

Gelir Eşitsizliği, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Enerji Verimliliği İlişkisi: Türkiye Örneği

Funda Durgun¹

Özet

Son yıllarda sürdürülebilirliğin önündeki engeller arasında artan gelir eşitsizliği ve çevresel bozulma ön plana çıkmaktadır. İlimli seviyelere çekilmesi uzun bir zaman ve büyük bir çaba gerektiren bu iki soruna Rusya-Ukrayna savaşıyla birlikte enerji güvenliği sorunu da eklenmiştir. Enerjide yaşanan kesintiler ülkeleri enerji tasarrufuna, enerjiyi verimli kullanmaya ve yenilenebilir enerji yatırımlarına ağırlık vermeye yöneltmiştir. Ağırlığı fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin verimli kullanılması ve yenilenebilir enerjinin oranının artırılmasıyla çevre kalitesi artırılabilir. Çevresel tahribatın boyutunu azaltmada gelir dağılımının olumlu veya olumsuz etkisinin tespit edilmesi her iki sorunu birlikte ele alabilme imkanı sunabilmektedir. Bu bağlamda bu çalışmada gelir eşitsizliği ve yenilenebilir enerji tüketiminin enerji verimliliğine etkisi Türkiye özelinde araştırılmıştır. Enerji verimliliği değişkeni için birincil enerji yoğunluğu göstergesi, gelir eşitsizliği için gini katsayısı ve yenilenebilir enerji tüketimi için kişi başına yenilenebilir (hidroelektrik dahil) enerji tüketimi göstergesi kullanılmıştır. 1990-2021 döneminin ele alındığı analizlerde uzun dönem ilişkisi RALS ADL yöntemiyle test edilmiştir. Test sonucu değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin bulunduğunu göstermiştir. Uzun dönem esnekliklerine göre, birincil enerji yoğunluğu üzerinde gelir eşitsizliğinin pozitif, yenilenebilir enerjinin negatif etkisi bulunmaktadır. Kısa dönem analizinde hata düzeltme mekanizmasının çalıştığı fakat bağımsız değişkenlerin etkilerinin anlamsız olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre, Türkiye’de enerji verimliliğinin sağlanması için gelir eşitsizliğinin azaltılması ve yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması gerekmektedir. Bu sayede toplumdaki gelir farklılıkları azaltılıp temiz enerji kaynağı kullanımıyla çevre korunurken aynı zamanda enerji tasarrufu sağlanabilecektir.

1 Öğr. Gör. Dr., Dicle Üniversitesi, İİBE İktisat Bölümü, funda.uncu@dicle.edu.tr
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7254-227X>

1. Giriş

Antropojenik faaliyetlerle artan çevresel bozulma ve gittikçe derinleşen gelir eşitsizliği sürdürülebilirliği tehdit eden iki unsur olarak ön plana çıkmaktadır. İlimli seviyelere çekilmesi uzun bir zaman ve büyük bir çaba gerektiren bu iki soruna Rusya-Ukrayna savaşıyla birlikte enerji güvenliği sorunu da eklenmiştir. Üretim sürdürülebilirliğini tehdit eden enerji kesintileri ülkeleri başta enerji tasarrufu olmak üzere enerjinin verimli kullanımı ve yenilenebilir enerji yatırımlarına ağırlık verilmesi gibi arayışlara yöneltmiştir.

Doğal kaynaklara artan talep ve bunun ekosistem üzerinde yarattığı baskı iklim değişikliği, toprağın bozulması, su kirliliği, hava kirliliği, biyoçeşitliliğin kaybı ve küresel ısınma gibi çevre sorunlarına yol açmıştır. Hükümetlerin bu sorunların etkilerini azaltmak için enerji sistemlerini karbondan arındırma, çevre koruma ve restorasyon için katı düzenlemeler getirme, yüksek çevre vergileri uygulama, yenilenebilir enerji üretimi ve tüketimi için finansal destekler ve uygun fiyatlar sağlama, enerji açısından verimli teknolojilere sponsor olma ve halkın çevre bilincini artırma gibi çok yönlü çabaları devam etmektedir (Chu & Le, 2023: 2866). Bu çabaların dünya genelinde yaygınlaşması ekonomik aktivitelerin çevre üzerinde yarattığı baskıyı azaltabilecektir.

Bir ürün veya hizmetin kalitesinden ödün vermeden daha az enerji kullanarak elde edilmesi veya aynı birim enerjiyle daha fazla ürün veya hizmet alınması olarak ifade edilebilen enerji verimliliği kavramı, çevresel koruma, yerel ve küresel ekonomi, hanehalkı maliyetleri ve istihdam gibi çeşitli konuları içeren bir alanı kapsamaktadır (TMMOB, 2012: 27). Enerji verimliliği genel olarak enerji yoğunluğu göstergesiyle ölçülmektedir. Bu gösterge üretilen gayrisafi yurt içi hasıla için harcanan enerji miktarını ifade etmektedir. Yüksek enerji yoğunluğu, üretim süreçlerinde düşük enerji verimliliğini ifade etmektedir. Benzer şekilde düşük enerji yoğunluğu, üretim çıktısında yüksek enerji verimliliğini göstermektedir (Chang, 2014). Enerji verimliliğinin artmasıyla birlikte daha düşük enerji yoğunluğuna sahip ve dolayısıyla düşük emisyonlu üretimin kolaylaştırılacağı ve böylece daha sürdürülebilir bir kalkınmanın elde edilmesi için bir gereklilik olduğu tartışılmaktadır (Patiño vd., 2021: 2). Fosil yakıtların birincil enerjiler içinde büyük paya sahip olması bu konuda istenilen başarının yakalanmasının önünde engel olarak durmaktadır. Çünkü, küresel karbon emisyonları, küresel ekonomi büyüdükçe artan enerji tüketimiyle ilişkili olmaktadır. Sürdürülebilir bir ekonomik büyümenin sağlanması için yenilenebilir

enerji kaynaklarına olan talebin enerji tüketimi açısından daha fazla artması gerekmektedir (Wang vd., 2021: 361).

Yenilenebilir enerji, tüm haneler için giderek daha erişilebilir bir ihtiyaç haline gelmiştir. Sürdürülebilir teknolojilerin benimsenmesi doğrultusunda fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına kademeli geçiş, enerji fiyatlarında düşüğe neden olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetlerindeki düşüş, özellikle düşük gelirli haneler için pozitif dışsallıklar yaratma ve dolayısıyla gelir eşitsizliğini azaltma potansiyeline sahip olmaktadır (Topcu & Tugcu, 2020: 1135).

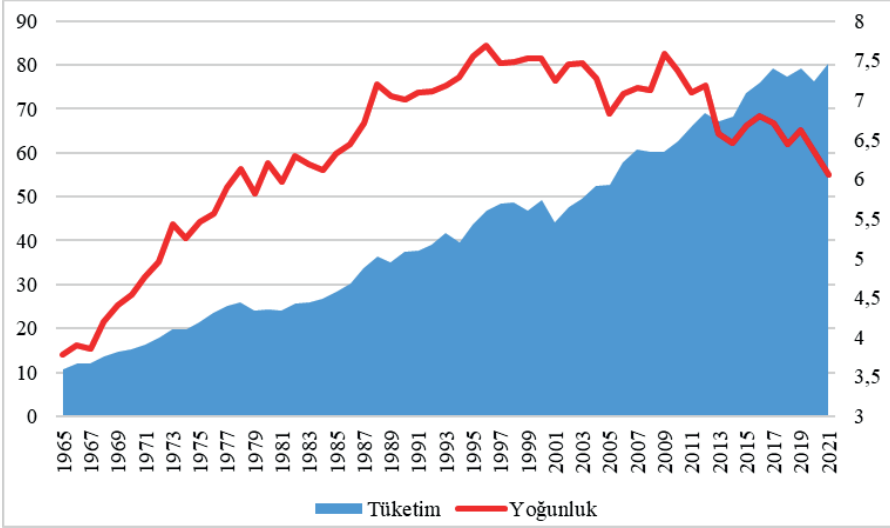
Enerji verimliliğini sağlamada etken faktörlerin belirlenmesi, karar alıcıların ağırlığı fosil yakıtların oluşturduğu birincil enerji yoğunluğunu azaltmaya yönelik politikalar geliştirmesinde önemli rol oynayabilmektedir. Son yıllarda enerji-eşitsizlik ilişkisini inceleyen çalışmalar artmasına rağmen bu konudaki literatürde ilişkinin yapısı hakkında bir konsensüs sağlandığını söylemek güçtür.

Konu ile ilgili literatür incelendiğinde, Türkiye’de gelir eşitsizliğinin enerji verimliliği üzerindeki etkisini inceleyen herhangi bir çalışmanın bulunmadığı görülmüştür. Bu çalışma son yıllarda sınırlı sayıda araştırmaya konu olan enerji-eşitsizlik bağına güncel bir ekonometrik yöntemle Türkiye özelinde araştırarak literatüre katkı yapmayı amaçlamaktadır. Açıklanan değişken olarak enerji tüketim düzeyi yerine verimlilik göstergesi olan enerji yoğunluğunun Kullanılması araştırmaya orijinallik atan bir başka unsurdur. Çalışmada öncelikle mevcut veriler ışığında enerji tüketimi ve gelir eşitsizliğinin seyri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Ardından konu ile ilgili daha önce yapılmış çalışmaların özetlendiği literatür bölümüne yer verilmiştir. Ampirik bölümde ise kullanılan veri ve analiz teknikleri hakkında bilgi verilmiş ve analiz bulguları değerlendirilmiştir. Son olarak sonuç bölümünde genel bir değerlendirme yapıp politika önerilerinde bulunulmuştur.

Şekil 1’de 1965-2021 yılları arasında Türkiye’de birincil enerji tüketim düzeyi ve birincil enerji yoğunluğunun zaman içindeki seyri gösterilmektedir. Enerji tüketimi bu dönemde üretim artışıyla birlikte genel olarak yukarı yönlü bir trend izlemiştir. Petrol krizleri, ekonomik krizler, 1999 depremi, Covid19 pandemisi ve 2018 yılındaki kur şoku gibi olayların enerji tüketimini azaltıcı etkisi grafikte görülmektedir. Enerji yoğunluğunun seyrine bakıldığında ise genel olarak iki ayrı dönem şeklinde değerlendirmek mümkündür. 2000’li yıllara kadar artan bir eğilim varken, 21. yüzyılda enerji yoğunluğunun düşüş trendine girdiği görülmektedir. Özellikle 2008 krizinden sonraki eğilim daha belirgindir. 2000’li yıllardan itibaren çıkarılan enerji verimliliği genelgeleri ve enerji tasarruf tedbirlerinin yanı sıra teknolojik gelişmeler sayesinde enerji

sarfıyatının azaltılması gibi nedenler enerji yoğunluğundaki bu düşüşte etken olmuştur. Grafikteki seriler bu dönemde gayrisafi yurt içi hasılanın seyri hakkında da bilgi verebilmektedir. 2000’li yıllardan sonra azalan enerji yoğunluğu 21. yüzyılda gayrisafi yurt içi hasılanın artış trendinin daha yüksek eğimli olduğu yönünde bilgi vermektedir.

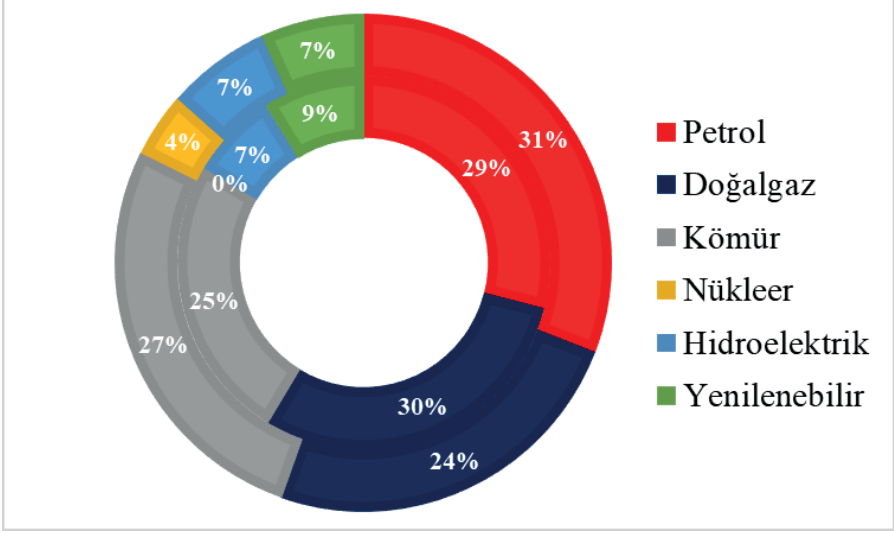
Şekil 1. Türkiye’de Birincil Enerjinin Tüketimi ve Yoğunluğu



Kaynak: Energy Institute (EI) (2023).

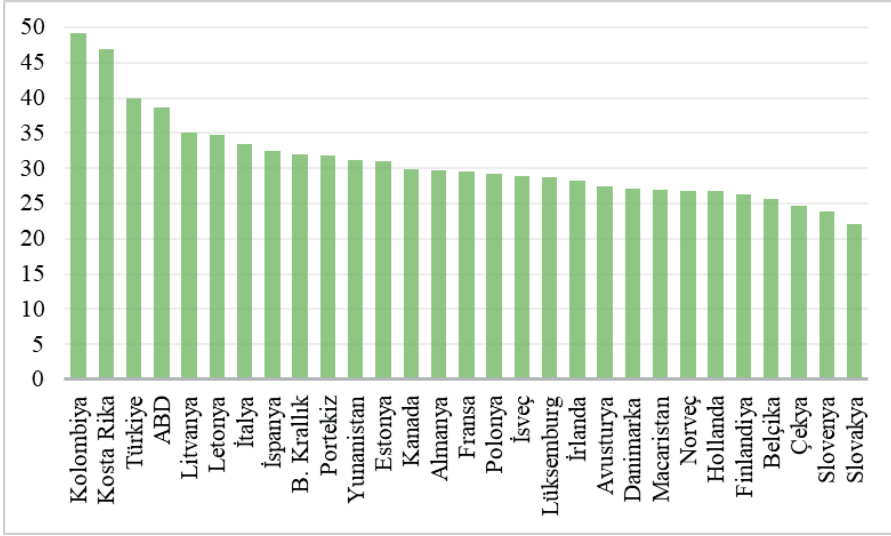
Şekil 2’de 2021 yılında Türkiye ve dünya genelinde birincil enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı Tablo 1’de sunulmuştur. Türkiye’nin doğal gaz, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kullanım oranı dünya ortalamasından yüksektir. Petrol, kömür ve henüz kullanımda olmayan nükleer enerji kullanımında ise Türkiye dünya ortalamasının gerisindedir. Oranlar arasında çok büyük farklar bulunmamaktadır. Küçük de olsa bu farkın ortaya çıkmasında bazı ülkelerde nükleer enerji kullanımının etkili olduğu söylenebilmektedir.

Şekil 2. Dünyada (Dış Halka) ve Türkiye’de (İç Halka) Birincil Enerji Tüketiminin Kaynaklarına Göre Dağılımı, 2021



Kaynak: EI (2023).

Şekil 3’te bazı OECD ülkelerinde 2021 yılında ölçülen gini katsayıları yer almaktadır. Eşitsizlik seviyesi en düşük Slovakya’dayken en yüksek ise Kolombiya’dadır. Eski Doğu Bloku ve Kuzey Avrupa ülkeleri en düşük eşitsizliğin yaşandığı bölgelerdir. Latin Amerika ülkeleri ve bu ülkeleri takip eden Türkiye OECD ortalamasını yukarı çekmektedir. Gelişmiş ülkelere kıyasla geliri daha eşitsiz dağılan Türkiye için gelir dağılımı politikalarının daha etkin bir şekilde ele alınması gerekmektedir.

Şekil 3. OECD Ülkelerinin Gini Katsayıları, 2021

Kaynak: Solt (2019).

2. Literatür

Özellikle petrol krizlerinin yaşandığı 1970’li yılların sonlarından itibaren çalışılmaya başlanan enerji ekonomisi literatüründe enerjinin tüketimi, üretimi, ticareti ve fiyatı gibi birçok yönü incelenmiş ve incelenmeye devam edilmektedir. Enerjinin ekonomiye etkisi ve ekonomik değişkenlerin enerjiye etkisi güncel veriler ve güncel analiz yöntemleriyle yeniden gözden geçirilmektedir (Savaş & Durğun, 2016: 212). Enerji tüketiminin gelir eşitsizliği ile ilişkisi de son yıllarda araştırmacıların ilgisini çeken konulardan biridir. Gelir eşitsizliğinin enerjinin farklı türlerinin üretimi, tüketimi veya verimliliği ile etkileşimini onu alan çalışmalar, gelir dağılımı adaletinin sağlanmasında enerjinin politika aracı olarak kullanılabileceğine dair kanıtlar sunmaya çalışmaktadır. Enerji verimliliği, gelir eşitsizliği ve yenilenebilir enerji ilişkilerini inceleyen kısıtlı literatürün özeti aşağıda verilmiştir.

Apergis (2015), GMM yöntemini kullanarak 1998- 2013 dönemini kapsayan yıllık veri setiyle, yenilenebilir enerji tüketimi ile gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiyi, OECD ülkeleri için incelemiştir. Analiz sonuçlarına göre hem toplam yenilenebilir enerji üretiminin hem de alternatif yenilenebilir enerji üretiminin gelir eşitsizliğini arttırdığı görülmüştür.

Topcu ve Tuğcu (2020), dinamik ortak ilişkili etkiler yöntemi ve sistem GMM yöntemlerini kullanarak yenilenebilir enerji kullanımı ile gelir eşitsizliği

arasındaki ilişkiyi, 23 gelişmiş ülke için ele almışlardır. 1990-2014 dönemini kapsayan çalışmaya göre her iki yöntem de yenilenebilir enerji kullanımının artışına bağlı olarak gelir eşitsizliğinin azalacağını vurgulamaktadır.

Uzar (2020), panel ARDL yöntemini kullanmış ve 2000-2015 yılları için 43 ülkeyi ele alarak gelir eşitsizliğinin yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelemiştir. Analiz bulgularına göre gelir eşitsizliğinde meydana gelen azalışlar yenilenebilir enerji tüketimini pozitif (olumlu) yönde etkilemektedir.

Liu vd. (2020), gelir eşitsizliğinin enerji verimliliği üzerinde yarattığı doğrusal olmayan etkiyi incelemek için panel tobit regresyon modelini kullanmışlardır. Çalışma 33 Kuşak ve Yol Girişimi Ülkesi için yapılmış olup 2000-2016 dönemini kapsamaktadır. Araştırmanın sonucuna göre değişkenler arasındaki ilişki yüksek gelirli ülkeler için U şeklinde seyretmekteyken orta ve düşük gelirli ülkeler için ters U şeklinde seyretmektedir.

Churchill vd. (2021), gelir eşitsizliği ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi 17 ülkeyi kapsayacak şekilde araştırmışlardır. Çalışma 1990-2016 dönemine ait yıllık veri setinden oluşmaktadır. Çalışmada değişkenler arasında genel olarak negatif ancak zamanla değişen bir ilişki bulunmuştur. 1995-2002 yılları arası ve 2010 yılı sonrası bu ilişki pozitif olmaktadır.

Asongu ve Odhiambo (2021), GMM yöntemi ile kantil regresyon yöntemini kullanarak 39 Sahra altı Afrika ülkesi için finansal gelişme, gelir eşitsizliği ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma, 2004-2014 dönemini kapsamaktadır. Çalışmanın GMM yöntemine ait sonuçları, finansal gelişmenin yenilenebilir enerji tüketimini arttıracak yönde etki ettiğini, gelir eşitsizliğinin ise aksine bu etkiyi ortadan kaldırdığını göstermiştir. Kantil regresyon yönteminden elde edilen sonuçlar ise GMM yöntemine ait sonuçların yenilenebilir enerji tüketiminin sadece alt bölümlerinde geçerli olduğunu göstermiştir.

Tan ve Uprasen (2021), panel ARDL ve doğrusal olmayan panel ARDL yöntemleriyle 5 ASEAN ülkesini ele alarak, 1990-2015 dönemi için yenilenebilir enerji tüketimi ile gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Analiz sonuçlarına göre gelir eşitsizliğinde meydana gelen bir azalma yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde teşvik edici bir etki yaratmaktadır. Asimetrik analiz sonuçlarına göre ise gelir eşitsizliğinin pozitif şokunun (eşitsizliğin kötüye gitmesi) negatif şokuna (eşitsizliğin iyiye gitmesi) kıyasla yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde daha büyük bir etkisi bulunmaktadır.

Adom vd. (2021), GMM yöntemini kullanarak ekonomik büyüme, enerji verimliliği ve gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiyi 1991-2017 dönemini ele alarak 51 Afrika ülkesi için araştırmışlardır. Çalışmaya göre enerji verimliliği ekonomik büyümeyi artırıcı yönde etkilemekteyken gelir eşitsizliği bu etkiyi azaltıcı yönde hareket etmektedir.

Shrawat ve Singh (2021), panel eşbütünleşme yöntemini kullanarak BRIC ülkelerinde enerji verimliliği-ekonomik büyüme bağlantısında gelir eşitsizliği ve yolsuzluğun rolünü 1996-2015 dönemi için araştırmışlardır. Çalışmanın bulgularına göre, daha düşük yolsuzluk seviyesi daha yüksek enerji verimliliğine yol açmakta ve daha yüksek eşitsizlik daha düşük enerji verimliliği sağlamaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji çevresel maliyete katlanmadan enerji verimliliğini artırmada alternatif bir stratejidir.

Nguyen ve Nasir (2021), iki aşamalı sistem GMM yöntemiyle 2002-2014 döneminde 51 ülkede enerji yoksulluğu ile gelir eşitsizliği ilişkisini incelemişlerdir. Yazarlara göre, gelir eşitsizliğindeki artış enerji yoksulluğunun artmasına neden olmakta aynı zamanda enerji yoksulluğunun azalması gelir eşitsizliğini azaltmaktadır.

Safar (2022), ARDL yöntemiyle Fransa'da 1980-2018 yılları arasında karbon emisyonu ile gelir eşitsizliği ilişkisini analiz etmiştir. Çeşitli eşitsizlik göstergelerinin kullanıldığı çalışmada, piyasa eşitsizlik göstergeleriyle kurulan modeller anlamsızken net eşitsizlik göstergeleriyle kurulan modeller eşitsizliğin karbon emisyonlarını azalttığını ortaya koymuştur.

Arı (2022), Bayer-Hanck eşbütünleşme metoduyla Türkiye özelinde gelir eşitsizliği, yatırım seviyesi, finansal gelişme ve büyümenin birincil enerji tüketimi üzerindeki etkisini 1989-2018 yılları aralığı için analiz etmiştir. Çalışmanın sonuçları, gelir eşitsizliği ile enerji tüketimi arasında uzun dönem veya nedensellik ilişkisi bulunmadığını göstermiştir.

Dong vd. (2022), 2004-2017 yıllarını ele alarak sistem GMM yöntemiyle Çin'deki 30 il için enerji verimliliği, gelir eşitsizliği ve enerji yoksulluğu arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre enerji verimliliğinde meydana gelen olumlu gelişmeler (teknolojik ilerleme ve yeşil yenileşimler) gelir eşitsizliğini ve enerji yoksulluğunu azaltabilmektedir.

Sharma ve Rajpurohit (2022), Hindistan'ı inceledikleri çalışmada NARDL yaklaşımını kullanarak yenilenebilir enerji tüketimi, kişi başına düşen gelir, beşeri sermaye ve gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışma 1980-2016 dönemini kapsamaktadır. Analiz sonuçlarına göre gelir eşitsizliğinde meydana gelen artışlar yenilenebilir enerji tüketimine azaltıcı

yönde etki etmekteyken kişi başına düşen gelir ile beşeri sermaye olumlu (pozitif) yönde etki etmektedir.

Yang vd. (2022), panel veri analizini kullanarak ticari açıklığın, petrol fiyatlarının, karbon emisyonunun, ekonomik büyümenin ve gelir eşitsizliğinin yenilenebilir enerji tüketimi üzerine etkilerini 20 OECD ülkesi için incelemişlerdir. Çalışma 1991-2020 dönemini kapsamaktadır. Analiz sonuçlarına göre karbon emisyonu yenilenebilir enerji tüketimini negatif yönde etkilemekteyken diğer değişkenler pozitif yönde etkilemektedir ve yenilenebilir enerji tüketimi ile gelir eşitsizliği arasında karşılıklı (çift yönlü) bir nedensellik ilişkisi mevcuttur.

Xu ve Zhong (2023), sistem GMM yöntemiyle gelir eşitsizliğinin enerji tüketimi üzerindeki etkisini dijitalleşme bağlamında 108 ülkede 2000-2019 döneminde incelemişlerdir. Çalışma bulguları, gelir eşitsizliğinin enerji tüketimini arttırdığını, dijitalleşmenin bu etkiyi frenlediğini ortaya koymuştur.

Wang vd. (2023), 78 ülkenin 2000-2016 dönemi verileriyle gelir eşitsizliğinin enerji verimliliği üzerindeki etkisini kentleşme ve sanayileşme eşik değişkenleri bağlamında statik ve dinamik eşik yaklaşımıyla araştırmışlardır. Analiz sonuçları gelir eşitsizliği ile enerji verimliliği arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu ancak kentleşme ve sanayileşmenin eşik değerlerinden sonra bu ilişkinin gücünün azaldığını ortaya koymuştur.

Konuyu ele alan literatür genel olarak değerlendirildiğinde enerji verimliliği-gelir eşitsizliği-yenilenebilir enerji ilişkilerinin yönü hakkında bir konsensüs oluşmadığı ve kullanılan değişkenler, ele alınan ülke/ler ve kullanılan analiz yöntemlerine göre sonuçların farklılaştığı görülmektedir. Eşitsizlik-enerji literatüründe Türkiye özelindeki tek çalışma Arı'nın (2022) çalışmasıdır. Bu çalışma enerji tüketimi yerine enerji verimliliğini kullanarak özgün değer yaratmaktadır.

3. Veri ve Yöntem

3.1. Veri Seti

Çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi ve gelir eşitsizliğinin enerji verimliliğine etkisi zaman serisi teknikleriyle incelenmiştir. Enerji verimliliği değişkeni olarak birinci enerji yoğunluğu verileri, gelir eşitsizliği değişkeni için gini katsayısı ve yenilenebilir enerji değişkeni için kişi başına hidroelektrik dahil yenilenebilir enerji tüketimi verileri kullanılmıştır. Tüm değişkenlerin doğal logaritması alınmıştır. Birincil enerji yoğunluğu *lein*, yenilenebilir enerji tüketimi *lrnw* ve gini katsayısı *lgini* ile gösterilmektedir. Çalışmanın veri seti

1990-2021 dönemini kapsayan yıllık verilerden oluşmaktadır. Kullanılan değişkenlere ilişkin bilgiler Tablo 1’de verilmiştir. Ampirik modellemede enerji verimliliği açıklanan değişken yenilenebilir enerji ve gelir eşitsizliği ise açıklayıcı değişken olarak kullanılmıştır.

Tablo 1. Değişkenlerin Tanım ve Kaynakları

Değişken	Tanım	Ölçüt	Kaynak
<i>lein</i>	Birincil Enerji Yoğunluğu	Birincil Enerji Tüketimi/ GSYİH, Joule/\$	EI, Dünya Bankası
<i>lgini</i>	Gelir Eşitsizliği	Endeks	SWIID 9.5 (Solt, 2019)
<i>lrnm</i>	Yenilenebilir Enerji Tüketimi (Hidroelektrik dahil)	Kişi Başına Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Joule	EI, Dünya Bankası

3.2. Kullanılan Yöntemler

3.2.1. Birim Kök Sınamaları

Çalışmada yanıltıcı ve güvenilir olmayan tahmin sonuçlarını önlemek amacıyla birim kök ve durağanlık sınamalarına başvurulmuştur. Birim kökün varlığını sınamak amacıyla geleneksel yöntemlerden genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi, Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (KPSS) durağanlık testi ile Dickey-Fuller genelleştirilmiş en küçük kareler (DF-GLS) testi uygulanmıştır.

ADF sınaması, yüksek mertebeden otoregresif süreçler için Dickey-Fuller (DF) sınamasına (1979) bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin eklenmesiyle geliştirilmiştir. Sınamanın modelleri;

$$\text{sabitsiz ve trendsiz yapı için} \quad \Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$\text{sabitli yapı için} \quad \Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$\text{sabitli ve trendli yapı için} \quad \Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

şeklinde ifade edilmekteyken hipotezleri;

$H_0: \delta = 0$ (seri birim köklüdür)

$H_1: \delta < 0$ (seri durağandır)

şeklinde gösterilmektedir. Sınamanın test istatistiği mutlak değerce ilgili kritik değerlerden büyükse H_0 (yokluk hipotezi) reddedilmektedir.

KPSS sınaması, ADF sınamasına göre daha güçlü bir sınama olup Lagrange Çarpımı istatistiğini kullanmaktadır. Sınamanın temelindeki model,

$$y_t = \xi t + r_t + \varepsilon_t$$

$$r_t = r_{t-1} + u_t$$

r_t = rassal yürüyüş süreci

u_t = beyaz gürültü hata terimi (ortalaması sıfır, varyansı sabit, normal dağılıma tabi)

şeklinde ifade edilmektedir. Sınamanın test istatistiği,

$$\hat{\eta}_\mu = T^{-2} \sum S_t^2 / s^2(I)$$

S_t = kalıntıların kısmi toplamı

$s^2(I) = \varepsilon_t$ uzun dönem varyansının tahmincisi

şeklinde hesaplanmaktadır (Kwiatkowski vd., 1992: 162-165).

Sınamanın hipotezleri

$H_0: \sigma_u^2 = 0$ (seri durağandır)

$H_1: \sigma_u^2 > 0$ (seri birim köklüdür)

şeklindeydir. Sınamanın test istatistiği ilgili kritik değerlerden büyükse H_0 (yokluk hipotezi) reddedilmektedir.

DF-GLS sınaması ise trendden temizlenmiş serilere uygulanan, Elliott vd. (1996) tarafından geliştirilen ve hem küçük örneklemelerde başarılı sonuçlar veren hem de ADF sınamasına göre daha iyi, daha etkin sonuçlar içeren bir test olup modeli,

$$\Delta \tau_t^d = \lambda_0 \tau_{t-1}^d + \lambda_1 \Delta \tau_{t-1}^d + \dots + \lambda_p \Delta \tau_{t-p}^d + \varepsilon_t$$

τ = trendden temizlenmiş veri

λ_0 = birim kökün varlığının test edileceği katsayısı

şeklinde ifade edilmektedir (Elliott vd., 1996: 824-830). Buna göre sınamanın hipotezleri;

$H_0: \lambda_0 = 0$ (seri birim köklüdür)

$H_1: \lambda_0 < 0$ (seri durağandır)

şekindedir. Sınamanın test istatistiğine ait kritik değerler Elliott vd.'nin (1996) çalışmasında yer almaktadır ve hesaplanan test istatistiği ilgili kritik değerden küçükse H_0 (yokluk hipotezi) reddedilmektedir.

3.2.2. Eşbütünleşme Sınaması

Birim köklerin belirlenmesiyle değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olup olmadığını test etmek için Lee vd. (2015) tarafınca geliştirilen kalıntılarla genişletilmiş en küçük kareler otoregresif gecikmesi dağıtılmış (RALS ADL) eşbütünleşme sınaması kullanılmıştır. Sınama alışılmış eşbütünleşme testlerine RALS (kalıntılarla genişletilmiş en küçük kareler) yönteminin tatbik edilmesiyle elde edilmektedir. Lee vd. (2015: 1-2), test regresyonunda normal dağılıma uymayan hata terimlerinin mevcudiyeti durumunda bunların yüksek mertebeden momentlerinin normal dağılımanın tabiatı hakkında bilgi ihtiva ettiğini varsaymaktadırlar. Buna bağlı olarak da klasik eşbütünleşme sınamalarının aksine hem daha güçlü hem de daha etkin tahmin sonuçlarının elde edileceğini ileri sürmektedirler. Sınama iki aşamalı bir tahmin yöntemi izlemektedir. Bunlar;

1. Aşama da ADL (otoregresif gecikmesi dağıtılmış) test regresyonu en küçük kareler yöntemi kullanılarak tahmin edilir ve bu tahminin kalıntıları 2. aşamada kullanılmak üzere kaydedilir.
2. Aşama da kalıntıların hem 2. mertebeden hem de 3. mertebeden momentleri hesaplanır. Böylece kalıntılarla genişletilmiş değişkenler elde edilir.

şekindedir (Lee vd., 2015: 5). Elde edilen bu değişkenlerin 1. Aşamadaki ADL test regresyonuna eklenmesiyle genişletilmiş yapı elde edilmektedir.

Sınamaya ait ADL modeli;

$$\Delta z_{1t} = \alpha_{1t} + \delta_1 z_{1,t-1} + \gamma' z_{2,t-1} + \phi' \Delta z_{2t} + e_t$$

α_{1t} = deterministik terim (sabit ve/ veya trend terimi)

e_t = kalıntılar

şeklindeyken RALS ADL modeli;

$$\Delta z_{1t} = \alpha_{1t} + \delta_1 z_{1,t-1} + \gamma' z_{2,t-1} + \phi' \Delta z_{2t} + \hat{w}_t' \gamma + v_t$$

\hat{w}_t = kalıntılarla genişletilmiş değişken

$$m_j = T^{-1} \sum_{t=1}^T \hat{e}_t^j \quad 2. \text{ ve } 3. \text{ momentlerin hesaplanma denklemi } j= 2, 3$$

$$\hat{w}_{2t} = \hat{e}_t^2 - m_2 \quad 2. \text{ moment için } \hat{w}_t \text{ terimi}$$

$$\hat{w}_{3t} = \hat{e}_t^3 - m_3 - 3m_2\hat{e}_t \quad 3. \text{ moment için } \hat{w}_t \text{ terimi}$$

\hat{e}_t = testin 1. aşamasında elde edilen kalıntılar

şeklindedir (Hepsağ, 2022: 236).

Sınamaya ait test istatistiği,

$$t_{ADL}^* = \rho.t_{ADL} + \sqrt{1 - \rho^2}.Z$$

t_{ADL} = geleneksel ADL sınavasından elde edilen test istatistiği

Z = birim varyanslı rassal değişken (ortalaması sıfır)

ρ = uzun dönem korelasyon katsayısı

$\hat{\rho}^2 = \hat{\sigma}_{ve}^2 / \hat{\sigma}_v^2 \hat{\sigma}_e^2$ sınavanın test istatistiğine ait dağılımı belirleyen terim

$$\hat{\rho}^2 = 0.1, 0.2, \dots, 1$$

$\hat{\sigma}_e^2$ = geleneksel ADL test regresyonunun kalıntılarına ait varyansın tahmini

$\hat{\sigma}_v^2$ = RALS ADL test regresyonunun kalıntılarına ait varyansın tahmini

$\hat{\sigma}_{ve}^2$ = geleneksel ADL test regresyonuna ait kalıntılar ile RALS ADL test regresyonuna ait

kalıntılar arasındaki kovaryansın karesinin tahmini

şeklindedir.

Sınavanın hipotezleri ise

$H_0: \delta_1 = 0$ (eşbütünleşme yoktur)

$H_1: \delta_1 < 0$ (eşbütünleşme vardır)

şeklinde ifade edilmektedir.

Hesaplanan test istatistiği mutlak değerce uzun dönem korelasyon katsayısının karesine göre elde edilen kritik değerden büyükse H_0 (yokluk hipotezi) reddedilmektedir.

3.2.3. Uzun Dönem Katsayı Tahmin Yöntemleri

Eşbütünleşmenin varlığının tespit edilmesiyle açıklayan değişkenin açıklanan değişken üzerindeki etkisini belirlemek için uzun dönem katsayılarını tahmin eden

- Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS),
- Dinamik En Küçük Kareler (DOLS)
- Kanonik Eşbütünleşme Regresyonu (CCR)

yöntemlerine başvurulmuştur.

Phillips ve Hansen (1990) tarafından geliştirilen FMOLS yöntemi

$$\hat{\theta}_{FMOLS} = \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\gamma} \end{bmatrix} = \left(\sum_{t=1}^T X_t y_t^+ - T \hat{\lambda}_{12}^+ \right) \left(\sum_{t=1}^T X_t X_t' \right)^{-1}$$

$\hat{\lambda}_{12}^+$ = sapma düzeltme terimi

şeklinde tahmin edilmektedir (Phillips & Hansen, 1990: 101-102).

Stock ve Watson (1993) tarafından geliştirilen DOLS yöntemi

$$y_t = X_t' \beta + D_t' \gamma_1 + \sum_{j=-q}^r \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t$$

şeklinde tahmin edilmektedir (Stock & Watson, 1993: 792-793).

Park (1990) tarafından geliştirilen CCR yöntemi ise

$$\hat{\theta}_{CCR} = \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\gamma} \end{bmatrix} = \left(\sum_{t=1}^T X_t^* y_t^* \right) \left(\sum_{t=1}^T X_t^* X_t^{*'} \right)^{-1}$$

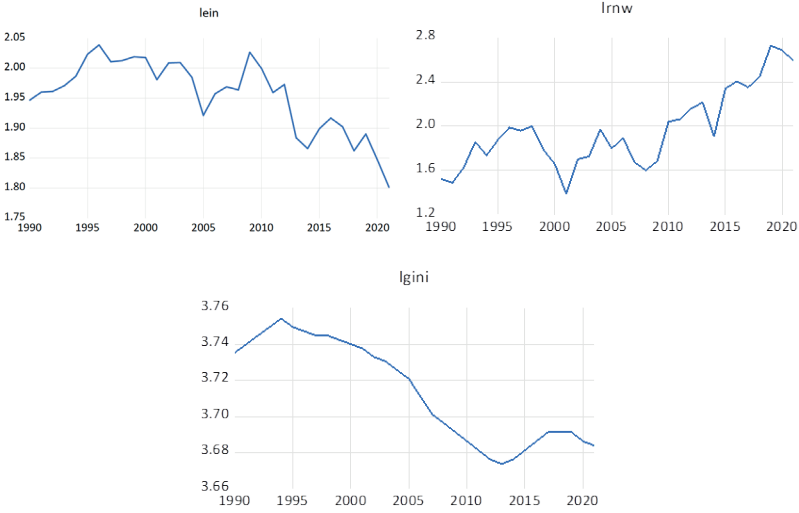
şeklinde tahmin edilmektedir (Park, 1992: 130-131).

4. Analiz Sonuçları

Çalışmanın analiz sonuçlarına geçerken öncelikle değişkenlere ait grafiklere, betimsel (tanımlayıcı) istatistiklere ve korelasyon matrisine yer verilmiştir. Birincil enerji yoğunluğunun grafiği ile yenilenebilir enerji tüketiminin grafikleri (Şekil 4) incelediğinde neredeyse birbirleriyle zıt yönde hareket ettikleri görülmektedir. Korelasyon matrisinde ilişkinin negatif çıkması da bu durumu desteklemektedir. Birincil enerji yoğunluğu en yüksek

değerine 1995 yılında ulaşmaktadır. Sonraki yıllarda inişli çıkışlı bir yapıda seyreden serinin en düşük değeri ise 2020 yılından sonra gerçekleşmektedir. Yenilenebilir enerji tüketiminin grafiği incelendiğinde ise en düşük değerin 2001 yılında gerçekleştiği görülmektedirken en yüksek değer 2019 yılında olduğu görülmektedir. Seri genel olarak birincil enerji yoğunluğu serisinde olduğu gibi dalgalı bir yapıda seyretmektedir. Gini katsayısının grafiğinde ise 1994 yılında en yüksek değerine ulaştığı görülmektedirken en düşük değerinin 2013 yılında gerçekleştiği görülmektedir. Gelir eşitsizliğinde bu dönem aralığında belirgin bir düşüş yaşanmış olduğu görülmektedir.

Şekil 4. Serilerin Zaman Yolu Grafikleri



Tablo 2’de yer alan serilerin betimsel istatistiklerine bakıldığında tüm serilerin normal dağılım sergilediği görülmektedir. Korelasyon matrisi (Tablo 3) ise seriler arasındaki ikili korelasyonların %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Katsayılar dikkate alındığında birincil enerji yoğunluğu ile gini katsayısı arasında aynı (pozitif) yönlü bir korelasyon varken yenilenebilir enerji tüketimi ile hem gini katsayısı arasında hem de birincil enerji yoğunluğu arasında ters (negatif) yönlü bir korelasyon bulunmaktadır.

Tablo 2. Serilerin Betimsel İstatistikleri

	Ortalama	Ortanca	Maksimum	Minimum	Std. Sapma	JB Olasılık
<i>lein</i>	1.9554	1.9664	2.0391	1.8015	0.0602	0.2240
<i>lrnw</i>	1.9647	1.9005	2.7289	1.3896	0.3525	0.3344
<i>lgini</i>	3.7140	3.7160	3.7542	3.6738	0.0280	0.1549

Tablo 3. Korelasyon Matrisi

	<i>lein</i>	<i>lrnw</i>	<i>lgini</i>
<i>lein</i>	1		
<i>lrnw</i>	-0.6667***	1	
<i>lgini</i>	0.6551***	-0.6114***	1

Not: ***, %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Değişkenlerin durağanlık analizi sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur. ADF birim kök testi sonuçlarına göre tüm seriler seviyesinde birim köklüdür. Fark serilerinde ise *lein* ve *lrnw* serileri durağan olmaktadır. Aynı tabloda yer alan DF-GLS birim kök testine göre *lgini* değişkeni de birinci farkında durağan hale gelmektedir. Son olarak KPSS durağanlık testi serilerin seviyesinde durağan olmadığını fakat farkları alındığında durağan olduğunu göstermektedir. Durağanlık analizi genel olarak değerlendirildiğinde serilerin I(1) sürecine tabi olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu durumda seriler arasında uzun dönem ilişkisinin varlığı sorgulanabilmektedir.

Tablo 4. Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	ADF	DF-GLS	KPSS
<i>lein</i>	-0.44275	-0.67714	0.5451**
Δ <i>lein</i>	-5.53608***	-5.58692***	0.2590
<i>lgini</i>	-1.29893	-1.14863	0.5536**
Δ <i>lgini</i>	-2.27754	-1.87731*	0.1527
<i>lrnw</i>	-1.19426	-0.92072	0.5859**
Δ <i>lrnw</i>	-6.4696***	-6.32864***	0.1546
Kritik Değerler			
%1	-3.67017	-2.642	0.739
%5	-2.96397	-1.952	0.463
%10	-2.62101	-1.61	0.347

Not: ***, ** ve *, sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Durağanlıkların tespitinden sonra değişkenler arasındaki uzun dönem denge ilişkisini belirlemek amacıyla RALS ADL eşbütünleşme testi yapılmıştır. Tablo 5'teki test sonucuna göre $\rho^2 = 0,7493$ olarak saptanmıştır. İki bağımsız değişkenli durum için ρ^2 değeri 0,70'e yuvarlanarak kritik değerler belirlenmiştir. Hesaplanan RALS-ADL test istatistiği mutlak değerce ilgili kritik değerlerle kıyaslandığında %5 düzeyinde eşbütünleşmenin varlığı tespit edilmiştir. Buna göre birincil enerji yoğunluğu, gini katsayısı ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında uzun dönemli bir ilişki bulunmaktadır.

Tablo 5. RALS ADL Testi

	Sonuçlar
<i>ADL Test İstatistiği</i>	-2.9386
<i>RALS ADL Test İstatistiği</i>	-3.2474
<i>Minimum AIC</i>	-4.0576
ρ^2	0.7493
%10	-2.690
%5	-3.020
%1	-3.625

Bu ilişki bağlamında uzun dönem katsayılarını elde etmek için FMOLS, DOLS ve CCR yöntemlerine başvurularak gini katsayısı ve yenilenebilir enerji tüketiminin birincil enerji yoğunluğu üzerindeki etkisinin yönü, büyüklüğü ve anlamlılığı belirlenmiştir. Tablo 6'da yer alan FMOLS ve CCR sonuçlarına göre hem gini katsayısı hem de yenilenebilir enerji tüketiminin etkisi %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuçlar ışığında gini katsayısında meydana gelen %1'lik bir artışın birincil enerji yoğunluğunu yaklaşık %0,88 arttırdığı, yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen %1'lik bir artışın ise yaklaşık %0,09 azalttığı görülmektedir. DOLS sonuçlarında yenilenebilir enerjinin katsayısı aynı yönlü fakat anlamsız çıkmıştır.

Tablo 6. Uzun Dönem Katsayılarının Tahmini

<i>Değişken</i>	<i>FMOLS</i>		<i>DOLS</i>		<i>CCR</i>	
	Katsayı	t-İst.	Katsayı	t-İst.	Katsayı	t-İst.
<i>lgini</i>	0.8771	2.3195**	1.0813	2.0513*	0.8768	2.3173**
<i>lrnw</i>	-0.0885	-2.8917***	-0.0717	-1.4121	-0.0917	-2.8442***
<i>c</i>	-1.1330	-0.7861	-1.9256	-0.9447	-1.1264	-0.7794

Not: ***, ** ve *, sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Uzun dönem katsayı tahmini sonrası kısa dönem dinamiklerine geçilmiştir. Tablo 7'de sunulan sonuçlarda hata düzeltme teriminin beklendiği gibi 0 ile -1 arasında olup %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Hata düzeltme mekanizması çalışmaktadır. Bu bağlamda kısa dönemde meydana gelen sapmaların %48,7 si sonraki dönemde düzelerek uzun dönem denge değerine yaklaşmaktadır. Kısa dönem katsayılarının işareti uzun dönem katsayılarının tersi olarak tespit edilmiştir. Fakat bu katsayılar istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

Tablo 7. Kısa Dönem Katsayılarının Tahmini

<i>Değişken</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Std. Hata</i>	<i>t-İstatistiği</i>	<i>Olasılık</i>
<i>$\Delta gini$</i>	-0.9648	1.2858	-0.7503	0.4598
<i>Δrnw</i>	0.0377	0.0290	1.2998	0.2051
<i>ect(-1)</i>	-0.4870	0.1469	-3.3146	0.0027
<i>c</i>	-0.0038	0.0059	-0.6562	0.5174

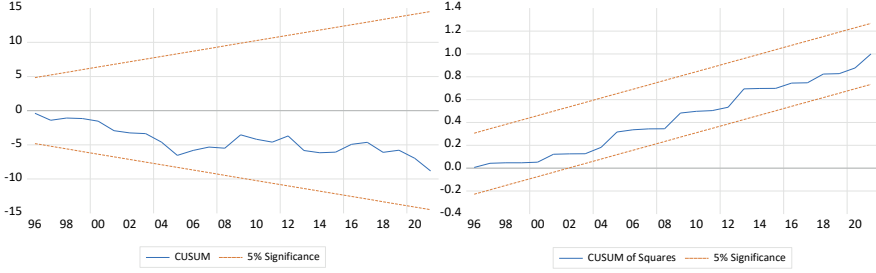
Hata düzeltme modeline ait tanısal (diagnostik) test sonuçlarına (Tablo 8) geçildiğinde ise %10 düzeyinde tüm sınamaların istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre hata terimleri normal dağılım sergilemektedir. Otokorelasyon ve değişen varyans sorunu ile model spesifikasyon hatası bulunmamaktadır.

Tablo 8. Hata Düzeltilme Modeline Ait Tanısal Test Sonuçları

<i>Test</i>	<i>İstatistik</i>	<i>Olasılık</i>
<i>Normallik (Jarque-Bera)</i>	0.4488	0.7990
<i>Otokorelasyon (B-G LM)</i>	0.4646	0.7927
<i>Değişen Varyans (B-P-G)</i>	1.4834	0.6861
<i>Model Kurma (RESET)</i>	0.4085	0.5285

Son olarak uzun dönem katsayılarında yapısal kırılma olup olmadığını belirlemek ve katsayıların kararlılığını tespit etmek için CUSUM ve CUSUMQ testlerine başvurulmuş ve Şekil 5'te sonuçlar verilmiştir. Hata terimine ait eğriler %5 düzeyinde güven aralıkları içerisinde seyretmektedir. Bu da katsayıların istikrarlı bir yapı sergilediğini göstermektedir.

Şekil 5. CUSUM ve CUSUMQ Test Sonuçları



Sonuç

Sürdürülebilir kalkınmanın sosyal yönünü tehdit eden gelir eşitsizliğinin ve sürdürülebilir kalkınmanın ekolojik yönünü teşvik edebilecek yenilenebilir enerji kullanımının enerji verimliliği üzerindeki etkisinin araştırıldığı bu çalışma Türkiye örneğini baz almaktadır. Zaman serisi teknikleriyle yapılan analizler bu değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Uzun dönem katsayılarına göre gelir eşitsizliği enerji yoğunluğunu artırırken yenilenebilir enerji tüketimi enerji yoğunluğunu azaltmaktadır. Dolayısıyla enerji verimliliğinin yükseltilmesi için gelir dağılımının daha eşit hale getirilmesi ve yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması gerekmektedir.

Gelir eşitsizliğinde artışların enerji yoğunluğunu artırması veya enerji verimliliğini düşürmesinin ülke yapısıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Enerji verimliliğine yönelik politika, düzenleme ve uygulamaların yetersiz olması, toplumun geniş kesiminde enerjiyi verimli kullanma bilincinin olmaması ve endüstri yapısının enerji yoğun olması enerji kullanımında verimliliğin düşük olmasına neden olabilmektedir.

Türkiye gibi gelir dağılımı adaletsizliğinin yüksek olduğu ülkelerde gelir dağılımının uç noktalarındaki kesimlerin yaşam tarzları ile sosyal ve ekonomik olanakları bu sonuçta etken olabilmektedir. Harcama ve tüketim alışkanlıklarıyla fazla enerji tüketen mal ve hizmetlere yönelen yüksek gelirli bireyler enerji yoğunluğunu arttırabilmektedir. Aynı zamanda yüksek miktarda fosil yakıt tüketen lüks araçları kullanmak, yüksek enerji sarfiyatlı yüksek teknoloji ürün kullanmak ve aydınlatma, iklimlendirme için çok fazla enerji gereken büyük evlerde oturmak hem enerji yoğunluğunu hem de karbon emisyonunu arttırmaktadır. Gelir uçurumunun diğer kısmında bulunan düşük gelirli kesimlerin yaşadığı evlerin enerji verimi düşük olması da enerji yoğunluğunu arttırabilmektedir.

Yenilenebilir enerji öncelikle karbon emisyonlarının neden olduğu olumsuzluklara neden olmaması nedeniyle enerji yoğunluğunu düşürebilmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları daha düşük enerji yoğunluğuna sahip olduklarından dolayı enerji kullanım sürecinde verimleri daha yüksektir. Elektrikli araçlarda ve raylı sistemlerde yenilenebilir enerjilerin kullanımı içten yanmalı motorlara göre ulaşımın daha sürekli ve verimli olmasını sağlamaktadır.

Büyük oranda fosil enerjilerden kaynaklanan birincil enerji yoğunluğunun azaltılması için bazı politikaların uygulanması gerekmektedir. Öncelikle evlerde ve işyerlerinde binaların enerji verimliliğinin artırılması için düzenlemeler yapılmalı ve teşvikler verilmelidir. Yüksek oranda enerji kullanan ve emisyon yaratan mal ve hizmetlere ek vergiler getirilmelidir. İlk kurulum maliyetleri yüksek olan yenilenebilir enerjilerin teşvikleri artırılmalıdır. Enerji verimliliğine yönelik eğitim ve seminerler okullardan başlanarak toplumun tüm kesimlerine verilmeli ve bu konudaki bilinç artırılmalıdır. Alt gelir gruplarına yönelik sübvansiyonlar gelir dağılımı sorununu geçici olarak azaltabilmektedir. Enerji faturalarında yapılan yardımlar eşitleyici bir mekanizma olsa da enerji yoğunluğunu azaltmada yetersiz olabilecektir. Toplumun tüm kesimleri arasında fırsat eşitliğinin sağlanması ve bireylerin gelirlerinin ortalama gelire yaklaştırılması enerjide verimliliğin sağlanmasında daha etkili bir rol oynayacaktır.

Bu çalışmanın katkısının yanında eksik yönleri de bulunmaktadır. Gelecekteki çalışmaların ampirik kısmında yapısal değişimleri dikkate alan testler kullanılabilir. Modele farklı değişkenler eklenip daha geniş bir modelle analizler yapılabilir. Değişkenler arasındaki asimetrik ilişkiler incelenebilir. Son olarak nedensel bağlantıların varlığı araştırılarak konu daha kapsamlı bir şekilde ele alınabilir.

Kaynakça

- Adom, P. K., Agradi, M. & Vezzulli, A. (2021). Energy Efficiency-Economic Growth Nexus: What is the Role of Income Inequality?. *Journal of Cleaner Production*, 310, 127382.
- Apergis, N. (2015). Does Renewables Production Affect Income Inequality? Evidence from an International Panel of Countries. *Applied Economics Letters*, 22(11), 865-868.
- Arı, A. (2022). Gelir Eşitsizliği ve Enerji Tüketimi İlişkisi: Türkiye Örneği. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(02), 236-244.
- Asongu, S. A. & Odhiambo, N. M. (2021). Inequality, Finance and Renewable Energy Consumption in Sub-Saharan Africa. *Renewable Energy*, 165, 678-688.
- Chang, M. C. (2014). Energy intensity, target level of energy intensity, and room for improvement in energy intensity: An application to the study of regions in the EU. *Energy Policy* 67, 648–655.
- Chu, L. K. & Le, N. T. M. (2022). Environmental quality and the role of economic policy uncertainty, economic complexity, renewable energy, and energy intensity: the case of G7 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2), 2866-2882.
- Churchill, S. A., Ivanovski, K. & Munyanyi, M. E. (2021). Income Inequality and Renewable Energy Consumption: Time-varying Non-Parametric Evidence. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126306.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With A Unit Root. *Journal of American Statistical Association*, 74, 427-431.
- Dong, K., Dou, Y. & Jiang, Q. (2022). Income Inequality, Energy Poverty, and Energy Efficiency: Who Cause Who and How?. *Technological Forecasting and Social Change*, 179, 121622.
- Elliott, G., Rothenberg, T. J., & Stock, J. H. (1996). Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root. *Econometrica*, 64(4), 813-836.
- Energy Institute (EI) (2023). *Statistical Review of World Energy*. https://www.energyinst.org/_data/assets/excel_doc/0007/1055545/EI-stats-review-all-data.xlsx
- Hepsağ, A. (2022). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizinde Güncel Yöntemler (WinRATS Uygulamalı)*. DER Yayınları, İstanbul.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178.

- Lee, H., Lee, J., & Im, K. (2015). More powerful cointegration tests with non-normal errors. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 19(4), 397-413.
- Liu, Z., Zhang, H., Zhang, Y. J. & Qin, C. X. (2020). How Does Income Inequality Affect Energy Efficiency? Empirical Evidence from 33 Belt and Road Initiative Countries. *Journal of Cleaner Production*, 269, 122421.
- Nguyen, C. P., & Nasir, M. A. (2021). An inquiry into the nexus between energy poverty and income inequality in the light of global evidence. *Energy Economics*, 99, 105289.
- Park, C. Y. (1992). Canonical Cointegrating Regressions. *Ekonometrika*, 60(1), 119- 143.
- Patiño, L. I., Alcántara, V., & Padilla, E. (2021). Driving forces of CO2 emissions and energy intensity in Colombia. *Energy Policy*, 151, 112130.
- Phillips, P. C., & Hansen, B. E. (1990). Statistical inference in instrumental variables regression with I(1) processes. *The review of economic studies*, 57(1), 99-125.
- Safar, W. (2022). Income inequality and CO2 emissions in France: Does income inequality indicator matter?. *Journal of Cleaner Production*, 133457.
- Savaş, B., & Durğun, B. (2016). Elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(11), 213-244.
- Schrawat, M., & Singh, S. K. (2021). Do corruption and income inequality play spoilsport in the energy efficiency-growth relationship in BRICS countries?. *Journal of Quantitative Economics*, 19(4), 727-746.
- Sharma, R. & Rajpurohit, S. S. (2022). Nexus between Income Inequality and Consumption of Renewable Energy in India: a Nonlinear Examination. *Econ Change Restruct*, 55. 2337–2358.
- Solt, F. (2019). The Standardized World Income Inequality Database, Versions 8-9. Harvard Dataverse, V10. <https://doi.org/10.7910/DVN/LM4OWE>
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993). A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 61(4), 783-820.
- Tan, Y. & Uprasen, U. (2021). Carbon Neutrality Potential of the ASEAN-5 countries: Implications from Asymmetric Effects of Income Inequality on Renewable Energy Consumption”, *Journal of Environmental Management*, 299, 113635.
- TMMOB (2012). Enerji Verimliliği Raporu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, EMO Yayın No: GY/2012/3, Ankara. 01.08.2023 http://www.emo.org.tr/ekler/db99a0f7088b168_ek.pdf

- Topcu, M. & Tugcu, C. T. (2020). The Impact of Renewable Energy Consumption on Income Inequality: Evidence from Developed Countries. *Renewable Energy*, 151, 1134-1140.
- Uzar, U. (2020). Is Income Inequality a Driver for Renewable Energy Consumption? *Journal of Cleaner Production*, 255, 120287.
- Wang, Q., Hu, S., Li, L., & Li, R. (2023). Accelerating urbanization serves to reduce income inequality without sacrificing energy efficiency—Evidence from the 78 countries. *Sustainable Cities and Society*, 92, 104477.
- Wang, Z., Jebli, M. B., Madaleno, M., Doğan, B., & Shahzad, U. (2021). Does export product quality and renewable energy induce carbon dioxide emissions: Evidence from leading complex and renewable energy economies. *Renewable Energy*, 171, 360-370.
- Xu, Q., & Zhong, M. (2023). The impact of income inequity on energy consumption: The moderating role of digitalization. *Journal of Environmental Management*, 325, 116464.
- 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, 101003.