



## Gelişmekte Olan Ülkelerde Yenilenebilir Enerji Tüketimini Belirleyen Faktörler: Panel Nedensellik Analizi

Sultan YILMAZ <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Dr., Independent Researcher., Ege University, İzmir, Türkiye

Geliş Tarihi/Received: 04.02.2026  
Kabul Tarihi/Accepted: 24.03.2026

Doi: 10.31200/makuubd.1881545  
Araştırma Makalesi/Research Article

### ÖZET

Bu çalışma, 2000–2021 döneminde seçilmiş 17 gelişmekte olan ülkede yenilenebilir enerji tüketiminin belirleyicilerini incelemektedir. Analizde yenilenebilir enerji tüketimi bağımlı değişken olarak ele alınırken; kişi başına gayrisafi yurt içi hasıla, doğrudan yabancı yatırımlar, kentleşme oranı ve kurumsal kalite temel açıklayıcı değişkenler olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler, Dünya Bankası'nın World Development Indicators (WDI) ve Worldwide Governance Indicators (WGI) veri tabanlarından derlenmiştir. Analize geçilmeden önce ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığı ve parametre heterojenliği test edilmiş, elde edilen bulgular ülkeler arasında önemli yapısal farklılıkların bulunduğunu göstermiştir. İkinci nesil panel birim kök testleri, tüm değişkenlerin birinci farklarında durağan hâle geldiğini ortaya koymuştur. Uzun dönem ilişkilere dair güçlü kanıtlar elde edilememesi nedeniyle, değişkenler arasındaki nedensellik yönünü belirlemek amacıyla Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik testi uygulanmıştır. Ampirik bulgular, ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar, kentleşme ve kurumsal kaliteden yenilenebilir enerji tüketimine doğru istatistiksel olarak anlamlı nedensellik ilişkileri bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme, kentleşme ve kurumsal kalite arasında çift yönlü nedensellik ilişkileri tespit edilirken, yenilenebilir enerji tüketiminden doğrudan yabancı yatırımlara doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunmamıştır. Elde edilen sonuçlar, yenilenebilir enerji tüketiminin gelişmekte olan ülkelerde hem ekonomik hem de kurumsal dinamikler tarafından şekillendiğini ve aynı zamanda bu süreçleri etkileyen stratejik bir unsur olduğunu ortaya koymaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Doğrudan Yabancı Yatırımlar, Kurumsal Kalite, Panel Nedensellik, Gelişmekte Olan Ülkeler.

## What Drives Renewable Energy Consumption in Developing Countries? Evidence from Panel Causality Analysis

### ABSTRACT

This study investigates the determinants of renewable energy consumption in 17 selected developing countries over the period 2000–2021. Renewable energy consumption is employed as the dependent variable, while per capita gross domestic product, foreign direct investment, urbanization, and institutional quality are used as explanatory variables. The data are obtained from the World Development Indicators (WDI) and Worldwide Governance Indicators (WGI) databases of the World Bank. First, cross-sectional dependence and parameter heterogeneity tests are conducted, revealing substantial structural differences across countries. Second-generation panel unit root tests indicate that all variables become stationary after first differencing. Given the absence of robust long-run relationships, the Dumitrescu and Hurlin (2012) panel causality test is applied to identify the direction of causality among the variables. The causality results demonstrate statistically significant causal relationships running from economic growth, foreign direct investment, urbanization, and institutional quality to renewable energy consumption. Moreover, bidirectional causality is detected from renewable energy consumption to economic growth, urbanization, and institutional quality. However, no causal relationship is found from renewable energy consumption to foreign direct investment. Overall, the findings suggest that renewable energy consumption is not merely an outcome influenced by macroeconomic and institutional factors but also acts as a strategic driver shaping economic growth and institutional dynamics.

**Keywords:** Renewable Energy Consumption, Foreign Direct Investment, Institutional Quality, Panel Causality, Developing Countries.

### 1.GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği, fosil yakıtı dayalı enerji üretimiyle ilişkili çevresel ve ekonomik maliyetleri giderek artırmakta ve ülkeleri daha sürdürülebilir enerji politikaları benimsemeye zorlamaktadır (Stern, 2007; IPCC, 2021). Bu bağlamda, yenilenebilir enerji tüketimi; karbon emisyonlarının azaltılması, enerji güvenliğinin artırılması ve sürdürülebilir ekonomik büyümenin desteklenmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır (Apergis & Payne, 2014; IRENA, 2020). Güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji

kaynaklarına yapılan yatırımlar son yıllarda önemli ölçüde artmış olsa da, bu yatırımların belirleyicileri ülkeler arasında önemli farklılıklar göstermektedir (Bölük & Mert, 2015; Sadorsky, 2009).

Gelişmekte olan ekonomilerde artan enerji talebi, hızlı nüfus artışı ve hızlanan kentleşme süreçleri, büyük ölçekli enerji altyapı yatırımlarını kaçınılmaz hâle getirmiştir (Nathaniel & Iheonu, 2019). Ancak bu ülkelerde yenilenebilir enerji tüketimleri; finansal kapasite, kurumsal etkinlik ve makroekonomik istikrar gibi faktörlerden güçlü biçimde etkilenmektedir (Marques & Fuinhas, 2012; Bhattacharya vd., 2016). Kişi başına gelir, doğrudan yabancı yatırımlar ve kentleşme gibi değişkenler enerji talebinin yapısını şekillendirirken, kurumsal kalite güvenilir bir yatırım ortamının sağlanması ve büyük ölçekli enerji projelerinin uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından hayati bir rol oynamaktadır (Acemoglu vd., 2005; North, 1990).

Mevcut literatür yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme, finansal gelişme ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde incelemiş olsa da, bu tüketimlerin belirleyicilerine ilişkin ampirik kanıtlar görece sınırlı kalmaktadır (Sadorsky, 2010; Omri ve Nguyen, 2014). Ayrıca, çalışmaların büyük bir bölümü tek ülke örneklemine ya da nispeten homojen ülke gruplarına odaklanmakta; gelişmekte olan ekonomilerin yapısal heterojenliğini dikkate alan karşılaştırmalı analizler ise oldukça sınırlı sayıda bulunmaktadır (Paramati vd., 2017; Destek & Aslan, 2017). Bu durum, genellenebilir ve politika açısından anlamlı sonuçlar elde edilmesini kısıtlamaktadır.

Bu çerçevede, söz konusu çalışma 2000–2021 döneminde seçilmiş 17 gelişmekte olan ülkede yenilenebilir enerji tüketimlerinin belirleyicilerini ampirik olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, kişi başına gayrisafi yurt içi hasıla, doğrudan yabancı yatırımlar, kentleşme ve kurumsal kalitenin yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkileri analiz edilmektedir. Panel veri tekniklerinin kullanılmasıyla, hem kısa hem de uzun dönemli dinamikler yakalanmakta ve ülkeler arası heterojenlik açık biçimde dikkate alınmaktadır (Pesaran vd., 1999; Blackburne & Frank, 2007).

Bu yönüyle çalışma, gelişmekte olan ekonomilerde yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik ve kurumsal belirleyicilerine ilişkin kapsamlı bir değerlendirme sunarak literatüre katkı sağlamayı hedeflemektedir. Elde edilen bulguların, yükselen piyasalarda sürdürülebilir

enerji stratejilerinin tasarlanması ve yatırım çerçevelerinin iyileştirilmesi açısından önemli politika çıkarımları sunması beklenmektedir.

## 2.LİTERATÜR

Mevcut literatür, yenilenebilir enerji tüketimi ile temel makroekonomik ve kurumsal faktörler arasındaki ilişkiyi çeşitli panel veri yöntemleriyle incelemektedir. Ancak özellikle gelişmekte olan ülkeler için elde edilen bulgular ülke gruplarına ve kullanılan yöntemlere göre farklılık göstermektedir. Tablo 1, ilgili literatürde yer alan seçilmiş ampirik çalışmaları karşılaştırmalı olarak özetlemektedir.

**Tablo 1.** Yenilenebilir enerji literatüründe panel nedensellik çalışmaları

Çalışma	Ülkeler	Değişkenler	Yöntem	Bulgular
Aydın (2019)	OECD ülkeleri	Yenilenebilir enerji GSYH	Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik	Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik
Ahmed vd. (2022)	İskandinav Ülkeleri	Yeşil vergiler, enerji yoğunluğu, enerji tüketimi	Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik	Politika değişkenlerinden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik
Tugcu & Menegaki (2024)	G7 ülkeleri	Yenilenebilir enerji, enerji güvenliği	Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik	Enerji güvenliğinden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü nedensellik
Chandio vd. (2025)	BRICS Ülkeleri	Gıda Üretimi – Su Kaynakları – Tarım Arazileri – Yenilenebilir Enerji – Gübre Kullanımı – Cep Telefonu Kullanıcıları – Tarımsal İşgücü	Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik	Su Kaynakları, Tarım Arazileri, Mobil Telefon Teknolojisi ve Tarımsal İşgücü ↔ Gıda Üretimi
Viglioni vd. (2025)	93 Ülke	Yenilenebilir enerji, doğrudan yabancı yatırımlar, GSYH, CO <sub>2</sub> , kentleşme	Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik	GSYH, kentleşme ve CO <sub>2</sub> ile yenilenebilir enerji arasında çift yönlü nedensellik
Prakash, N. (2025).	190 Ülke	CO <sub>2</sub> , REC, NUC, FF, GDP, FDI, POP	Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik	Gelir düzeyine bağlı olarak enerji–büyüme–çevre ilişkilerinde farklı yönlerde nedensellik
Tansuchat, R., & Yosthongngam, S. (2026).	G7 Ülkeleri	RE, EE- GE- ERG-GG	Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik	lnGG → lnERG, lnREC → lnGG lnEE, lnGE: nedensellik yok
Ghosh vd. (2023)	BRICS Ülkeleri	GDP, POP, REN, CO <sub>2</sub> , DEM	Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik	GDP ↔ CO <sub>2</sub> , POP ↔ CO <sub>2</sub> DEM (Democracy) ↔ CO <sub>2</sub> RE → CO <sub>2</sub> (tek yönlü) RE & Democracy → GDP
Chhabra vd. (2024)	19 gelişmekte olan ülke	GG-REN-TRD	Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik	GG ↔ REN
Mperekumana vd. (2024)	32 African Ülke	RE- URB- GDP- IND- EFP	Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik	Sanayileşme ↔ CO <sub>2</sub> emissions
Auteri vd. (2024)	G7 countries	Urban, HDI, Trade Open, UR, GD, REC	Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik	Real GDP, Trade Openness, Urbanization, HDI → REC (tek yönlü nedensellik)
Yadav, A., & Mahalik, M. K. (2024)	16 gelişmekte olan ülke	Yenilenebilir enerji- enerji ithalatı- küreselleşme- Energy İthalatı- GDP	Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik	REC ↔ Energy Imports   REER → Energy Imports   Globalisation → Energy Imports   Energy Imports → GDP   GDP ↔ REC   GDP ↔ Energy Imports

**Not:** Tablo, yenilenebilir enerji literatüründe panel nedensellik yaklaşımını kullanan seçilmiş güncel çalışmaları içermektedir.

Dumitrescu–Hurlin panel nedensellik analizi sonuçları, seçilmiş gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji tüketimi ile temel makroekonomik ve kurumsal değişkenler arasında anlamlı nedensel ilişkiler bulunduğunu göstermektedir. Özellikle ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar, kentleşme ve kurumsal kaliteden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tespit edilen nedensellik ilişkileri, gelir artışı, sermaye girişleri, kentsel gelişim ve yönetim yapılarındaki iyileşmelerin yenilenebilir enerji kullanımını hızlandırdığını ortaya koymaktadır.

Bu bulgular, mevcut literatürle büyük ölçüde örtüşmektedir. Örneğin Aydın (2019), OECD ülkeleri için yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik tespit ederken, Tugcu & Menegaki (2024) G7 ülkelerinde enerjiye ilişkin değişkenlerden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Viglioni vd. (2025), geniş bir ülke örnekleminde yenilenebilir enerji tüketimi, GSYİH ve kentleşme arasında çift yönlü nedensel ilişkiler belirleyerek ekonomik ölçek ve kentsel dinamiklerin önemine dikkat çekmektedir.

Doğrudan yabancı yatırımlardan yenilenebilir enerji tüketimine doğru tespit edilen tek yönlü nedensellik, uluslararası sermaye ve teknoloji transferinin temiz enerji gelişimindeki rolünü vurgulayan çalışmaları desteklemektedir (Prakash, 2025; Viglioni vd., 2025). Bu sonuç, özellikle gelişmekte olan ülkelerde yabancı yatırımların finansman, teknoloji yayılımı ve altyapı gelişimi yoluyla yenilenebilir enerji kullanımını teşvik ettiğini göstermektedir.

Kurumsal kaliteden yenilenebilir enerji tüketimine doğru bulunan nedensellik ilişkisi ise Ahmed vd. (2022) ile Tansuchat ve Yosthongngam'ın (2026) bulgularıyla uyumludur. Güçlü yönetim yapıları, düzenleyici etkinlik ve politika güvenilirliği, yatırım belirsizliğini azaltarak yenilenebilir enerji projelerine yönelik uzun vadeli taahhütleri teşvik etmektedir.

Öte yandan, yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyüme, kentleşme ve kurumsal kaliteye doğru tespit edilen çift yönlü nedensellik ilişkileri, yenilenebilir enerjinin yalnızca kalkınmanın bir sonucu değil, aynı zamanda yapısal dönüşümü destekleyen aktif bir unsur olduğunu göstermektedir. Bu tür geri besleme mekanizmaları Ghosh vd. (2023) ve Chandio vd. (2025) tarafından da vurgulanmakta ve yenilenebilir enerjinin ekonomik performans, yönetim ve sürdürülebilirlik üzerindeki yayılma etkilerine işaret edilmektedir.

Buna karşılık, yenilenebilir enerji tüketiminden doğrudan yabancı yatırımlara doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilmemiştir. Bu bulgu, yenilenebilir enerji gelişiminin tek başına yabancı yatırım çekmek için yeterli olmadığını ve makroekonomik istikrar ile kurumsal reformların tamamlayıcı unsurlar olarak önemini koruduğunu göstermektedir.

Genel olarak, nedensellik analizi sonuçları, gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji dinamiklerinin çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymakta ve sürdürülebilir enerji dönüşümünün ancak ekonomik, kurumsal ve kentsel politikaların bütüncül biçimde ele alınmasıyla mümkün olabileceğini göstermektedir.

### 3. VERİ SETİ VE MODEL

Bu bölümde, analizde kullanılan veri kaynakları ve model spesifikasyonu açıklanmaktadır. Tablo 2, çalışmada kullanılan değişkenlerin tanımlarını, ölçüm biçimlerini ve veri kaynaklarını içeren bir özet sunmaktadır.

**Tablo 2.** Değişkenlerin tanımlanması

Değişken İsmi	Değişken Kısaltması	Birimi	Kaynağı
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	RE	% of total final energy consumption)	World Bank (2026)
Doğrudan Yabancı Yatırımlar	FDI	Net inflows (BoP, current US\$)	World Bank (2026)
Kurumsal Kalite	KK	İndex (WGI)	World Bank (2026)
Kent Nüfusu	UP	growth (annual %)	World Bank (2026)
Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	GDP	GDP (constant 2015 US\$)	World Bank (2026)

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bu çalışmada, 2000–2021 dönemini kapsayan 17 gelişmekte olan ülkeye ait dengeli panel veri seti kullanılmıştır. Örneklem Türkiye, Çin, Hindistan, Endonezya, Vietnam, Polonya, Romanya, Ukrayna, Güney Afrika, Mısır, Kenya, Brezilya, Meksika, Şili, Kolombiya, Fas ve Ürdün ülkelerinden oluşmaktadır. Ülke seçimi veri erişilebilirliği ve ekonomik yapıların benzerliği dikkate alınarak yapılmıştır.

Tüm makroekonomik değişkenler Dünya Bankası'nın World Development Indicators (WDI) veri tabanından elde edilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi (RE), kişi başına gelir (GDP) ve doğrudan yabancı yatırımlar (FDI) değişkenleri logaritmik forma dönüştürülerek ölçek farkları azaltılmış ve olası varyans sorunları sınırlandırılmıştır. Kentleşme (UP) değişkeni toplam nüfus içindeki kentsel nüfus oranı olarak ölçülmüştür.

Kurumsal kalite (KK) değişkeni ise Dünya Bankası'nın Worldwide Governance Indicators (WGI) veri tabanından elde edilmiştir. Literatürü takiben kurumsal kalite endeksi, altı yönetim göstergesinin basit ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Bu göstergeler:

- (i) İfade özgürlüğü ve hesap verebilirlik,
- (ii) Siyasal istikrar ve şiddetin yokluğu,
- (iii) Kamu hizmetlerinin etkinliği,
- (iv) Düzenleyici kalite,
- (v) Hukukun üstünlüğü ve
- (vi) Yolsuzluğun kontrolü'dür.

Oluşturulan bu bileşik endeks, ülkelerin genel yönetim ve kurumsal yapılarını temsil etmektedir.

Ampirik model aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\text{LnRE}_{it} = \alpha_i + \beta_1 \text{LnGDP}_{it} + \beta_2 \text{LnFDI}_{it} + \beta_3 \text{UP}_{it} + \beta_4 \text{KK}_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$i = 1,2,3 \dots 17$$

$$N = 17 \text{ (Kesit Boyutu)}$$

$$t = 2000, 2001 \dots 2021$$

$$T = 22 \text{ (Zaman Boyutu)}$$

Burada  $i$  ülkeleri,  $t$  ise zamanı ifade etmektedir.  $\text{LnRE}_{it}$  yenilenebilir enerji tüketimini,  $\text{LnGDP}_{it}$  geliri,  $\text{LnFDI}_{it}$  doğrudan yabancı yatırımları,  $\text{UP}_{it}$  kentleşme oranını ve  $\text{KK}_{it}$  kurumsal kaliteyi göstermektedir.

Analizde öncelikle Pesaran (2004) yatay kesit bağımlılığı testi uygulanmıştır. Ardından Swamy'nin S testi ile parametre homojenliği sınanmıştır. Yatay kesit bağımlılığı ve heterojenlik bulguları doğrultusunda, değişkenlerin durağanlık özelliklerini belirlemek amacıyla ikinci nesil CIPS ve birinci nesil IPS panel birim kök testleri kullanılmıştır. Son aşamada ise tüm değişkenlerin  $I(1)$  olması nedeniyle, değişkenler arasındaki yönlü ilişkileri belirlemek amacıyla Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testi uygulanmıştır.

#### **4. AMPİRİK ANALİZ**

Bu bölümde çalışmanın ampirik bulguları sunulmaktadır. Öncelikle değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı, parametre heterojenliği ve durağanlık özellikleri incelenmiş, ardından değişkenler arasındaki yönlü ilişkiler panel nedensellik yöntemleriyle analiz edilmiştir.

**Tablo 3.** Tanımlayıcı istatistikler

Değişken	Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Dev	Minimum	Maksimum
LnRE <sub>it</sub>	374	2.735	0.879	0.095	4.055
LnGDP <sub>it</sub>	374	26.393	0.985	24.138	28.653
LnFDI <sub>it</sub>	374	22.655	1.157	18.558	25.352
KK <sub>it</sub>	374	-0.048	0.437	-0.800	1.218
UP <sub>it</sub>	374	1.476	1.158	-1.967	4.358

**Açıklamalar:** LnRE<sub>it</sub>, yenilenebilir enerji tüketimini ifade etmekte olup çalışmada bağımlı değişken olarak kullanılmaktadır. Açıklayıcı değişkenler ise kişi başına düşen reel gayrisafı yurt içi hasıla (LnGDP<sub>it</sub>), doğrudan yabancı yatırımlar (LnFDI<sub>it</sub>), kentleşme oranı (UP<sub>it</sub>) ve kurumsal kalite (KK<sub>it</sub>) değişkenlerinden oluşmaktadır.

Tablo 3, analizde kullanılan değişkenlere ait betimsel istatistikleri sunmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketimi (LnRE<sub>it</sub>), ülkeler arasında orta düzeyde bir değişkenlik göstermekte olup, gelişmekte olan ülkeler arasında yenilenebilir enerji kullanım düzeylerinin farklılaştığını ortaya koymaktadır. Kişi başına gelir (LnGDP<sub>it</sub>) ve doğrudan yabancı yatırımlar (LnFDI<sub>it</sub>) değişkenlerinin görece düşük standart sapmaya sahip olması, incelenen ülkeler arasında gelir düzeyi ve yatırım akımlarının benzer bir dağılım sergilediğini göstermektedir.

Kurumsal kalite (KK<sub>it</sub>) değişkeninin hem pozitif hem de negatif değerler alması, ülkeler arasında yönetim yapılarının önemli ölçüde farklılaştığına işaret etmektedir. Kentleşme oranı (UP<sub>it</sub>) ise en yüksek değişkenliği sergileyerek, ülkeler arasında kentsel gelişim düzeylerinde belirgin farklılıklar bulunduğunu ortaya koymaktadır.

**Tablo 4.** Korelasyon matrisi (2000-2021)

	LnRE <sub>it</sub>	LnFDI <sub>it</sub>	LnGDP <sub>it</sub>	UP <sub>it</sub>	KK <sub>it</sub>
LnRE <sub>it</sub>	1.0000				
LnFDI <sub>it</sub>	0.1096	1.0000			
LnGDP <sub>it</sub>	0.1900	0.7154	1.0000		
UP <sub>it</sub>	0.0514	0.0116	0.2251	1.0000	
KK <sub>it</sub>	-0.0273	0.1137	-0.0295	-0.3359	1.0000

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4'te değişkenler arasındaki ikili korelasyon katsayıları sunulmaktadır. Genel olarak, yenilenebilir enerji tüketimi ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin zayıf olduğu görülmektedir. Bu durum, yenilenebilir enerji tüketiminin tek bir makroekonomik faktör tarafından güçlü biçimde belirlenmediğini göstermektedir. En yüksek korelasyon katsayısı kişi

başına gelir ile doğrudan yabancı yatırımlar arasında gözlenmiştir. Bununla birlikte, söz konusu değer çoklu doğrusal bağlantı eşliğinin altında kaldığından modelde ciddi bir çoklu bağlantı sorunu bulunmamaktadır. Genel olarak düşük korelasyon değerleri, bağımsız değişkenlerin ekonomik ve kurumsal yapının farklı boyutlarını temsil ettiğini ve tahmin sonuçlarının güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır.

#### 4.1. Yatay Kesit Bağımlılığı

Bu alt bölümde, ülkeler arasında ortak küresel şoklar, ekonomik entegrasyon ve yayılma etkilerinden kaynaklanabilecek yatay kesit bağımlılığı incelenmektedir. Yatay kesit bağımlılığının belirlenmesi, uygun ikinci nesil panel veri yöntemlerinin seçilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

**Tablo 5.** Birimler arası pesaran korelasyon testi (CD test)

Değişkenler	CD-Test İstatistiği	P-değeri
LnRE <sub>it</sub>	1.11	0.266
LnGDP <sub>it</sub>	52.65	0.000*
LnFDI <sub>it</sub>	24.34	0.000*
UP <sub>it</sub>	4.83	0.000*
KK <sub>it</sub>	-1.77	0.077

Not: \* p < 0.01 anlamlılık düzeyi, \*\* p < 0.05 anlamlılık düzeyi ve \*\*\* p < 0.10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 5, Pesaran (2004) yatay kesit bağımlılığı test sonuçlarını göstermektedir. Bulgular, yenilenebilir enerji tüketimi için yatay kesit bağımlılığı olmadığını ortaya koymaktadır (p = 0.266). Bu durum, söz konusu tüketimin ağırlıklı olarak ülkeye özgü enerji politikaları ve ulusal stratejiler tarafından belirlendiğini göstermektedir.

Buna karşılık, ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar ve kentleşme değişkenlerinde güçlü yatay kesit bağımlılığı bulunmaktadır (p < 0.01). Bu sonuç, makroekonomik değişkenlerin küresel gelişmelerden yoğun biçimde etkilendiğini ortaya koymaktadır. Kurumsal kalite değişkeni ise sınırda bağımlılık göstermektedir (p = 0.077).

Bu farklılıklar, ülkeler arasındaki yapısal heterojenliği yansıtmakta ve yenilenebilir enerji tüketiminde ulusal politikaların belirleyici rolünü vurgulamaktadır.

#### 4.2. Çoklu Doğrusal Bağlantı ve Parametre Heterojenliği

Bu alt bölümde açıklayıcı değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı olup olmadığı ve katsayıların ülkeler arasında homojen olup olmadığı incelenmektedir. Çoklu doğrusal bağlantı Varyans Enflasyon Faktörü (VIF) ile, parametre heterojenliği ise Swamy'nin S testi aracılığıyla değerlendirilmiştir.

**Tablo 6.** Varyans enflasyon faktörü (VIF)

Değişkenler	VIF	1/VIF
LnGDP <sub>it</sub>	2.27	0.4396
LnFDI <sub>it</sub>	2.19	0.4569
UP <sub>it</sub>	1.22	0.8174
KK <sub>it</sub>	1.15	0.8701

Korelasyon analizinin ardından, bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı olup olmadığını test etmek amacıyla Varyans Enflasyon Faktörü (VIF) analizi yapılmıştır. Tablo 6'da görüldüğü üzere tüm VIF değerleri yaygın olarak kabul edilen 10 eşik değerinin oldukça altındadır. En yüksek VIF değeri kişi başına gelir değişkeni için 2.27 olarak hesaplanmış, bunu doğrudan yabancı yatırımlar değişkeni 2.19 değeriyle takip etmiştir. Bu bulgular, modelde ciddi bir çoklu doğrusal bağlantı sorunu bulunmadığını göstermektedir. Korelasyon matrisi sonuçlarıyla tutarlı olarak, VIF test sonuçları da bağımsız değişkenlerin birlikte güvenilir şekilde kullanılabilmesini ve tahmin edilen katsayıların sağlam olduğunu ortaya koymaktadır.

**Tablo 7.** Homojenlik testi

Değişkenler	Wald chi2	P-değeri	Homojenlik Testi chi2	Homojenlik Testi P-Değeri
LnGDP <sub>it</sub>	-0.0638	0.714	20719.60	0.0000*
LnFDI <sub>it</sub>	-0.0616	0.030	14318.11	0.0000*
UP <sub>it</sub>	0.0050	0.942	13346.45	0.0000*
KK <sub>it</sub>	-0.1280	0.702	12607.86	0.0000*

Not: \* p < 0.01 anlamlılık düzeyi, \*\* p < 0.05 anlamlılık düzeyi ve \*\*\* p < 0.10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 5'te Swamy'nin S parametre homojenlik testi sonuçları sunulmaktadır. Elde edilen ki-kare istatistikleri tüm bağımsız değişkenler için %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır (p < 0.01). Bu sonuç, parametrelerin homojen olduğu yönündeki sıfır hipotezinin reddedildiğini göstermektedir. Başka bir ifadeyle, ekonomik büyüme, doğrudan

yabancı yatırımlar, kentleşme ve kurumsal kalite değişkenlerinin yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkileri ülkeler arasında farklılık göstermektedir. Bu bulgu, ülkeler arası heterojenliğin varlığını ortaya koymakta ve çalışmada heterojen panel yöntemlerinin kullanılmasının uygun olduğunu göstermektedir.

### 4.3. Panel Birim Kök Test Sonuçları

Bu alt bölümde değişkenlerin durağanlık özelliklerini incelemek amacıyla uygulanan panel birim kök test sonuçları sunulmaktadır.

**Tablo 8.** Pesaran (2007) CIPS Birim Kök Test Sonuçları

	LnRE <sub>it</sub>	LnFDI <sub>it</sub>	UP <sub>it</sub>	KK <sub>it</sub>	LnGDP <sub>it</sub>
I(0) Düzeyde	-1.711	-3.572	-1.686	-1.320	-1.809
I(1) Birinci Fark	-4.120	-5.294	-3.318	-4.129	-3.141

Not: Kritik değerler sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyleri için -2.04, -2.011 ve -2.23'tir.

Tablo 8'de Pesaran (2007) CIPS panel birim kök testi sonuçları sunulmaktadır. Seviye değerlerinde [I(0)], tüm değişkenlere ait test istatistiklerinin kritik değerlerin mutlak değerinden küçük olduğu görülmektedir. Bu nedenle birim kök varlığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilememekte ve değişkenlerin düzeyde durağan olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Buna karşılık, birinci farklar alındığında [I(1)] test istatistiklerinin kritik değerlerin mutlak değerini aştığı görülmektedir. Bu durum, tüm değişkenlerin birinci farklarında durağan hale geldiğini göstermektedir. Dolayısıyla LnRE, LnFDI, UP, KK ve LnGDP değişkenlerinin tamamının I(1) mertebesinde bütünleşik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu bulgular, çalışmada kullanılan yöntemlerin uygunluğunu desteklemekte ve nedensellik analizine geçilmesini metodolojik olarak haklı kılmaktadır<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Westerlund (2007) hata düzeltme temelli panel eşbütünleşme testleri, değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığını incelemek amacıyla uygulanmıştır. Elde edilen bulgular, panel genelinde güçlü bir eşbütünleşme ilişkisine işaret etmemektedir. Bu nedenle çalışmada, eşbütünleşme bulunmayan durumlar için uygun olan Dumitrescu–Hurlin (2012) panel nedensellik yaklaşımı kullanılarak kısa dönemli ve yönlü ilişkiler analiz edilmiştir.

**Tablo 9.** Im, Pesaran ve Shin (IPS) birim kök test sonuçları

	LnRE <sub>it</sub>	LnFDI <sub>it</sub>	LnGDP <sub>it</sub>	KK <sub>it</sub>	UP <sub>it</sub>
W(t-bar) İstatistiği (Level)	0.8834 (0.8115)	-5.8146 (0.000)*	1.845 (0.9675)	0.8349 (0.7981)	-4.8742 (0.000)*
W(t-bar) İstatistiği (Birinci Fark)	-11.4686 (0.000) *	-20.9076 (0.000) *	-8.462 (0.000) *	-13.3117 (0.000) *	-16.261 (0.000) *

Not: \* p < 0.01 anlamlılık düzeyi, \*\* p < 0.05 anlamlılık düzeyi ve \*\*\* p < 0.10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 9’da Im, Pesaran ve Shin (IPS) panel birim kök testi sonuçları sunulmaktadır. Düzey değerlerinde bazı değişkenlerin p-değerlerinin 0.05’in üzerinde olduğu görülmekte ve bu durum değişkenlerin düzeyde durağan olmadığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle, seviye serilerinde birim kök bulunmaktadır.

Buna karşılık, birinci farklar alındığında tüm değişkenlerin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı hale geldiği görülmektedir (p < 0.01). Bu sonuç, birim kök varlığına ilişkin sıfır hipotezinin reddedildiğini ve tüm değişkenlerin birinci farklarında durağan olduğunu göstermektedir.

Dolayısıyla LnRE, LnFDI, LnGDP, KK ve UP değişkenlerinin tamamının I(1) mertebesinde bütünleşik olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu bulgular, CIPS test sonuçlarıyla tutarlı olup çalışmada uygulanan nedensellik analizinin metodolojik olarak uygun olduğunu doğrulamaktadır<sup>2</sup>.

#### 4.4. Panel Nedensellik Analizi

Bu alt bölümde, değişkenler arasındaki nedensellik yönünü belirlemek amacıyla uygulanan Dumitrescu–Hurlin (2012) panel Granger nedensellik testine ait sonuçlar sunulmaktadır.

<sup>2</sup> Sağlamlık kontrolü amacıyla AMG (Pesaran & Smith, 1995) ve PMG Panel ARDL tahminleri de uygulanmıştır. Elde edilen bulgular, uzun dönem katsayıların ülkeler arasında zayıf ve heterojen olduğunu ve hata düzeltme katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir. Eşbütünleşme bulgusunun olmamasıyla uyumlu olarak bu sonuçlar, çalışmada kısa dönemli ve yönlü ilişkilerin Dumitrescu–Hurlin (2012) panel nedensellik yaklaşımı ile analiz edilmesini desteklemektedir.

**Tablo 10.** Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik test sonuçları

Değişkenler	W-bar	Z-bar	P-değeri	Nedensellik
LGDP → LRE	4.5765	10.4273	0.0*	VAR
LFDI → LRE	3.1742	6.3389	0.0*	VAR
UP → LRE	2.9165	5.5876	0.0*	VAR
KK → LRE	2.4913	4.3479	0.0*	VAR
LRE → LGDP	2.2356	3.6024	0.0003*	VAR
LRE → LFDI	1.0053	0.0155	0.9876	YOK
LRE → UP	3.8574	8.3305	0.0*	VAR
LRE → KK	3.4971	7.2803	0.0*	VAR

Not: \* p < 0.01 anlamlılık düzeyi, \*\* p < 0.05 anlamlılık düzeyi ve \*\*\* p < 0.10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 10’de Dumitrescu & Hurlin (2012) panel Granger nedensellik testi sonuçları sunulmaktadır. Bulgular, kişi başına gelir, doğrudan yabancı yatırımlar, kentleşme oranı ve kurumsal kalite değişkenlerinden yenilenebilir enerji tüketimine doğru istatistiksel olarak anlamlı tek yönlü nedensellik ilişkileri bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, makroekonomik performans, yabancı sermaye girişleri, kentleşme süreci ve kurumsal yapının yenilenebilir enerji tüketimini yönlendirdiğini ortaya koymaktadır.

Özellikle ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tespit edilen nedensellik ilişkisi, gelir düzeyindeki artışın ülkelerin temiz enerji teknolojilerine yatırım yapma kapasitesini artırdığını göstermektedir. Bu bulgu, ekonomik kalkınmanın yenilenebilir enerji tüketimini teşvik ettiğini ortaya koyan önceki çalışmalarla uyumludur (Sadorsky, 2009; Bhattacharya vd., 2016). Benzer şekilde, doğrudan yabancı yatırımlardan yenilenebilir enerji tüketimine doğru bulunan nedensellik ilişkisi, uluslararası sermaye ve teknoloji transferinin temiz enerji projelerinin hızlandırılmasında önemli rol oynadığını göstermektedir (Paramati vd. 2017).

Kentleşmeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tespit edilen nedensellik ilişkisi, şehirleşmeye bağlı artan enerji talebinin sürdürülebilir enerji tüketimlerini teşvik ettiğine işaret etmektedir (Nathaniel & Iheonu, 2019). Kurumsal kaliteden yenilenebilir enerji tüketimine doğru bulunan nedensellik ilişkisi ise, etkin yönetim yapılarının ve düzenleyici çerçevenin uzun vadeli enerji tüketimleri açısından belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır (North, 1990; Acemoglu vd., 2005).

Ters yönde yapılan analizlerde, yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik büyümeye doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir ( $lre \rightarrow lgd\dot{p}$ ). Bu bulgu, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi desteklediğini ve enerji dönüşümünün kalkınma sürecine katkı sağladığını göstermektedir (Apergis & Payne, 2014). Ayrıca yenilenebilir enerji tüketimi ile kentleşme ve kurumsal kalite arasında çift yönlü nedensellik ilişkileri bulunmuştur. Bu sonuç, enerji dönüşümünün kentsel yapılar ve yönetim süreçleri üzerinde dönüştürücü bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Buna karşılık, yenilenebilir enerji tüketimi doğrudan yabancı yatırımlara doğru istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunmamıştır. Bu durum, yabancı sermaye girişlerinin enerji sektöründeki gelişmelerden ziyade genel makroekonomik koşullar ve finansal faktörler tarafından belirlendiğini göstermektedir.

## 5. SONUÇ VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

Bu çalışmada, 2000–2021 döneminde seçilmiş 17 gelişmekte olan ülkede yenilenebilir enerji tüketimini belirleyen ekonomik ve kurumsal faktörler panel veri yöntemleri çerçevesinde analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar, kentleşme ve kurumsal kalitenin yenilenebilir enerji tüketiminin temel belirleyicileri olduğunu ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, elde edilen ampirik bulgular gelişmekte olan ülkelerin enerji politikaları açısından önemli ve somut çıkarımlar sunmaktadır. Öncelikle, ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tespit edilen nedensellik ilişkisi, enerji dönüşümünün büyük ölçüde finansal kapasiteye bağlı olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, makroekonomik istikrarın sağlanması ve sürdürülebilir büyümenin desteklenmesi, yenilenebilir enerji yatırımlarının genişletilmesi açısından ön koşul niteliğindedir. Dolayısıyla enerji politikalarının, büyüme odaklı makroekonomik politikalarla entegre biçimde tasarlanması gerekmektedir.

İkinci olarak, doğrudan yabancı yatırımlardan yenilenebilir enerji tüketimine doğru tespit edilen nedensellik ilişkisi, uluslararası sermaye ve teknoloji transferinin enerji dönüşüm sürecindeki kritik rolünü ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, gelişmekte olan ülkelere yatırım ortamının iyileştirilmesi, düzenleyici çerçevenin öngörülebilirliğinin artırılması ve yabancı

yatırımcılar açısından riskleri azaltan politika araçlarının geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Üçüncü olarak, kentleşmeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru belirlenen nedensellik ilişkisi, hızlı şehirleşme sürecinin enerji talebinin yapısını dönüştürdüğünü göstermektedir. Bu bulgu, kentsel planlama süreçlerine yenilenebilir enerji entegrasyonunun dâhil edilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Özellikle enerji verimli altyapı yatırımları, sürdürülebilir ulaşım sistemleri ve düşük karbonlu şehir politikaları, gelişmekte olan ülkeler için öncelikli politika alanları arasında yer almalıdır.

Dördüncü olarak, kurumsal kalitenin yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki belirleyici etkisi, enerji dönüşümünün yalnızca ekonomik değil aynı zamanda yönetim temelli bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çerçevede, düzenleyici etkinliğin artırılması, hukukun üstünlüğünün güçlendirilmesi ve kamu yönetiminde şeffaflık ile hesap verebilirliğin sağlanması, yenilenebilir enerji yatırımlarının sürdürülebilirliği açısından kritik önemdedir.

Öte yandan, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme, kentleşme ve kurumsal kalite arasında tespit edilen çift yönlü nedensellik ilişkileri, yenilenebilir enerjinin yalnızca kalkınmanın bir sonucu değil, aynı zamanda ekonomik ve kurumsal dönüşümü destekleyen stratejik bir araç olduğunu göstermektedir. Bu durum, yenilenebilir enerji politikalarının pasif bir uyum aracı olarak değil, kalkınma stratejilerinin merkezinde yer alan aktif bir politika alanı olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Buna karşılık, yenilenebilir enerji tüketiminden doğrudan yabancı yatırımlara doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisinin bulunmaması, enerji sektöründeki gelişmelerin tek başına yabancı sermaye çekmek için yeterli olmadığını göstermektedir. Bu bulgu, enerji politikalarının makroekonomik istikrar ve kurumsal reformlarla birlikte yürütülmesinin gerekliliğine işaret etmektedir.

Sonuç olarak, gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji dönüşümünün başarısı; ekonomik istikrarın sağlanması, yatırım ortamının iyileştirilmesi, sürdürülebilir kentleşme politikalarının uygulanması ve kurumsal yapının güçlendirilmesi gibi çok boyutlu politika bileşenlerinin eşgüdüm içinde yürütülmesine bağlıdır. Bu bütüncül yaklaşım, yalnızca yenilenebilir enerji tüketimini artırmakla kalmayacak, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasını da hızlandıracaktır.

## ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Araştırmacıların çalışmaya katkı oranları eşittir.

## ÇATIŞMA BEYANI

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## REFERENCES / KAYNAKLAR

- Acemoglu, D., Johnson, S., & Robinson, J. A. (2005). Institutions as a fundamental cause of long-run growth. *Handbook of Economic Growth*, 1, 385–472. doi:10.1016/S1574-0684(05)01006-3
- Ahmed, N., Sheikh, A. A., Hamid, Z., Senkus, P., Borda, R. C., Wysokińska-Senkus, A., & Glabiszewski, W. (2022). Exploring the causal relationship among green taxes, energy intensity, and energy consumption in Nordic countries. *Energies*, 15(4), 1234.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2014). Renewable energy, output, CO<sub>2</sub> emissions, and fossil fuel prices in Central America. *Energy Economics*, 42, 226–232. doi:10.1016/j.eneco.2014.01.003
- Auteri, M., Mele, M., Ruble, I., & Magazzino, C. (2024). The double sustainability. *The Journal of Economic Asymmetries*, 29, e00356.
- Aydın, M. (2019). Renewable and non-renewable electricity consumption–economic growth nexus. *Renewable Energy*, 136, 599–606.
- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). Renewable energy consumption and growth. *Applied Energy*, 162, 733–741. doi:10.1016/j.apenergy.2015.10.104
- Blackburne, E. F., & Frank, M. W. (2007). Estimation of nonstationary heterogeneous panels. *Stata Journal*, 7(2), 197–208.
- Bölük, G., & Mert, M. (2015). Renewable energy and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587–595. doi:10.1016/j.rser.2015.07.138
- Bowen, A., & Hepburn, C. (2014). Green growth. *Oxford Review of Economic Policy*, 30(3), 407–422. doi:10.1093/oxrep/gru029
- Chandio, A. A., Gokmenoglu, K. K., Nathaniel, S. P., Ozturk, I., & Tang, X. (2025). Renewable energy and food production. *Energy*, 339, 138962.
- Chhabra, M., Agarwal, M., & Giri, A. K. (2024). Renewable energy and green growth. *International Journal of Energy Sector Management*, 18(6), 1836–1851.
- Destek, M. A., & Aslan, A. (2017). Energy consumption and growth. *Renewable Energy*, 111, 757–763. doi:10.1016/j.renene.2017.05.008
- Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Granger non-causality. *Economic Modelling*, 29(4), 1450–1460. doi:10.1016/j.econmod.2012.02.014
- Fukuyama, F. (2013). What is governance? *Governance*, 26(3), 347–368. doi:10.1111/gove.12035
- Ghosh, S., Hossain, M. S., Voumik, L. C., Raihan, A., Ridzuan, A. R., & Esquivias, M. A. (2023). Democracy and renewable energy. *Renewable Energy Focus*, 46, 222–235.
- International Energy Agency. (2022). *World energy outlook 2022*.
- IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press.

- IRENA. (2020). *Global renewables outlook: Energy transformation 2050*.
- Kaufmann, D., Kraay, A., & Mastruzzi, M. (2010). Governance indicators. *World Bank Policy Research Working Paper* No. 5430. doi:10.1596/1813-9450-5430
- Marques, A. C., & Fuinhas, J. A. (2012). Public policies and renewables. *Renewable Energy*, 44, 109–118. doi:10.1016/j.renene.2012.01.007
- Mperejekumana, P., Shen, L., Shuhan, H., Nyirarwasa, A., Nsigayehe, J. M. V., & Sun, W. (2024). Renewable energy and sustainability in Africa. *Journal of Environmental Management*, 370, 122877.
- Nathaniel, S. P., & Iheonu, C. O. (2019). Carbon dioxide abatement. *Science of the Total Environment*, 679, 337–345. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.05.011
- North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press.
- OECD. (2021). *Investing in climate, investing in growth*. OECD Publishing. doi:10.1787/9789264273528-en
- Omri, A., & Nguyen, D. K. (2014). Renewable energy determinants. *Energy*, 72, 554–560. doi:10.1016/j.energy.2014.05.081
- Paramati, S. R., Apergis, N., & Ummalla, M. (2017). Clean energy financing. *Energy Economics*, 61, 62–71. doi:10.1016/j.eneco.2016.11.001
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. P. (1999). Dynamic heterogeneous panels. *Journal of the American Statistical Association*, 94(446), 621–634. doi:10.1080/01621459.1999.10474156
- Poumanyvong, P., Kaneko, S., & Dhakal, S. (2012). Urbanization and energy use. *Energy Policy*, 41, 434–444.
- Prakash, N. (2025). Income disparities and emissions. *Renewable Energy*, 243, 122596.
- Rodrik, D. (2008). Second-best institutions. *American Economic Review*, 98(2), 100–104. doi:10.1257/aer.98.2.100
- Sadorsky, P. (2009). Energy consumption and income. *Energy Policy*, 37(10), 4021–4028. doi:10.1016/j.enpol.2009.05.003
- Sadorsky, P. (2010). Financial development and energy. *Energy Policy*, 38(5), 2528–2535. doi:10.1016/j.enpol.2009.12.048
- Seto, K. C., et al. (2016). Carbon lock-in. *Annual Review of Environment and Resources*, 41, 425–452. doi:10.1146/annurev-environ-110615-085934
- Stern, N. (2007). *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge University Press.
- Swamy, P. A. V. B. (1970). Random coefficient regression. *Econometrica*, 38(2), 311–323. doi:10.2307/1913012
- Tansuchat, R., & Yosthongngam, S. (2026). Green economic growth. *Energy Reports*, 15, 108918.
- Tugcu, C. T. (2024). Renewable energy and security. *Energy Policy*, 185, 113982.
- UN-Habitat. (2020). *World cities report 2020*.
- Viglioni, M. T. D., Calegario, C. L. L., & Ferreira, M. P. (2025). Renewable energy policy and FDI. *Renewable Energy*, 246, 122915.
- World Bank. (2022). *World development report 2022*. doi:10.1596/978-1-4648-1730-4
- World Bank. (2026). *World development indicators*.
- Yadav, A., & Mahalik, M. K. (2024). Renewable energy and import dependency. *Energy Economics*, 124, 108397.