

Enerji Tüketimi ve İnsani Gelişme İlişkisi: Fourier Genişletilmiş ARDL Yaklaşımından Kanıtlar

Burhan Durgun¹

Özet

Üretim sürecinde temel girdi olan enerjinin tüketim düzeyi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen geniş bir literatür bulunmaktadır. Refahın parasal kısmına odaklanan bu çalışmalar sağlık ve eğitim gibi kalkınma boyutunu göz ardı etmektedir. Enerji tüketiminin kalkınma üzerindeki etkisi son yıllarda çalışılmasına rağmen konu üzerinde bir uzlaşıdan söz edilememektedir. Enerji-kalkınma ilişkisinin analizi kalkınma sürecinde enerjinin bir politika aracı olarak kullanılabilmesine olanak tanıyabilmektedir. Bu çalışmada Türkiye’de 1990-2021 döneminde birincil enerji tüketiminin kalkınma (gezegensel baskılara uyarlanmış insani gelişme endeksi) üzerindeki etkisi Fourier genişletilmiş ARDL yöntemiyle incelenmiştir. Sınır testi sonuçlarına göre değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır. Uzun dönemde enerji tüketiminin insani gelişme endeksi üzerindeki etkisi pozitif ve anlamlıdır. Nedensellik testi sonuçları uzun dönemde enerji tüketiminden insani gelişmeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlara göre insani gelişme düzeyinin yükseltilmesinde enerji tüketimi bir araç olarak kullanılabilir. Enerji tüketim düzeyinin yenilenebilir enerjilere daha fazla ağırlık verilerek yükseltilmesinin insani gelişmede gezegensel baskıdan kaynaklanan kayıpların azalmasını sağlayabileceği düşünülmektedir. Yenilenebilir enerjilere ek olarak nükleer enerjinin de devreye alınması insani gelişme düzeyini yükseltirken daha az karbon salınımı yapılmasını sağlayacaktır. Ayrıca enerjiye erişimin daha kapsamlı ve kesintisiz bir şekilde sağlanması gerekmektedir.

1 Arş. Gör. Dr., Dicle Üniversitesi, İİBE, İktisat Bölümü, burhan.durgun@dicle.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-7742-6059

1. Giriş

Ülkelerin refahı değerlendirilirken genel olarak kişi başına gayrisafi yurt içi hasıla verileri kullanılmaktadır. Yalnızca bireysel gelire odaklanan bu görüş ülkeler arası karşılaştırmalarda yanıltıcı olabileceği için eleştirilmektedir. Parasal göstergelerin yanında bireylerin kendisinde gerçekleşen gelişimlerin refah değerlendirmesine katılması, kalkınmanın daha kapsamlı bir şekilde ölçülmesini sağlamaktadır. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından 1990 yılından itibaren hesaplanan insani gelişme endeksi (İGE) literatürde kapsamlı bir refah göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Bireylerin seçimlerini genişletme süreci şeklinde tanımlanan insani gelişme üç temel unsura dayanmaktadır. Uzun ve sağlıklı bir yaşam, bilgi edinme ve iyi bir yaşam standardı için gerekli kaynaklara erişimden oluşan bu unsurlar sağlanamadığında bireylerin önündeki seçimler erişilemez olmaktadır (UNDP, 1990:10). İnsani gelişme raporunda insani gelişme endeksinin 3 temel boyutu için 4 farklı gösterge kullanılmaktadır. Doğumda beklenen yaşam süresiyle sağlık endeksi, beklenen ve ortalama eğitim yılıyla eğitime endeksi ve kişi başına milli gelirle gelir endeksi hesaplanmaktadır. İnsani gelişme endeksi bu 3 endeksin geometrik ortalamasından elde edilmektedir (UNDP, 2022a: 2-3).

İnsani gelişme raporlarında zamanla insani gelişmenin üç temel boyutuna ek olarak kalkınmanın diğer yönlerinin de değerlendirildiği bileşik endeksler geliştirilmiştir. Eşitsizliğe uyarlanmış İGE, toplumsal cinsiyet eşitsizliği endeksi, cinsiyet gelişme endeksi ve çok boyutlu yoksulluk endeksi verileri de insani gelişmenin farklı yönlerinin değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. İlk kez UNDP'nin 2020 yılında yayınlanan insani gelişme raporunda tanıtılan gezegensel baskılara uyarlanmış insani gelişme endeksi (GİGE) de antropojenik faaliyetlerin insani gelişmede yarattığı kaybı ıskonto ederek bireylerin seçimlerini genişletme sürecinde yeni bir ölçüm sunmaktadır. GİGE, gezegen üzerindeki aşırı insan baskısını yansıtacak şekilde kişi başına düşen karbondioksit emisyonları (üretim bazlı) ve kişi başına düşen malzeme ayak izi için ayarlanan insani gelişme düzeyini ifade etmektedir (UNDP, 2020: 12-14).

Kişi başına karbondioksit emisyonları insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak üretilen karbondioksit emisyonlarının yıl ortası nüfusa bölümüyle elde edilmektedir. Bu veriler bölgesel emisyonları temsil edip fiziksel olarak meydana geldikleri ülkeye atfedilmektedir. Kişi başına düşen malzeme ayak izi ise küresel malzeme çıkarımının bir ülkenin yurt içi nihai talebine atfedilmesidir. Toplam malzeme ayak izi biyokütle fosil yakıtlar metal cevherleri ve metal olmayan cevherlerin malzeme ayak izinin toplamıdır. Genel

formülü, ithalatın hammadde eşdeğeri ile yurtiçi çıkarımının toplamından ihracatın hammadde eşdeğerinin çıkarılması şeklindedir. Gezegen üzerinde hiçbir baskının olmadığı ideal bir dünyada, GİGE İGE'ye eşit olmaktadır (UNDP, 2022a).

Refahın göstergelerinin yanı sıra refahın belirleyicileri de ekonomistler tarafından tartışılmalı bir konudur. Üretimde temel girdi olması nedeniyle enerjinin refah üzerinde etkisinin olması muhtemeldir. Enerjinin büyüme ile ilişkisi literatürde sıkça incelenmiş olmasına rağmen daha geniş bir konu olan kalkınmanın enerji göstergeleriyle ilişkisi henüz yeteri kadar irdelenmiş değildir. Veri kısıtı, kapsamı ve kalitesi gibi sorunların yanında kalkınmanın çok boyutlu bir kavram olması da enerji-kalkınma ilişkisinin ele alınmasında dezavantaj yaratmaktadır.

Büyüme, yoksulluğun azaltılması, insani gelişme ve çevrenin korunması için gerekli kaynakların üretilmesinde önemli bir faktör olmasına rağmen tek başına insani gelişmeyi garanti edememektedir. Bunun yanında enerji büyüme üzerindeki etkisinin ötesinde insan refahını bazı yönlerden doğrudan etkileyebilmektedir. Enerji hizmetlerine erişimde eksiklik yaşanması durumunda sağlık hizmetleri önemli ölçüde etkilenmekte, eğitim fırsatları sınırlanmakta ve nüfusun yoksulluktan kurtulma potansiyeli azalmaktadır (Ouedraogo, 2013). İstihdam yaratmada, tarımda, ulaşımda, ticarete, temiz su temininde, eğitim kalitesinin yükseltilmesinde ve gıda güvenliğinde etken olan enerji bu yollarla insani kalkınma sürecinde de kritik role sahip olmaktadır (Karekezi vd., 2012).

Enerji tüketimi yoluyla oluşan çevre kirliliği insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta ve uzun vadede insani gelişme düzeyinin yükseltilmesini zorlaştırmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkeler ekonomik kalkınma sürecinde birbiriyle çelişen hedefler arasında seçim yapmak zorunda kalmaktadır. Çevreyi koruma kaygısıyla uğraşmak insani gelişme sürecini baltalayıcı etki yapabilmektedir (Van Tran vd., 2019: 484).

Bu çalışmada enerji tüketiminin insani gelişme üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sınırlı sayıdaki çalışmadan farklı olarak insani gelişmeden gezegensel baskının çıkarıldığı GİGE kullanılmıştır. Bu çalışma "Birincil enerji tüketimi, insani gelişmeyi nasıl etkilemektedir?" sorusuna cevap aramaktadır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde Türkiye özelinde bu konuyu inceleyen bir çalışma bulunmadığı tespit edilmiştir. Uluslararası literatürde de GİGE ile enerji tüketiminin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma ampirik yönüyle de diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Yumuşak kırılmaların dikkate alındığı Fourier genişletilmiş ARDL prosedürü kullanılarak enerji-insani gelişme ilişkisi daha güncel bir

yöntemle analiz edilmiştir. Çalışmada öncelikle Türkiye'nin enerji tüketimi, insani gelişme endeksi ve gezegen baskısına uyarlanmış insani gelişme endeksi verileri ışığında mevcut durum analizi yapılmıştır. Daha sonra konu ile ilgili literatürün özeti yapılmış ardından ampirik bölüme geçilmiştir. Analizlerde kullanılacak veri ve yöntemler tanıtıldıktan sonra ampirik bulgular değerlendirilmiştir. Sonuç kısmında ise genel değerlendirme yapılarak politika önerilerinde bulunulmuştur.

Mevcut durum analizine enerji verileri ile başlanmıştır. 2021 yılında Türkiye'de, bazı ülke gruplarında ve dünyada birincil enerji tüketiminin kaynaklarına göre dağılımı Tablo 1'de yer almaktadır. Dünyadaki toplam birincil enerji tüketiminin yaklaşık %1,17'si Türkiye'de yapılmaktadır. Enerji kaynaklarına göre dağılım incelendiğinde fosil yakıtların oranı %82,3 iken Türkiye'de %83,5 ve AB ülkelerinde %70,5'tir. Türkiye yenilenebilir enerji kullanım oranında dünya ortalamasının üzerinde olmasına rağmen OECD ve AB ülkelerinin gerisinde yer almaktadır. Doğal gaz ve hidroelektrik kullanım oranında en yüksek oran Türkiye'dedir. Petrol ve kömüre göre daha az karbon emisyonu yaratan doğal gazın yüksek oranda tüketilmesi fosil ve sınırlı bir kaynak olması nedeniyle Türkiye'nin hem dış ticaret açığını arttırmakta hem de enerji arz güvenliğinde dezavantaj yaratmaktadır. Hem dış ticaret açığının azaltılması hem de enerjinin arzında sürekliliğin sağlanması için Türkiye'nin yenilenebilir enerji kullanım oranını AB ortalaması seviyesine nükleer enerji kullanım oranını da ilk etapta OECD harici ülke ortalamasına daha sonra dünya ortalamasına yükseltmesi gerekmektedir.

Tablo 1. Türkiye'de ve Dünyada Birincil Enerji Tüketimi, 2021

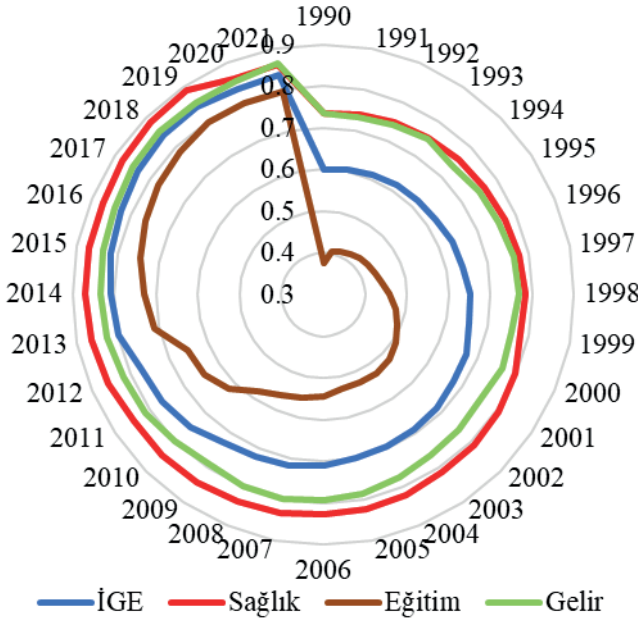
	Petrol	Doğal gaz	Kömür	Nükleer	Hidroelektrik	Yenilenebilir	Toplam
	Toplam (Exajoule)						
Türkiye	2.02	2.06	1.74	0.00	0.53	0.62	6.96
AB	21.38	14.29	6.84	6.61	3.27	7.88	60.28
OECD	85.05	65.26	29.94	17.29	13.66	21.17	232.38
OECD Harici	99.80	81.15	130.49	8.05	26.74	18.79	365.03
Dünya	184.86	146.41	160.43	25.33	40.40	39.97	597.41
	Oran (%)						
Türkiye	29.0	29.6	24.9	0.0	7.6	8.9	100
AB	35.5	23.7	11.4	11.0	5.4	13.1	100
OECD	36.6	28.1	12.9	7.4	5.9	9.1	100
OECD Harici	27.3	22.2	35.7	2.2	7.3	5.1	100
Dünya	30.9	24.5	26.9	4.2	6.8	6.7	100

Kaynak: Energy Institute (EI) (2023).

Şekil 1’de 1990-2021 yılları arasında insani gelişme endeksi ve alt endekslerinin seyri yer almaktadır. 1990 yılında 0.600 düzeyinde orta insani gelişmişlik seviyesinde olan Türkiye 2005 yılında yüksek insani gelişmişlik, 2014 yılında ise çok yüksek insani gelişmişlik seviyesine yükselmiştir. İnsani gelişmeye en düşük katkı eğitim endeksinden gelirken sağlık endeksi ilk ve son yıl hariç en yüksek katkıyı yapmıştır. 2020 yılında yaşanan pandeminin etkisi sağlık endeksinde net olarak görülmektedir. Sürekli olarak artış yaşanan insani gelişme endeksinde 2020 yılında ilk kez düşüş yaşanmıştır. Gelir endeksinde kriz yaşanan 1994, 2001 ve 2008 yılları ve depremin yaşandığı 1999 yılında düşüşler görülmüştür. Eğitim endeksinde ise özellikle 2009 yılında meslek lisesi mezunlarının üniversiteye girişlerindeki katsayı düzenlemesinin kaldırılması, her ile açılan üniversiteler ve yükseköğretim kurumlarındaki öğrenci kontenjanlarının arttırılmasıyla keskin bir artış yaşanmıştır.

Gelir endeksi konjonktürel dalgalanmalardan kaynaklı dalgalı bir seyir izlemekte, sağlık endeksi ise pandemi öncesinde doğal sınırlarına yakın bir seviyede bulunmaktaydı. Pandeminin sağlık endeksi üzerindeki etkisinin azalmaya başladığı bir ortamda eğitim politikalarının etkin ve kapsayıcı bir şekilde tasarlanması, insani gelişme düzeyinin yükseltilmesi açısından hayati önem taşımaktadır.

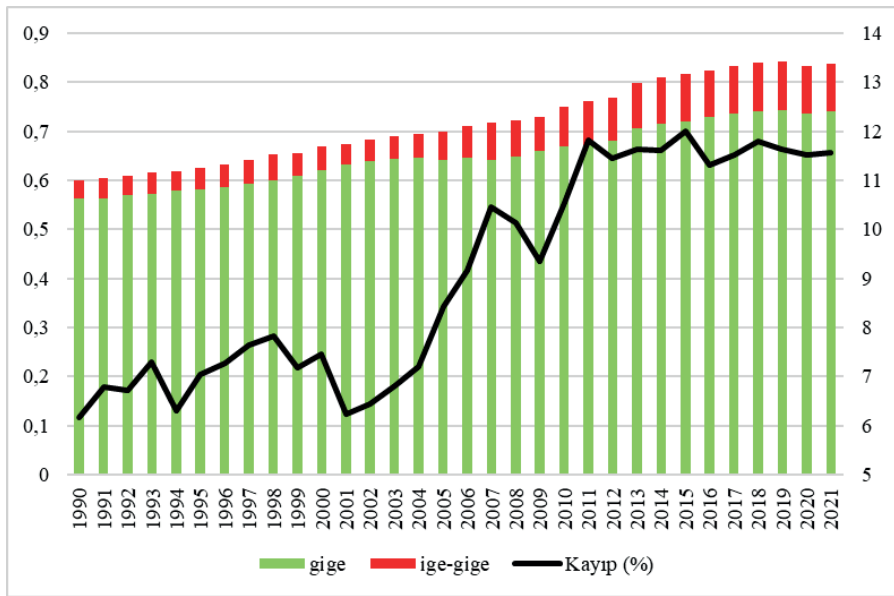
Şekil 1. Türkiye’nin İnsani Gelişme Endeksi ve Alt Endeksleri, (1990-2021)



Kaynak: UNDP (2022b).

Şekil 2’de Türkiye’de 1990-2021 yılları arasında insani gelişme endeksi ve gezegen baskısına uyarlanmış insani gelişme endeksinin seyri yer almaktadır. 2014 yılı itibariyle çok yüksek insani gelişmişlik seviyesine gelen Türkiye gezegen baskısı dikkate alındığında yüksek insani gelişmişlik sınıfında yer almaktadır. Gezegen baskıları ıskonto edilince insani gelişmedeki kayıp yüzdesi (sağ eksen) de aynı grafikte yer almaktadır. 2001 yılına kadar durağan bir seyir izleyen insani gelişme kaybı 2001 yılından sonra hızlı bir şekilde artmıştır. Son 10 yıldaki kayıp yüzdesi ortalama %11,6 civarındadır. Gezegensel baskıdan dolayı insani gelişmedeki kayıp 2021 yılı için dünya genelinde %8,9’dur. Düşük insani gelişmişlik düzeyindeki ülkelere doğru insani gelişme kaybı üretim düzeyinden kaynaklı olarak artmaktadır. Düşük, orta, yüksek ve çok yüksek insani gelişmişlikteki ülke grupları için kayıplar sırasıyla %1,7, %3,6, %11,5 ve %16,6’dır.

Şekil 2. Türkiye İGE, GİGE ve İnsani Gelişme Kaybı, (1990-2021)



Kaynak: UNDP (2022b).

2. Literatür

Enerji tüketimi-büyüme literatürüne ilk katkının ortaya çıkışı petrol krizlerinin yaşandığı 1970’li yılların sonlarında yapılmıştır. Kraft ve Kraft’ın (1978) gayrisafi milli hasıla ile enerji tüketimi ilişkisini inceledikleri çalışma bu alandaki ilk çalışmadır. Toplam enerji tüketiminin yanı sıra farklı enerji

türlerinin de ekonomik büyüme ile ilişkisi incelenmiş ve bu konuda kapsamlı bir literatür oluşmuştur. Ekonomik büyümenin petrol tüketimi (Saboori vd., 2017; Ahmad & Surajo, 2022; Adekoya, 2021), doğal gaz tüketimi (Sinaga vd., 2019; Azam vd., 2021; Hasan & Raza, 2022), nükleer enerji tüketimi (Luqman vd., 2019; Cai vd., 2018; Rehman vd., 2022), yenilenebilir enerji tüketimi (Rahman & Velayutham, 2020; Durgun & Durgun, 2018; Kirikkaleli vd., 2022), biyokütle enerjisi (Bildirici, 2013; Shahbaz vd., 2016; Sarkodie vd., 2019; Hung, 2022) ve elektrik tüketimi (Ali vd., 2020; Durgun, 2023; Ozcan & Ozturk, 2019) ile ilişkisini inceleyen çalışmalar bu konudaki literatürün genişlemesine ve derinleşmesine katkıda bulunmaktadır.

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkilerde dört olası hipotez bulunmaktadır. Büyüme hipotezi olarak adlandırılan ilk hipotez enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensel ilişki olduğunu öne sürmektedir. Bu hipotezin doğrulandığı durumlarda enerji kullanımındaki artış ekonomik büyümeye katkı yapmakta, enerjide kısıntı meydana geldiğinde ise ekonomik büyüme olumsuz etkilenmektedir. İkinci hipotez olan koruma hipotezi nedensel ilişkinin ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü olduğunu ima etmektedir. Bu hipoteze göre enerji koruma politikaları ekonomik büyüme üzerinde hiçbir olumsuz etki yapmayacaktır. İlk iki hipotezin aynı anda geçerli olduğunu ileri süren geri besleme hipotezi ise ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik bulunduğu durumlarda doğrulanmaktadır. Son olarak yansızlık hipotezi değişkenler arasında herhangi bir nedensel ilişkinin bulunmadığını ifade etmektedir. Bu durumda enerji tüketiminde korumacı veya genişletici politikaların ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkisi olmamaktadır (Ozturk, 2010; Ozturk & Acaravci, 2011).

İnsani gelişme ile enerji tüketimi ilişkisinde ise iki yaklaşım ön plana çıkmaktadır. Ortodoks yaklaşım insani gelişmenin enerji tüketiminde değil diğer ekonomik ve ekonomik olmayan faktörlere bağlı olduğunu ileri sürmektedir. Buna karşın daha çevreci ve ekolojik vizyona dayanan heterodoks yaklaşım ise enerjiyi ekonomik büyüme ve dolayısıyla insani gelişme için vazgeçilmez hatta birincil faktör olarak görmektedir. Bu yaklaşımda enerji tüketimi sermaye ve emeğin yanı sıra doğrudan bir üretim faktörü olarak ele alınmaktadır (Lekana & Ikiemi, 2021: 406). Literatürde enerji tüketiminin insani gelişme ile ilişkisini inceleyen çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Ouedraogo (2013), 1998-2008 döneminde gelişmekte olan ülkelerde elektrik tüketimi ve enerji tüketiminin insani gelişme endeksiyle ilişkisini incelemiştir. Çalışmanın bulguları enerji tüketimi ile İGE arasında uzun dönemde negatif yönlü bir ilişki, elektrik tüketimi ile İGE arasında pozitif

yönlü bir ilişki bulunduğunu göstermiştir. Ayrıca ne elektrik ne de toplam enerji tüketimi ile İGE arasında nedensellik ilişkisi bulunmamıştır.

Wang vd. (2018), Pakistan'da 1990-2014 yılları arasında yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik büyüme ve insani gelişme ilişkisini iki aşamalı en küçük kareler yöntemiyle araştırmışlardır. Çalışmanın bulguları yenilenebilir enerji tüketiminin insani gelişme sürecini iyileştirmediğini ortaya koymuştur. Ayrıca karbon emisyonu insani gelişme endeksinin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Karbon emisyonu ile insani gelişme arasında geri besleme ilişkisi de tespit edilmiştir.

Van Tran vd. (2019), 90 ülkede 1990-2014 döneminde insani gelişme, enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonları arasındaki ilişkiyi sistem GMM yöntemiyle incelemişlerdir. Çalışmanın bulguları enerji tüketimi ile insani gelişme arasında nedensel bir ilişkinin bulunmadığını göstermiştir. Panelin genelinde insani gelişmenin karbon emisyonlarının azalmasına yol açtığı tespit edilmiştir.

Wang vd. (2020), 1990–2015 döneminde BRICS ülkelerinde biyokütle enerjisi tüketiminin insani gelişme üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada biyokütle enerjisi kullanımının insani gelişmeyi artırdığını ve bu iki değişken arasında geri besleme hipotezinin geçerli olduğu tespit edilmiştir.

Zahid vd. (2021), 5 SAARC ülkesinde yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketiminin insani gelişme endeksi üzerindeki etkisini sanayileşme, ticari açıklık ve kalkınma harcamaları bağlamında genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemiyle araştırmışlardır. Çalışmanın bulguları yenilenebilir enerjinin İGE ile düz U şeklinde, yenilenemeyen enerjinin ise İGE ile ters U şeklinde bir ilişki içinde olduğunu göstermiştir.

Adekoya vd. (2021), 8 bölgeye ayrılmış 126 ülke için yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonlarının insani gelişmedeki rolünü sabit etkiler yöntemiyle araştırmışlardır. 2000-2014 döneminin ele alındığı çalışmada karbon emisyonlarının insani gelişmeyi pozitif yönde etkilediği, yenilenebilir enerji tüketiminin ise insani gelişmeyi Avrupa'da pozitif, Orta Doğu-Kuzey Afrika ve Orta Amerika'da negatif yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Lekana ve Ikiemi (2021), 1990-2019 döneminde Orta Afrika Ekonomik ve Parasal Topluluğu (EMCCA) ülkelerinde enerji tüketiminin insani gelişmeye etkisini Driscoll-Kraay tahmincisiyle incelemişlerdir. Analiz bulguları yenilenebilir enerji tüketiminin insani gelişme üzerindeki etkisinin anlamsız olduğunu ancak toplam enerji tüketiminin insani gelişme düzeyini iyileştirdiğini ortaya koymuştur.

Sadiq vd. (2022), 1990-2019 döneminde 16 OECD ülkesinde nükleer enerji, kamu borcu, ticari küreselleşme ile insani gelişme ilişkisini incelemişlerdir. Çalışmanın bulgularına göre nükleer enerji ve ticaretin küreselleşmesi insani gelişmeyi arttırmaktadır. Bunun yanında nükleer enerji tüketimi ile insani gelişme arasında geri besleme etkisi bulunmaktadır.

Eras vd. (2022), 1990-2018 dönemi verileriyle Kolombiya'da elektrik tüketimi ile insani gelişme ilişkisini analiz etmişlerdir. Çalışmada insani gelişme endeksi ile kişi başına elektrik tüketimi arasında geri besleme etkisinin bulunduğu ve 2030 yılına kadar hükümetin öngördüğü elektrik tüketimindeki artışın insani gelişmenin iyileştirilmesinde çok az katkıda bulunacağı tespit edilmiştir.

Pham vd. (2023), G7 ülkelerinde 1991-2015 döneminde panel kantil regresyon yöntemini kullanarak yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimleri ile insani gelişme arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Yenilenebilir enerji tüketiminin insani gelişme üzerinde genel olarak pozitif, yenilenemeyen enerji tüketiminin ise genel olarak negatif etkisinin bulunduğu görülmüştür. Bunun yanında hem yenilenebilir hem de yenilenemeyen enerji tüketimi ile insani gelişme arasındaki nedensel bağın çift yönlü olduğu tespit edilmiştir.

Abbas vd. (2023), 27 AB ülkesinde 1990-2019 döneminde enerji tüketimi ile sosyal kalkınma göstergeleri arasındaki etkileşimleri panel VAR analiziyle incelemişlerdir. Çalışmaya göre yenilenebilir enerji, yaşam beklentisi, doğurganlık ve eğitimi pozitif etkilerken, fosil yakıt kullanımı eğitimi pozitif etkileyip yaşam beklentisi ve doğurganlığı negatif etkilemektedir.

Shan ve Ren (2023), Çin'in 30 bölgesinde yenilenebilir enerji tüketimi ve turizmdeki gelişmenin yüksek kaliteli ekonomik kalkınma göstergesine etkisini 2007-2020 dönemi için araştırmışlardır. Çalışma bulgularına göre yenilenebilir enerji, karbon emisyonlarını azaltma mekanizması yoluyla kalkınmayı teşvik etmektedir.

Kaewner vd. (2023), 1996-2007 yılları arasında en yüksek insani gelişmişlikteki 10 ülkede ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi, ar-ge harcamaları ve doğal kaynak rantlarının İGE üzerindeki etkisini panel veri yöntemleriyle incelemişlerdir. Modeldeki tüm değişkenlerin insani gelişmeyi pozitif etkilediği ve insani gelişmeden yenilenebilir enerji tüketimine ve ar-ge harcamalarına doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğu tespit edilmiştir.

Nguea (2023), 1990-2019 döneminde Afrika'da kentleşme, demografik kâr payı ve biyokütle enerjisi tüketiminin insani gelişmeye etkisini panel kantil regresyon yöntemiyle araştırmıştır. Çalışmanın bulguları, kentleşme

demografik kâr payı ve biyokütle enerji tüketimindeki artışın daha yüksek bir insani kalkınma seviyesine yol açtığını ortaya koymuştur. Ayrıca kentleşme ve biyokütle enerji tüketimi eğitim ve sağlığı iyileştirmektedir.

3. Veri, Model ve Metodoloji

3.1. Veri ve Ampirik Model

Çalışmanın ampirik bölümünde birincil enerji tüketimi ile insani gelişme arasındaki ilişki zaman serisi yöntemleri ile analiz edilmiştir. Değişkenleri gösteren veriler ikincil veri kaynaklarından elde edilmiştir. Enerji tüketimi verileri EI istatistiklerinden, insani gelişme verileri ise UNDP tarafından yayınlanan insani gelişme raporlarından derlenmiştir. Enerji tüketimi değişkeni, kişi başına gigajoule cinsinden birincil enerji tüketimini (elektrik üretimi için kullanılan yenilenebilir enerji dahil) göstermektedir. İnsani gelişme değişkeni ise 0 ile 1 arasında ölçülen gezegensel baskılara uyarlanmış insani gelişme endeksini ifade etmektedir. İnsani gelişme endeksi verileri 1990 yılından itibaren kullanılabilir olduğundan analiz dönemi 1990-2021 olarak belirlenmiştir. Enerji tüketimi $lenc$, insani gelişme endeksi $lphdi$ ile gösterilmektedir. Değişkenler doğal logaritmaları alınarak analiz edilmiştir. İnsani gelişme endeksi bağımlı, enerji tüketimi ise bağımsız değişken olarak modellenmiştir. Araştırmanın ekonometrik modeli şu şekildedir:

$$lphdi_t = \beta_0 + \beta_1 lenc_t + \varepsilon_t$$

Modelde β_0 otonom katsayısı, β_1 eğim katsayısını ve ε_t ise hata terimini ifade etmektedir. β_1 katsayısının pozitif olması insani gelişme düzeyini yükselten bir etkiyi negatif olması ise insani gelişmeyi düzeyini düşüren bir etkiyi göstermektedir. Analizlerden önce bu iki değişken arasındaki ilişkiyi test etmek için başvurulan yöntemlerin metodolojik arka planı anlatılacaktır. Yöntem kısmında durağanlık analizi, sınır testi yaklaşımı ve nedensellik testi hakkında bilgi verilecektir.

3.2. Metodoloji

Çalışmanın uygulama bölümünde birim köklerin varlığının tespit etmek amacıyla geleneksel yöntemlerden olan genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) sınaması ile Phillips-Perron (PP) birim kök testi kullanılmıştır. Sınamaları pekiştirmek amacıyla durağanlığı test eden Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (KPSS) durağanlık testi ile beraberinde nispeten daha yeni bir test olan ve Enders ve Lee (2012) tarafından literatüre kazandırılan Esnek Fourier ADF birim kök testi kullanılmıştır. Esnek Fourier ADF birim kök testinde Dickey-Fuller (1979) türü bir regresyon modeli bulunmaktadır ve modele

ait deterministik terimler Fourier fonksiyonu ile gösterilmektedir. Enders ve Lee'ye (2012: 196) göre bu test yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier Lagrange Çarpımı (LM) birim kök testi ile modifiye edilmiş Dickey-Fuller t testi olan Dickey-Fuller Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (DF-GLS) birim kök testlerinin tamamlayıcısı olarak kabul görmektedir. Sınamanın modeli;

$$- \Delta y_t = \rho y_{t-1} + \alpha_1 + \alpha_2 t + \alpha_3 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \alpha_4 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \varepsilon_t$$

- k = Fourier frekans sayısı $1 \leq k \leq 5$

- t = trend terimi

- T =örneklem boyutu

şeklindedir (Enders & Lee 2012: 197).

Sınama prosedürünün işlemesi için önce k 'nın uygun frekans sayısının tespit edilmesi sonrasında ise $F(\hat{k})$ test istatistiği ile sin ve cos terimlerinin anlamlılığına bakılarak bu sınamanın kullanımının doğru olup olmadığının belirlenmesi gerekmektedir. sin ve cos terimlerinin anlamlılığı için kullanılan hipotezler;

- $H_0: \alpha_3 = \alpha_4 = 0$ (anlamsızdır ADF sınaması kullanılır)

- $H_1: \alpha_3 \neq \alpha_4 \neq 0$ (en az biri anlamlıdır esnek Fourier kullanılır)

şeklinde ifade edilmektedir.

Elde edilen $F(\hat{k})$ test istatistiği için ilgili kritik değerler Enders ve Lee'nin (2012) makalesinde yer almaktadır. Yokluk hipotezinin reddedilmesiyle Esnek Fourier ADF birim kök testine geçilmektedir. Bu test için hipotezler;

- $H_0: \rho = 0$ (seri birim köklüdür)

- $H_1: \rho < 0$ (seri durağandır)

şeklinde gösterilmektedir.

Bu test istatistiği için de ilgili kritik değerler Enders ve Lee'nin (2012) makalesinde yer almaktadır. Sabit terimli model için τ_{DF_C} tablosuna bakılmaktayken sabit terimli ve trendli model için τ_{DF_t} tablosuna bakılmaktadır. Sıfır hipotezinin reddedilebilmesi için test istatistiğinin mutlak değerce kritik değerden büyük olması gerekmektedir.

Durağanlığın test edilmesinden sonra uzun dönem ilişkisini tespit etmek amacıyla Fourier Genişletilmiş Gecikmesi Dağıtılmış Otoresresif (FA-ARDL) sınır testine başvurulmuştur. Sınama Fourier yapısı ile yumuşak kırılmalara yer vermekten farklı dinamiklere sahip çoklu yapısal kırılmaları da yakalayabilmektedir. Genişletilmiş ARDL sınır testi yapısıyla

ise dejenere durumları sınamakla birlikte genel bir F testi sunmaktadır. Gecikmeli düzeydeki bağımlı değişkenleri test eden t testi ile 1. dejenere durumu, gecikmeli düzeydeki bağımsız değişkenleri test eden F testi ile 2. dejenere durumu sınanan test yeni bir F sınaması ile tüm gecikmeli düzeydeki değişkenleri sınavabilmektedir. Bu da bu sınamanın daha kapsamlı bir eşbütünleşme yapısı sergileyerek nispeten nitelik bakımından daha elverişli bir test olduğunu göstermektedir (Syed vd., 2023: 5). Pesaran vd.'ne (2001) göre ARDL sınamasının modeli,

$$- \Delta Y_t = c_0 + c_1 Y_{t-1} + c_2 X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{q-1} \delta_i \Delta X_{t-i} + e_t$$

şeklindeyken hipotezleri,

- Genel F testi için	$H_0: c_1 = c_2 = 0$	$H_1: c_1, c_2 \neq 0$
- t testi için	$H_0: c_1 = 0$	$H_1: c_1 \neq 0$
- F testi için	$H_0: c_2 = 0$	$H_1: c_2 \neq 0$

şeklindeyken.

Genel F testi için kritik değerler gözlem sayısına göre Pesaran vd. (2001) ya da Narayan'dan (2005) elde edilmektedirken t testi için kritik değerler Pesaran vd.'den (2001), F testi için ise kritik değerler ise Sam vd.'den (2019) elde edilmektedir.

Pesaran vd. (2001: 296) ile McNown vd.'ne (2018: 1512) göre burada dört durum ortaya çıkmaktadır. Bunlar;

- Genel F testi, t testi ve F testi anlamlı ise eşbütünleşme vardır
- Genel F testi, t testi ve F testi anlamsız ise eşbütünleşme yoktur
- t testi anlamsızken Genel F testi ile F testi anlamlı ise 1. dejenere durum vardır²
- F testi anlamsızken Genel F testi ile t testi anlamlı ise 2. dejenere durum vardır³

şeklinde ifade edilmektedir.

Bu çalışmada Fourier ile genişletilmiş sınamanın modeli ise,

2 1. dejenere durum, bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri istatistiksel olarak anlamlı değilken bağımsız değişkenin gecikmeli değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı olması durumunu ifade etmektedir.

3 2. dejenere durum, bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri istatistiksel olarak anlamlı olmaksızın bağımsız değişkenin gecikmeli değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı olmaması durumunu ifade etmektedir.

$$\Delta lphdi_t = c_0 + c_1 lphdi_{t-1} + \psi_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \psi_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + c_2 lenc_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_i \Delta lphdi_{t-i} + \sum_{i=1}^{q-1} \delta_i \Delta lenc_{t-i} + e_t$$

- ψ_1 ve ψ_2 = sırasıyla genişlik ve frekans bileşeninin yer değiştirmesini temsil eden değişken
- k = Fourier frekans sayısı
- t = trend terimi
- T = örneklem boyutu

şeklindedir.

Yokluk hipotezlerinin reddedilmesiyle tespit edilen eşbütünleşme sonrası uzun dönem katsayılarının elde edilebilmesi için Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) Yöntemi ile Dinamik En Küçük Kareler (DOLS) Yöntemine başvurulmuştur.

Son olarak ise değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini analiz etmek için Granger'ın (1988) geliştirdiği Vektör Hata Düzeltme Modeline (VECM) dayalı Granger Nedensellik sınamasına başvurulmuştur. Sınamanın modeli,

$$\begin{aligned} - \Delta lphdi_t &= b_0 + \sum_{i=1}^{p-1} b_{1i} \Delta lphdi_{t-i} + \sum_{i=1}^{p-1} b_{2i} \Delta lenc_{t-i} + \delta_1 ECT_{t-1} + e_{1t} \\ - \Delta lenc_t &= c_0 + \sum_{i=1}^{p-1} c_{1i} \Delta lenc_{t-i} + \sum_{i=1}^{p-1} c_{2i} \Delta lphdi_{t-i} + \delta_2 ECT_{t-1} + e_{2t} \\ - \Delta lphdi_{t-i}, \Delta lenc_{t-i} &= \text{kısa dönem nedensellik ilişkisi} \end{aligned}$$

- ECT = uzun dönem eşbütünleşme ilişkisine ait kalıntılar
- ECT_{t-1} = hata düzeltme terimi (uzun dönem nedensellik ilişkisi)
- δ_1, δ_2 = hata düzeltme terimine ait katsayılar

şeklinde gösterilmektedir.

Sınamanın yokluk hipotezleri,

- H_{01} : X , Y 'nin Granger nedeni değildir
- H_{02} : Y , X 'in Granger nedeni değildir

şeklindedir.

4. Analiz Sonuçları

Analizlerde kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler ve bu değişkenler arasındaki korelasyon Tablo 2'de gösterilmektedir. Bu istatistikler değişkenlerin yapısı ve değişkenler arasındaki ilişki hakkında ön bilgi sağlayabilmektedir. 32 yıllık veriden oluşan seriler normal dağılmaktadır.

İnsani gelişme endeksinin en düşük değeri 1990 yılında en yüksek değeri 2019 yılında gözlenmiştir. Enerji tüketiminde ise 1990 yılı en düşük tüketim yapılan yıl iken 2021 yılı analiz döneminin en yüksek tüketim yapılan yılıdır. Değişkenler arasındaki korelasyon ise pozitif, yüksek ve anlamlıdır.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler ve Korelasyon Matrisi

	<i>lphdi</i>	<i>lenc</i>
<i>lphdi</i>	1	
<i>lenc</i>	0.9657***	1
<i>Ortalama</i>	-0.4338	4.0230
<i>Medyan</i>	-0.4401	4.0130
<i>Maksimum</i>	-0.2957	4.3855
<i>Minimum</i>	-0.5745	3.6249
<i>Std. Sapma</i>	0.0920	0.2447
<i>Çarpıklık</i>	0.0537	-0.0226
<i>Basıklık</i>	1.7889	1.7287
<i>Jarque-Bera</i>	1.9710	2.1577
<i>Olasılık</i>	0.3733	0.3400

*Not: ***, %1 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.*

Değişkenler arasındaki ilişkinin tespitinde kullanılacak ekonometrik yöntemlerin ilkinde değişkenlerin durağanlıkları incelenmiştir. Tablo 3'te ADF ve PP birim kök testi sonuçları yer almaktadır. ADF birim kök testi sonuçlarına göre her iki değişken de seviyesinde birim kök içermekte fakat farkı alındığında durağan hale gelmektedir. PP birim kök testi sonuçları da ADF birim kök testi ile paralel çıkmıştır. Her iki test de değişkenlerin I(1) düzeyinde entegre olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. ADF ve PP Birim Kök Test Sonuçları

	ADF		PP	
	<i>lphdi</i>	<i>lenc</i>	<i>lphdi</i>	<i>lenc</i>
I(0)	-0.4779	-0.7511	-0.4946	-0.7004
Olasılık	0.8826	0.8188	0.8793	0.8322
I(1)	-4.0286	-6.8980	-4.0424	-7.7398
Olasılık	0.0041	0.0000	0.0040	0.0000
Karar	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)

Değişkenlerin durağanlığı geleneksel testlerden biri olan KPSS testiyle de sınanmıştır. Sıfır hipotezinin serinin durağan olduğunu ima ettiği test sonuçlarına göre insani gelişme endeksi serisi %5 düzeyinde enerji tüketimi serisi ise %1 düzeyinde durağanlığı reddetmektedir. Farkı alınmış seriler için yapılan durağanlık testi sonuçları ise her iki serinin de durağan olduğunu göstermiştir. KPSS testinde ADF ve PP testleri sonuçlarına paralel bulgular elde edilmiştir.

Tablo 4. KPSS Durağanlık Testi Sonuçları

	<i>lphdi</i>	<i>lenc</i>
I(0)	0.7313**	0.7400***
I(1)	0.0779	0.2021
Kritik Değerler		
0.01		0.739
0.05		0.463
0.10		0.347

*Not: *** ve **, sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.*

Analiz döneminde yaşanmış olan yapısal değişimler değişkenlerin durağan olup olmasını etkileyebilmektedir. Bu yüzden değişkenlerin durağanlığının yapısal kırılmaları dikkate alan testlerle de sınanması daha sağlıklı olmaktadır. Enerji tüketimi ve insani gelişme endeksi serilerinin durağanlıkları esnek Fourier ADF testi ile incelenmiş ve sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir. Tablodaki sonuçlara göre enerji tüketimi serisi seviyesinde birim köklü olup farkı alındığında %5 düzeyinde durağan olmaktadır. İnsani gelişme endeksi serisi de yine seviyesinde birim kök içermekte ancak farkı alındığında durağan hale gelmektedir. Ancak FADF test istatistiğini kullanabilmek için F kısıt test istatistiğinin de anlamlı olması gerekmektedir. Her iki değişkenin de hem seviye değeri hem de fark değeri için yapılan F kısıt testi istatistikleri kritik değerlerden küçük olduğu için Fourier terimleri anlamsızdır. Bu durumda durağanlık için ADF birim kök testi sonuçlarına güvenmek gerekmektedir. Değişkenlerin durağanlık seviyelerinin belirlenmesi için yapılan testler genel olarak incelendiğinde her iki serinin de I(1) sürecine tabi olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5. Esnek Fourier ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Frekans	F Kısıt	FFADF Test	1%	5%	10%	SONUÇ
		Test İstatistiği	İstatistiği	F= 10.35	F= 7.58	F= 6.35	
<i>lenc</i>	3	2.7969	-0.5075	-3.77	-3.07	-2.71	ADF
$\Delta lenc$	3	4.4875	-3.1236**	-3.77	-3.07	-2.71	ADF
<i>lphdi</i>	2	4.2933	-0.3208	-3.97	-3.27	-2.91	ADF
$\Delta lphdi$	2	5.7129	-4.4290***	-3.97	-3.27	-2.91	ADF

Modeldeki değişkenler arasında ikinci farkında durağan olan seri bulunmadığı için değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisi ARDL sınır testi yöntemiyle analiz edilebilmektedir. Uzun dönem ilişkisinde yumuşak kırılmaların muhtemel etkisi de trigonometrik terimler modele dahil edilerek test edilmiştir. Tablo 6'da Fourier ARDL sınır testi sonuçları yer almaktadır. Modelin tümüne uygulanan F testine göre hesaplanan istatistik %5 kritik üst sınır değerinden büyük olduğu için değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır. Genişletilmiş ARDL prosedürü gereği bağımlı değişkene uygulanan t testi sonucuna göre hesaplanan test istatistiği %1 kritik üst sınır değerinden büyük olduğu için modelde birinci bozulma durumu bulunmamaktadır. Bağımsız değişkenlere uygulanan F testi için hesaplanan istatistik değeri %1 kritik üst sınır değerinden büyük olduğu için ikinci bozulma durumu da bulunmamaktadır. Fourier genişletilmiş ARDL testi sonuçları genel olarak incelendiğinde seriler arasında güçlü bir eşbütünleşme ilişkisi bulunduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 6. Fourier Genişletilmiş ARDL (1, 4) Sonuçları

k=1	$F_{overall}$	8.15970**	t_{DV}	-4.00932***	F_{IDV}	15.4996***
Kritik Değerler	Narayan (2005)		Pesaran vd. (2001)		Sam vd. (2019)	
	I0	I1	I0	I1	I0	I1
0.10	4.29	5.08	-2.57	-2.91	2.67	5.31
0.05	5.395	6.35	-2.86	-3.22	3.79	7.21
0.01	8.17	9.285	-3.43	-3.82	6.53	11.05

Not: $F_{overall}$ modelin tümüne uygulanan F testini, t_{DV} bağımlı değişkene uygulanan t testini ve F_{IDV} bağımsız değişkenlere uygulanan F testini göstermektedir. Not: *** ve **, sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Aralarında eşbütünleşme ilişkisi bulunan değişkenler arasındaki uzun dönem esneklikleri tahmin edilmiştir. Tablo 7 panel A'da yer alan sonuçlara

göre uzun dönemde enerji tüketiminde meydana gelen %1'lik artış insani gelişme endeksini %0,36 arttırmaktadır. İnsani gelişme endeksi ve enerji tüketimi arasındaki kısa dönem dinamikleri hata düzeltme modeli ile tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 7 panel B'de verilmiştir. Kısa dönemde meydana gelen sapmaların uyarılama hızını gösteren hata düzeltme parametresinin işareti beklendiği gibi 0 ile -1 arasında ve anlamlı bulunmuştur. Buna göre kısa dönemde meydana gelen şokların %55'i izleyen dönemde düzelterek uzun dönem denge değerine yaklaşmaktadır. Modele eklenen Fourier terimlerinin katsayıları anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç yumuşak yapısal kırılmaların insani gelişmeyi etkilediğini ortaya koymaktadır. Frekansın kesirli olması yapısal değişimin etkisinin kalıcı olduğunu göstermektedir.

Aynı tabloda panel C'de yer alan diagnostik test sonuçları, modelde hata terimlerinin normal dağıldığını ve model spesifikasyon hatasının bulunmadığını göstermektedir. ARDL modelinde otokorelasyon ve değişen varyansa dirençli HAC (Newey-West) tahmincisi kullanıldığı için otokorelasyon ve değişen varyans testine ayrıca başvurulmamıştır.

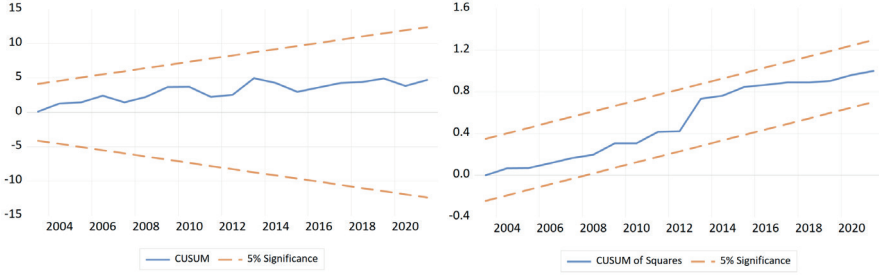
Tablo 7. Uzun ve Kısa Dönem Analizi

Panel A: Uzun Dönem Katsayıları				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İst.	Olasılık
<i>lenc</i>	0.360192	0.004792	75.17146	0.0000
Panel B: Kısa Dönem Analizi				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İst.	Olasılık
<i>ect(-1)</i>	-0.5566	0.1343	-4.1447	0.0005
$\Delta lenc$	-0.0002	0.0258	-0.0091	0.9929
$\Delta lenc(-1)$	-0.1666	0.0504	-3.3067	0.0035
$\Delta lenc(-2)$	-0.0893	0.0453	-1.9686	0.0630
$\Delta lenc(-3)$	-0.0513	0.0322	-1.5925	0.1269
<i>cos</i>	0.0063	0.0017	3.6127	0.0017
<i>sin</i>	0.0109	0.0035	3.1152	0.0055
<i>c</i>	-1.0301	0.2505	-4.1127	0.0005
Panel C: Diagnostik Testler				
	İstatistik	Olasılık		
<i>Jarque-Bera Normallik Testi</i>	0.4179	0.8114		
<i>Ramsey RESET Testi</i>	0.0545	0.8181		

Not: Uygun frekans 2,66 olarak tespit edilmiştir.

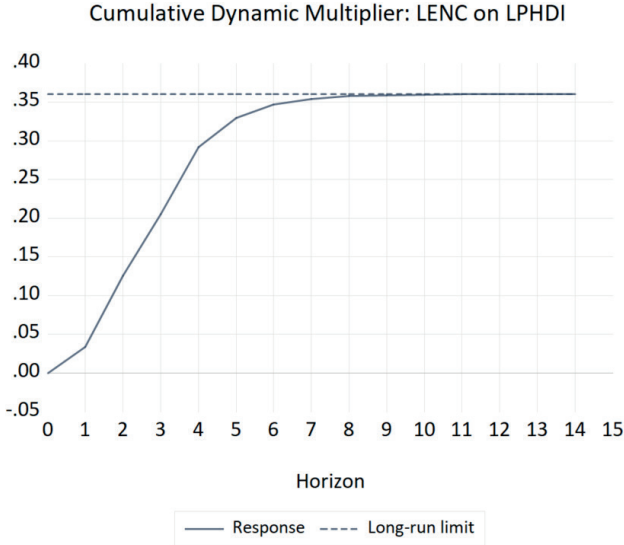
Fourier genişletilmiş ARDL modelindeki katsayıların istikrarının tahmin edilmesi için CUSUM ve CUSUMQ testleri yapılmıştır. Şekil 3'te yer alan grafiklere göre modeldeki katsayılar istikrarlı olup kukla değişken eklemeye gerek bulunmamaktadır.

Şekil 3. CUSUM ve CUSUMQ Testleri



Bağımsız değişkenlerdeki değişimlerin bağımlı değişken üzerinde ne kadar süre sonra istikrarlı bir etkiye bulunacağı dinamik çarpan grafikleri ile tespit edilebilmektedir. Yani uzun dönem tahmininde elde edilen katsayıların yönünün ve büyüklüğünün kaçınıcı dönemden sonra istikrara kavuştuğu bu grafiklerle izlenebilmektedir. Şekil 4'te yer alan grafiğe göre enerji tüketiminde meydana gelen %1'lik artış (şok) insani gelişme endeksini 8. dönemden itibaren %0,36 arttırmaktadır. İlk dönemde düşük olan bu etki izleyen dönemde artmakta ve 8. dönemde istikrara kavuşmaktadır.

Şekil 4. Dinamik Çarpan Grafiği



Değişkenler arasındaki uzun dönem katsayılarının sağlamlık kontrolü FMOLS, DOLS ve CCR yöntemleri ile tahmin edilmiştir. Tablo 8'de yer alan sonuçlara göre, tüm tahmin yöntemlerinin sonuçları uyumlu çıkmıştır.

Uzun dönemde enerji tüketiminde meydana gelen %1'lik artış insani gelişme endeksini %0,37-0,38 oranında arttırmaktadır. Fourier genişletilmiş ARDL yönteminde olduğu gibi bu yöntemlerde de trigonometrik terimler anlamlı çıkmıştır. Buna göre yumuşak yapısal kırılmalar insani gelişmeyi etkilemektedir.

Tablo 8. Sağlıkla Kontrolü

Değişken	FMOLS		DOLS		CCR	
	Katsayı	t-İst.	Katsayı	t-İst.	Katsayı	t-İst.
<i>lenc</i>	0.3819	19.7731***	0.3703	26.4201***	0.3837	20.1151***
<i>c</i>	-1.9671	-25.1990***	-1.9128	-33.4840***	-1.9740	-25.7589***
<i>cos</i>	0.0191	2.9609***	0.0118	2.6180**	0.0193	2.9650***
<i>sin</i>	0.0132	2.0790**	0.0199	4.2713***	0.0132	2.0865**

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

Birinci farklarında durağan olan ve aralarında eşbütünleşme ilişkisi bulunan seriler arasındaki nedensellik ilişkisi VECM'e dayalı Granger nedensellik testi ile analiz edilebilmektedir. Tablo 9'da sunulan sonuçlara göre değişkenler arasında kısa dönemde nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Uzun dönemde ise enerji tüketiminden insani gelişme endeksine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. İnsani gelişme endeksinden enerji tüketimine doğru nedensellik ilişkisinin katsayısı anlamlı olmasına rağmen işareti pozitif olduğu için bu yönde bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Bu sonuca göre Türkiye'de büyüme (kalkınma) hipotezi doğrulanmaktadır.

Tablo 9. VECM'e Dayalı Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Bağımlı Değişken	Kısa Dönem Nedensellik (χ^2)		Uzun Dönem Nedensellik
	$\Delta lphdi_{t-1}$	$\Delta lenc_{t-1}$	ECT(-1)
$\Delta lphdi_t$	-	2.149598 (0.1426)	-0.176486 [-2.744390]**
$\Delta lenc_t$	2.144309 (0.1431)	-	0.613868 [1.681281]

Not: Parantez içindekiler anlamlılık değerlerini, köşeli parantez içindekiler t istatistiklerini göstermektedir. **, %5 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Sonuç

Enerji tüketimi – kalkınma literatürüne katkı yapmayı amaçlayan bu çalışmada Türkiye’de birincil enerji tüketiminin gezegensel baskılara uyarlanmış insani gelişme endeksi ile ilişkisi güncel bir yöntem olan FA-ARDL yöntemiyle araştırılmıştır. Değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisinin tespit edildiği analizlerde enerji tüketimindeki artışların insani gelişmeyi arttırdığı görülmüştür. Ayrıca uzun dönemde enerji tüketiminden insani gelişmeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu bulgular enerji tüketiminin insani gelişme düzeyinin yükseltilmesini hedefleyen politika yapıcılar için etkili bir araç olabileceğini göstermektedir. Türkiye’de birincil enerji tüketiminde fosil yakıtların payı yüksektir. Temiz enerji kaynaklarının oranının düşük olduğu göz önünde bulundurulduğunda enerji tüketimindeki artışın çevre kirletici olma riski bulunmaktadır. Bu yüzden enerji tüketiminin yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla ağırlık verilerek yükseltilmesi durumunda insani gelişme üzerinde daha sağlıklı bir artış yaşanabileceği düşünülmektedir.

İnsani gelişmede daha kapsamlı bir etkinin ortaya çıkması için enerjiye erişimin özellikle kırsal alanlarda artırılması önem arz etmektedir. Enerjiye kesintisiz bir şekilde erişebilen bireyler kendi eğitim ve sağlık yatırımlarını daha etkin bir şekilde gerçekleştirebilecektir. Bunun yanında kullanılan birincil enerjide verimliliğin yükseltilmesi durumunda daha fazla mal ve hizmet üretimi sağlanarak hasıla düzeyi artırılabilir.

Enerjide ithal bağımlılığı yüksek olan Türkiye’de enerji arz güvenliğine yönelik adımlar da atılmalıdır. Öncelikle enerji ithal edilen ülke ve yollar çeşitlendirilmelidir. Yeni enerji anlaşmalarının daha uygun fiyatla yapılması dış ticaret açığını azaltıcı etki yaratacaktır. Yurt içinde kullanıma sunulan enerjinin uygun fiyatlı olması veya düşük gelir grubundaki hanelere farklı fiyat tarifesi uygulanması enerjiye daha kapsamlı erişilmesini sağlayacaktır. Henüz birincil enerji tüketiminde payı olmayan nükleer enerjinin devreye alınması karbon emisyonu yaratmadan insani gelişme üzerinde pozitif etki yapabilecektir.

Sınırlı sayıda çalışmanın bulunduğu alana yeni bir gösterge kullanarak katkı yapan bu çalışmanın yine de eksik yönleri bulunmaktadır. Her ne kadar güncel ve kapsamlı bir yöntem olsa da gelecek çalışmalarda daha farklı yöntemler kullanılarak çalışma yeniden gözden geçirilebilir. Çalışmanın en büyük kısıtlarından biri olan tek bağımsız değişken sayısı artırılabilir. İnsani gelişmeyi etkileyebilecek farklı değişkenler eklenerek model genişletilebilir. Bu ilişki farklı ülke ve ülke grupları için yeniden analiz edilerek küresel bir bakış açısıyla değerlendirilebilir.

Kaynakça

- Abbas, K., Butt, K. M., Xu, D., Baz, K., Sheraz, M., & Kharl, S. H. (2023). Dynamic prognostic interaction between social development and energy consumption optimization: Evidence from european union member countries. *Energy*, 278, 127791.
- Adekoya, O. B. (2021). Revisiting oil consumption-economic growth nexus: Resource-curse and scarcity tales. *Resources Policy*, 70, 101911.
- Adekoya, O. B., Olabode, J. K., & Rafi, S. K. (2021). Renewable energy consumption, carbon emissions and human development: Empirical comparison of the trajectories of world regions. *Renewable Energy*, 179, 1836-1848.
- Ahmad, F., & Surajo, A. Z. (2022). The Impact of Population, Export, and Capital Formation to The Oil Consumption and Economic Growth in Indonesia. *Economics, Business, Accounting & Society Review*, 1(1), 9-20.
- Ali, H. S., Nathaniel, S. P., Uzuner, G., Bekun, F. V., & Sarkodie, S. A. (2020). Trivariate modelling of the nexus between electricity consumption, urbanization and economic growth in Nigeria: fresh insights from Maki Cointegration and causality tests. *Heliyon*, 6(2).
- Azam, A., Rafiq, M., Shafique, M., Zhang, H., & Yuan, J. (2021). Analyzing the effect of natural gas, nuclear energy and renewable energy on GDP and carbon emissions: A multi-variate panel data analysis. *Energy*, 219, 119592.
- Bildirici, M. E. (2013). Economic growth and biomass energy. *Biomass and bioenergy*, 50, 19-24.
- Cai, Y., Sam, C. Y., & Chang, T. (2018). Nexus between clean energy consumption, economic growth and CO2 emissions. *Journal of cleaner production*, 182, 1001-1011.
- 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.
- Durgun, F. (2023). Türkiye’de Elektrik Tüketimi ve Büyüme Arasındaki Neden-sellik İlişkisi: MS-Granger Yaklaşımı. In: Çevik, E. İ. & Kırıcı Altınkeski, B. (eds.), *Granger Nedensellik Sınamasında Yeni Yaklaşımlar, Özgür Yayınları*.
- 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.
- Enders, W., & Lee, J. (2012). The flexible Fourier form and Dickey–Fuller type unit root tests. *Economics Letters*, 117(1), 196-199.

- 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
- Eras, J. J. C., Fandiño, J. M. M., Gutiérrez, A. S., & Bayona, J. R. (2022). Assessing the causality relationship and time series model for electricity consumption per capita and human development in Colombia. *Energy Reports*, 8, 10464-10477.
- Granger, C. W. J. (1988). Some recent development in a concept of causality. *Journal of econometrics*, 39(1-2), 199-211.
- Hasan, M. M., & Raza, M. Y. (2022). Nexus of natural gas consumption and economic growth: does the 2041 Bangladesh development goal realistic within its limited resource?. *Energy Strategy Reviews*, 41, 100863.
- Hung, N. T. (2022). Biomass energy consumption and economic growth: insights from BRICS and developed countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(20), 30055-30072.
- Kaewnern, H., Wangkumharn, S., Deeyaonarn, W., Yousaf, A. U., & Kongbuamai, N. (2023). Investigating the role of research development and renewable energy on human development: An insight from the top ten human development index countries. *Energy*, 262, 125540.
- Karekezi, S., McDade, S., Boardman, B., Kimani, J. & Lustig, N. (2012). Energy, poverty, and development. *Global Energy Assessment—Toward a Sustainable Future* [Johansson, TB, N. Nakicenovic, A. Patwardhan, and L. Gomez-Echeverri (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 151-190.
- Kirikaleli, D., Güngör, H., & Adebayo, T. S. (2022). Consumption-based carbon emissions, renewable energy consumption, financial development and economic growth in Chile. *Business Strategy and the Environment*, 31(3), 1123-1137.
- Kraft, J. & Kraft, A. (1978), On the Relationship Between Energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, 3, 401-403.
- Lekana, H. C., & Ikiemi, C. B. S. (2021). Effect of energy consumption on human development in the countries of the Economic and Monetary Community of Central Africa (EMCCA). *Theoretical Economics Letters*, 11(3), 404-421.
- Luqman, M., Ahmad, N., & Bakhsh, K. (2019). Nuclear energy, renewable energy and economic growth in Pakistan: Evidence from non-linear autoregressive distributed lag model. *Renewable energy*, 139, 1299-1309.
- McNown, R., Sam, C. Y., & Goh, S. K. (2018). Bootstrapping the autoregressive distributed lag test for cointegration. *Applied Economics*, 50(13), 1509-1521.

- Nguea, S. M. (2023). Improving human development through urbanization, demographic dividend and biomass energy consumption. *Sustainable Development*.
- Ouedraogo, N. S. (2013). Energy consumption and human development: Evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy*, 63, 28-41.
- Ozcan, B., & Ozturk, I. (2019). Renewable energy consumption-economic growth nexus in emerging countries: A bootstrap panel causality test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 30-37.
- Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy-growth nexus. *Energy Policy*, 38(1), 340-349. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.024>
- Ozturk, I., & Acaravci, A. (2011). Electricity consumption and real GDP causality nexus: Evidence from ARDL bounds testing approach for 11 MENA countries. *Applied energy*, 88(8), 2885-2892.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*, 16(3), 289-326.
- Pham, A., Li, C., & Bui, Q. (2023). Assessing the heterogeneous impacts of energy consumption on human development of G7 by employing advanced quantile panel data estimation. *Gondwana Research*.
- Phillips, P. C. & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- 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.
- Rahman, M. M., & Velayutham, E. (2020). Renewable and non-renewable energy consumption-economic growth nexus: new evidence from South Asia. *Renewable Energy*, 147, 399-408.
- Rehman, A., Ma, H., Ozturk, I., & Radulescu, M. (2022). Revealing the dynamic effects of fossil fuel energy, nuclear energy, renewable energy, and carbon emissions on Pakistan's economic growth. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(32), 48784-48794.
- Saboori, B., Rasoulinezhad, E., & Sung, J. (2017). The nexus of oil consumption, CO2 emissions and economic growth in China, Japan and South Korea. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(8), 7436-7455.
- Sadiq, M., Wen, F., Bashir, M. F., & Amin, A. (2022). Does nuclear energy consumption contribute to human development? Modeling the effects of public debt and trade globalization in an OECD heterogeneous panel. *Journal of Cleaner Production*, 375, 133965.

- Sam, C. Y., McNown, R., & Goh, S. K. (2019). An augmented autoregressive distributed lag bounds test for cointegration. *Economic Modelling*, 80, 130-141.
- Sarkodie, S. A., Strezov, V., Weldekidan, H., Asamoah, E. F., Owusu, P. A., & Doyi, I. N. Y. (2019). Environmental sustainability assessment using dynamic autoregressive-distributed lag simulations—nexus between greenhouse gas emissions, biomass energy, food and economic growth. *Science of the total environment*, 668, 318-332.
- Shahbaz, M., Rasool, G., Ahmed, K. & Mahalik, M. K. (2016). Considering the effect of biomass energy consumption on economic growth: fresh evidence from BRICS region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1442-1450.
- Shan, Y., & Ren, Z. (2023). Does tourism development and renewable energy consumption drive high quality economic development?. *Resources Policy*, 80, 103270.
- Sinaga, O., Saudi, M. H. M., Roespinoedji, D. S., & Razimi, M. S. A. (2019). The dynamic relationship between natural gas and economic growth: Evidence from Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(3), 388-394.
- Syed, Q. R., Apergis, N., & Goh, S. K. (2023). The dynamic relationship between climate policy uncertainty and renewable energy in the US: Applying the novel Fourier augmented autoregressive distributed lags approach. *Energy*, 275, 127383.
- UNDP (United Nations Development Programme) (1990). *Human Development Report 1990*, UNDP, New York, NY, <https://doi.org/10.18356/7007ef44-en>.
- UNDP (United Nations Development Programme) (2020). *Human Development Report 2020: The Next Frontier: Human Development and the Anthropocene*. New York. <https://hdr.undp.org/system/files/documents/hdr2020pdf.pdf>
- UNDP (United Nations Development Programme) (2022a). *Technical Notes. Calculating the human development indices—graphical presentation*. https://hdr.undp.org/sites/default/files/2021-22_HDR/hdr2021-22_technical_notes.pdf
- UNDP (United Nations Development Programme) (2022b). *Human Development Report 2021/2022: Uncertain Times, Unsettled Lives: Shaping our Future in a Transforming World*. New York.”
- Van Tran, N., Van Tran, Q., Do, L. T. T., Dinh, L. H., & Do, H. T. T. (2019). Trade off between environment, energy consumption and human development: Do levels of economic development matter?. *Energy*, 173, 483-493.

- Wang, Z., Bui, Q., & Zhang, B. (2020). The relationship between biomass energy consumption and human development: Empirical evidence from BRICS countries. *Energy*, 194, 116906.
- Wang, Z., Zhang, B., & Wang, B. (2018). Renewable energy consumption, economic growth and human development index in Pakistan: evidence form simultaneous equation model. *Journal of cleaner production*, 184, 1081-1090.
- Zahid, T., Arshed, N., Munir, M., & Hameed, K. (2021). Role of energy consumption preferences on human development: A study of SAARC region. *Economic Change and Restructuring*, 54, 121-144.