

Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: BRICS Ülkeleri Örneği

Emre Gökçeli¹

Özet

Sanayi devrimiyle birlikte üretimde kullanılan makinelerin insan gücünün yerini alması enerji sektörünü tüm devletlerin gözdesi haline getirmiştir. Daha yüksek ekonomik büyümeyi elde etmek için daha fazla enerji tüketimi kaçınılmaz hale gelmiştir. Artan enerji talebiyle beraber, yenilenemez kaynaklardan üretilen enerji tüketiminin çevresel bozulma üzerindeki etkisi son yılların araştırma konusu olmuştur. Yenilenemez enerjinin çevre kirliliği üzerindeki baskısını azaltmak amacıyla alternatif enerji kaynağı olan yenilenebilir enerji teşvik edilmiştir. Literatürdeki birçok araştırma yenilenebilir enerji ile çevresel bozulma üzerindeki ilişkiyi incelerken yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi ise daha az çalışılmıştır. Bu sebeple çalışmamızda yenilenebilir enerji ile yenilenemez enerji tüketiminin BRICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika) ülkelerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi sabit etkiler metodu kullanılarak 1990-2019 yılları boyunca incelenmiştir. Çalışmanın bulguları hem yenilenebilir enerjinin hem de yenilenemez enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki pozitif etkisini ortaya koymasına rağmen, yenilenebilir enerjinin büyüme üzerindeki olumlu etkisinin daha fazla olduğunu göstermiştir. Sabit etkiler modeline ilaveten sağlamlık testi olarak sistem genelleştirilmiş momentler yöntemi (GMM) kullanılmış ve elde edilen bulgular yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin daha büyük olduğunu doğrulamıştır. Çalışmanın sonucu, yenilenebilir enerji tüketiminin teşvik edilmesinin, sadece çevresel bozulmanın önlenmesine katkıda bulunmakla kalmayıp aynı zamanda ekonomik büyümeye de yenilenemez enerji tüketiminden daha fazla katkı sağladığını göstermektedir.

1 Dr. Öğr. Üyesi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, emre.gokceli@dpu.edu.tr, 0000-0002-8454-0041

1. Giriş

Enerji sektörü tüm dünya ülkeleri için daha fazla üretim ve daha yüksek ekonomik büyüme için gözde sektör haline gelmiştir. Milli geliri arttırma çabası ülkelerin daha fazla üretme iştahını kabartmış ve buna mukabil üretimde kullanılan enerji ihtiyacı daha önce hiç olmadığı kadar artmıştır. Enerji ihtiyaçların geleneksel yolla karşılanması (kömür, petrol, doğalgaz vs.) çevresel bozulma sorununu gündeme getirmiştir (Sadorsky, 2009). Bu konu son yıllarda birçok araştırmacının dikkatini çekmiş ve yapılan çalışmalar enerji tüketiminin çevresel bozulmaya sebep olduğunu ortaya koymuştur (Sehrawat vd., 2015; Rauf vd., 2018; Khan vd., 2021). Geleneksel enerji kaynaklarının alternatifi olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının ortaya çıkması (rüzgar, güneş, hidro vs.) yenilenebilir enerji tüketimi ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi yeni bir araştırma konusu haline getirmiştir. Yapılan çalışmalar genellikle yenilenebilir enerjinin çevresel bozulmayı azaltıcı etkisi olduğu sonucunu ortaya koymuşlardır. (Ahmad vd., 2020; Streimikiene & Akberdina, 2021). Yenilenebilir enerji ile ekonomik gelişme arasındaki ilişki de literatürde ilgi çeken konular arasında yerini almıştır.

Çalışmamızın amacı yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini BRICS ülkeleri özelinde 1990-2019 yıllarını boyunca incelemek, bu iki enerji tüketiminin etkilerini kıyaslayarak farklı etki düzeylerinin olup olmadığını belirlemek ve farklıysa muhtemel sebeplerini tartışmaktır. Bildiğimiz kadarıyla, bu çalışma yenilenebilir enerji ile yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini karşılaştıran ve bu analizi yaparken sabit etkiler modelini ve sağlamlık testi olarak da sistem GMM'i kullanan ilk çalışmadır. Bu yönüyle çalışmamız literatürdeki boşluğu doldurarak katkı sağlamaktadır.

Çalışmamızda BRICS ülkelerinin tercih edilmesi, bu ülkelerin sahip olduğu ortak özelliklerden kaynaklanmaktadır. Öncelikle, bu gruptaki ülkeler, üst orta gelir ekonomileri sınıflandırmasına dahil olup son yirmi yılda önemli ekonomik büyüme göstererek gelişmiş ülke grubuna dahil olma adayı haline gelmişlerdir. Yüksek ekonomik büyümeleri nedeniyle doğrudan yabancı yatırımları çekmekte ve uluslararası ticarete potansiyel ortak ülke konumuna gelmelerine yol açmıştır. Başka bir ortak özellikleri ise doğal kaynaklar açısından zengin olmalarıdır ki ekonomik büyümelerinde önemli bir faktördür. Yenilenebilir enerji üretimi ve tüketimi açısından bakıldığında, yenilenebilir enerji kaynaklarına gereken önemi verdikleri ve bu alanda somut adımlar atarak yenilenebilir enerji üretimi ve tüketimlerini geliştirmeye devam ettikleri görülmektedir (Fu vd., 2021). Bahsedilen ortak özellikler enerji tüketiminin yenilenebilir ve yenilenemez ayrımına tabi

tutarak ekonomik gelişme üzerindeki etkisini incelemek için BRICS ülke grubunu cazip hale getirmiştir.

Çalışmamızın geri kalan kısmının düzenlenişi şu şekildedir: Literatür taraması kısmında enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar kısaca özetlenmiş, ardından enerji tüketimini yenilenebilir ve yenilenemez şeklinde ayırım yapılan araştırmalar detaylandırılmıştır. Veri seti ve metot bölümünde modelde kullanılan değişkenlerin tanımı, kaynakları ve modelde kullanılan ekonometrik metotlar açıklanmıştır. Sonraki bölümde ise regresyon sonuçları sunulmuş ve detaylıca açıklanmıştır. Sonuç bölümünde elde edilen bulgular kısaca özetlenmiş, politikacılar için bazı çıkarımlar yapılmış ve gelecek çalışmalar için birtakım öneriler sunulmuştur.

2. Literatür Taraması

Literatürde enerji tüketiminin çevresel bozulma üzerindeki etkileri son zamanlarda büyük ilgi gören ve yoğun bir şekilde araştırılan bir konu olmasına rağmen, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki de dikkat çekmeye devam eden bir araştırma konusu olmaya devam etmektedir. Bu ilişki genellikle dört temel hipotez- büyüme, koruma, geri bildirim ve yansızlık üzerinde tartışılmış ve sonuç olarak bu hipotezlerden biri desteklenmiştir (Destek & Aslan, 2017). Büyüme hipotezine göre, enerji tüketimi üretim faktörlerini tamamlayıcı bir unsur olarak görülür ve tüketimdeki artışın ekonomik büyümeyi pozitif bir şekilde etkileyeceği savunulur. Koruma hipotezi büyüme hipotezinin aksine ekonomik büyümenin enerji tüketimini artıran bir faktör olduğunu ileri sürerek bu hipotezin karşıtını savunur. Tarafsızlık hipotezi ise büyüme ile ekonomik gelişme arasında herhangi bir ilişkinin olmadığını öne sürer. Son olarak, geri bildirim hipotezi hem enerji tüketiminin ekonomik gelişmeyi hem de ekonomik gelişmenin enerji tüketimini etkilediğini öne sürmektedir.

Yukarıda açıklanan hipotezlerin analizi genellikle toplam enerji tüketimi ile ekonomik gelişme arasındaki ilişki üzerine yapılırken, bazı çalışmalar sadece yenilenebilir enerjiye bazıları da sadece yenilenemez enerjiye odaklanarak ikisi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Ancak yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik gelişme üzerindeki etkilerini ayrı ayrı inceleyen çalışmalar mevcut olsa da göreceli olarak literatürde daha az yer bulmuştur. Bu nedenle, literatür taraması bölümünde öncelikle genel enerji tüketimi ile ekonomik gelişme ilişkisini inceleyen çalışmalar, ardından sadece yenilenebilir enerji tüketimine odaklanan çalışmalar daha sonra da sadece yenilenemez enerji tüketimini baz alan çalışmalar kısaca özetlenecektir. En sonda yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimlerinin

ekonomik gelişme üzerindeki etkilerini ele alan çalışmalara daha detaylı bir şekilde odaklanılacaktır.

Apergis ve Payne (2010), enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini 1980-2005 dönemi boyunca 9 Güney Amerika ülkesi için panel eşbütünleşme testi ve hata düzeltme modelleri kullanarak incelemiştir. Çalışmanın bulguları enerji tüketiminin ekonomik büyümeye olumlu etkisi olduğunu ortaya koymuş ve büyüme hipotezini desteklemiştir. Benzer şekilde, Ozturk ve Acaravci (2010) tarafından Türkiye için ARDL sınır testi kullanılarak yapılan bir çalışma, tarafsızlık hipotezini destekleyerek enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde etkisinin olmadığı sonucuna varmıştır. Stern ve Enflo (2013) ise enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi İsveç özelinde incelemiş ve korumacı hipotezi destekleyen sonuçlar elde etmiştir.

Menegaki (2011), 27 Avrupa Birliği ülkesi için rassal etkiler yöntemini kullanarak yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Çalışmanın sonucu, yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstererek tarafsızlık hipotezini desteklemiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik gelişme arasındaki ilişkiyi inceleyen başka bir çalışma ise Lin ve Moubarak (2014) tarafından Çin için 1977-2011 yılları arasında ARDL sınır testi kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucu geri bildirim hipotezini desteklemiştir. Chag vd. (2015) ise G7 ülkeleri için yenilenebilir enerji ile ekonomik gelişme arasındaki ilişkiyi Emirmahmutoglu ve Kose (2011) tarafından önerilen nedensellik testini kullanarak incelemiş ve geri bildirim hipotezini desteklemiştir. Yenilenebilir enerji üzerine başka bir çalışma ise Koçak ve Şarkgüneşi (2017) tarafından, 1990-2012 yılları arasında 9 Karadeniz ve Balkan ülkesi için Pedroni eşbütünleşme testi, Dumitrescu ve Hurlin panel nedensellik testlerini kullanarak araştırmışlardır. Çalışmanın bulguları, farklı ülkeler için farklı sonuçlar ortaya koymuş ve ülkelerin geneli için hem yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini hem de ekonomik gelişmenin yenilenebilir enerji üzerindeki olumlu etkisini bularak geri bildirim hipotezini desteklemiştir. Yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, Durğun ve Durğun (2018) tarafından ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testi uygulanarak Türkiye için incelenmiştir. Çalışmanın sonucu, enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediğini göstererek büyüme hipotezini doğrulamıştır.

Çemrek ve Burhan (2014) yenilenemez enerji türlerinden olan petrol tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi sabit ve rassal etkiler modellerini kullanarak Türkiye ve AB üyesi ülkeler için 1990-2010 yılları

arasında incelemiştir. Çalışmanın sonucu, petrol tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin pozitif fakat zayıf olduğunu göstermiştir. Uçak ve Usupbeyli (2015) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, petrol tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki 1971-2013 yılları boyunca için Türkiye için incelenmiştir. Bu çalışmanın bulguları, petrol tüketimi ile ekonomik büyüme arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstermiş ve yansızlık hipotezini doğrulamıştır. Doğal gaz tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen başka bir çalışma ise Apergis ve Payne (2010) tarafından 67 ülke için 1992-2005 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucu, doğal gaz ile ekonomik büyüme arasında iki yönlü bir ilişkinin varlığını göstermiş ve geri bildirim hipotezinin geçerliliğini ortaya koymuştur. Benzer bir çalışma, Shahbaz vd. (2013) tarafından Pakistan için yapılmış ve doğal gaz tüketiminin uzun dönemde ekonomik büyümeyi artırıcı bir etkisi olduğu bulunarak büyüme hipotezi desteklenmiştir.

Yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimlerinin ayrı olarak ekonomik büyüme üzerindeki etkisi, Birleşmiş Milletler verileri kullanılarak 1949-2006 yılları boyunca Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanılarak Payne (2009) tarafından analiz edilmiştir. Analizin bulguları, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimlerinin ekonomik gelişme üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etkisi olmadığını göstererek tarafsızlık hipotezini doğrulamıştır.

Fu vd. (2021), BRICS ülkeleri için düzenlenmiş/en küçük kareler yöntemi ve dinamik en küçük kareler yöntemi kullanarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının hem ekonomik büyüme hem de çevresel kirlilik (karbondioksit - CO₂) üzerindeki etkilerini test etmişlerdir. Çalışmasında enerji kaynaklarını yenilenebilir ve yenilenemez olarak ayırma da ikisinin ekonomik büyüme üzerindeki ilişkilerini karşılaştırmamıştır. Analiz sonuçlarını enerji tüketimlerinin ekonomik büyüme üzerindeki olumlu etkisi şeklinde sunarak büyüme hipotezini desteklemiştir.

BRICS ülkeleri baz alınarak yapılan başka bir çalışma ise Banday ve Aneja'ya (2020) aittir. Yenilenebilir ve yenilenemez enerji ile ekonomik büyüme ve karbon salınımı arasındaki ilişkiyi bootstrap panel nedensellik testi kullanılarak 1990-2017 dönemi baz alınarak araştırmışlardır. Bulgular, yenilenebilir enerji tüketimi ile ilgili olarak Çin, Rusya ve Brezilya için geri bildirim hipotezini desteklerken Güney Afrika için büyüme hipotezi ve Hindistan için tarafsızlık hipotezini desteklemiştir. Yenilenemez enerji baz alındığında ise Hindistan, Çin, Rusya ve Brezilya ülkeleri için büyüme hipotezi doğrulanırken Güney Afrika için tarafsızlık hipotezi doğrulanmıştır.

Yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini inceleyen başka bir çalışma, Destek ve Aslan (2017)

tarafından bootstrap panel nedensellik testi uygulanarak yükselen ekonomiler içinde yer alan 17 ülke baz alınarak yapılmıştır. Yenilenebilir enerji baz alındığında büyüme hipotezi yalnızca Peru için desteklenirken, Kolombiya ve Tayland için korumacı hipotez, Yunanistan ve Güney Kore için geri bildirim hipotezi ve kalan 12 ülke için de tarafsızlık hipotezi desteklenmiştir. Yenilenemez enerji baz alındığında ise büyüme hipotezi Çin, Kolombiya, Meksika ve Filipinler için, korumacı hipotez Mısır, Peru ve Portekiz için, geri bildirim hipotezi sadece Türkiye için ve tarafsızlık hipotezi ise kalan 9 ülke için desteklenmiştir.

Bu bölümde ayrıntılı olarak gösterildiği üzere enerji tüketimlerinin ekonomik gelişme üzerindeki etkileri gerek bir enerji tüketimin topyekün olarak, gerek yenilenebilir veya yenilenemez özelinde, gerekse de yenilenebilir ve yenilenemez ayırımına tabi tutularak farklı ülke ve ülke grupları üzerinde farklı ekonometrik metotlar kullanılarak araştırılmıştır. Fakat çalışmaların sonuçları göstermiştir ki enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi üzerinde ortak bir sonuca varılmamıştır. Biz de bu çalışmamızda enerji tüketimini yenilenebilir ve yenilenemez enerji ayırımına tabi tutarak ikisinin etkilerinin farklı olup olmadığını, eğer farklıysa muhtemel sebeplerini açıklamaya çalıştık. Daha önce yapılmış hiçbir çalışmada yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri kıyaslanmamış ve muhtemel sebepleri tartışılmamıştır. Bu bağlamda çalışmamız literatüre muhtemel sebepleri değerlendirerek de katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

3. Veri Seti ve Metot

Bu çalışma, BRICS ülkeleri için 1990-2019 yılları boyunca yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla sabit etkiler modelini kullanmıştır. Analizde bağımlı değişken olarak kişi başına düşen gayrisafi yurt içi hasıla 2015 yılındaki kurlar baz alınarak dolar cinsinden ifade edilmiştir. Yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi ise bağımsız değişkenler olarak modele dahil edilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi, toplam nihai enerji tüketiminin içindeki yenilenebilir enerjinin payı olarak ifade edilirken, yenilenemez enerji tüketimi, toplam nihai enerji tüketiminin içindeki yenilenemez enerjinin payı olarak yüzdesel şekilde kullanılmıştır. Bu değişkenlerin yanı sıra, literatürde gayrisafi yurt içi hasılının belirleyicileri olarak en sık kullanılan bazı değişkenler de kontrol değişkenleri olarak modele dahil edilmiştir. Bunlardan ilki kamu harcamalarıdır ve nihai mal ve hizmet alımı için harcanılan toplam parasal miktarın GSYH'ya oranı şeklinde yüzdesel olarak ifade edilmiştir. Diğer bir kontrol değişkeni ise enflasyondur ve tüketici fiyat endeksi ile ölçülerek yıllık ortalama tüketici maliyetindeki yüzde değişimi yansıtır. Yurt içi yatırımlar ise

ekonominin sabit varlıklarına yapılan ilave harcamalar ile stok seviyesindeki net değişikliklerin GSYH'ya bölünmesi şeklinde hesaplanmıştır. Son olarak, nüfus verisi, 15 ile 64 yaş arasındaki nüfusun toplam nüfusa oranını ifade eder. Bahsedilen tüm veriler, Dünya Bankası veri tabanından elde edilmiştir. Tüm değişkenlerle ilgili ayrıntılı bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Veri Tanımları

Değişkenler	Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
GSYH	150	5103.457	2903.102	528.8982	10155.51
YET	150	25.11173	17.39023	3.18	52.95
YNET	150	74.88827	17.39023	47.05	96.82
KH	150	16.17241	3.170221	9.80247	21.06711
YT	150	26.25553	9.598406	14.16121	46.66012
N	150	65.96072	4.34598	56.83484	72.93736

Analizde sabit etkiler metodu kullanmadan önce rassal etkiler ile sabit etkiler arasındaki seçimin belirleyicisi olan Hausman testine başvurulmuştur. Boş hipotezi rassal değişkenin daha uygun olduğunu ileri süren Hausman testinin olasılık değeri (p değeri) 0,05'in üzerinde çıktığı için boş hipotez reddedilerek analize sabit etkiler modeliyle devam edilmiştir. Sabit etkiler modelinin en büyük avantajı zamanla değişmeyen değişkenlerin kontrol edilmesidir (Türedi, 2018). Bu durum özellikle gözlemlenmesi imkansız olan durumlarda daha da önem kazanmaktadır. Sabit etkiler modelinin uygulanması aşağıda sunulan eşitlik baz alınarak yapılmıştır:

$$GSYH_{i,t} = \alpha + \beta_1 YET_{i,t} + \beta_2 YNET_{i,t} + \gamma X_{i,t} + \eta_i + u_{i,t} \quad (1)$$

Yukarıdaki denklemde, GSYH kişi başına düşen gayrisafi yurt içi hasılayı temsil ederken, YET ve YNET sırasıyla yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketim oranlarını ifade etmektedir. X ise modelde kullanılan kontrol değişkenlerini temsil etmektedir. β_1 ve β_2 yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimlerinin katsayılarını gösterirken γ ise kontrol değişkenlerinin katsayılarını temsil etmektedir. Modeldeki ' γ ' birimleri (ülkeleri) ' γ ' ise zamanı ifade etmektedir. ' η ' ise zamanla değişmeyen ülke özelliklerini temsil etmektedir. Son olarak ' u ' ise hata terimlerini temsilen eşitlikteki yerini almıştır.

Modeldeki bazı bağımsız değişkenlerin endojen olma ihtimali nedeniyle içsellik sorunu ortaya çıkabilmektedir. Daha açık bir ifadeyle, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi gayrisafi yurt içi hasılayı etkileyebilirken, yurt içi

hasıladaki artış da enerji tüketimlerini etkileyebilir, bu eşzamanlılık modelde içsellik sorununu meydana getirmektedir (Aziz, 2018). Sistem GMM analizi, değişkenlerin gecikmeli değerlerini kullanarak bu sorunu çözmektedir. Bu yöntem, aynı zamanda sabit etkiler modelinde olduğu gibi ülkelerin özgül özelliklerini de dikkate almaktadır (Azman-Saini vd., 2010).

Ülkeye özgü etkilerin ortadan kaldırılması için ilk olarak Arellano ve Bond (1991) sabit etkilerde yazılan eşitlik (2)'yi birinci farka dönüştürerek aşağıdaki denklem (3)'ü önermiştir:

$$GSYH_{i,t} = \alpha + \lambda GSYH_{i,t-1} + \beta_1 YET_{i,t} + \beta_2 YNET_{i,t} + \gamma X_{i,t} + \eta_i + u_{i,t} \quad (2)$$

$$GSYH_{i,t} - GSYH_{i,t-1} = \alpha (GSYH_{i,t-1} - GSYH_{i,t-2}) + \beta_3 (YET_{i,t} - YET_{i,t-1}) + \beta_2 (YNET_{i,t} - YNET_{i,t-1}) + \gamma (X_{i,t} - X_{i,t-1}) + (\epsilon_{i,t} - \epsilon_{i,t-1}) \quad (3)$$

Yukarıdaki denklem birinci farklar GMM'den başka birşey değildir. Fakat, Blundell ve Bond (1998) açıklayıcı değişkenler kalıcı olduğunda değişkenlerin gecikmeli seviyeleri zayıf araçlar haline geleceğini öne sürmüşlerdir. Zayıf enstrümanların küçük örneklerde yanlış parametre tahminlerine ve asimptotik olarak daha büyük varyansa yol açabileceğini göstermişlerdir. Bir çözüm olarak, Arellano ve Bover (1995) ile Blundell ve Bond (1998), gecikmeli farkların moment koşulları olarak kullanıldığı bir sistem GMM tahmincisini önermişlerdir. Bu, seviye denklemi (Denklem 2) için araç olarak gecikmeli farkları (Denklem 3) kullanmanın yanı sıra, fark denklemi için gecikmeli seviyelerin moment koşullarının da kullanılmasını içerir (Aziz, 2018).

4. Analiz Sonuçları

Tablo 2'de görüldüğü üzere hem yenilenebilir hem de yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik gelişme üzerindeki etkileri pozitif ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlıdır. Başka bir ifadeyle, enerji tüketimindeki artışlar daha büyük ekonomik büyüme ile ilişkilidir. Edinilen sonuç literatürdeki bulgularla benzerlik göstermiştir (Apergis & Payne, 2010). Ancak hangi tür enerji tüketiminin büyüme üzerinde daha fazla veya az etkisi olduğunu görmek için katsayıları karşılaştırmak gerekmektedir. Yenilenebilir enerji tüketiminin katsayısı yaklaşık 0,00011'dir, ki bu da kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik artışın karşılığında kişi başına düşen gayrisafi yurt içi hasılanın 0,00011 dolar arttığını göstermektedir. Buna karşılık, yenilenemez enerji tüketiminin katsayısı yaklaşık 0,00007'dir. Başka bir deyişle, yenilenemez enerji tüketimindeki %1'lik artışın karşısında kişi başına düşen gelirin 0,00007 dolar arttığını gösterir ki bu da yenilenebilir enerji tüketiminin gelir üzerindeki etkisinin neredeyse yarısıdır.

Tablo 2. Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Tüketiminin Etkileri, Sabit Etkiler Modeli

Değişkenler	Katsayılar	Std. Hata	t-istatistiği	P-değeri
YET	0.0001079***	0.0000242	4.47	0.000
YNET	0.0000699***	0.000000561	12.45	0.000
ENF	-0.0000991*	0.000051	-1.94	0.054
KH	0.0278861*	0.0151494	1.84	0.068
YT	0.0127507**	0.0051123	2.49	0.014
N	0.0706704***	0.0065349	10.81	0.000
Sabit	20.61485***	0.4774964	43.17	0.000
R ² : 0.8733	Hausman test: 84.03 (0.000)	F-istatistiği: 156.18 (0.000)	Gözlem sayısı: 147	

Not: Hausman testinin ve F-istatistiğinin P değerleri parantez içinde verilmiştir: () istatistiksel olarak %10 anlamlılık seviyesini, (**) %5 anlamlılık seviyesini ve (***) %10 anlamlılık seviyesini göstermektedir.*

Yenilenebilir enerjinin kişi başına düşen GSYH üzerindeki etkisinin yenilenemez enerji tüketiminden fazla olmasının muhtemel nedenlerini şu şekilde açıklayabiliriz: Yenilenebilir enerji tüketiminin artışı, ülkelerin fosil yakıtlardan ithal edilen enerji kaynaklarına olan bağımlılığını azaltmalarına yardımcı olur. Bu, ülkeleri öngörülemeyen küresel enerji fiyatlarının etkilerinden korur ve enerji ithalatına bağlı olan ülkelerin ticaret açıklarını azaltarak ekonomik büyümeye olumlu katkıda bulunabilir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynakları genellikle fosil yakıtlara göre daha verimlidir. Bu artan verimlilik, maliyetleri düşürebilir ve farklı ekonomi sektörlerinde üretkenliği artırarak GSYH üzerinde artırıcı bir etki yaratabilir. Son olarak, hükümetler tarafından sağlanan yenilenebilir enerji kullanımına yönelik teşvikler, firmaların üretimini olumlu bir şekilde etkileyerek ekonomik büyümeye katkı sağlayabilir.

Kontrol değişkeni olarak kullanılan enflasyon, ekonomideki tahmin edilebilirliği gösteren bir göstergedir ve artan enflasyon, fiyatların yükselmesi nedeniyle tüketimi ve dolayısıyla yatırımları olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, enflasyonun ekonomik büyüme üzerinde negatif bir etkisi olması beklenir. Analiz sonuçlarına göre, enflasyonun %1 artışıyla kişi başına düşen gelirin yaklaşık olarak 0,0001 Dolar azaldığı görülmektedir. Ekonomik büyümeyi etkileyen diğer bir değişken ise kamu harcamalarıdır ve bu değişkenin gelir üzerindeki etkisinin pozitif olması beklenir. Tablodan görüleceği üzere, kamu harcamalarının katsayısı pozitifdir. Başka bir deyişle, kamu harcamalarındaki %1'lik artış, kişi başına düşen GSYH'de yaklaşık olarak 0,027 dolarlık bir artışla ilişkilidir. GSYH üzerindeki başka bir olumlu etki, yatırımlardan

gelmektedir. Beklendiği gibi, yatırımlarla ekonomik büyüme arasındaki ilişki pozitifdir. Daha açık bir ifadeyle, yatırımlardaki %1'lik artış, kişi başına düşen geliri yaklaşık olarak 0,013 dolar artırır. Son kontrol değişkeni olan nüfusun etkisi de pozitifdir. Nüfus değişkeni sadece çalışma çağındaki yaş aralığını ifade ettiği için, gelir üzerindeki etkisinin pozitif olması beklenir. 15-64 yaş aralığındaki nüfustaki %1'lik artış, kişi başına düşen geliri 0,07 dolar artırır.

Tablonun en alt sütununda Hausman testinin sonucuna yer verilmiştir. P değeri %5'ten küçük olduğu için, rassal etkiler modeli ile uyumlu olduğunu savunan boş hipotez reddedilir. Bu sonuç, analiz için sabit etkiler modelinin daha uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca, tablonun son sütununda R² değeri de verilmektedir. Tahmin edilen modelin R² değeri yaklaşık olarak 0,87'dir, bu da kullanılan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken olan kişi başına gelirdeki değişikliklerin %87'sini açıkladığını göstermektedir. Tabloda F istatistiğine de yer verilmektedir. Bu test, boş hipotez olarak modeldeki tüm bağımsız değişkenlerin sifıra eşit olduğunu öne sürer. Yani, bu test modelin istatistiksel olarak anlamsız olup olmadığını değerlendirir. Ancak, P değeri 0,05'ten küçük olduğundan, bu durumda boş hipotez reddedilir ve modelin anlamlı olduğu sonucuna varılır.

4.1. Sağlık Testi

Daha önce de belirtildiği gibi yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi sabit etkiler modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Fakat sabit etkiler modelinin muhtemel içsellik sorunu durumunda sonuçların güvenilirliği şaibeli olacağı göz önüne alınarak Arellano ve Bover (1995) ile Blundell ve Bond (1998) tarafından geliştirilen Sistem GMM kullanılarak sonuçların güvenilirliği test edilmiştir.

Tablo 3. Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Tüketiminin Etkileri, Sistem GMM

Değişkenler	Katsayılar	Std. Hata	z-istatistiği	P-değeri
GSYH(-1)	0.9938097***	0.1043552	9.52	0.000
YET	0.4234459***	0.1512088	2.80	0.005
YNET	0.0354207*	0.0190682	1.86	0.063
ENF	-0.174567	0.1593867	-1.10	0.273
KH	1.793595***	0.169345	10.59	0.000
YT	2.067343***	0.1679218	12.31	0.000
N	0.1434143	0.3296496	0.44	0.664
Sabit	14.3045	14.78606	0.97	0.333
Sargan test: 25.97 (0.521)		Arellano-Bond test AR(2): -0.51 (0.680)		

Not: () istatistiksel olarak %10 anlamlılık seviyesini, (**) %5 anlamlılık seviyesini ve (***) %10 anlamlılık seviyesini göstermektedir. AR(2) ve Sargan test istatistiklerinin P-değerleri parantez içinde verilmiştir.*

Sistem GMM kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir. İlk bağımsız değişken olarak kişi başına düşen GSYH'yi temsil eden GSYH'nin gecikmeli değeri kullanılmıştır ki bu da modelin dinamik yapısını göstermektedir. Geçen dönemdeki kişi başına düşen GSYH'daki %1'lik artış karşısında mevcut dönemdeki GSYH %0,99 artış göstermektedir.

Enerji tüketimlerin GSYH üzerindeki etkisine baktığımızda ise hem yenilenebilir hem de yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin pozitif olduğu görülmektedir. Bir önceki analizde yaptığımız gibi ikisinin katsayılarını karşılaştırarak her ikisinin de farklı düzeyde etkisinin olup olmadığına bakıldığında yenilenebilir enerji katsayısının yenilenemez enerjiden daha büyük olduğu aşıkardır. Daha açık bir deyişle, yenilenebilir enerji tüketiminin kişi başına düşen GSYH üzerindeki etkisi yenilenemez enerji tüketiminden daha büyüktür ki bulunan bu sonuç sabit etkilerle yapılan analizin bulgularını desteklemektedir. Kontrol değişkenlerin etkilerine baktığımızda, bir önceki analizdeki sonuçlarla tamamen paralellik göstermektedir. Farklı olarak sadece enflasyon ve nüfus değişkenlerinin anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.

GMM tahmincisinin tutarlılığı iki farklı teste dayanmaktadır: Sargan testi ve seri korelasyon için AR(2) testi. Dinamik modelde kullanılan araçların geçerliliği Sargan testi ile sınanmıştır. P değeri 0,05'in altında olmadığından, araç değişkenlerinin geçerliliğini gösteren boş hipotez reddedilmemiştir. Otokorelasyon testi ise Arellano-Bond AR(2) testi ile gerçekleştirilmiş ve ikinci dereceden seri korelasyonun olmadığını gösteren boş hipotez reddedilmediği için GMM tahmincilerinin tutarlılığı doğrulanmıştır.

Sonuç

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, refahlarını artırmak amacıyla üretim seviyelerini yükseltmeye çalışmaktadır. Teknolojik ilerleme ile birlikte işgücünün yerini alan makineler, üretim seviyelerini artırdığı gibi enerji ihtiyacını da artırmıştır. Enerji tüketimindeki bu artış, çevresel sorunları beraberinde getirmiş ve yenilenebilir enerji kullanımını teşvik edilmiştir. Literatürde çevre ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişki daha fazla incelenmişken, yenilenebilir enerjinin ekonomik gelişme üzerindeki etkisi daha az araştırılmıştır. Bu bağlamda, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi, BRICS ülke grubu için 1990-2019 yılları boyunca sabit etkiler modeli ve GMM kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışmanın sonuçları hem yenilenebilir enerji tüketiminin hem de yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi hızlandırdığını

göstermektedir. Bu iki etki karşılaştırıldığında, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin yenilenemez enerjiden daha büyük olduğu görülmüştür. Sağlamlık testi olarak kullanılan sistem GMM de bu sonucu doğrulamıştır. Yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin daha fazla olması başlıca üç nedenle açıklanabilir: İlk olarak, fosil yakıtlardan üretilen enerji ülkelerin enerjiye olan ithal bağımlıklarını azaltır ve ülkeleri öngörülemez küresel enerji fiyat artışlarının etkilerinden korur, bu da dış ticaret açıklarını azaltır ve ekonomik büyümeye katkı sağlar. İkinci olarak, yenilenebilir enerji kaynakları, yenilenemez kaynaklardan daha verimli olduğu için maliyetleri düşürür ve artan verimlilik nedeniyle üretim miktarını artmasına neden olur, bu da ekonomik büyümeyi artırır. Son olarak, çevreyi koruma amaçlı olarak yenilenebilir enerji tüketimini teşvik için devletler tarafından sağlanan sübvansiyonlar da çıktı düzeyini arttırarak ekonomik büyümeye sebep olmaktadır.

Çalışmanın bulguları ışığında, politikacılar için bazı çıkarımlar yapılmıştır. İlk olarak, yenilenebilir enerji tüketiminin teşvik edilmesinin sadece çevresel bozulmanın önlenmesine katkıda bulunmakla kalmayıp aynı zamanda ekonomik büyümeye daha fazla katkı sağladığı belirlenmiştir. Bu nedenle yenilenebilir enerjiyi teşvik için sağlanan sübvansiyonlar ve altyapı destekleri BRICS ülkelerin ekonomik büyümesine hız kazandırabilir. Bu konuyla ilgili olarak, yenilenebilir enerjinin genel etkisinin ötesinde sektörel bazda analizler yaparak çalışmanın kapsamı genişletilebilir. Farklı sektörlerde farklı etkilerin bulunması, politika yapıcılarına daha net çıkarımlar sunabilir. Ayrıca, mevcut çalışma, enerji sektörüne doğrudan yabancı yatırımların ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla genişletilebilir.

Kaynaklar

- Ahmad, F., Draz, M. U., Ozturk, I., Su, L., & Rauf, A. (2020). Looking for asymmetries and nonlinearities: the nexus between renewable energy and environmental degradation in the Northwestern provinces of China. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121714. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121714>
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model. *Energy economics*, 32(6), 1421-1426. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.04.006>
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Natural gas consumption and economic growth: a panel investigation of 67 countries. *Applied Energy*, 87(8), 2759-2763. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.01.002>
- Arellano, M., & Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of econometrics*, 68(1), 29-51. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01642-D](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01642-D)
- Aziz, O. G. (2018). Institutional quality and FDI inflows in Arab economies. *Finance Research Letters*, 25, 111-123. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.10.026>
- Azman-Saini, W. N. W., Baharumshah, A. Z., & Law, S. H. (2010). Foreign direct investment, economic freedom and economic growth: International evidence. *Economic Modelling*, 27(5), 1079-1089. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2010.04.001>
- Banday, U. J., & Aneja, R. (2020). Renewable and non-renewable energy consumption, economic growth and carbon emission in BRICS: evidence from bootstrap panel causality. *International Journal of Energy Sector Management*, 14(1), 248-260. DOI 10.1108/IJESM-02-2019-0007
- Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of econometrics*, 87(1), 115-143. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00009-8)
- Chang, T., Gupta, R., Inglesi-Lotz, R., Simo-Kengne, B., Smithers, D., & Trembling, A. (2015). Renewable energy and growth: Evidence from heterogeneous panel of G7 countries using Granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1405-1412. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.022>
- Çemrek, F., & Burhan, E. (2014). Petrol tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin panel veri analizi ile incelenmesi: Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye örneği. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 6(3).
- Destek, M. A., & Aslan, A. (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from bootstrap panel causality. *Renewable Energy*, 111, 757-763. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.05.008>

- Durğun, B., & Durğun, F. (2018). Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *International Review of Economics and Management*, 6(1), 1-27. DOI: 10.18825/iremjournal.347200
- Fu, Q., Álvarez-Otero, S., Sial, M. S., Comite, U., Zheng, P., Samad, S., & Oláh, J. (2021). Impact of renewable energy on economic growth and CO2 emissions—evidence from BRICS countries. *Processes*, 9(8), 1281. <https://doi.org/10.3390/pr9081281>
- Khan, I., Hou, F., & Le, H. P. (2021). The impact of natural resources, energy consumption, and population growth on environmental quality: Fresh evidence from the United States of America. *Science of the Total Environment*, 754, 142222. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142222>
- Koçak, E., & Şarkgüneşi, A. (2017). The renewable energy and economic growth nexus in Black Sea and Balkan countries. *Energy policy*, 100, 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.10.007>
- Lin, B., & Moubarak, M. (2014). Renewable energy consumption–economic growth nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.128>
- Menegaki, A. N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy economics*, 33(2), 257-263. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.10.004>
- Ozturk, I., & Acaravci, A. (2010). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3220-3225. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.005>
- Payne, J. E. (2009). On the dynamics of energy consumption and output in the US. *Applied energy*, 86(4), 575-577. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.07.003>
- Rauf, A., Liu, X., Amin, W., Rehman, O. U., & Sarfraz, M. (2018). Nexus between industrial growth, energy consumption and environmental deterioration: OBOR challenges and prospects to China. In *2018 5th International Conference on Industrial Economics System and Industrial Security Engineering (IEIS)* (pp. 1-6). IEEE. DOI: 10.1109/IEIS.2018.8597991
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy policy*, 37(10), 4021-4028. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.003>
- Sehrawat, M., Giri, A. K., & Mohapatra, G. (2015). The impact of financial development, economic growth and energy consumption on environmental degradation: Evidence from India. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 26(5), 666-682. DOI 10.1108/MEQ-05-2014-0063

- Sefer, U., & Usupbeyli, A. (2015). Türkiye’de petrol tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 70(3), 769-787.
- Shahbaz, M., Lean, H. H., & Farooq, A. (2013). Natural gas consumption and economic growth in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.029>
- Stern, D. I., & Enflo, K. (2013). Causality between energy and output in the long-run. *Energy economics*, 39, 135-146. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.05.007>
- Streimikiene, D., & Akberdina, V. (2021). Public views of the economy of the renewable energy sources: Evidence from Russia. *Contemporary Economics*, 256-266. <https://www.cceol.com/search/article-detail?id=1080146>