

## Bilgi ve İletişim Teknolojileri, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Sürdürülebilir Ekonomik Büyüme: BRICS ve MINT Ülkeleri Üzerine Ampirik Bir İnceleme

Şahin Nas<sup>1</sup>

Ömer Demir<sup>2</sup>

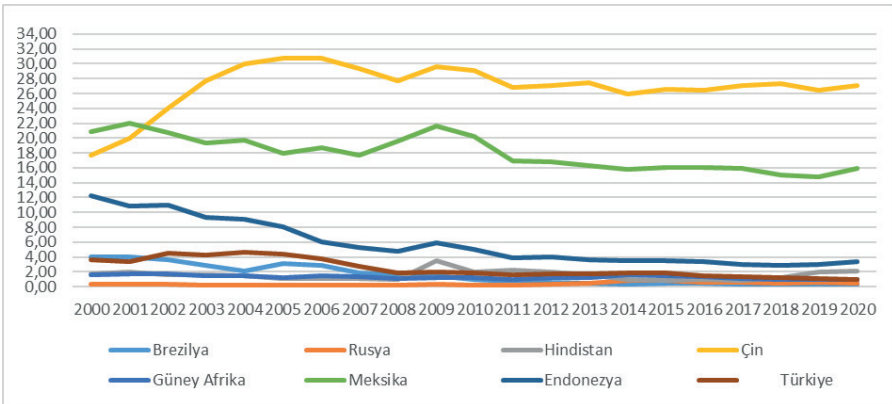
### Özet

Bir ekonomide büyümenin birçok belirleyicisi ve dinamiği bulunmaktadır. Bu anlamda bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) ve yenilenebilir enerji tüketimi (YET) gibi faktörler de büyüme için önemli dinamiklerdir. Çünkü 1980 sonrasında başlayan küreselleşme eğilimlerinin en önemli itici gücü BİT olmuştur ve küreselleşme eğilimlerini hızlandırmıştır. Aynı şekilde BİT'ler toplam faktör verimliliğini artırarak dünya ekonomisinde meydana gelen küresel üretim artışının önemli bir etkeni olmuştur. Bununla birlikte küresel üretimin artış göstermesi ve farklı coğrafyalara yayılmasıyla birlikte mal ve hizmet üretiminde yenilenebilir enerji tüketimi de temel girdilerden biri haline gelmiştir. Bu çerçevede çalışmanın temel amacı, BRICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika) ve MINT (Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye) ülkelerinde BİT ve YET'nin büyümeyi nasıl ve ne derecede etkilediğini analiz etmektir. Bu bağlamda, bu ülkelerin 1995-2018 dönemine ait verileri kullanılarak Panel ARDL/PMG yöntemi uygulanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen bulgulara göre, BİT ve YET uzun dönemde ekonomik büyümeyi pozitif etkilemektedir. Elde edilen bulgular çerçevesinde, BRICS ve MINT ülkelerinde sürdürülebilir ve kalıcı bir büyüme için BİT ve YET alanlarında seçici politikalar üretilmeli ve bu alanlara sürekli yatırım yapılmalıdır.

- 1 Dr. Öğr. Üyesi, Şırnak Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, snas@sirnak.edu.tr, 0000-0003-3267-4432.
- 2 Dr. Öğr. Üyesi, Şırnak Üniversitesi, Silopi Meslek Yüksekokulu, odemir@sirnak.edu.tr, 0000-0001-8421-0619.

## 1. Giriş

Bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) sektörü, 1940'lı yıllarda mikro elektriğin icadı, 1960'lı yıllarda bilgisayar teknolojisinin yavaş yavaş gelişmesi, 1990'lı yıllarda internetin kullanılması ve yaygınlaşması ve son dönemlerde yapay zekâ ve blok zincir teknolojisinin gelişmesine kadar son yıllarda hızlı ve radikal bir gelişme yaşamıştır (Bakry vd., 2023). Bu bağlamda, 21.yüzyılda teknolojik gelişmeler özellikle BİT'ler dünyada hızlı bir şekilde yayılmıştır. Teknolojik gelişmelerin hızlanması ve yayılması üretim sürecini hızlandırmakta ve maliyet avantajları sağlamaktadır. Özellikle, BİT'lerin üretim sürecini hızlandırması ve küresel mekanizmalar üzerinde önemli bir etkisi olduğu söylenebilir. Bununla birlikte bir ekonomide BİT, sürdürülebilir ekonomik büyüme, refah ve kalkınma için önemli bir dinamik olduğu ileri sürülebilir. Çünkü, bu teknolojiler, maliyet avantajı sağlayarak verimliliği artırmakta ve rekabet avantajı sağlamaktadır (Tsimisaraka vd., 2023; Verma, Dangawhal & Giri, 2023). BİT'ler, süreçlerin, kontrollerin ve bilgi üretiminin otomasyonuna ek olarak bilginin depolanması, geri alınması, dönüştürülmesi ve iletilmesini içermektedir. Bu açıdan BİT'ler, bir toplumda hızlı değişimler yaratan ve küresel ekonominin şekillenmesinde önemli bir faktördür. Ayrıca BİT'ler son dönemlerde iletişim kalıplarını ve iş ilişkilerini radikal bir şekilde değiştirmiştir. BİT'ler ülkelerin kalkınmaları ve kapasitelerini geliştirmeleri için gerekli geleneksel aşamaları veya süreçleri atlamasına olanak tanımaktadır. Bu durum da bir ülkenin teknoloji sıçraması olarak tanımlanmaktadır (Adeleye & Eboagu, 2019). Analize dahil edilen BRICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika) ve MINT (Meksika, Endonezya, Nijerya, Türkiye) ülkelerinde genel anlamda BİT'lerin ekonomideki durumunu görebilmek amacıyla Şekil 1 verilmiştir.

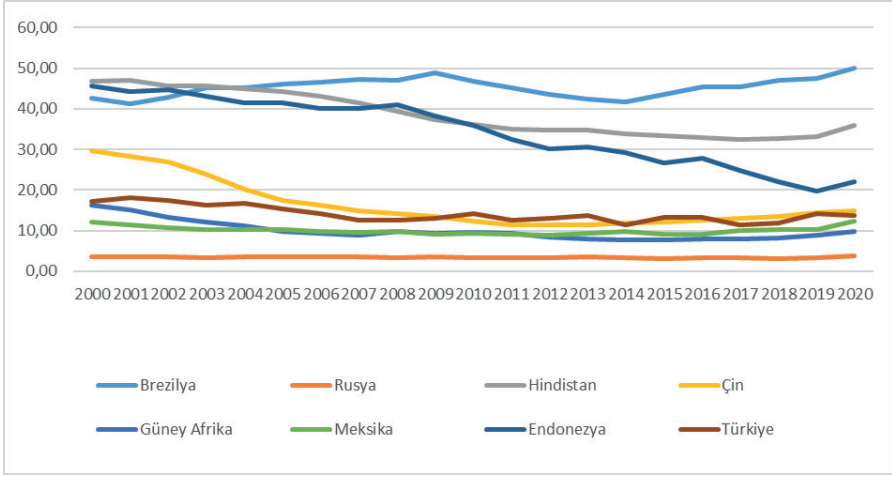


Şekil 1: BİT ürünlerinin Toplam Ticaret İçindeki Payı, 2000-2020 (%)

Kaynak: UNCTAD (2023)

Şekil 1’de BRICS ve MINT ülkelerinde BİT ürünlerinin toplam ticaret içindeki payı verilmiştir. Şekil 1’de de görüldüğü üzere Çin’de BİT’in toplam ticaret içindeki payı diğer ülkelere göre daha yüksektir. Çin’de BİT ürünlerinin toplam ticaret içindeki payı neredeyse 2006 yılına kadar sürekli artış göstermiştir. Ancak daha sonra düşüş gösterse de genel olarak dönem sonuna kadar stabil bir seyir izlediği söylenebilir. Çin’de BİT ürünlerinin toplam ticaret içindeki payı 2000-2020 döneminde ortalama %26,90’dır. Çin’den sonra Meksika’da BİT ürünlerinin toplam ticaret içindeki payı en yüksektir. Meksika’da BİT ürünlerinin toplam ticaret içindeki payı genel anlamda düşüş eğiliminde olduğu söylenebilir. 2000-2020 döneminde Meksika’da BİT ürünlerinin toplam ticaret içindeki payı ortalama %18’dir. Endonezya’da dönem başında BİT ürünlerinin toplam ticaret içindeki payı %12 civarında iken, bu oran dönem boyunca düşüş göstermiş ve dönem sonunda BİT ürünlerinin toplam ticaret içindeki payı yaklaşık %3’tür. Şekil 1’de görüldüğü üzere diğer ülkelerde BİT ürünlerinin toplam ticaret içindeki payı çok düşük ve bu oran %0-2 arasında değişkenlik göstermektedir.

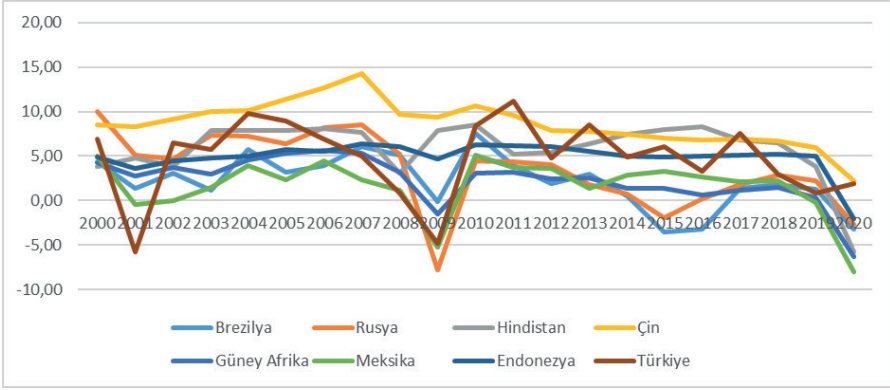
BİT gibi son dönemlerde yenilenebilir enerjinin de üretimde önemli bir girdi bileşenini oluşturduğu ve ekonomik büyüme için önemli bir dinamik olduğu ileri sürülebilir. Teknolojik gelişmeler, nüfusun artması, kentleşmenin hızlanması, sınai gelişme gibi faktörler enerji talebini de artırmaktadır (Yang vd., 2022). Bu bağlamda enerjinin büyümeye etkisi dikkat çekmektedir (Chen vd., 2023). Ancak bununla birlikte artan enerji tüketimi (özellikle büyük miktardaki kirletici gaz emisyonları) da insan sağlığını, ekonomik büyümeyi ve sosyal düzeni ciddi bir şekilde olumsuz etkilemektedir. Ayrıca küresel ısınma, deniz seviyesinin yükselmesi, hava kirliliği gibi problemler de ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle bu tür problemlerin önüne geçebilmek ve ayrıca sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketimi önem arz etmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları, endüstriyel alt yapının iyileştirilmesini teşvik edebilir ve diğer enerji kaynaklarına göre daha fazla istihdam olanağı sağlayabilir. Dolayısıyla yenilenebilir enerji tüketimi sürdürülebilir ekonomik büyümeyi destekleyebilir ve istihdamı artırabilir (Li vd., 2022; Tsimisarakı vd., 2023). Şekil 2, BRICS ve MINT ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payını göstermektedir.



Şekil 2: Yenilenebilir Enerji Tüketimi, 2000-2020 (%)

Kaynak: WDI (2023)

Şekil 2'ye göre 2005 yılından sonra Brezilya'da yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payı diğer ülkelere göre daha yüksektir. Brezilya'da yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payı ortalama %45'tir. Brezilya'dan sonra enerji tüketiminin toplam nihai enerji tüketimi içindeki payı en yüksek olan ülkeler Hindistan ve Endonezya'dır. Ancak bu ülkelerde enerji tüketiminin düşüş eğiliminde olduğu görülmektedir. Çin ekonomisinde dönem başında yenilenebilir enerji tüketimi oranı yaklaşık %30 iken dönem sonunda bu oran yaklaşık %15'e düşmüştür. Türkiye ekonomisinde yenilenebilir enerji tüketimi dönem boyunca ortalama %14 civarındadır. Yenilenebilir enerji tüketiminin en düşük olduğu ülke ise Rusya'dır. Güney Afrika ve Meksika'da da yenilenebilir enerji tüketiminin düşüş eğiliminde olduğu söylenebilir.



Şekil 3: Ekonomik Büyüme Oranları, 2000-2020 (%)

Kaynak: WDI (2023)

Şekil 3, BRICS ve MINT ülkelerinde ekonomik büyüme oranlarını göstermektedir. 2010 yılına kadar neredeyse en yüksek ekonomik büyüme oranı Çin ekonomisinde gerçekleştiği söylenebilir. Çin'de 2000-2020 döneminde ortalama büyüme oranı %8,69'dur. En düşük ekonomik büyüme oranı ise Meksika ekonomisinde gerçekleşmiştir. Meksika'da 2000-2020 döneminde ortalama ekonomik büyüme oranı %1,59'dur. Diğer ülkelerde ise 2000-2020 döneminde ortalama büyüme oranı Brezilya'da %2,15, Rusya'da %3,45, Hindistan'da %5,88, Güney Afrika'da %2,24, Endonezya'da %4,91 ve Türkiye'de %4,79'dur. Özellikle 2008-2009 küresel finans krizi döneminde bütün ülkelerde ekonomik büyüme ciddi anlamda düşüş göstermiştir.

BRICS ve MINT ülkelerin ekonomik büyüme verileri değerlendirildiğine ekonomik büyümenin dalgalı bir seyir izlediği ve özellikle kriz dönemlerinde büyümenin olumsuz etkilendiği görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmanın temel motivasyonu da BRICS ve MINT ülkelerinde ekonomik büyümenin sürdürülebilirliğini sağlamada bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) ve yenilenebilir enerji tüketiminin (YET) rolünü incelemektir. Bu amaçla BİT ve yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme için önemi ampirik olarak analiz edilmiştir. Ancak ampirik analiz kısmında Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) veri tabanında Nijerya ekonomisine ait BİT verileri olmadığından ötürü Nijerya analizlere dahil edilmemiştir. Çalışma dört kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda giriş yer almaktadır. Giriş kısmında genel olarak BİT ve yenilenebilir enerjinin önemi ve analize dahil edilen ülkelere ait veriler incelenmiştir. İkinci kısımda konu ile ilgili literatür

taraması yer almaktadır. Üçüncü bölümde çalışmanın ampirik kısmı yer almaktadır. Son olarak dördüncü bölümde sonuç kısmı yer almaktadır.

## 2. Literatür İncelemesi

Çalışmada, BRICS ve MINT ülkelerinde BİT ve yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme için önemi analiz edilmiştir. 1980 sonrası dönem başta olmak üzere özellikle 2000'li yıllardan sonra ekonomik açıdan BİT önemli bir dinamik haline geldiği söylenebilir. Küreselleşme eğilimlerinin hızlanması, dünya ekonomisinde üretimin parçalanması BİT'lerin ekonomik önemini artırmıştır. Benzer şekilde son dönemlerde yenilenebilir enerjinin ekonomik önemi gittikçe artmış ve büyümeye katkısı yoğun bir ilgi gördüğü ileri sürülebilir. Bu bağlamda literatürde BİT ve yenilenebilir enerjinin büyüme için önemini yoğun bir şekilde analiz eden ciddi bir ampirik literatür mevcuttur. Bu amaçla çalışmanın bu kısmında BİT ve yenilenebilir enerji ile ilgili yapılan ampirik çalışmaların kısa bir literatür incelenmesi yapılmıştır.

Apergis & Payne (2010) 1985-2005 dönemi için 20 OECD ülkesine yönelik yaptıkları analizde, uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ile büyüme arasında bir ilişki olduğunu ve bu dönemde yenilenebilir enerji tüketiminin büyümeyi pozitif etkilediği ileri sürmektedir. Çalışmada ayrıca hem kısa dönemde hem de uzun dönemde büyüme ve yenilenebilir enerji arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğuna dair bulgular sunulmaktadır. Ocal & Aslan (2013) ise Türkiye ekonomisine yönelik yaptıkları analizde, 1990-2010 döneminde yenilenebilir enerjinin büyümeyi negatif etkilediği belirtilmektedir. Pao & Fu (2013) Brezilya ekonomisinde, 1980-2010 döneminde yenilenemeyen enerji tüketimi ve toplam birincil enerji tüketiminin reel çıktı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını ancak aynı dönemde hidrolik olmayan yenilenebilir enerji tüketiminin reel çıktıyı pozitif etkilediğini ileri sürmektedir. Lin & Moubarak (2014) 1977-2011 dönemi için Çin ekonomisine yönelik yaptıkları çalışmada, Apergis & Payne (2010) tarafından yapılan çalışmaya benzer bulgular sunmaktadır. Lin ve Moubarak (2014) Çin ekonomisinde yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu vurgulamaktadır. Cho, Eunyeong & Kim (2015) 31 OECD ülkesi ve OECD üyesi olmayan 49 ülke için yaptıkları analizde, 1990-2010 döneminde gelişmiş ülkelerde yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümede önemli bir rol oynamadığı belirtilmektedir. Bu açıdan çalışma, Apergis & Payne (2010) tarafından yapılan çalışma ile ayrılmaktadır. Ancak gelişmekte olan ülkelerde ise aynı dönemde, yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümenin artmasına yol açtığını ve yenilenebilir enerjinin üretim girdisi için önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir. Çetin (2016),

Gelişmekte Olan Yedi Ülke (E-7)'de 1992-2012 döneminde yenilenebilir enerji tüketiminin reel GSYH'yi pozitif etkilediğini belirtmektedir. Benzer şekilde Koçak & Şarkgüneşi (2017), 1990-2012 döneminde Karadeniz ve Balkan ülkelerinde de uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında bir ilişki olduğunu ve aynı zamanda yenilenebilir enerjinin büyümeyi pozitif etkilediğini ileri sürmektedir. Bu çerçevede Dees & Auktor (2018) de MENA ülkeleri için yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasının büyüme için olumlu etkiler yarattığını vurgulamaktadır. Yang, Zhou & Feng (2022), Gelecek 11 ülkelerinde (Bangladeş, Endonezya, Filipinler, Güney Kore, İran, Meksika, Mısır, Nijerya, Pakistan, Türkiye ve Vietnam) 1990-2020 döneminde sadece kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi hızlandırdığını ileri sürmektedir. Ahmad & Majeed (2022) de 5 Güney Asya ülkesi için yaptıkları analizde, 1990-2018 döneminde yenilenebilir enerji tüketiminin çıktı büyümesi üzerinde pozitif ve anlamlı etkisi olduğu belirtilmektedir. Peçe vd. (2023) ise 1965-2019 dönemi için Türkiye ekonomisine yönelik yaptıkları çalışmada, uzun ve kısa dönemde yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını ileri sürmektedir. Bu anlamda Peçe vd. (2023), Türkiye ekonomisine yönelik elde ettikleri bulgular Ocal & Aslan (2013) çalışmasında elde edilen bulgulardan farklılaşmaktadır. Bunun nedeni ise her iki çalışmada ele alınan dönemin farklı olmasından kaynaklı olduğu söylenebilir. Madaleno & Nogueira (2023), 1994-2019 döneminde 27 Avrupa ülkesinde, Jia, Fan & Xia (2023) 2000-2019 döneminde Kuşak ve Yol üzerindeki ülkelerinde, Shen & Ren (2023) Çin'de yenilenebilir enerji tüketiminin büyümeyi pozitif ve anlamlı etkilediğini belirtmektedir. Ancak Aswadi vd. (2023) tarafında yapılan çalışmada, 1990-2019 döneminde Endonezya'da yenilenebilir enerji tüketiminin büyümeyi negatif etkilediği ileri sürülmektedir.

Sassi & Goaid (2013), 17 MENA ülkesine yönelik yaptıkları çalışmada, 1960-2009 döneminde BİT bileşenlerinin ekonomik büyümeyi pozitif ve anlamlı bir şekilde etkilediğine dair bulgular sunulmaktadır. Lee & Brahmasrene (2014), 1991-2009 döneminde dokuz Güneydoğu Asya ülkesinde BİT'lerin ekonomik büyümeyi pozitif etkilediğini belirtmektedir. Saidi, Hassen & Hammami (2015)'ye göre Tunus ekonomisinde de BİT ekonomik büyümeyi pozitif etkilemektedir. Albiman & Sulong (2016) tarafında 45 Sahra-Altı Afrika ülkesi için bir analiz yapılmıştır. Analizde ele edilen bulgulara göre, 1999-2014 döneminde mobil telefon ve internet kullanımı ekonomik büyümeyi artırmaktadır. Ancak çalışmada, doğrusal olmayan etki analizi sonuçlarına göre, BİT bileşenleri ekonomik büyümeyi yavaşlattığı ileri sürülmektedir. Albiman & Sulong (2016)'ya benzer bir şekilde Adeleye & Eboagu (2019) de 54 Afrika ülkesinde 2005-2015 döneminde



BİT gelişiminin ekonomik büyümeyi pozitif etkilediğini belirtmektedir. Pradhan, Mallik & Bagchi (2018), 2001-2012 dönemi için G-20 ülkelerinde yönelik yaptıkları çalışmada, sabit geniş bant ve internet kullanımının kişi başına düşen GSYİH'yı artırdığına dair bulgular sunmaktadır. Pradhan vd. (2020) da 1989-2016 döneminde 25 Avrupa ülkesinde BİT yayılımının ekonomik büyümeye olumlu bir etki yarattığını ileri sürmektedir. Farklı gelir gruplarında yer alan 128 ülke için analiz yapan Appiah-Otoo & Song (2021) da genel anlamda 2002-2017 döneminde BİT'lerin ekonomik büyümeyi artırdığını vurgulamaktadır. Fakat Cheng, Chien & Lee (2021) 72 ülke için yaptığı analizde, orta ve düşük gelirli ülkelerde BİT'lerin ekonomik büyümeye etkisinin belirsiz olduğunu ancak yüksek gelirli ülkelerde ise BİT yayılımının ekonomik büyümeyi artırdığını ileri sürmektedir. Kurnawati (2020) 1996-2017 döneminde OECD ülkelerinde BİT yayılımının, Liu vd. (2021) 1990-2015 döneminde Pakistan'da internet penetrasyonu ve mobil telefon kullanımının, Singa & Sengupta (2022) 2001-2017 döneminde 30 Asya-Pasifik ülkesinde, Verma, Dandgawhal & Giri (2023) ise, 2005-2019 döneminde 88 gelişmekte olan ülkede BİT'lerin ekonomik büyümeyi pozitif etkilediğini ileri sürmektedirler.

Literatürde hem yenilenebilir enerji ve hem de BİT'lerin ekonomik büyümeye etkisini birlikte analiz eden çalışmalar da yer almaktadır. Bu bağlamda Usman vd. (2021) 1990-2018 dönemi için Güney Asya ülkeleri (Bangladeş, Hindistan, Pakistan ve Sri Lanka) için yaptıkları analizde, sadece Hindistan'da uzun dönemde BİT'lerin ekonomik büyümeye etkisi pozitif ve anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte çalışmada, enerji tüketiminin Hindistan ve Pakistan'da kişi başına düşen GSYH'nın önemli bir belirleyici olduğu vurgulanmaktadır. Zarkovic vd. (2022) ise AB üyesi ülkeler için yaptıkları çalışmada, 2000-2020 döneminde yenilenebilir enerji tüketimi ve BİT kişi başına düşen GSYH'yı pozitif etkilediğini ancak yenilenemeyen enerji tüketiminin ise kişi başına düşen GSYH'yı negatif etkilediğine yönelik bulgular sunmaktadır. Dehmani, Mabrouki & Youssef (2023) ise 1980-2018 dönemine MENA ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi ve BİT'lerin ekonomik büyümeyi pozitif ve anlamlı etkilediğini belirtmektedir.

### **3. Veri ve Yöntem**

Bu çalışmanın metodolojik çerçevesi; veri ve modelin tanımlanması, teorik ve ampirik spesifikasyondan oluşmaktadır.



### 3.1. Veri ve Model

Bu çalışma, 1995-2018 döneminde BRICS ve MINT ülkelerinde bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) ile yenilenebilir enerji tüketiminin (YET) çalışan başına GSYH üzerindeki etkisini ampirik olarak araştırmaktadır. Bu ilişkiyi tahmin etmek için aşağıdaki teorik modelden yararlanılmıştır:

$$GSYH_{it} = f(BİT_{it}, YET_{it}) \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de GSYH, 2017 satın alma gücü paritesi ABD doları cinsinden ölçülen çalışan başına reel gayri safi yurtiçi hasılayı (GSYH); BİT, toplam üretimin % katma değeri, YET, toplam nihai enerji tüketimi % olarak yenilenebilir enerji tüketimini temsil edilmektedir. Çalışan başına GSYH verisi Penn World Table (PWT 10.0) veri tabanından alınarak logaritmik dönüştürme işlemi uygulandıktan sonra farkı alınarak büyüme oranı elde edilmiştir. BİT verisi OECD veri tabanı; YET verisi ise Dünya Bankası (WB) tabanından elde edilmiştir. Tablo 1'de çalışmada kullanılan veri seti ve veri kaynakları özetlenmektedir.

*Tablo 1: Değişkenler ve Veri Kaynakları*

Değişken	Tanım	Ölçüm	Kaynak
lnGSYH	Çalışan başına reel GSYH	Milyon 2017 satın alma gücü paritesi cinsinden ABD doları	PWT (2023)
lnBİT	Bilgi ve iletişim teknolojileri	Toplam üretimin % olarak katma değeri	OECD (2023)
lnYET	Yenilenebilir enerji tüketimi	% Toplam nihai enerji tüketimi	WB (2023)

Eşitlik [1]'deki teorik modelimizin doğal logaritmik formu şöyledir.

$$\ln GSYH_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln BİT_{it} + \beta_2 YET_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

Eşitlik [2]'de,  $\beta$  katsayıları,  $i$  dönemi,  $t$  yatay kesiti ve  $\mu_{it}$  hata terimini ifade etmektedir. Böylece modelimizin tam logaritmik formu tahmin edilecektir.

### 3.2. Ampirik Strateji

Bu çalışmada izlenen ampirik strateji birkaç adımdan olmaktadır. Birinci adımda, yatay kesit bağımlılığı test edilmektedir. İkinci adımda panel durağanlık sınaması yapılmıştır. Üçüncü adımda uzun dönem katsayıları tahmin edilmiştir. Dördüncü adımda ise panel nedensellik testi uygulanmıştır.

Birinci adım, paneli oluşturan seriler arasında yatay kesit bağımlılığının olup olmadığını sınınamaktır. Yatay kesit bağımlılığının sınınamasında Breusch-Pagan (1980) LM testi, Pesaran (2004) CD testi ve Pesaran, Ullah & Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Bias-corrected scaled LM testi kullanılmaktadır. Yatay kesit boyutunun zaman boyutundan büyük ( $N > T$ ) olduğu durumlarda Breusch-Pagan (1980) LM testi kullanılamamakta iken, Pesaran (2004) ve Pesaran Ullah & Yamagata (2008) CD testleri kullanılabilir.

İkinci adım olarak, bu çalışmada Pesaran'ın CIPS panel birim kök testi kullanılmıştır. CIPS birim kök testinin faydası, yatay kesitler arasındaki yatay kesit ilişkilerini hesaba katmasıdır.

Üçüncü adımda, modelin uzun dönem esneklerini tahmin etmek için Pesaran Shin & Smith (1999)'dan hareketle ampirik formda panel ARDL (Gecikmesi dağıtılmış otoregresif model) biçiminde şu şekilde ifade edilebilir:

$$\Delta \ln GSYH_{it} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \lambda_i \Delta \ln GSYH_{it-i} + \sum_{i=1}^{q_1} \delta_{1i} \Delta BIT_{it-i} + \sum_{i=1}^{q_2} \delta_{2i} \Delta YET_{it-i} + \beta_1 \ln GSYH_{it-1} + \beta_2 BIT_{it-1} + \beta_3 YET_{it-1} + \varepsilon_{1it} \quad (3)$$

Eşitlik (3), kısa ve uzun dönem dinamikleri olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Burada uzun dönem katsayıları  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  ve  $\beta_3$ ; kısa dönem katsayıları ise  $\lambda_i$ ,  $\delta_1$  ve  $\delta_2$  sembolleriyle ifade edilmiştir. Eşitlikte yer alan sembollerden  $p$  ve  $q$ , sırasıyla bağımlı değişken ve dağıtılmış gecikme kısmında kalan değişken için ilgili gecikme sıralarını;  $\varepsilon_{1it}$  ise hata terimini göstermektedir. Panel ARDL modelinde PMG tahmincisi kullanılmıştır.

Dördüncü adım olarak, bilgi ve iletişim teknolojileri ve yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki uzun vadeli nedensellik ilişkilerini ortaya koymak için Dumitrescu-Hurlin (D-H) panel nedensellik testi uygulanmıştır. Panelde nedensellik olmadığını ifade eden sıfır hipotezinin aksine, D-H testinin alternatif hipotezi en az bir yatay kesit biriminde nedensel bir ilişki olduğunu göstermektedir (Dumitrescu & Hurlin, 2012).

#### 4. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada BRICS ve MINT ülkelerinde BİT ile YET'in çalışan başına GSYH arasındaki ilişki 1995-2018 dönemi kapsamında panel ARDL / PMG yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir.

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Gözlemler	Maksimum	Minimum	Ortalama	Std. Sapma
lnGSYH	192	11.2938	8.3769	10.1152	0.7009
lnBİT	192	4.3032	3.5204	4.0032	0.1755
lnYET	192	3.9979	1.1568	2.8587	0.8352

Tablo 2, örneklemin 192 gözlemden oluştuğunu, en yüksek standart sapma değerinin lnYE (0.8352) değişkeninde, en düşüğünün ise lnBİT (0.1755) değişkeninde gözlemlendiğini göstermektedir.

Tablo 3: Yatay Kesit Bağımlılığı (CDS) Testi

Test	lnGSYH	lnBİT	lnYET
LM	527.2388 (0.000)	124.3691 (0.000)	364.1493 (0.000)
CD <sub>LM</sub>	66.7135 (0.000)	12.8778 (0.000)	44.9198 (0.000)
LM <sub>adj</sub>	66.5396 (0.000)	12.7039 (0.000)	44.7459 (0.000)
CD	22.8432 (0.000)	1.3195 (0.1870)	15.0120 (0.000)

**Not:** Pazantez içindekiler olasılık değerlerini göstermektedir.

Tablo 3 tüm değişkenler için ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığı olmadığı yönündeki boş hipotezi reddetmektedir. Başka bir ifadeyle, panelde yatay kesit bağımlılığı vardır. Bu nedenle analize CIPS birim kök testi ile devam edilecektir.

Tablo 4: Birim Kök Testleri

Değişken	Deterministik	Düzy		1. Fark		Sonuç
		t-ist.	p-değ.	t-ist.	p-değ.	
lnGSYH	Sabit	-2.0361	>=0.10	-2.1509	>=0.10	I (1)
	Sabit+Trend	-2.5911	<0.05	-3.3847	<0.01	
lnBİT	Sabit	-2.0511	>=0.10	-2.3436	>=0.10	I (1)
	Sabit+Trend	-3.7734	<0.01	-4.2489	<0.01	
lnYET	Sabit	-2.4942	<0.05	-2.9543	<0.05	I (0)
	Sabit+Trend	-3.8461	<0.01	-3.8003	<0.01	

Tablo 4'te CIPS birim kök testine göre bağımlı değişken  $\ln\text{GSYH}$   $I(1)$ 'de durağan iken, bağımsız değişkenlerden  $\ln\text{BİT}$ ,  $I(1)$ 'de ve  $\ln\text{YET}$  ise  $I(0)$ 'da durağandır. Buna göre, değişkenlerin hiçbiri CIPS birim kök testini 1'den büyük bir entegrasyon düzeyi ile geçmemekte ve bu da panel ARDL yaklaşımının uygulanabilirliğini göstermektedir.

Tablo 5: Panel ARDL/PMG Tahmin Sonuçları

$\ln\text{GSYH}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln\text{BİT}_{it} + \beta_2 \ln\text{YE}_{it} + \mu_{it}$				
Uzun Dönem Katsayıları				
Bağımlı Değişken: $\ln\text{GSYH}$				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-ist.	Olasılık
$\ln\text{BİT}$	0.8018	0.3462	2.3160	0.0222
$\ln\text{YET}$	0.3138	0.1796	1.7471	0.0831
Kısa Dönem Katsayıları				
Bağımlı Değişken: $\Delta\ln\text{GSYH}$				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-ist.	Olasılık
$\text{ECM}_{it-1}$	-0.2482	0.0749	-3.3135	0.0012
$\Delta\ln\text{GSYH}(-1)$	0.1937	0.1128	1.7176	0.0883
$\Delta\ln\text{BİT}$	-0.3181	0.1506	-2.1128	0.0366
$\Delta\ln\text{BİT}(-1)$	-0.0815	0.1422	-0.5728	0.5678
$\Delta\ln\text{YET}$	-0.2760	0.1541	-1.7914	0.0756
$\Delta\ln\text{YET}(-1)$	0.0014	0.0928	0.0155	0.9877
Sabit	1.4801	0.4906	3.0167	0.0031
Trend	0.0090	0.0024	3.7979	0.0002

**Not:** AIC bilgi kriterine göre optimal gecikme uzunluğu "2" olarak hesaplanmıştır.  $\Delta$  sembolü fark operatörünü ifade etmektedir. Bu modelde trend spesifikasyonu kapsamında üç farklı modelden yapılan sınamalara göre sabitin ve trendin yer aldığı modelin tahmin edilmesi uygun görülmüştür.

Tablo 5'te,  $\text{ECM}_{it-1}$  katsayısı, çalışan başına GSYH büyüme oranındaki herhangi bir kısa dönem sapmasının, uzun dönem denge değerine yıllık %24 oranında düzeltildiğini göstermektedir.  $\text{ECM}_{it-1}$  katsayısının negatif işaretli ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edildiğinden modelin uzun ve kısa dönem katsayıları yorumlanabilmektedir. Buna göre, BİT ve yenilenebilir

enerji tüketiminin ekonomik büyümeye etkisi uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitifdir. Ancak bu değişkenlerin kısa dönem büyüme etkilerinin anlamlı ve negatif olduğu saptanmaktadır. Uzun dönemde BİT ve yenilenebilir enerji tüketimindeki %1 birimlik artış, çalışan başına GSYH büyüme oranında sırasıyla %0,8 ve %0,3'lük bir artışa neden olmaktadır. BİT ve yenilenebilir enerji tüketiminin pozitif sürdürülebilir büyüme etkisi, Usman vd. (2021) ve Dehmani, Mabrouki & Youssef (2023) ile uyumludur.

Büyüme oranını temsil eden çalışan başına GSYH'nin logaritması aynı zaman da teknolojik değişmeyi ifade etmektedir. Bu durumda uzun dönemde BİT ile yenilenebilir enerji tüketimindeki artış ilgili zaman periyodunda BRICS ve MINT ülkelerinde teknolojik değişmeyi tetiklemektedir.

*Tablo 6: Dumitrescu Hurlin Panel Nedensellik Testi*

Null Hypothesis	W-İst.	Zbar-İst.	Olasılık	Sonuç
lnBİT nedeni değildir lnGSYH	3.6538	1.5136	0.1301	lnGSYİH→lnBİT
lnGSYH nedeni değildir lnBİT	4.3533	2.2769	0.0228	
lnYET nedeni değildir lnGSYH	7.0615	5.2322	0.0000	lnYET→lnGSYİH
lnGSYH nedeni değildir lnYET	3.2811	1.1070	0.2683	
lnYET nedeni değildir lnBİT	1.5809	-0.7482	0.4543	-
lnBİT nedeni değildir lnYET	2.1591	-0.1172	0.9066	

Tablo 6, Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testinin sonuçlarını göstermektedir. Buna göre, lnGSYH ile lnBİT ve lnYET ile lnGSYH arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmektedir. Ancak lnYET ve lnBİT arasında tek veya iki yönlü bir nedensellik ilişkisi saptanamamıştır. Buradan iki önemli sonuç çıkmaktadır. Birincisi, teknolojik gelişme ortamı BİT artmasına neden olmaktadır. İkincisi ise, yenilenebilir enerji tüketimi çalışan başına GSYH büyüme oranının artmasına neden olmaktadır.

## 5. Sonuç

Ekonomik büyümenin dinamikleri ve faktörleri çok çeşitli ise de ekonomik büyümeyi ölçen kişi başına reel GSYH, ekonomik kalkınmanın en önemli ölçütlerinden biridir. Bu bağlamda bilgi ve iletişim teknolojileri ve yenilenebilir enerji tüketimi gibi unsurlar 1980 sonrası dönemde uluslararası ekonomide önemli büyüme faktörleri haline gelmiştir. Büyüme süreçlerinde BİT, toplam faktör verimliliğini artırarak dünya üretiminin genişlemesinde de önemli bir rol oynamıştır. Bu motivasyon temelinde yapılan bu çalışmada

BRICS ve MINT ülkelerinde BİT ve YET faktörlerinin sürdürülebilir büyümeyi nasıl ve ne derecede etkilediğini analiz edilmiştir. Bu ülke grubunun seçilmesinin nedeni ise, bu ülkelerin dünya nüfusu ve üretiminin önemli bir kısmını oluşturmasıdır. Bu ülkelerin 1995-2018 dönemine ait BİT ve YET verileri üzerinden PMG tahmincisi kullanılarak Panel ARDL yöntemi uygulanmıştır. Daha sonra ise Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen bulgulara göre, 1995-2018 dönemi için BRICS ve MINT ülkelerinde, BİT ve yenilenebilir enerji tüketimi uzun dönemde ekonomik büyümeyi pozitif etkilemektedir. Sonuçlar, BRICS ve MINT ülkelerinde sürdürülebilir büyümeye ulaşmak için BİT'e yapılan yatırımları sürdürmek ve çevre dostu enerji türlerinin tüketimini genişletmek gerektiğini göstermektedir. Bu bulgular, yenilenebilir enerji hedeflerini destekleyen ve bunların kullanımını teşvik eden hukuki ve politik çerçevelerin uygulanmasının önemini vurgulamaktadır. Elde edilen bulgular çerçevesinde, BRICS ve MINT ülkelerinde sürdürülebilir ve kalıcı bir büyüme için BİT ve yenilenebilir enerji alanlarında seçici politikalar üretilmeli ve bu alanlara sürekli yatırım yapılmalıdır.

## Kaynakça

- Adeleye, N., & Eboagu, C. (2019). Evaluation of ICT development and economic growth in Africa. *Netnomics*(20), 31-53. doi:10.1007/s11066-019-09131-6
- Ahmad, W., & Majeed, M. T. (2022). Does renewable energy promote economic growth? Fresh evidence from South Asian economies. *Journal of Public Affairs*(22), 1-10. doi:10.1002/pa.2690
- Albiman, M. M., & Sulong, Z. (2016). The role of ICT use to the economic growth in Sub Saharan African region (SSA). *Journal of Science and Technology Policy Management*, 7(3), 306-329. doi:10.1108/JSTPM-06-2016-0010
- Apergis, N. (2015). Asymmetric real exchange rate pass-through and poverty in China: evidence from a nonlinear model. *Applied Economics Letters*, 22(12), 951-954. doi:10.1080/13504851.2014.990615
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD Countries. *Energy Policy*(38), 656-660. doi:10.1016/j.enpol.2009.09.002
- Appiah-Otoo, I., & Song, N. (2021). The impact of ICT on economic growth-Comparing rich and poor countries. *Telecommunications Policy*(45), 1-15. doi:10.1016/j.telpol.2020.102082
- Aswadi, K., Jamal, A., Syahnur, S., & Nasir, M. (2023). Renewable and non-renewable energy consumption in Indonesia: Does it matter for economic growth? *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(2), 107-116. doi:10.32479/ijeeep.13900
- Bakry, W., Nghiem, X.-H., Farouk, S., & Vo, X. V. (2023). Does it hurt or help? Revisiting the effects of ICT on economic growth and energy consumption: A nonlinear panel ARDL approach. *Economic Analysis and Policy*(78), 597-617. doi:10.1016/j.eap.2023.03.026
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253. doi:10.2307/2297111
- Cetin, M. A. (2016). Renewable energy consumption-economic growth nexus in E-7 countries. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11(12), 1180-1185. doi:10.1080/15567249.2016.1156195
- Chen, Y., Mamon, R., Spagnolo, F., & Spagnolo, N. (2023). Sustainable developments, renewable energy, and economic growth in Canada. *Sustainable Development*, 1-17. doi: <https://doi.org/10.1002/sd.2561>
- Cheng, C.-Y., Chien, M.-S., & Lee, C.-C. (2021). ICT diffusion, financial development, and economic growth: An international cross-country analysis. *Economic Modelling*(94), 662-671. doi:10.1016/j.econmod.2020.02.008



- Cho, S., Heo, E., & Kim, J. (2015). Causal relationship between renewable energy consumption and economic growth: comparison between developed and less-developed countries. *Geosystem Engineering*, 18(6), 284-291. doi:10.1080/12269328.2015.1053540
- Dahmani, M., Mabrouki, M., & Youssef, A. B. (2023). The ICT, financial development, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: dynamic panel CS-ARDL evidence. *Applied Economics*, 55(10), 1114–1128. doi:10.1080/00036846.2022.2096861
- Dees, P., & Auktor, G. V. (2018). Renewable energy and economic growth in the MENA region: empirical evidence and policy implications. *Middle East Development Journal*, 10(2), 225-247. doi:10.1080/17938120.2018.1520000
- Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460. doi:10.1016/j.econmod.2012.02.014
- Jia, H., Fan, S., & Xia, M. (2023). The impact of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from countries along the Belt and Road. *Sustainability*(15), 1-11. doi:10.3390/su15118644
- Koçak, E., & Şarkgüneşi, A. (2017). The renewable energy and economic growth nexus in Black Sea and Balkan countries. *Energy Policy*(100), 51-57. doi:10.1016/j.enpol.2016.10.007
- Kurniawati, M. A. (2020). The role of ICT infrastructure, innovation and globalization on economic growth in OECD countries, 1996-2017. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 11(2), 193-215. doi:10.1108/JSTPM-06-2019-0065
- Lee, J. W., & Brahmasrene, T. (2014). ICT, CO2 Emissions and Economic Growth: Evidence from a Panel of ASEAN. *Global Economic Review*, 43(2), 93-109. doi:10.1080/1226508X.2014.917803
- Li, C., Lin, T., Chen, Y., Yan, Y., & Xu, Z. (2022). Nonlinear impacts of renewable energy consumption on economic growth and environmental pollution across China. *Journal of Cleaner Production*, 368, 1-13. doi:10.1016/j.jclepro.2022.133183
- Lin, B., & Moubarak, M. (2014). Renewable energy consumption – Economic growth nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(40), 111-117. doi:10.1016/j.rser.2014.07.128
- Liu, X., Latif, Z., Xiong, D., Yang, M., Latif, S., & Wara, K. U. (2021). The nexus among globalization, ICT and economic growth: An empirical analysis. *Journal of Information Processing Systems*, 17(6), 1044-1056. doi:10.3745/JIPS.04.0227

- Madaleno, M., & Nogueira, M. C. (2023). How renewable energy and CO2 emissions contribute to economic growth, and sustainability—an extensive analysis. *Sustainability*(15), 1-15. doi:10.3390/su15054089
- Ocal, O., & Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(28), 494-499. doi:10.1016/j.rser.2013.08.036
- Pao, H.-T., & Fu, H.-C. (2013). Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(25), 381-392. doi:10.1016/j.rser.2013.05.004
- Peçe, M. A., Ceyhan, S., Kamacı, A., & Cengiz, V. (2023). The effects of renewable energy sources on Türkiye's economic growth: ARDL estimation. *Environmental Science and Pollution Research*(30), 45112–45122. doi:10.1007/s11356-023-25479-7
- Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. *IZA Discussion Paper No. 1240*. Germany: Institute for the Study of Labor (IZA). <https://docs.iza.org/dp1240.pdf>
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. P. (1999). Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panels. *Journal of the American Statistical Association*, 99(446), 621-634. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1999.10474156>
- Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127. doi:10.1111/j.1368-423X.2007.00227.x
- Pradhan, R. P., Arvin, M. B., Nair, M., & Bennett, S. E. (2020). Sustainable economic growth in the European Union: The role of ICT, venture capital, and innovation. *Review of Financial Economics*(38), 34-62. doi:10.1002/rfe.1064
- Pradhan, R. P., Mallik, G., & Bagchi, T. P. (2018). Information communication technology (ICT) infrastructure and economic growth: A causality evinced by cross-country panel data. *IIMB Management Review*(30), 91-103. doi:10.1016/j.iimb.2018.01.001
- Saidi, K., Hassen, L. B., & Hammami, M. S. (2015). Econometric analysis of the relationship between ICT and economic growth in Tunisia. *Journal of the Knowledge Economy*(6), 1191-1206. doi:10.1007/s13132-014-0204-9
- Sassi, S., & Goaid, M. (2013). Financial development, ICT diffusion and economic growth: Lessons from MENA region. *Telecommunications Policy*(37), 252-261. doi:10.1016/j.telpol.2012.12.004
- Shen, Y., & Ren, X. (2023). Asymmetrical effects of renewable energy consumption, financial development, and urbanization on the economic growth of China: does the role of technology matters. *Environmental Science and Pollution Research* (30), 50248–50256. doi:10.1007/s11356-023-25783-2

- Sinha, M., & Sengupta, P. P. (2022). FDI Inflow, ICT Expansion and Economic Growth: An Empirical Study on Asia-Pacific Developing Countries. *Global Business Review*, 23(3), 804-821. doi:10.1177/0972150919873839
- Tsimisaraka, R. S., Xiang, L., Andrianarivo, A. R., Josoa, E. Z., Khan, N., Hanif, M. S., Limongi, R. (2023). Impact of financial inclusion, globalization, renewable energy, ICT, and economic growth on CO2 Emission in OBOR Countries. *Sustainability*(15), 1-16. doi:10.3390/su15086534
- UNCTAD. (2023). *UNCTAD*. UNCTADStat: <https://unctadstat.unctad.org>
- Usman, A., Ozturk, I., Hassan, A., Zafar, S. M., & Ullah, S. (2021). The effect of ICT on energy consumption and economic growth in South Asian economies: An empirical analysis. *Telematics and Informatics*(58), 1-9. doi:10.1016/j.tele.2020.101537
- Verma, A., Dandgawhal, P. S., & Giri, A. K. (2023). Impact of ICT diffusion and financial development on economic growth in developing countries. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 28(55), 1-17. doi:10.1108/JEFAS-09-2021-0185
- WDI. (2023). *The World Bank*. World Development Indicators: <https://data-bank.worldbank.org/>
- Yang, L., Zhou, X., & Feng, X. (2022). Renewable energy led Economic Growth Hypothesis: Evidence from novel panel methods for N-11 economies. *Renewable Energy*(197), 790-797. doi:10.1016/j.renene.2022.07.025
- Yang, X., Ramos-Meza, C. S., Shabbir, M. S., Ali, S. A., & Jain, V. (2022). The impact of renewable energy consumption, trade openness, CO2 emissions, income inequality, on economic growth. *Energy Strategy Reviews*(44), 1-4. doi: 10.1016/j.esr.2022.101003
- Zarkovic, M., Lacic, S., Cetkovic, J., Pejovic, B., Redzepagic, S., Vodenska, I., & Vujadinovic, R. (2022). Effects of renewable and non-renewable energy consumption, GHG, ICT on sustainable economic growth: Evidence from old and new EU countries. *Sustainability*(14 ), 1-27. doi: /10.3390/su14159662