin yakınsama davranışı gösterip göstermediği hakkında bilgi sahibi olmak, enerji politikalarının belirlenmesi ve iklim değişikliği konuları açısından büyük önem taşımaktadır.

Yapılan analiz sonucu elde edilen bulgulara göre ADF birim kök testine göre 18 ülkeden iki ülkenin (Brezilya ve Suudi Arabistan), Nahar-Inder (2002) testine göre ise 18 ülkeden 16’sının (ABD, Almanya, Avustralya, Birleşik Krallık, Brezilya, Çin, Endonezya, Fransa, Güney Afrika, Güney Kore, Hindistan, İtalya, Japonya, Kanada, Suudi Arabistan ve Türkiye) yakınsama, Arjantin ve Meksika’nın iraksama davranışı sergilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu doğrultuda örneklem içi hareketliliği göstermesi ve seriler durağan olmasa bile yakınsama davranışının gerçekleşebileceğini ifade eden Nahar-Inder (2002) testinin daha güçlü sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu çalışmada G20 ülkeleri için kişi başı enerji yakınsamasını test etmek amacıyla kullanılan Nahar-Inder (2002) yöntemi, literatürde yapılan diğer çalışmalarda kullanılmadığı için bu çalışmanın literatürdeki çalışmalarla karşılaştırması yapılamamaktadır. Ancak elde edilen bulgular değerlendirildiğinde benzer örneklemin ele alındığı Meng vd. (2013) ve Mike ve Kızılkaya (2021) ile benzer sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir.

Elde edilen bu bulgular neticesinde analiz edilen 18 G20 ülkesinde kişi başı birincil enerji tüketim değerlerinin 16 ülkede yakınsama davranışı gösterdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Buradan hareketle enerji entegrasyonuna yönelik geliştirilecek politikalarda başarı oranının yüksek olacağı, bu doğrultuda Kyoto Protokolü ve Paris İklim Anlaşması gibi uluslararası anlaşmaların genişletilmesi, bu tür anlaşmalara yaptırım getiren hükümlerin eklenmesi gerekmektedir. Ayrıca uluslararası alanda gelişmiş ülkelerin liderliğinde kurulacak bir parasal fon ile gelişmekte olan ülkelerin de enerjide yeşil dönüşümü sağlayabilmesi için gerekli desteği bulması bu alanda atılacak önemli adımlardan birisi olacaktır.

## Beyan ve Açıklamalar (Declarations and Disclosures)

**Yazarların Etik Sorumlulukları (Ethical Responsibilities of Authors):** Bu çalışmanın yazarları, araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyduklarını kabul etmektedirler.

**Çıkar Çatışması (Conflicts of Interest):** Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

**Finansal Destek (Funding):** Yazarlar, çalışmanın hazırlanması ve/veya yayınlanması sürecinde herhangi bir finansal destek almamışlardır.

**Yazar Katkı Oranı (Author Contributions):** Yazarlar, çalışmaya olan katkılarını şu şekilde beyan etmişlerdir: Kavramlaştırma ve çalışma dizaynı, C. Karademir, Ş. Felek ve R. Ceylan; verilerin toplanması, C. Karademir, Ş. Felek ve R. Ceylan; verilerin analizi ve sonuçların yorumlanması, C. Karademir; çalışmanın ilk/taslak halinin yazılması, C. Karademir, Ş. Felek ve R. Ceylan; çalışmanın gözden geçirilmesi ve düzenlenmesi/düzeltilmesi, C. Karademir, Ş. Felek ve R. Ceylan. Çalışmanın ilk ve son hali tüm yazarlar tarafından okunmuş ve onaylanmış olup, yazarlar çalışmalarıyla ilgili sorumluluğu kabul etmektedirler.

**İntihal Denetimi (Plagiarism Checking):** Bu çalışma, intihal tarama programı kullanılarak intihal taramasından geçirilmiştir.

**Kaynaklar**

- Akarsu, G., & Berke, B. (2020). Convergence of electricity consumption in Turkey: Spatial panel data analysis. *Panoeconomicus*, 67(2), 241-256.
- 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.
- Apergis, N., & Christou, C. (2016). Energy productivity convergence: New evidence from club converging. *Applied Economics Letters*, 23(2), 142-145.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2017). Per capita carbon dioxide emissions across U.S. states by sector and fossil fuel source: Evidence from club convergence tests. *Energy Economics*, 63, 365-372.
- Aslan, A., & Kum, H. (2011). The stationary of energy consumption for turkish disaggregate data by employing linear and nonlinear unit root tests. *Energy*, 36(7), 4256-4258.
- Barro, R. J. (1991). Economic growth in a cross-section of countries. *Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407-443.
- Barros, C. P., Gil-Alana, L. A., & Payne, J. E. (2012). Evidence of long memory behavior in U.S. renewable energy consumption. *Energy Policy*, 41, 822-826.
- Bernard, A. B., & Durlauf, S. N. (1996). Interpreting tests of the convergence hypothesis. *Journal of Econometrics*, 71(1-2), 161-173.
- Camarero, M., Picazo-Tadeo, A. J., & Tamarit, C. (2008). Is the environmental performance of industrialized countries converging? A "sure" approach to testing for convergence. *Ecological Economics*, 66(4), 653-661.
- Cass, D. (1965). Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation. *Review of Economic Studies*, XXXII, 233-40.
- Chen, P. F., & Lee, C. C., (2007). Is energy consumption per capita broken stationary? New evidence from regional-based panels. *Energy Policy*, 35(6), 3526-3540.
- Churchill, S. A., Inekwe, J., & Ivanovski, K. (2020). Stochastic convergence in per capita CO2 emissions: Evidence from emerging economies, 1921-2014. *Energy Economics*, 86, 104659.
- Costantini, V., Gracceva, F., Markandya, A., & Vicini, G. (2007). Security of energy supply: Comparing scenarios from a European perspective. *Energy policy*, 35(1), 210-226.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431.
- Duro, J. A., & Padilla, E. (2011). Inequality across countries in energy intensities: An analysis of the role of energy transformation and final energy consumption. *Energy Economics*, 33, 474-479.
- Ezcurra, R. (2007a). Is there cross-country convergence in carbon dioxide emissions? *Energy Policy*, 35(2), 1363-1372.
- Ezcurra, R. (2007b). Distribution dynamics of energy intensities: A cross-country analysis. *Energy Policy*, 35, 5254-5259.
- Hacıhasanoğlu, B. (2005). Meksika 1994 ve Arjantin 2001-2002 krizlerinin gelişmekte olan ülkeler ve Türkiye için önemi. *TCMB Piyasalar Genel Müdürlüğü Uzmanlık Yeterlilik Tezi*, Ankara.
- Haider, S., & Akram, V. (2019). Club convergence analysis of ecological and carbon footprint: Evidence from a cross-country analysis. *Carbon Management*, 10(5), 451-463.
- Hajko, V. (2013). The energy intensity in the EU countries. *Proceedings of the International Masaryk Conference for Ph.D. Students and Young Researchers*, 4, 639-644.
- Hao, Y., Zhang, Q., Zhong, M., & Li, B. (2015). Is there convergence in per capita SO2 emissions in China? An empirical study using city-level panel data. *Journal of Cleaner Production*, 108, 944-954.
- Hasanov, M., & Telatar, E. (2011). A re-examination of stationarity of energy consumption: Evidence from new unit root tests. *Energy Policy*, 39(12), 7726-7738.
- Hsu, Y. C., Lee, C. C., & Lee, C. C., (2008). Revisited: Are shocks to energy consumption permanent or stationary? New evidence from a panel SURADF approach. *Energy Economics*, 30, 2314-2330.
- <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=NY.GDP.MKTP.CD&country> (Erişim Tarihi 13/02/2023).
- <https://tr.tradingeconomics.com/mexico/exports-of-petroleum-petrochemicals> (Erişim Tarihi: 31/10/2022).
- <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html> (Erişim Tarihi 30/10/2022).

- IEA, (2008). World energy outlook 2008. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2008> (Erişim Tarihi: 31/10/2022).
- 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.
- Jakob, M., Haller, M., & Marschinski, R. (2012). Will history repeat itself? Economic convergence and convergence in energy use patterns. *Energy Economics*, 34(1), 95-104.
- Karaağaç, G. E., & Ceylan, R. (2018). Seçilmiş OECD ülkelerinde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin analizi: Yapısal kırılmalı eşbütünlük tekniğinden kanıtlar. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 204-222.
- Kaygusuz, K. (2012). Energy for sustainable development: A case of developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2), 1116-1126.
- Koopmans, T. C. (1965). On the concept of optimal economic growth. In: J. Johansen (Ed.), *The econometric approach to development planning*. Amsterdam: North-Holland.
- Kounetas, K. E. (2018). Energy consumption and CO2 emissions convergence in European Union member countries. A tonneau des Danaides? *Energy Economics*, 69, 111-127.
- Le Pen, Y., & Sevi, B., (2010). On the non-convergence of energy intensities: Evidence from a pair-wise econometric approach. *Ecological Economics*, 69, 641-650.
- Le, T. H., Chang, Y., & Park, D. (2017). Energy demand convergence in APEC: An empirical analysis. *Energy Economics*, 65, 32-41.
- Lee, C. C., Chang, C. P., & Chen, P. F. (2008). Do CO2 emission levels convergence among 21 OECD countries? New evidence from unit root structural break tests. *Applied Economics Letters*, 15(7), 551-556.
- 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*, 101199.
- Magazzino, C. (2019). Testing the stationarity and convergence of CO2 emissions series in MENA countries. *International Journal of Energy Sector Management*, 13(4), 977-990.
- Markandya, A., Pedroso-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.
- Mike, F., & Kızılkaya, O. (2021). Kişi başına enerji tüketiminin yakınsaması: OECD ülkeleri için ampirik bir analiz. *Journal of Yaşar University*, 16(61), 298-309
- 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.
- Mollavelioğlu, M. Ş., & Ceylan, R. (2010). Türkiye ve AB ülkelerinde tarımsal toplam faktör verimliliği ve yakınsama analizi. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 10(20), 86-103.
- Mussini, M. (2020). Inequality and convergence in energy intensity in the European Union. *Applied Energy*, 261, 1-12.
- Nahar, S., & Inder, B. (2002). Testing convergence in economic growth for OECD countries. *Applied Economics*, 34(16), 2011-2022.
- Narayan, P. K., & Smyth, R. (2007). Are shocks to energy consumption permanent or temporary? Evidence from 182 countries. *Energy Policy*, 35, 333-341.
- Narayan, P. K., Narayan, S., & Popp, S. (2010). Energy consumption at the state level: The unit root hypothesis from Australia. *Applied Energy*, 87, 1953-1962.
- Panopoulou, E., & Pantelidis, T. (2009). Club convergence in carbon dioxide emissions. *Environmental and Resource Economics*, 44(1), 47-70.
- Regnier, E. (2007). Oil and energy price volatility. *Energy economics*, 29(3), 405-427.
- Sala-i-Martin, X. X. (1996). The classical approach to convergence analysis. *The Economic Journal*, 1019-1036.

- Solarin, S. A. (2019). Convergence in CO2 emissions, carbon footprint and ecological footprint: Evidence from oecd countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(6), 6167-6181.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Soytaş, U., & Sari, R. (2009). Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member. *Ecological Economics*, 68(6), 1667-1675.
- Swan, T. W. (1956). Economic growth and capital accumulation. *Economic Record*, 32, 334-361.
- Szep, T. S. (2016). Energy convergence of the European Union toward 2020. *The Central European Journal of Regional Development and Tourism*, 8(3), 88-107.
- Tillaguango, B., Alvarado, R., Dagar, V., Murshed, M., Pinzón, Y., & Méndez, P. (2021). Convergence of the ecological footprint in Latin America: The role of the productive structure. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 59771-59783.
- Ulucak, R., & Erdem, E. (2012). Çevre-iktisat ilişkisi ve Türkiye'de çevre politikalarının etkinliği. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 4(6), 78-98.
- Ulucak, R. (2018). Çevre kalitesi açısından yakınsama hipotezine yeni bir bakış: Ekolojik ayak izi ve kulüp yakınsamaya dayalı ampirik bir analiz. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(4), 29-38.
- Wang, Y., Zhang, P., Huang, D., & Cai, C. (2014). Convergence behavior of carbon dioxide emissions in China. *Economic Modelling*, 43, 75-80.