



JOEEP

e-ISSN: 2651-5318
Journal Homepage: <http://dergipark.org.tr/joeeep>

Araştırma Makalesi • Research Article

Çin Ekonomisinde Geleneksel Büyüme ve Yeşil Büyüme Yenilenebilir Enerji Tüketimini Nasıl Etkiler? Yeni Zaman Serisi Tekniklerinden Ampirik Kanıtlar*How Conventional Growth and Green Growth Affect Renewable Energy Consumption in China's Economy: Empirical Evidence from New Time Series Techniques*Aycan Can^a, Uğur Çınar^{b,*} & Murat Çetin^c^a Öğr. Gör. Dr., Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Pazarlama Bölümü, 34959, Okan Üniversitesi, İstanbul

ORCID: 0000-0002-4703-4510

^b Doktora Öğrencisi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Bölümü, 59030, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

ORCID: 0000- 0001-6978-6919

^c Prof. Dr., İİBF, İktisat Bölümü, 59030, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

ORCID: 0000-0002-7886-4162

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 10 Kasım 2024

Düzeltilme tarihi: 11 Aralık 2024

Kabul tarihi: 18 Aralık 2024

Anahtar Kelimeler:

Yenilenebilir Enerji Tüketimi

Yeşil Ekonomik Büyüme

Bootstrap Eşbütünlük

Nedensellik

Çin

ARTICLE INFO

Article history:

Received: Nov 10, 2024

Received in revised form: Dec 11, 2024

Accepted: Dec 18, 2024

Keywords:

Renewable Energy Consumption

Green Economic Growth

Bootstrap Cointegration

Causality

China

ÖZ

Literatür yenilenebilir enerji tüketiminin belirleyicilerine özel bir önem vermekle birlikte Çin ekonomisi üzerine odaklanan zaman serisi çalışmalarının oldukça kısıtlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu çalışma, 1990-2019 dönemi için Çin'de yeşil ekonomik büyüme (GG), yeşil inovasyon (GINV), ekonomik büyüme (GDP) ve karbon salınımının (CE) yenilenebilir enerji tüketimi (REN) üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın metodolojisinde ilk olarak değişkenlerin durağanlık seviyeleri incelenmek için KFF-ADF ve ani yapısal kırılmaları içeren Vogelsang-Perron (IO) birim kök testleri uygulanarak serilerin durağanlıkları test edilmiştir. Daha sonra değişkenler arasındaki eşbütünlüğün varlığı ARDL ve Bootstrap eşbütünlük testleriyle kanıtlanmıştır. DOLS tahminlerine göre yeşil büyüme ve yeşil inovasyon yenilenebilir enerji tüketimini artırırken karbon salınımları ve ekonomik büyüme ise yenilenebilir enerji kullanımını azaltmaktadır. Son olarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini tespit etmek amacıyla KFF-TY ve TY nedensellik testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yeşil büyüme ve karbon salınımdan yenilenebilir enerjiye tek yönlü nedenselliğin varlığı, TY nedensellik test sonucuna göre ise yeşil büyüme ile yenilenebilir enerji arasında, ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji arasında, yeşil inovasyon ile yenilenebilir enerji arasında ve son olarak karbon salınımı ile yenilenebilir enerji arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi kanıtlanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında Çin'de yenilenebilir enerji sektörünü geliştirebilmek için yeşil ekonomik büyüme ve yeşil inovasyon uygulamalarını kapsayan politika önerileri sunmak mümkün olabilecektir.

ABSTRACT

Although the literature pays special attention to the determinants of renewable energy consumption, time series studies focusing on the Chinese economy are quite limited. Therefore, this study investigates the impact of green economic growth (GG), green innovation (GINV), economic growth (GDP) and carbon emissions (CE) on renewable energy consumption (REN) in China for the period 1990-2019. Accordingly, in the methodology of the study, the stationarity levels of the variables are first tested by applying the KFF-ADF and Vogelsang-Perron (IO) unit root tests including sudden structural breaks. Then, the existence of cointegration between the variables is proved by ARDL and Bootstrap cointegration tests. According to DOLS estimates, green growth and green innovation increase renewable energy consumption while carbon emissions and economic growth decrease renewable energy use. Finally, KFF-TY and TY causality tests were applied to determine the causality relationship between the variables. According to the results obtained, the existence of unidirectional causality from green growth and carbon emissions to renewable energy, and according to the TY causality test result, a bidirectional causality relationship between green growth and renewable energy, between economic growth and renewable energy, between green innovation and renewable energy, and finally between carbon emissions and renewable energy has been proven. In the light of the results obtained from the study, it will be possible to provide policy recommendations including green economic growth and green innovation practices in order to develop the renewable energy sector in China.

* Sorumlu yazar/Corresponding author:

e-posta: ugrcnrr@gmail.com

Atf/Cite as: Can A., Çınar, U. & Çetin, M. (2024) Çin Ekonomisinde Geleneksel Büyüme ve Yeşil Büyüme Yenilenebilir Enerji Tüketimini Nasıl Etkiler? Yeni Zaman Serisi Tekniklerinden Ampirik Kanıtlar. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 9(2), 438-453

This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors.

1. Giriş

Çevre kirliliği, dünya genelinde yoğun olarak tartışılan konulardan biridir. Hızla büyüyen ekonomik kalkınma çevre için daha büyük zorluklar yaratmaktadır. Enerji talebindeki büyük artış, hızlı ekonomik kalkınma, sanayileşme, nüfus artışı ve doğal kaynakların kullanımındaki artış, çevre kalitesi için zorluklara neden olmaktadır. Ayrıca, sera gazı emisyonlarının, özellikle de karbon emisyonunun çevre kirliliğine katkıda bulunan önemli bir faktör olduğu iddia edilmektedir. Çevre kirliliğinin olumsuz dışsallıklarını ele almak amacıyla, dünya ekonomileri 2015 Paris İklim Anlaşması çerçevesinde politikalar oluşturmaktadır. Paris İklim Anlaşması'nın hedeflerine ulaşmak ve çevresel bozulma sorunlarını çözmek için, ekonomiler karbon emisyonlarını hafifletmek için çeşitli stratejiler oluşturmaktadır (Al-Mulali ve Öztürk, 2016). Dolayısıyla yenilenebilir enerji tüketiminin fosil yakıt enerji kaynaklarına kıyasla daha az karbon emisyonu ürettiği düşünülmektedir (Zeng vd., 2019). Ayrıca, yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik büyümeyi önemli ölçüde geliştirmektedir (Xu vd., 2020). Yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi artırma ve karbon emisyonlarını azaltma konusundaki önemli olumlu katkısına ilişkin literatürde oldukça kapsamlı tartışmalar mevcuttur. Bu nedenle, yenilenebilir enerji tüketiminin dinamik faktörlerini araştırmak önemlidir (Jafri ve Liu, 2023).

Yenilenebilir enerji, sera gazı emisyonlarını ve fosil yakıtlara bağımlılığı azaltma ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi teşvik etme potansiyeli nedeniyle yeşil ekonomik büyüme için hayati önem taşımaktadır (Fang vd., 2022). Yenilenebilir enerji altyapısına yatırım yapmak, enerji sektöründe istihdam yaratılmasını ve yeşil inovasyonu teşvik etmektedir (Fragkos ve Paroussos, 2018). Ayrıca, enerji kaynaklarını çeşitlendirerek enerji güvenliğini ve fiyat istikrarını artırmaktadır. Fosil yakıt dalgalanmalarıyla ilişkili olarak da ekonomik riskleri azaltmaktadır. Yenilenebilir enerji projeleri yeşil yatırımları da çekerek iklim değişikliğini ele alırken ekonomik büyümeyi de teşvik etmektedir. Dolayısıyla yenilenebilir enerji, dirençli ve düşük karbonlu bir ekonominin temel taşıdır (Aziz ve Bakoben, 2024).

Çin'in son yıllardaki hızlı ekonomik büyümesine enerji tüketimindeki artışı eşlik ederek Çin'i dünyanın en büyük enerji tüketicisi haline getirmiştir (Hao vd., 2020; Chen vd., 2022). Enerji talebinde meydana gelen bu artış, hava kirliliği, sera gazı emisyonları ve fosil yakıtlara olan sürdürülemez bağımlılık gibi önemli çevresel zorlukları da beraberinde getirmiştir. İklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik küresel çabalar yoğunlaştıkça, daha yeşil, daha sürdürülebilir bir ekonomiye geçiş ihtiyacı giderek daha önemli hale gelmiştir. Bu dönüşümün temelinde enerji verimliliğini artırma ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme gerekliliği yatmaktadır. Her ikisi de büyümeyi sürdürürken ekonomik faaliyetlerin çevresel etkilerini azaltmak için gereklidir. Küresel ekonomide kilit bir oyuncu ve

önemli bir karbondioksit salımcısı olan Çin, sürdürülebilirliğe yönelik küresel girişimde kritik bir konuma sahiptir.

Bu nedenle ülkenin çevre politikaları ve bunların yeşil ekonomik büyümeyi teşvik etmedeki etkinliği küresel önem taşımaktadır. Ancak Çin'de çevresel düzenlemelerin uygulanması, ekonomik kalkınmadaki bölgesel farklılıklar, farklı sanayileşme seviyeleri ve farklı eyaletlerde düzenlemelerin uygulanmasının karmaşıklığı gibi çok sayıda zorluk bulunmaktadır. Bu faktörler, çevresel düzenlemelerin, ilgili coğrafi ve yapısal karmaşıklıkları ele alırken yeşil ekonomik kalkınmayı nasıl etkili bir şekilde teşvik edebileceğini incelemek için acil bir ihtiyaç yaratmaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji gelişimi Çin'in yeşil büyüme stratejisinin önemli bir bileşeni olarak ortaya çıkmıştır. Fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçiş sadece karbon emisyonlarının azaltılması için değil, aynı zamanda uzun vadeli enerji güvenliği ve ekonomik dayanıklılığın sağlanması için de gereklidir (Chen vd., 2024).

Bununla birlikte, çevresel düzenlemelerin yenilenebilir enerjinin büyümesine ne ölçüde katkıda bulunduğu ve yeşil ekonomik kalkınma üzerindeki daha geniş etkileri, daha derin araştırma gerektiren alanlar olmaya devam etmektedir. Bu dinamikleri anlamak hem Çin ekonomisinde hem de küresel olarak sürdürülebilir ve yeşil bir ekonomiyi yönlendirebilecek politikalar tasarlamak için gereklidir (Han ve Ghadimi, 2022). Dahası, çevresel sorunları azaltan, ekonomik büyümeyi ve sosyal refahı artıran yenilenebilir enerji, ürünler ve hizmetlerin geliştirilmesini ve yayılmasını içermektedir (Uddin vd., 2023). Yeşil inovasyon, çevresel sorunları hafifletebileceği ve yeni ekonomik fırsatlar yaratabileceği için Çin'de sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir itici gücü olarak görülmektedir (Solangi vd., 2024).

Literatürde çok sayıda çalışma, teknolojik ilerlemenin yenilenebilir enerjiyi nasıl etkilediğini araştırmıştır. Bashir vd. (2024), G20 ekonomilerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına geçiş teşvik etmede yeşil yeniliklerin önemli rolünü ortaya koymuştur. Ayrıca yeşil yeniliklerin, sürdürülebilir bir geleceği teşvik etmek için akıllı şebekeler ve üst düzey teknolojiler aracılığıyla yenilenebilir enerji üretiminin optimallliğini teşvik ederken doğal kaynakların korunmasına yardımcı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Chen vd. (2023) Çin'de yenilenebilir enerjiye doğru dönüşümü teşvik etmede yeşil teknoloji inovasyonunun etkili rolünü kanıtlamaktadır. Bunun nedeni, yeşil teknolojik yeniliğin enerji sistemlerini optimize etmesi ve yenilenebilir enerji üretiminin verimliliğini artırarak çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmesinden kaynaklanmaktadır.

Öte yandan, yenilenebilir enerji kullanımı, enerji yoğun endüstrilerden kaynaklanan CO2 emisyonlarının azaltılmasının önemli bir yönüdür ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının yerini almıştır. Çeşitli çalışmalar, yenilenebilir enerjinin ülkeye özgü sürdürülebilir ekonomik büyüme sağlama yükümlülüklerini yerine getirmede oynadığı kesin rolü geniş çapta tartışmıştır (Houssam vd., 2023). Bununla birlikte, yenilenebilir enerjinin benimsenmesi önemli finansal ve

teknolojik kısıtlamalarla karşı karşıyadır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmek ve karbon emisyonlarının olumsuz sonuçlarını en aza indirerek sürdürülebilir büyümeyi sağlamak için yeşil teknoloji inovasyonu zorunludur. Yeşil inovasyonun, çevre üzerindeki olumsuz dışsallıkları azaltmak için enerji sektörünün karbondan arındırılmasına yardımcı olan yenilikleri teşvik ettiği gözlemlenmektedir (Behera vd., 2024).

Mevcut literatürde yenilenebilir enerji tüketiminin belirleyicileri hala önemli bir konu olmaya devam etmektedir. Çin ekonomisi için Fourier zaman serisi yöntemlerini içeren çalışmalar yok denecek kadar azdır. Mevcut literatürdeki boşluğu doldurmak amacıyla, öncü bir çalışma olarak bu araştırma, 1990-2019 yılları arasında Çin’de yeşil ekonomik büyüme, yeşil inovasyon, ekonomik büyüme ve karbon salınımının yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamaktadır. Çin ekonomisinin belirlenmesinde bu ülkenin son zamanlarda yenilenebilir enerji sektörüne dönük uygulamalarının ve teşviklerinin ön planda olmasıdır. Çalışma metodolojik açıdan da mevcut literatürden ayrılmaktadır. Serilerin birim kök analizinde KFF-ADF ve Vogelsang-Perron (IO) birim kök testlerinden, eşbütünleşme analizinde ARDL ve Bootstrap ARDL eşbütünleşme testlerinden, nedensellik analizinde ise KFF-TY ve TY nedensellik testlerinden istifade edilmektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar yeşil ekonomik büyüme ve yeşil inovasyonun yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde pozitif etkiye sahipken, ekonomik büyüme ve karbon salınımları yenilenebilir enerji tüketimini negatif yani azaltıcı etkiye sahiptir. Elde edilen bu sonuçlar ışığında Çin’de yenilenebilir enerji tüketiminin arttırmak için önemli politika önerileri geliştirmek mümkün olabilecektir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümleri şu şekildedir. İkinci bölümde kapsamlı literatür yer almaktadır. Üçüncü bölümde model, veri seti ve metodoloji açıklanmıştır. Akabinde dördüncü bölümde ise analizlerden elde edilen bulgular tespit edilmektedir. Çalışma, sonuçlar ve Çin hükümetine politika önerileri ile tamamlanmaktadır.

2. Teorik Altyapı ve Literatür

2.1. Geleneksel Ekonomik Büyüme ve Yenilenebilir Enerji İlişkisi

Geleneksel üretimin ve büyümenin yaygın olduğu ekonomik yapıda yenilenebilir enerji sistemlerinin yüksek maliyeti bu projeler için önemli bir engel olarak kabul edilmektedir (Shahbaz vd., 2021; Kostis vd., 2023). Bunun ile birlikte yoksulluğu azaltmak ve vatandaşlarının gelir düzeyini arttırmak amacıyla hızlı ekonomik büyümeye ihtiyaç duyan ülkeler düşük maliyetli kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil kaynakları tercih etmektedir (Ahmad vd., 2020; Zafar vd., 2020; Jahanger vd., 2022). Bu nedenle geleneksel ekonomik büyümeye öncelik tanınan bir piyasada yenilenebilir enerji yatırımlarının desteklenmesi beklenmemektedir. Dolayısıyla geleneksel ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji kullanımını zayıflatması düşünülmektedir.

Çok sayıda araştırmacı ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Bu araştırmalardan Aspergis ve Payne (2014) 1980-2011 döneminde 25 OECD ülkesinde ekonomik büyümenin yenilenebilir enerjiyi pozitif olarak etkilediği sonucuna ulaşmaktadır. Benzer bulgulara da Silva vd. (2018) 17 Sahra altı Afrika ülkesi için yaptığı incelemede ulaşmaktadır. Panel PMG-ARDL yöntemi kullanılan çalışmanın bulguları ekonomik büyümenin uzun dönemde yenilenebilir enerjiyi arttırdığını göstermektedir. Bu çalışmalara ek olarak Tu vd. (2022) 27 Avrupa Birliği (AB) ülkesi için 2011-2020 yılları arasında ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji üzerinde pozitif bir etki yarattığını ileri sürmektedir. Karacan vd. (2021) ise Rusya için zaman serisi analiz yöntemleri kullanarak elde ettiği bulgular sonucunda ekonomik büyümenin yenilenebilir enerjiyi teşvik ettiğini belirtmektedir. Diğer taraftan Anton ve Nucu (2020) ile Vatamanu ve Zugravu (2023) AB ülkelerini incelemekte ve ekonomik büyümenin yenilenebilir enerjiyi azalttığına yönelik sonuç elde etmektedir. Panel veri analiz yöntemini benimseyen çalışmalardan bir diğeri ise Alsagr ve Hemmen (2021) tarafından gerçekleştirilmektedir. Söz konusu çalışmada 19 gelişmekte olan ülke için iki aşamalı GMM yöntemi kullanılarak ekonomik büyümenin yenilenebilir enerjiyi negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır. Zaman serisi yaklaşımını tercih eden Sohail vd. (2021) Amerika Birleşik Devletleri (ABD) için, Premph vd. (2024) ise Gana için NARDL yöntemini kullanmaktadır. Her iki çalışmada da uzun dönemde ekonomik büyümenin yenilenebilir enerjiyi azalttığına yönelik bulgular elde edilmektedir.

2.2. Yeşil Ekonomik Büyüme ve Yenilenebilir Enerji İlişkisi

Büyüme sürecini yavaşlatmadan, yeşil girişimler konusunda farkındalık yaratarak çevresel çekiciliği oluşturan yeşil ekonomik büyüme sürdürülebilir kalkınmayı hedeflemektedir (Capasso vd., 2019; Hickel ve Kallis, 2020; Chin vd., 2024). Sürdürülebilir kalkınmaya yardımcı olabilecek enerji kaynakları yaratmak, yeşil ekonomik büyümenin temel araçları arasında yer almaktadır (Xie vd., 2020). Bu nedenle yeşil ekonomik büyümenin teşvik edilmesi, karbon içerikli enerjilerin olumsuz dışsallığını azaltarak yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılmasına olanak sağlamaktadır. Dolayısıyla yeşil ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji kullanımını desteklemesi beklenmektedir (Ackah ve Kizys, 2015).

Yeşil ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişkinin incelenmesi sonucunda daha çok yenilenebilir enerjinin yeşil ekonomik büyüme üzerindeki etkisine odaklanıldığı anlaşılmaktadır. Bu çalışmalardan Taşkın vd. (2020) ile Qamruzzaman ve Karim (2024) OECD ülkeleri üzerinde durmaktadır. İlk çalışma panel FMOLS ve panel DOLS, ikinci çalışma ise DSUR, CUP-FM ve CUP-BC yöntemlerini kullanarak yenilenebilir enerjinin yeşil ekonomik büyümeyi desteklediğini ifade etmektedir. Ayrıca her iki çalışmada da yenilenebilir enerji ile yeşil ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisine rastlanmaktadır. Shang vd.

(2023) ile Teklie ve Yağmur (2024) ise sırasıyla Asya ve Afrika ülkeleri için araştırma yapmaktadır. Bu çalışmalardan ilki PMG ve MG yöntemlerini, ikinci çalışma ise PMG yöntemini kullanarak yenilenebilir enerjinin uzun dönemde yeşil ekonomik büyümeyi pozitif olarak etkilediği sonucuna ulaşmaktadır. Diğer taraftan az sayıda çalışma yeşil ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji üzerindeki etkisine yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmalardan Li vd. (2022a) ile Liu vd. (2023a) Çin için GMM ve kantil regresyon yöntemlerini benimsemektedir. Her iki çalışmada da yeşil ekonomik büyümenin yenilenebilir enerjiyi teşvik ettiği anlaşılmaktadır. Ashfaq vd. (2024) ise 1990-2018 döneminde G-20 ülkeleri için iki değişken arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Panel ARDL ve panel dinamik ARDL metodolojisinden yararlanılan çalışmada yeşil ekonomik büyümenin yenilenebilir enerjiyi uzun dönemde arttırdığı bulgusuna ulaşılmaktadır.

2.3. Yeşil İnovasyon ve Yenilenebilir Enerji İlişkisi

Yeşil inovasyon çevresel yükleri azaltarak sürdürülebilirliğe odaklanmaktadır (Kinyar ve Bothongo, 2024). Sürdürülebilir çevresel kaliteye ulaşmak için geleneksel enerji yoğun teknolojilerin yeşil teknolojiler ile değiştirilmesi amaçlanmaktadır (Tao vd., 2021; Hordofa vd., 2023; Obobisa, 2024). Geliştirilen yeşil teknolojiler fosil enerji endüstrisine göre daha az ticarileştirilen yenilenebilir enerji endüstrisine katkı sağlamaktadır (Liu vd., 2023b). Bu katkı yenilenebilir enerji sistemlerinin maliyeti, verimliliği ve tedarik yapısı konusunda kendisini göstermektedir (Moghadam ve Karami, 2024). Böylece yeşil inovasyon toplam enerji talebi içerisinde yenilenebilir enerjinin payını arttırmaktadır.

Yeşil inovasyon ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalardan Li vd. (2020) ile Huang vd. (2022) OECD ülkelerini incelemektedir. CS-ARDL ve AMG yöntemlerinin benimsendiği iki çalışmada da yeşil inovasyonun yenilenebilir enerji üzerinde pozitif bir etki yarattığı gözlemlenmektedir. Aynı metodolojik yaklaşımı kullanan Khan vd. (2020) ise 1995-2017 döneminde G-7 ülkelerini araştırmaktadır. Ampirik bulgular uzun dönemde yeşil inovasyonun yenilenebilir enerjiyi arttırdığını ortaya koymaktadır. Panel veri analiz yöntemini kullanan çalışmalardan Zhongwei ve Liu (2022), Ganda (2024) ile Rather ve Mahalik (2024) çalışmaları sırasıyla G-20, BRICS ve seçili 58 ülke için benzer sonuçlara ulaşarak yeşil inovasyonun yenilenebilir enerjinin önemli bir belirleyicisi olduğunu belirtmektedir. Akyol ve Mete (2022) 10 yükselen piyasa ekonomisinde 2000-2018 veri dönemini kapsayan çalışmasında hem panelin geneli hem de birimlere özgü sonuçlar elde etmektedir. Panel geneli için yeşil inovasyonun yeşil ekonomik büyümeyi azalttığı bulgusuna ulaşılmaktadır. Birimlere özgü sonuçlarda panelin geneli ile benzer sonuç elde edilirken Türkiye ve Güney Afrika'da yeşil inovasyonun yeşil ekonomik büyümeyi arttırdığı anlaşılmaktadır. Zaman serisi yaklaşımını tercih eden çalışmalardan Liu vd. (2023b) ise Çin için 1996-2020 dönemini ele almaktadır. Yeşil inovasyonun yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini doğrudan araştıran çalışma

aynı zamanda hidroelektrik enerjisi, güneş enerjisi ve biyokütle enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının yeşil inovasyondan nasıl etkilendiğini de araştırmaktadır. Çalışmanın bulgularına göre yeşil inovasyon yenilenebilir enerjiyi uzun dönemde pozitif olarak etkilemektedir.

2.4. Karbon Emisyonları ve Yenilenebilir Enerji İlişkisi

Karbon emisyonlarının yenilenebilir enerji üzerindeki etkisi konusunda iki görüş bulunmaktadır. İlk olarak artan karbon emisyonlarının temiz enerjiyi geliştirmek için baskı yaratacağı ve böylece temiz bir çevre için yenilenebilir enerji kullanımını arttıracacağı ileri sürülmektedir (Omri ve Nguyen, 2014; Bamati ve Raofi, 2020). Diğer yandan karbon emisyonlarının en önemli sebeplerinden biri olarak fosil yakıt tüketimi gösterilmektedir (Abas vd., 2015; Ali vd., 2020). Fosil enerji kaynakları ile yenilenebilir enerji kaynakları birbirinin ikamesi olarak kabul edildiği için fosil yakıt kullanımının artması (karbon emisyonlarının artması) yenilenebilir enerjinin azalmasına neden olmaktadır (Marques vd., 2010; Solaymani, 2021).

Karbon emisyonları ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalardan Chen vd. (2021) 97 ülke için 1995-2017 dönemini baz almaktadır. Panel Threshold ve GMM yöntemi kullanılarak elde edilen bulgulara göre karbon emisyonları yenilenebilir enerji üzerinde pozitif bir etki yaratmaktadır. İbrahiem ve Hanafy (2021) PMG-ARDL yöntemi kullanarak 1971-2014 döneminde Kuzey Afrika ülkelerini incelemektedir. Bulgular uzun dönemde karbon emisyonlarının yenilenebilir enerjiyi arttırdığını göstermektedir. Ayrıca Panel Granger nedensellik testinden elde edilen sonuçlara göre yenilenebilir enerji karbon emisyonlarının nedenidir. Polcyn vd. (2022) seçili Avrupa ülkeleri için iki değişken arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Sabit etkiler, rassal etkiler, ağırlıklandırılmış en küçük kareler ve GMM yönteminden elde edilen ampirik sonuçlara göre karbon emisyonları yenilenebilir enerjiyi arttıran faktörlerden biri olarak göze çarpmaktadır. Akintande vd. (2020), Baye vd. (2021) ile Murshed ve Tanha (2021) sırasıyla 5 Afrika ülkesi, 32 Sahraaltı Afrika ülkesi ve seçili Güney Afrika ülkeleri için net bir sonuca ulaşamamaktadır. Bu çalışmalarda gerek birimlere özgü gerekse yöntemsel açıdan karbon emisyonlarının yenilenebilir enerji üzerinde hem pozitif hem de negatif etkilere sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Zeb vd. (2014) ise seçili Güney Asya ülkeleri için 1975-2010 dönemini ele aldığı araştırmada karbon emisyonlarının yenilenebilir enerjiyi azalttığını vurgulamaktadır. Amri (2019) 1990-2012 veri döneminde 72 ülke için söz konusu ilişkiyi incelemektedir. Bu ülkeleri gelişmiş/gelişmemiş ve sanayileşmiş/sanayileşmemiş olarak gruplandırılan çalışmada tüm gruplar için karbon emisyonlarının yenilenebilir enerjiyi azalttığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Rafique (2021) G-7 ve E-7 ülke gruplarını karşılaştırdığı çalışmada FGLS, sistem GMM, sabit etkiler, FMOLS ve DOLS gibi birçok yöntemi kullanmaktadır. Tüm analiz yöntemlerine göre karbon emisyonları yenilenebilir enerjiyi negatif olarak etkilemektedir. Ayrıca Dumitrescu-Hurlin nedensellik testinden

elde edilen sonuçlar yenilenebilir enerjiden karbon emisyonlarına doğru tek yönlü nedenselliğe işaret etmektedir.

2.5. Literatür Açığı

Literatürde yapılan araştırmalardan farklı olarak bu çalışma, yenilenebilir enerji tüketiminin belirleyicilerine özel bir önem vermektedir. Burada ekonometrik modelde yer alan yeşil ekonomik büyüme, yeşil inovasyon, ekonomik büyüme ve karbon salınımı değişkenlerinin birlikte kullanılması çalışmada önemli bir farklılığı ortaya koymaktadır. Diğer taraftan, yenilenebilir enerji tüketimi üzerine olan literatür ağırlıklı olarak panel veri çalışmalarından oluşmaktadır (Ashfaq vd. 2024, Chen vd. 2021, Alsagr ve Hemmen 2021, Silva vd. 2018). Bu konuda zaman serisi çalışmaları oldukça sınırlıdır. Dolayısıyla çalışma zaman serisi literatürüne önemli bir katkı niteliğindedir. İlaveten, literatürde yer alan çalışmalarda Fourier ve Bootstrap tekniklerinin uygulandığına da şahit olunmamıştır. Böylece, bu çalışma pek çok açıdan literatür için önemli bir kazanım olduğu gibi literatürdeki önemli bir açığı da doldurabilecek bir özelliğe sahiptir.

Tablo 1: Değişken Açıklamaları

Sembol	Değişkenler	Ölçü	Kaynak
REN	Yenilenebilir enerji tüketimi	Toplam nihai enerji tüketiminin yüzdesi	WDI
GG	Yeşil ekonomik büyüme	Enerji verimliliği, TPES birimi başına GSYİH (sabit 2015 ABD\$)	OECD
GDP	Ekonomik büyüme	GSYH (sabit 2015 ABD\$)	WDI
GINV	Yeşil İnovasyon	Çevreyle ilgili teknolojilerin geliştirilmesi (dünya çapında buluşların yüzdesi)	OECD
CE	Karbon emisyonları	CO ₂ emisyonları (kt)	WDI

Çalışmanın ekonometrik stratejisi 4 bölümden oluşmaktadır. Durağan dışı seriler ile gerçekleştirilen analizler yarıltıcı sonuçlara yol açabileceği için ilk bölümde serilerin durağanlık sınamaları gerçekleştirilmektedir. Serilerin durağanlık mertebelerini belirlemek amacıyla Fourier fonksiyonunu geleneksel ADF testine uyarlayan Bozoklu vd. (2020) KFF-ADF birim kök testini geliştirmektedir. Testin en belirgin özelliği olarak kalıcı yumuşak yapısal kırılmalar altında birim kök sınamasını gerçekleştirmesi olarak gösterilebilir. Bunun için (2) numaralı denklem kullanılmaktadır:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \alpha_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \alpha_3 y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-1} + u_t \quad (2)$$

Yukarıdaki denklemde π : 3.14, k : belirli bir frekansı, t : trend terimini, T : gözlem sayısını göstermektedir. Uygun frekans değeri [0.1, 0.2, ..., 5] biçiminde kesirli değerler olarak yapısal kırılmaların kalıcılığı hakkında bilgi vermektedir. Fourier fonksiyonunun anlamlılığını belirten sıfır hipotezi ($\delta_1 = \delta_2 = 0$) ile serinin birim kök içerdiğini ifade eden temel hipotez ($\delta_3=0$) sırasıyla Enders ve Lee (2012) ile Bozoklu vd. (2020) tarafından belirlenen tablo değerleri ile karşılaştırılarak sınanmaktadır.

3. Model, Veri Seti ve Metodoloji

Yeşil ekonomik büyüme, ekonomik büyüme, yeşil inovasyon ve karbon emisyonları ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişki 1990-2019 döneminde Çin için araştırılmaktadır. Bu amaçla aşağıdaki gibi tam logaritmik doğrusal bir denklem kullanılmaktadır.

$$\ln REN_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln GG_t + \alpha_2 \ln GDP_t + \alpha_3 \ln GINV_t + \alpha_4 \ln CE_t + u_t \quad (1)$$

Yukarıdaki denklemde u_t : hata terimini ve α_0 : sabit terimi ifade ederken α_1 , α_2 , α_3 ve α_4 bağımsız değişkenlerin elastikiyet katsayılarını belirtmektedir. Her bir katsayı sırasıyla yenilenebilir enerji kullanımının yeşil ekonomik büyüme, geleneksel ekonomik büyüme, yeşil inovasyon ve karbon emisyonları elastikiyetini test etmektedir. Çalışmada 1990-2019 dönemine ilişkin zaman serilerinin kullanılmasının temel sebebi yeşil inovasyon verisinin bu dönem ile sınırlı olmasıdır. Yenilenebilir enerji, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları Dünya bankası veri tabanından, yeşil ekonomik büyüme ve yeşil inovasyon ise OECD veri tabanından temin edilmektedir. Çalışmada kullanılan tüm değişkenlerin ayrıntılı bilgileri Tablo 1'de sunulmaktadır.

KFF-ADF testinin yanı sıra Dickey ve Fuller (1981) tarafından literatüre kazandırılan geleneksel ADF birim kök testi ve Vogelsang ve Perron (1998) tarafından geliştirilen sabitte kademeli ani yapısal kırılmaları dikkate alan Innovation Outlier (IO) birim kök testinden de yararlanılmaktadır.

Metodolojinin ikinci aşamasında seriler arasındaki uzun dönemli denge ilişkisinin varlığı araştırılmaktadır. Bunun için Pesaran vd. (2001) tarafından sunulan ARDL sınır testi yaklaşımının yanı sıra Bertelli vd. (2022) tarafından önerilen Bootstrap ARDL testi kullanılmaktadır. Bertelli vd. (2022)'ne göre bootstrap ARDL yaklaşımı küçük örneklem grupları için yapılacak zaman serisi analizlerinde daha az hata payına sahip olduğundan tercih edilen en etkin tekniklerden biridir. Aşağıdaki denklemler yardımıyla bu test gerçekleştirilmektedir:

Durum II:

$$\Delta y_t = -a_{yy}(y_{t-1} - \mu_y) - \tilde{a}'_{y,x}(x_{t-1} - \mu_x) + \sum_{j=1}^{p-1} \gamma_{y,x,j} \Delta z_{t-j} + \omega \Delta x_t + v_{yt} \quad (3)$$

Durum III:

$$\Delta y_t = a_{0,y} - a_{yy}y_{t-1} - \tilde{a}_{y,x} x_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \gamma_{y,x,j} \Delta z_{t-j} + \omega \Delta x_t + v_{yt} \quad (4)$$

Kısıtlanmamış bir ARDL modeli, Bootstrap gözlemleri kullanılarak OLS yoluyla tahmin edilir ve $F_{ov}^{(b),H_0}$, $t^{(b),H_0}$, $F_{ind}^{(b),H_0}$ hesaplanır.

Daha sonra $\{F_{ov}^{(b),H_0}\}_{b=1}^B = 1$, $\{F_{ind}^{(b),H_0}\}_{b=1}^B = 1$, ve $\{t^{(b),H_0}\}_{b=1}^B = 1$ 'in bootstrap dağılımları, testlerin kritik değerlerini belirlemek için kullanılmaktadır. $T * b$ ile sıralı Bootstrap test istatistiği ve α ile nominal anlamlılık düzeyi gösterilerek Bootstrap kritik değerleri aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$c_{1-a}^* = \min \left\{ c: \sum_{b=1}^B 1_{\{T_b^* > c\}} \leq a \right\} \quad F \text{ testleri için} \quad (5)$$

$$c_a^* = \max \left\{ c: \sum_{b=1}^B 1_{\{T_b^* < c\}} \leq a \right\} \quad t \text{ testi için} \quad (6)$$

İlk adımda hesaplanan F-istatistiği, F_{ov} veya F_{ind} , c_{1-a}^* 'den büyükse veya aynı adımda hesaplanan t-istatistiği c_a^* 'den küçükse sıfır hipotezi reddedilir ve eşbütünlüğün varlığı kanıtlanmaktadır.

Ekonometrik stratejinin üçüncü aşamasında Stock and Watson (1993)'ün DOLS yöntemi kullanılarak seriler arasında uzun dönem katsayı parametreleri belirlenmektedir. Son aşamada ise Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik testi ile Pata ve Yılanci (2020)'in literatüre kazandırdığı KFF-TY nedensellik testi uygulanmaktadır. Geleneksel Toda ve Yamamoto nedensellik testine Fourier fonksiyonlarını ekleyen Pata ve Yılanci (2020)'nin KFF-TY testi prosedürü (7) ve (8) numaralı denklemde yer almaktadır:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{i=1}^{l+d_{max}} \theta_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{l+d_{max}} \phi_i X_{t-i} + u_t \quad (7)$$

$$X_t = \delta_0 + \delta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{i=1}^{l+d_{max}} \varphi_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{l+d_{max}} \theta_i X_{t-i} + v_t \quad (8)$$

Yukarıdaki denklemlerde π : 3,14, k : belirli bir frekansı, t : trend terimini, T : gözlem sayısını ifade etmektedir. Ayrıca l : uygun gecikme uzunluğunu ve d_{max} : maksimum bütünlüşme derecesini

belirtmektedir. Frekans değerinin $[0.1, 0.2, \dots, 5]$ biçiminde kesirli olarak belirlenmesine izin veren yaklaşım böylece yumuşak yapısal kırılmaların kalıcı olup olmadığını tespit etmeyi amaçlamaktadır. Wald test istatistiği kullanılarak nedenselliğin bulunmadığı yönündeki sıfır hipotezi ($\Phi=0$) önyüklem simülasyonlarından elde edilen değerler yardımıyla sınanmaktadır.

4. Bulgular

Araştırmadaki değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de sunulmaktadır. Çin için 1990-2019 döneminde ele alınan değişkenler içerisinde en yüksek ortalama 15.467 ile lnCE'ye, en düşük ortalamaya ise 0.485 ile lnGINV'ye aittir. Ayrıca tüm değişkenler negatif çarpık olarak göze çarpmaktadır. Bu bulguya ilave olarak değişkenlerin standart sapması yüksekten küçüğe doğru sıralanacak olursa ilk sırada lnGINV değişkeni bulunmaktadır. Daha sonra sırasıyla, lnGDP, lnCE, lnREN ve lnGG değişkenleri yer almaktadır.

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler

İstatistikler	lnREN	lnGG	lnGDP	lnGINV	lnCE
Ortalama	2.979	8.307	29.074	0.485	15.467
Medyan	2.931	8.323	29.063	0.673	15.512
Maksimum	3.523	8.824	30.291	2.741	16.191
Minimum	2.428	7.545	27.658	-1.660	14.591
Standart Sapma	0.421	0.342	0.8134	1.395	0.560
Çarpıklık	-0.007	-0.447	-0.110	-0.001	-0.068
Basıklık	1.241	2.512	1.762	1.601	1.413
Normal Dağılım (JB)	3.866	1.296	1.973	2.443	3.169
Gözlem	[0.144]	[0.522]	[0.372]	[0.294]	[0.205]
	30	30	30	30	30

Serilerin durağanlık mertebelerini belirlemek amacıyla uygulanan KFF-ADF test sonuçları Tablo 3'te gösterilmektedir. Tüm değişkenlerin F-istatistik değerleri düzey seviyesinde anlamlı olarak belirlenmiştir. Bu durum trigonometrik terimlerin anlamlılığını gösterdiğinden birim kök analizini gerçekleştirmek için ön koşulun sağlandığı kanıtlanmaktadır. Değişkenlerin KFF-ADF test istatistik değeri tablo kritik değerinden daha küçük olduğu için düzey seviyesinde birim kök içerdiği kabul edilmektedir. Bu nedenle serilere fark alma işlemi uygulanmaktadır. Bunun sonucunda hem trigonometrik terimlerin anlamlı olması hem de KFF-ADF test istatistik değerinin tablo kritik değerinden büyük olması serilerin durağan hale geldiğini göstermektedir. Ayrıca analiz edilen değişkenlerin frekans değerinin kesirli olması yumuşak yapısal şokların bu değişkenler için kalıcı olduğunu, frekans değerinin tam sayı olması ise yumuşak yapısal değişimlerin geçici olduğunu göstermektedir.

Tablo 3: KFF-ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	F-ist.	KFF _{ADF} ist.	Min. KKT	Frekans
lnREN	12.564***	-2.082	0.026	1.3
lnGG	7.887**	-3.208	0.017	0.1
lnGDP	8.109*	3.020	0.003	2.1
lnGINV	15.199***	-3.675	0.167	1.9
lnCE	8.361**	2.454	0.029	1.6
ΔlnREN	10.217**	-3.735**	0.033	1.3
ΔlnGG	11.609***	-4.566***	0.009	3.8
ΔlnGDP	9.638**	-4.299**	0.001	1.8
ΔlnGINV	7.997*	-4.072**	0.212	2.0
ΔlnCE	8.094**	-3.344*	0.030	1.7

Not: ‘***’, ‘**’ ve ‘*’ ifadeleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. F-testinin kritik değerleri Enders ve Lee (2012)’den alınmıştır. Tüm frekanslar için KFF-ADF testinin kritik değerleri Bozoklu vd. (2020)’den alınmıştır.

Tablo 4’te ani yapısal kırılmaları içeren Vogelsang-Perron (IO) birim kök testi ile yapısal değişimlerin göz ardı edildiği ADF birim kök testi sonuçları sunulmaktadır. Hem IO hem de ADF test sonuçları değişkenlerin düzey değerlerinde birim kök içerdiğini, ancak farkları alındığında durağan hale geldiğini göstermektedir. Bununla birlikte IO testi lnREN, lnGG, lnGDP, lnGINV ve lnCE değişkenlerinin kırılma tarihlerini sırasıyla 2015, 2015, 2010, 2000 ve 2009 olarak tespit etmektedir.

Tablo 5: Bootstrap ARDL Eşbütünleşme Test Sonuçları

		Fov(C)	Fov(UC)	t(C)	t(UC)	Find(C)	Find(UC)
DURUM II	İstatistik	-	-	-	-	-	-
	I(0) %5	-	-	-	-	-	-
	I(1) %5	-	-	-	-	-	-
	Önyükleme Kritik Değeri (%5)	-	-	-	-	-	-
DURUM III	İstatistik	1.590	3.624	1.380	2.426	1.700	3.264
	I(0) %5	3.710	3.710	-2.860	-2.860	2.960	2.960
	I(1) %5	5.018	5.018	-3.780	-3.780	5.140	5.140
	Önyükleme Kritik Değeri (%5)	5.560	5.700	-2.810	-3.040	6.950	6.370

Tablo 6: ARDL Sınır Testi Sonuçları

Panel-A: ARDL eşbütünleşme bulguları						
Model	Gecikme	F-ist.	Üst ve Alt Sınır			
			I(0)	I(1)		
lnREN lnGG lnGDP lnGINV lnCE	(1,2,2,0,3)	7.389***	%1	4.280	5.840	
			%5	3.058	4.233	
			%10	2.525	3.560	
Panel-B: Tanısal test bulguları						
Breusch-Godfrey	1.181 [0.340]	Jarque-Bera	2.161 [0.339]			
ARCH	0.331 [0.570]	Ramsey-RESET	1.178 [0.297]			

Not: ‘***’ sembolü %1 anlamlılık seviyesini gösterir. Köşeli parantez içindeki değerler olasılık değerlerini temsil eder.

Tablo 4: IO ve ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	IO		ADF
	Test ist.	Kırılma Tarihi	Test ist.
lnREN	-3.826 (7)	2015	-0.834 (1)
lnGG	-3.986 (5)	2015	-1.452 (2)
lnGDP	-4.825 (1)	2010	1.482 (4)
lnGINV	-3.997 (0)	2000	-1.860 (1)
lnCE	-4.454 (3)	2009	-1.028 (1)
ΔlnREN	-5.793*** (0)	2002	-1.768* (0)
ΔlnGG	-6.688*** (3)	2002	-3.153** (1)
ΔlnGDP	-5.442** (7)	2006	-1.621* (1)
ΔlnGINV	-6.685*** (0)	2001	-5.849*** (0)
ΔlnCE	-5.353** (5)	2011	-2.705* (0)

Not: ‘***’, ‘**’ ve ‘*’ ifadeleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. Parantez içindeki değerler uygun gecikme uzunluklarını belirtmektedir.

Tablo 5’te Çin için Bootstrap ARDL eşbütünleşme testi sonuçları yer almaktadır. Modelde Durum II ve Durum III için sınır ve Bootstrap testleri uygulanmaktadır. Bootstrap sürecinin sisteme dahil edilmesinin sebepleri veri setleri ile ilgili problemlerin olması ve F istatistiklerinin PSS’ye göre sapmalı olabilme olasılığının ortaya çıkmasından dolayı söz konusu olasılıkların minimize edilmeye çalışılmasıdır. Elde edilen sonuçlar, Çin için değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığını ortaya koymaktadır.

Tablo 6'da ise eşbütünleşmenin varlığına ilişkin ilave kanıtlar gösterilmektedir. Tablo incelendiğinde elde edilen F-istatistik değerinin %1 seviyesinde üst kritik değerden büyük olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum lnGG, lnGDP, lnINV ve lnCE ile lnREN'nin uzun dönem denge ilişkisi içerisinde olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra tanısıl testler araştırma için kurulan modelin uygunluğunu ispatlamaktadır.

Tablo 7'de yeşil ekonomik büyüme, ekonomik büyüme, yeşil inovasyon ve karbon emisyonlarının uzun dönemde yenilenebilir enerji üzerindeki etkisi gösterilmektedir. Buna göre çalışmanın odak noktalarından ilki olan lnGG'de meydana gelen %1'lik bir artış lnREN'i %0.565 oranında teşvik etmektedir. Çin'de 2011-2015 dönemini kapsayan 12. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda geleneksel endüstrilerin yerini güneş, rüzgar, biyokütle enerjisi endüstrileri ile hibrit ve elektrikli araç teknolojilerinin geliştirildiği otomotiv endüstrisinin alacağı endüstriyel dönüşüm politikaları sunularak yeşil ekonomik büyüme hedeflenmektedir. Bu çerçevede yenilenebilir enerji kullanım payının toplam enerji kullanımının %11,4'üne çıkacağı ifade edilmektedir. 2016-2020 dönemini kapsayan 13. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda ise üretimin yenilikçi kapasitesine ve temel yeteneklerinin güçlendirilmesine vurgu yapılmaktadır. Bu doğrultuda Pekin'in yeşil endüstrilerin yapısal gelişimi üzerine yoğunlaşması, Tianjin'in stratejik endüstrileri optimize etmesi ve Hebei'nin endüstriyel dönüşüm bölgelerinin geliştirilmesine odaklanması planlanmaktadır. Bu planlar çerçevesinde yenilenebilir enerji kullanım payının toplam enerji kullanımının %15'ine çıkması öngörülmektedir. Bu gelişmeler hem teorik altyapı ile hem de bulgumuz ile uyumaktadır. Bulgumuz ayrıca yeşil ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişkiyi araştıran ampirik çalışmalardan Li vd. (2022a), Liu vd. (2023a) ile Ashfaq vd. (2024)'nin bulgularıyla da örtüşmektedir.

Çalışmanın diğer odak noktası olan lnGDP'de meydana gelen %1'lik bir artış ise lnREN'i %0.323 oranında azaltmaktadır. Bulgumuz Çin Ulusal Kalkınma ve Reform Komisyonu'nun açıklamaları ile örtüşmektedir. Buna göre; Çin'de fosil enerji tüketimine bağlı geleneksel endüstri üretiminin günümüzde yüksek oranda devam ettiğini belirtmektedir. Bu açıklama geleneksel üretimin yenilenebilir enerji tüketiminin yaygınlaşması önünde engel teşkil ettiğini göstermektedir. Bunun ile birlikte bulgumuz ampirik araştırmalardan Cadoret ve Padovano (2016) ile Ergun vd. (2019)'nin bulgularıyla örtüşmektedir. İlk çalışmada 26 AB ülkesi için, ikinci çalışmada 21 Afrika ülkesi için ekonomik büyümenin yenilenebilir enerjiyi azalttığı ifade edilmektedir. Ayrıca Shahbaz vd. (2021)'nin yaptığı araştırmada Çin ekonomik büyümesinin yenilenebilir enerjiyi negatif olarak etkilemesi bulgumuzun güçlü desteklerinden birini oluşturmaktadır. Ancak OECD ülkeleri için kantil regresyon,

FMOLS ve sabit etkiler yöntemlerini kullanan Bashir vd. (2022) ile Azerbaycan için yapısal zaman serisi modelleme yaklaşımı kullanan Mukhtarov vd. (2020)'nin elde ettiği sonuçlar, bulgumuz ile örtüşmemektedir.

Tablo 7'de yer alan değişkenlerden bir diğeri yeşil inovasyon olarak göze çarpmaktadır. Buna göre lnGINV'daki %1'lik artış lnREN'i %0.162 oranında pozitif olarak etkilemektedir. Bulgumuz Çin'de oluşturulan yeşil inovasyon politikalarının yenilenebilir enerji üzerindeki etkisi ile uyum göstermektedir. Son on yılda, yeşil inovasyon politikaları rüzgar ve güneş enerjisi sektörlerinin gelişmesinde önemli paya sahiptir. Örnek olarak Çin'in 13. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda güneş enerjisi panellerinin verimliliğini arttırmaya yönelik girişimlerde bulunulması taahhüt edilmektedir. Ayrıca Ulusal Kalkınma ve Reform Komisyonu ise 2016 yılında rüzgar enerjisi teknolojisi için stratejiler oluşturmaktadır. Büyük ölçekli rüzgar ekipmanı, açık deniz sistemi inşası ve bulut bilişimine dayalı rüzgar çiftliği kümesi bu stratejilerden bazıları olarak göze çarpmaktadır. Bunlara ek olarak söz konusu değişkenler ile ilgili ampirik bulgulara ulaşan bazı çalışmalar ile bulgumuz benzerlik göstermektedir. OECD ülkelerini inceleyen Zhang vd. (2022) ile Su vd. (2021)'nin sonuçları elde edilen bulgumuzu destekler niteliktedir. Ayrıca Çin için ARDL yöntemini kullanarak hem kısa hem de uzun dönemde yeşil inovasyonun yenilenebilir enerjiyi arttırdığını ifade eden Jafi ve Liu (2023)'nun çalışması elde ettiğimiz sonucun önemli desteklerinden biri olarak kabul edilmektedir. Ancak Türkiye için ARDL, FMOLS ve CCR yöntemlerini kullanarak yeşil inovasyonun yenilenebilir enerjiyi negatif olarak etkilediğini ifade eden Özbek ve Oğul (2022)'un sonucu bulgumuz ile çelişmektedir.

Uzun dönem katsayı tahmini için araştırmada yer alan değişkenlerden karbon emisyonları ise yenilenebilir enerjiyi engellemektedir. lnCE'deki %1'lik artış lnREN'i %1.027 oranında negatif olarak etkilemektedir. Elde edilen bu bulgu ele alınan dönemde Çin'de yaşanan gelişmeler ile benzerlik göstermektedir. Greenpeace yetkilileri tarafından yapılan bildiriye göre 2015 yılında ruhsatlandırmada yapılan değişiklikler nedeniyle toplam kapasitesi 200 GW olan 295 ünite daha inşa edilmiştir. Fosil yakıt tüketiminden vazgeçmeyerek karbon emisyon salınımına devam eden Çin politikaları ile bulgumuz benzerlik göstermektedir. Karbon emisyonlarına neden olan fosil yakıtla çalışan tesislere yapılan bu yatırımlar yenilenebilir enerji alanına yapılacak yatırımların payını azaltmaktadır. Ayrıca elde edilen bu sonuç Damette ve Marques (2019), Li vd. (2022b) ve Mukhtarov vd. (2022)'un bulgularıyla uyum göstermektedir. Sırasıyla 24 Avrupa ülkesi, BRICST ve İran için yapılan incelemeler sonucunda karbon emisyonlarının yenilenebilir enerjiyi azalttığı ortaya çıkmaktadır. Ancak Chen (2018) Çin'in 30 ili için iki aşamalı GMM yöntemi kullanarak tam tersi sonuç elde etmektedir.

Tablo 7: DOLS Uzun Dönem Katsayı Tahmini

Variables	Katsayı	Std. Hata	t-ist.	Olasılık Değeri
lnGG	0.565***	0.116	4.845	0.004
lnGDP	-0.323*	0.129	-2.486	0.055
lnGINV	0.162***	0.037	4.295	0.007
lnCE	-1.027***	0.098	-10.453	0.000
C	23.515***	2.331	10.083	0.000
R ²	0.999			
Düz. R ²	0.996			

KFF-TY nedensellik sonuçları Tablo 8’de yer almaktadır. Analizde frekans değerinin 0.1 olarak kesirli belirlenmesi yumuşak yapısal kırılmaların kalıcı olduğunu göstermektedir. Nedensellik testinden elde edilen bulgulara göre lnGG’den lnREN’e doğru tek yönlü nedenselliğin varlığından söz edilmektedir. Bu sonuç iki değişken arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit eden Wei vd. (2023)’nin sonucu ile uyum göstermemektedir. KFF-TY nedensellik bulguları ayrıca lnGDP ve lnGINV ile lnREN arasında nedensellik ilişkisinin bulunmadığını belirtmektedir. Bulgumuz Çin ve BRICS ülkeleri için iki değişken arasında nedensellik bağlantısını belirleyemeyen Lei vd. (2022) ve Deng vd. (2022)’nin bulgusu ile örtüşmektedir. Ancak ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit eden Iqbal vd. (2023) ile yeşil inovasyondan yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi belirleyen Wang vd. (2023), Esmailpour Moghadam ve

Tablo 8: Nedensellik Analizi

Hipotezler	KFF-TY Nedensellik Testi				TY Nedensellik testi	
	W-ist.	k	Frekans	Önyükleme Olasılık Değeri	χ^2 -ist.	Olasılık Değeri
lnGG => lnREN	4.679**	1	0.1	0.041	30.882***	0.000
lnREN => lnGG	1.475	1	0.1	0.246	11.502***	0.009
lnGDP => lnREN	1.699	1	0.1	0.214	28.833***	0.000
lnREN => lnGDP	1.639	1	0.1	0.215	17.332***	0.000
lnGINV => lnREN	1.501	1	0.1	0.232	10.140**	0.017
lnREN => lnGINV	0.129	1	0.1	0.727	7.292*	0.063
lnCE => lnREN	3.819*	1	0.1	0.067	9.847**	0.019
lnREN => lnCE	0.402	1	0.1	0.542	20.833***	0.000
lnGG => lnGDP	0.121	1	0.1	0.726	4.680	0.196
lnGDP => lnGG	1.492	1	0.1	0.241	2.736	0.434
lnGG => lnGINV	1.143	1	0.1	0.306	8.054**	0.044
lnGINV => lnGG	0.887	1	0.1	0.356	7.965**	0.046
lnGG => lnCE	4.144*	1	0.1	0.064	11.414***	0.009
lnCE => lnGG	0.099	1	0.1	0.767	2.953	0.398
lnGDP => lnGINV	1.073	1	0.1	0.319	19.534***	0.000
lnGINV => lnGDP	5.711**	1	0.1	0.032	10.674**	0.013
lnGDP => lnCE	1.371	1	0.1	0.257	7.508*	0.057
lnCE => lnGDP	0.314	1	0.1	0.566	4.421	0.219
lnGINV => lnCE	3.314*	1	0.1	0.086	11.913***	0.007
lnCE => lnGINV	0.433	1	0.1	0.522	7.011*	0.071

Not: k, optimum gecikme uzunluğunu göstermektedir. Önyükleme olasılık değeri 10.000 simülasyon sonucu elde edilmektedir. *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeylerinde anlamlılığı belirtmektedir.

Karami (2024), Hafeez vd. (2022)’nin bulgusu ile ayrılmaktadır. Araştırmamızın bir diğer sonucu ise lnCE’den lnREN’e doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu yönündedir. Inglesi-Lotz ve Doğan (2018)’in nedensellik bulgusu, sonucumuzu desteklemektedir.

Tablo 8 ayrıca yapısal kırılmaların göz ardı edildiği TY nedensellik testi sonuçlarını da sunmaktadır. Bu sonuçlara göre %1 önem düzeyinde lnGG ile lnREN arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi göze çarpmaktadır. Seçili 10 ülke ve OECD ülkeleri için araştırma yapan Saqib vd. (2024) ve Chhabra vd. (2024)’de söz konusu değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmektedir. Nedensellik ilişkisinin diğer bir sonucu lnGDP ile lnREN arasında bulunmaktadır. İki değişken arasında belirlenen çift yönlü nedensellik ilişkisi Khan vd. (2021) ile benzerlik gösterirken Uzar (2020a) bulgusu ile ayrılmaktadır. Ayrıca TY nedensellik testi sonuçlarına göre lnGINV ile lnREN’in birbirinin nedeni olduğu çıkarımı yapılmaktadır. Emirmahmutoğlu ve Köse nedensellik testini uygulayarak iki değişken arasında çift yönlü nedenselliğin varlığını ileri süren Aydın ve Bozatlı (2023)’nin bulgusu, sonucumuzu desteklemektedir. Son olarak lnCE ile lnREN arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinden söz edilmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için söz konusu ilişkiyi araştıran Uzar (2020b)’in yenilenebilir enerjiden karbon emisyonlarına doğru tek yönlü nedensellik bulgusu sonucumuzdan ayrılmaktadır.

5. Sonuç ve Politika Önerileri

Bu çalışma 1990-2019 dönemi için Çin'de yeşil ekonomik büyüme, yeşil inovasyon, ekonomik büyüme ve karbon salınımının yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın KFF ve ani yapısal kırılmaları içeren Vogelsang-Perron (IO) birim kök testi ile yapısal değişimlerin göz ardı edildiği ADF birim kök testleri uygulanarak serilerin birinci farkında durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Daha sonra değişkenler arasındaki eşbütünlüğün varlığı ARDL ve Bootstrap ARDL eşbütünlük testleriyle kanıtlanmıştır. Uzun dönem tahmin sonuçlarına göre ise, çalışmanın odak noktalarından ilki olan yeşil büyümede meydana gelen %1'lik bir artış yenilenebilir enerjiyi %0.565 oranında arttırmaktadır. Çalışmanın diğer odak noktası olan ekonomik büyümede meydana gelen %1'lik bir artış ise yenilenebilir enerjiyi %0.323 oranında azaltmaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenlerden olan yeşil inovasyondaki %1'lik artış ise yenilenebilir enerjiyi %0.162 oranında pozitif olarak etkilemektedir. Son olarak uzun dönem katsayı tahmini için araştırmada yer alan değişkenlerden karbon emisyonları ise yenilenebilir enerjiyi engellemektedir. Karbon salınımındaki %1'lik artış yenilenebilir enerjiyi %1.027 oranında negatif olarak etkilemektedir.

Analizin son aşamasında ise değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini tespit etmek amacıyla KFF-TY Nedensellik testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar göre yeşil büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü nedenselliğin varlığı tespit edilmiştir. Analizin bir diğer sonucu ise karbon salınımından yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin olduğunu ispat etmektedir. Ayrıca çalışma yapısal kırılmaların göz ardı edildiği TY nedensellik testi sonuçlarını da sunmaktadır. Bu sonuçlara göre yeşil büyüme ile yenilenebilir enerji arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir. Nedensellik ilişkisinin diğer bir sonucu ise ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığıdır. Son olarak karbon salınımı ile yenilenebilir enerji arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi kanıtlanmıştır.

Çalışma bulguları, aşağıda özetlenen önemli politika çıkarımlarına sahiptir. İlk olarak, Çin hem yerli hem de yabancı yatırımcıları yenilenebilir enerji projelerine çekmek için sübvansiyonlar, vergi kredileri ve hibeler gibi gelişmiş teşvik programları uygulamalıdır. Enerji altyapısı, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha büyük bir kapasitesini barındıracak şekilde sürekli olarak modernize edilmelidir. Çin ekonomisi nezdinde fosil yakıt kullanımının çevresel etkileri ve yenilenebilir enerjinin avantajları konusunda kampanyalar düzenlenerek kamu bilincinin artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda, çevre dostu alışkanlıklar ve enerji tasarruflu yaşam teşvik edilmelidir. Hükümet yenilenebilir enerji projeleri için giriş engellerini azaltmalı ve düzenleyici prosedürleri kolaylaştırmalıdır. Ayrıca Çin, yenilenebilir enerji alanında uzmanlık, ileri teknoloji ve en uygun metodolojileri paylaşmak için küresel kuruluşlar ve diğer uluslarla iş birliği yapmalıdır.

İkinci olarak, sanayi parkları Çin'de endüstriyel gelişim için birincil araçtır ve aynı zamanda çevre kirliliğinin yoğunlaştığı alanlardır. Çin hükümeti, eko-endüstriyel parklar, yeşil üretim sistemleri, geri dönüşüm trans oluşumu ve karbon emisyonları değerlendirme pilot-

ları dahil olmak üzere yeşil ve düşük karbonlu endüstriyel parkları teşvik etmek için defalarca politikalar yayınlamıştır. Ancak, çoğu endüstriyel park yeşil kalkınmanın önünde teknoloji geliştirme ve kapasite oluşturma ile ilgili engellerle karşılaşmaktadır. Ekonomik karmaşıklık teorisine göre, ürün alanındaki yeni düğümler tercihen çok sayıda derece bağlantısı olan merkezi düğümlere bağlanacak veya eklenecektir; bu nedenle, sanayi parklarının ölçeği gelişigüzel genişletme ve rastgele yatırım çekme şeklindeki geleneksel kusurlu modelin dışına çıkmasını ve yalnızca parkların endüstriyel yığılmasını ilerletmekle kalmayıp aynı zamanda yeşil ekonomi gelişimini de ilerletmek için yeşil yatırım teşviki oluşturulması önerilmektedir.

Üçüncü olarak, Çin'de karbon birikimini azaltmak için ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırma projelerine yatırım yapılmalıdır ve sürdürülebilir ekonomik uygulamalar konusunda bilgi paylaşımı için uluslararası iş birlikleri teşvik edilmelidir. Çin hükümeti, bu spesifik politika önerilerini uygulayarak ekonomik büyüme ile çevrenin korunmasını sağlayabilir ve nihayetinde CO2 emisyonlarını azaltabilir. Politika yapımcılar, endüstrileri karbon fiyatlandırma politikalarından yararlandırmak için stratejiler geliştirmelidir. Bu politika, karbon vergileri veya üst sınır ve ticaret sistemleri yoluyla gerçekleştirilebilir. Dolayısıyla, ekonomik büyümenin yanı sıra çevreyle ilgili çatışmaları hafifletmek için mevcut endüstrilerin daha yeşil bir yapıya dönüştürülmesi Çin için artık bir gerekliliktir.

Ayrıca Çin hükümetinin sanayi temelli faaliyetlerde özgün, temiz enerji teknolojisi, enerji verimliliğinin artırılmasına yardımcı olacaktır. Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında, iklim değişikliği araştırmaları, atık maddelerin düşük maliyetli yönetimi ve kirlilik izleme politikaları gibi sektörlerde araştırma ve geliştirme miktarının artırılması etkili bir şekilde çalışabilir ve karbon emisyonlarının azaltılmasında bir başarı getirebilir. Yenilenebilir enerjiye dayalı tüm politikaların işe yaraması ve yeşil ekonomiye dayalı çözümler için yeni bir yol inşa edilmesi için araştırmaya dayalı bilgi birikimi ve etkili araştırma ve geliştirme ile teknolojinin yükseltilmesi dinamiği Çin'in çevre ve ekonomisinde kayda değer bir başarı sağlayabilir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve akıllı teknolojik fikirlerin çevresel sürdürülebilirlik temelli araştırma ve geliştirme yoluyla artan bir şekilde uygulanması, Çin'in CO2 emisyonlarını azaltması ve aynı zamanda büyüme trendini sürdürmesi için vazgeçilmezdir.

Çin ekonomisi için geleneksel ve yeşil büyümenin yenilenebilir enerji üzerindeki etkisine odaklanan bu çalışmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. İlk olarak, Çin'de yeşil ekonomik büyüme, yeşil inovasyon, ekonomik büyüme ve karbon salınımının yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkisini araştıran bu çalışma, gelecekteki araştırmalar için yenilenebilir enerji tüketiminin dış ticaret, döviz kurları, enerji fiyatları gibi diğer belirleyicilerini ekleyerek daha kapsamlı bir araştırma yapılması için öncülük edecek niteliktedir. İkinci olarak ise, Çin ekonomisi ile aynı gelişme seviyesine sahip bazı ülkeler de zaman serisine alınarak her ülke için elde edilebilecek ampirik bulgulara göre karşılaştırmalı politika önerileri geliştirmek mümkün olabilecektir. Metodolojik olarak gelecekteki çalışmalar dinamik ARDL ya da non-lineer ARDL yaklaşımlarını çalışmalarında uygulayabilirler.

Kaynakça

- Abas, N., Kalair, A., & Khan, N. (2015). Review of fossil fuels and future energy technologies. *Futures*, 69, 31-49.
- Ackah, I., & Kizys, R. (2015). Green growth in oil producing African countries: A panel data analysis of renewable energy demand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1157-1166.
- Ahmad, M., Jiang, P., Majeed, A., Umar, M., Khan, Z., & Muhammad, S. (2020). The dynamic impact of natural resources, technological innovations and economic growth on ecological footprint: an advanced panel data estimation. *Resources Policy*, 69, 101817.
- Akintande, O. J., Olubusoye, O. E., Adenikinju, A. F., & Olanrewaju, B. T. (2020). Modeling the determinants of renewable energy consumption: Evidence from the five most populous nations in Africa. *Energy*, 206, 117992.
- Akyol, M., & Mete, E. (2022). Çevresel inovasyon, ekonomik büyüme ve doğrudan yabancı yatırımların yenilenebilir enerji tüketimi üzerine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (48), 393-406.
- Ali, M. U., Gong, Z., Ali, M. U., Wu, X., & Yao, C. (2021). Fossil energy consumption, economic development, inward FDI impact on CO2 emissions in Pakistan: Testing EKC hypothesis through ARDL model. *International Journal of Finance & Economics*, 26(3), 3210-3221.
- Al-Mulali, U. & Ozturk, I. (2016). The investigation of environmental Kuznets curve hypothesis in the advanced economies: The role of energy prices. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 54, 1622–1631.
- Alsagr, N., & Van Hemmen, S. (2021). The impact of financial development and geopolitical risk on renewable energy consumption: evidence from emerging markets. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 25906-25919.
- Amri, F. (2019). Renewable and non-renewable categories of energy consumption and trade: do the development degree and the industrialization degree matter?. *Energy*, 173, 374-383.
- Anton, S. G., & Nucu, A. E. A. (2020). The effect of financial development on renewable energy consumption. A panel data approach. *Renewable Energy*, 147, 330-338.
- Ashfaq, S., Liangrong, S., Waqas, F., Gulzar, S., Mujtaba, G., & Nasir, R. M. (2024). Renewable energy and green economic growth nexus: insights from simulated dynamic ARDL. *Gondwana Research*, 127, 288-300.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2014). The causal dynamics between renewable energy, real GDP, emissions and oil prices: evidence from OECD countries. *Applied Economics*, 46(36), 4519-4525.
- Aydin, M., & Bozatli, O. (2023). The effects of green innovation, environmental taxes, and financial development on renewable energy consumption in OECD countries. *Energy*, 280, 128105.
- Aziz, G., & Bakoben, H. B. M. (2024). Environmental decentralization and green economic growth: Do renewable energy development play any role?. *Energy Strategy Reviews*, 54, 101459.
- Bamati, N., & Raoofi, A. (2020). Development level and the impact of technological factor on renewable energy production. *Renewable Energy*, 151, 946-955.
- Bashir, M. F., Ma, B., Bashir, M. A., Radulescu, M., & Shahzad, U. (2022). Investigating the role of environmental taxes and regulations for renewable energy consumption: evidence from developed economies. *Economic Research-Ekonomiska Istraživanja*, 35(1), 1262-1284.
- Bashir M.F., Shahbaz M., Ma B. & Alam K. (2024). Evaluating the roles of energy innovation, fossil fuel costs and environmental compliance towards energy transition in advanced industrial economies, *J. Environ. Manag.*, 351, 119709.
- Baye, R. S., Olper, A., Ahenkan, A., Musah-Surugu, I. J., Anuga, S. W., & Darkwah, S. (2021). Renewable energy consumption in Africa: evidence from a bias corrected dynamic panel. *Science of the Total Environment*, 766, 142583.
- Behera, P., Behera, B., & Sethi, N. (2024). Assessing the Impact of Fiscal Decentralization and Green Technology Innovation on Renewable Energy Use in European Union Countries: What is the Moderating Role of Political Risks?. *Renewable Energy*, 120715.
- Bertelli, S., Vacca, G. & Zoia, M. (2022). Bootstrap Cointegration Tests in ARDL Models. *Economic Modelling*.116, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2022.105987>
- Bozoklu, Ş., Yilanci, V. and Gorus, M.S. (2020). Persistence in per capita energy consumption: a fractional integration approach with a Fourier function. *Energy Economics*, 91, 104926. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104926>
- Cadoret, I., & Padovano, F. (2016). The political drivers of renewable energies policies. *Energy Economics*, 56, 261-269.
- Capasso, M., Hansen, T., Heiberg, J., Klitkou, A., & Steen, M. (2019). Green growth—A synthesis of scientific findings. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 390-402.
- Chen, Y. (2018). Factors influencing renewable energy consumption in China: An empirical analysis based on provincial panel data. *Journal of Cleaner Production*, 174, 605-615.
- Chen, C., Pinar, M., & Stengos, T. (2021). Determinants of renewable energy consumption: Importance of democratic institutions. *Renewable Energy*, 179, 75-83.

- Chen, S., Zhang, H., & Wang, S. (2022). Trade openness, economic growth, and energy intensity in China. *Technological Forecasting and Social Change*, 179, 121608.
- Chen W., Zou W., Zhong K. & Aliyeva A. (2023). Machine learning assessment under the development of green technology innovation: a perspective of energy transition, *Renew. Energy*, 214, 65–73.
- Chen, L., Kenjayeva, U., Mu, G., Iqbal, N., & Chin, F. (2024). Evaluating the influence of environmental regulations on green economic growth in China: A focus on renewable energy and energy efficiency guidelines. *Energy Strategy Reviews*, 56, 101544.
- Chhabra, M., Agarwal, M., & Giri, A. K. (2024). Does renewable energy promote green economic growth in emerging market economies?. *International Journal of Energy Sector Management*.
- Chin, M. Y., Ong, S. L., Ooi, D. B. Y., & Pua, C. H. (2024). The impact of green finance on environmental degradation in BRI region. *Environment, Development and Sustainability*, 26(1), 303-318.
- Damette, O., & Marques, A. C. (2019). Renewable energy drivers: a panel cointegration approach. *Applied Economics*, 51(26), 2793-2806.
- da Silva, P. P., Cerqueira, P. A., & Ogbe, W. (2018). Determinants of renewable energy growth in Sub-Saharan Africa: Evidence from panel ARDL. *Energy*, 156, 45-54.
- Deng, Z., Liu, J., & Sohail, S. (2022). Green economy design in BRICS: dynamic relationship between financial inflow, renewable energy consumption, and environmental quality. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-10.
- Dickey, D.A. and Fuller, W.A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with unit root. *Econometrica*, 49, 1057-1072. <https://doi.org/10.2307/1912517>
- Dünya Bankası (2024). Dünya Kalkınma Göstergeleri. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Ergun, S. J., Owusu, P. A., & Rivas, M. F. (2019). Determinants of renewable energy consumption in Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(15), 15390-15405.
- Esmailpour Moghadam, H., & Karami, A. (2024). Green innovation: exploring the impact of environmental patents on the adoption and advancement of renewable energy. *Management of Environmental Quality: An International Journal*.
- Fang W., Liu Z. & Surya Putra A.R. (2022). Role of research and development in green economic growth through renewable energy development: empirical evidence from South Asia, *Renew. Energy*, 194, 1142–1152.
- Fragkos P. & Paroussos L. (2018). Employment creation in EU related to renewables expansion, *Appl. Energy*, 230, 935–945.
- Ganda, F. (2024). Investigating the Relationship and Impact of Environmental Governance, Green Goods, Non-Green Goods and Eco-Innovation on Material Footprint and Renewable Energy in the BRICS Group. *Sustainability*, 16(4), 1602.
- Hafeez, M., Rehman, S. U., Faisal, C. N., Yang, J., Ullah, S., Kaium, M. A., & Malik, M. Y. (2022). Financial efficiency and its impact on renewable energy demand and CO2 emissions: do eco-innovations matter for highly polluted Asian economies?. *Sustainability*, 14(17), 10950.
- Han E. & Ghadimi N. (2022). Model identification of proton-exchange membrane fuel cells based on a hybrid convolutional neural network and extreme learning machine optimized by improved honey badger algorithm, *Sustain. Energy Technol. Assessments*, 52, 102005.
- Hao, Y., Wang, L. O., & Lee, C. C. (2020). Financial development, energy consumption and China's economic growth: new evidence from provincial panel data. *International Review of Economics & Finance*, 69, 1132-1151.
- Hickel, J., & Kallis, G. (2020). Is green growth possible?. *New political economy*, 25(4), 469-486.
- Hordofa, T. T., Vu, H. M., Maneengam, A., Mughal, N., & Liying, S. (2023). Does eco-innovation and green investment limit the CO2 emissions in China?. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 36(1), 634-649.
- Houssam N., Ibrahim D.M, Sucharita S., El-Aasar K.M., Esily R.R. & Narayan S. (2023). Assessing the role of green economy on sustainable development in developing countries, *Heliyon*, 9(6).
- Huang, Y., Ahmad, M., Ali, S., & Kirikkaleli, D. (2022). Does eco-innovation promote cleaner energy? Analyzing the role of energy price and human capital. *Energy*, 239, 122268.
- Ibrahim, D. M., & Hanafy, S. A. (2021). Do energy security and environmental quality contribute to renewable energy? The role of trade openness and energy use in North African countries. *Renewable Energy*, 179, 667-678.
- Inglesi-Lotz, R., & Dogan, E. (2018). The role of renewable versus non-renewable energy to the level of CO2 emissions a panel analysis of sub-Saharan Africa's Big 10 electricity generators. *Renewable energy*, 123, 36-43.
- Iqbal, S., Wang, Y., Ali, S., Haider, M. A., & Amin, N. (2023). Shifting to a green economy: Asymmetric macroeconomic determinants of renewable energy production in Pakistan. *Renewable Energy*, 202, 234-241.
- Jafri, M. A. H., & Liu, H. (2023). Eco-innovation and its influence on renewable energy demand: the role of environmental law.

- International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3194.
- Jahanger, A., Usman, M., Murshed, M., Mahmood, H., & Balsalobre-Lorente, D. (2022). The linkages between natural resources, human capital, globalization, economic growth, financial development, and ecological footprint: The moderating role of technological innovations. *Resources policy*, 76, 102569.
- Karacan, R., Mukhtarov, S., Barış, İ., İşleyen, A., & Yardımcı, M. E. (2021). The impact of oil price on transition toward renewable energy consumption? Evidence from Russia. *Energies*, 14(10), 2947.
- Khan, Z., Malik, M. Y., Latif, K., & Jiao, Z. (2020). Heterogeneous effect of eco-innovation and human capital on renewable & non-renewable energy consumption: Disaggregate analysis for G-7 countries. *Energy*, 209, 118405.
- Khan, A., Chenggang, Y., Hussain, J., & Kui, Z. (2021). Impact of technological innovation, financial development and foreign direct investment on renewable energy, non-renewable energy and the environment in belt & Road Initiative countries. *Renewable Energy*, 171, 479-491.
- Kinyar, A., & Bothongo, K. (2024). The impact of renewable energy, eco-innovation, and GDP growth on CO2 emissions: Pathways to the UK's net zero target. *Journal of Environmental Management*, 368, 122226.
- Kostis, P., Dinçer, H., & Yüksel, S. (2023). Knowledge-based energy investments of European economies and policy recommendations for sustainable development. *Journal of the Knowledge Economy*, 14(3), 2630-2662.
- Lei, W., Ozturk, I., Muhammad, H., & Ullah, S. (2022). On the asymmetric effects of financial deepening on renewable and non-renewable energy consumption: insights from China. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 35(1), 3961-3978.
- Li, J., Zhang, X., Ali, S., & Khan, Z. (2020). Eco-innovation and energy productivity: New determinants of renewable energy consumption. *Journal of Environmental Management*, 271, 111028.
- Li, J., Dong, K., Taghizadeh-Hesary, F., & Wang, K. (2022a). 3G in China: how green economic growth and green finance promote green energy?. *Renewable Energy*, 200, 1327-1337.
- Li, X., Ozturk, I., Raza Syed, Q., Hafeez, M., & Sohail, S. (2022b). Does green environmental policy promote renewable energy consumption in BRICST? Fresh insights from panel quantile regression. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 35(1), 5807-5823.
- Liu, X., Zhao, T., & Li, R. (2023a). Studying the green economic growth with clean energy and green finance: The role of financial policy. *Renewable Energy*, 215, 118971.
- Liu, P., Gao, X., Yu, L., & Sohail, M. T. (2023b). Determinants of China's renewable energy industry development: do eco-innovation and financial inclusion matter?. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(4), 10505-10515.
- Marques, A. C., Fuinhas, J. A., & Manso, J. P. (2010). Motivations driving renewable energy in European countries: A panel data approach. *Energy policy*, 38(11), 6877-6885.
- Mukhtarov, S., Mikayilov, J. I., Humbatova, S., & Muradov, V. (2020). Do high oil prices obstruct the transition to renewable energy consumption?. *Sustainability*, 12(11), 4689.
- Mukhtarov, S., Mikayilov, J. I., Maharramov, S., Aliyev, J., & Suleymanov, E. (2022). Higher oil prices, are they good or bad for renewable energy consumption: the case of Iran?. *Renewable Energy*, 186, 411-419.
- Murshed, M., & Tanha, M. M. (2021). Oil price shocks and renewable energy transition: Empirical evidence from net oil-importing South Asian economies. *Energy, Ecology and Environment*, 6(3), 183-203.
- Obobisa, E. S. (2024). An econometric study of eco-innovation, clean energy, and trade openness toward carbon neutrality and sustainable development in OECD countries. *Sustainable Development*, 32(4), 3075-3099.
- OECD (2024). Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://www.oecd.org/en/data.html>
- Omri, A., & Nguyen, D. K. (2014). On the determinants of renewable energy consumption: International evidence. *Energy*, 72, 554-560.
- Özbek, S., & Oğul, B. (2022). Çevresel inovasyon yenilenebilir enerji tüketimini artırıyor mu? Türkiye ekonomisi üzerine ampirik bir uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(3), 1007-1024.
- Pata, U. K. and Yilanci, V. (2020). Financial Development, Globalization and Ecological Footprint in G7: Further Evidence from Threshold Cointegration and Fractional Frequency Causality Tests. *Environmental and Ecological Statistics*. 27,4, 803-825.
- Pesaran, H. M., Y. Shin, & R. J. Smith. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*. 7, 281– 293.
- Polcyn, J., Us, Y., Lyulyov, O., Pimonenko, T., & Kwilinski, A. (2021). Factors influencing the renewable energy consumption in selected European countries. *Energies*, 15(1), 108.
- Prempeh, K. B., Kyeremeh, C., Yeboah, S. A., & Danso, F. K. (2024). Asymmetric impact of financial development on renewable energy consumption in Ghana. *SN Business & Economics*, 4(9), 100.

- Qamruzzaman, M., & Karim, S. (2024). Green energy, green innovation, and political stability led to green growth in OECD nations. *Energy Strategy Reviews*, 55, 101519.
- Rafique, M. Z., Doğan, B., Husain, S., Huang, S., & Shahzad, U. (2021). Role of economic complexity to induce renewable energy: contextual evidence from G7 and E7 countries. *International Journal of Green Energy*, 18(7), 745-754.
- Rather, K. N., & Mahalik, M. K. (2024). Do world uncertainty and income inequality moderate the efficacy of environmental innovation in driving global renewable energy generation?. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1-14.
- Saqib, N., Usman, M., Ozturk, I., & Sharif, A. (2024). Harnessing the synergistic impacts of environmental innovations, financial development, green growth, and ecological footprint through the lens of SDGs policies for countries exhibiting high ecological footprints. *Energy Policy*, 184, 113863.
- Shahbaz, M., Topcu, B. A., Sarıgül, S. S., & Vo, X. V. (2021). The effect of financial development on renewable energy demand: The case of developing countries. *Renewable Energy*, 178, 1370-1380.
- Shang, Y., Lian, Y., Chen, H., & Qian, F. (2023). The impacts of energy resource and tourism on green growth: evidence from Asian economies. *Resources Policy*, 81, 103359.
- Sohail, M. T., Xiuyuan, Y., Usman, A., Majeed, M. T., & Ullah, S. (2021). Renewable energy and non-renewable energy consumption: assessing the asymmetric role of monetary policy uncertainty in energy consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 31575-31584.
- Solangi, Y. A., Alyamani, R., & Magazzino, C. (2024). Assessing the drivers and solutions of green innovation influencing the adoption of renewable energy technologies. *Heliyon*, 10(9).
- Solaymani, S. (2021). A review on energy and renewable energy policies in Iran. *Sustainability*, 13(13), 7328.
- Su, C. W., Umar, M., & Khan, Z. (2021). Does fiscal decentralization and eco-innovation promote renewable energy consumption? Analyzing the role of political risk. *Science of The Total Environment*, 751, 142220.
- Tao, R., Umar, M., Naseer, A., & Razi, U. (2021). The dynamic effect of eco-innovation and environmental taxes on carbon neutrality target in emerging seven (E7) economies. *Journal of Environmental Management*, 299, 113525.
- Taşkın, D., Vardar, G., & Okan, B. (2020). Does renewable energy promote green economic growth in OECD countries?. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 11(4), 771-798.
- Teklie, D. K., & Yağmur, M. H. (2024). The Role of Green Innovation, Renewable Energy, and Institutional Quality in Promoting Green Growth: Evidence from African Countries. *Sustainability*, 16(14), 6166.
- Toda, H. Y. ve Yamamoto, T. (1995) "Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Process", *Journal of Econometrics*, 66, ss.225-250.
- Tu, Y. X., Kubatko, O., Piven, V., Sotnyk, I., & Kurbatova, T. (2022). Determinants of renewable energy development: Evidence from the EU countries. *Energies*, 15(19), 7093.
- Uddin I., Usman M., Saqib N. & Makhdum M.S.A. (2023). The impact of geopolitical risk, governance, technological innovations, energy use, and foreign direct investment on CO2 emissions in the BRICS region, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 30, 73714–73729.
- Uzar, U. (2020a). Political economy of renewable energy: does institutional quality make a difference in renewable energy consumption?. *Renewable Energy*, 155, 591-603.
- Uzar, U. (2020b). Is income inequality a driver for renewable energy consumption?. *Journal of cleaner production*, 255, 120287.
- Vatamanu, A. F., & Zugravu, B. G. (2023). Financial development, institutional quality and renewable energy consumption. A panel data approach. *Economic Analysis and Policy*, 78, 765-775.
- Vogelsang, T.J. and Perron, P. (1998). Additional tests for a unit root allowing for a breaking the trend function at an unknown time. *International Economic Review*, 39, 1073-1100. <https://doi.org/10.2307/2527353>
- Wang, Q., Hu, S., Ge, Y., & Li, R. (2023). Impact of eco-innovation and financial efficiency on renewable energy—evidence from OECD countries. *Renewable Energy*, 217, 119232.
- Wei, S., Jiandong, W., & Saleem, H. (2023). The impact of renewable energy transition, green growth, green trade and green innovation on environmental quality: Evidence from top 10 green future countries. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1076859.
- Xie, F., Liu, Y., Guan, F., & Wang, N. (2020). How to coordinate the relationship between renewable energy consumption and green economic development: from the perspective of technological advancement. *Environmental Sciences Europe*, 32, 1-15.
- Xu, Q., Dhaundiyal S. & Guan, C. (2020). Structural conflict under the new green dilemma: Inequalities in development of renewable energy for emerging economies. *J. Environ. Manag.*, 273, 111117.

- Zafar, A., Ullah, S., Majeed, M. T., & Yasmeen, R. (2020). Environmental pollution in Asian economies: does the industrialisation matter?. *OPEC Energy Review*, 44(3), 227-248.
- Zeb, R., Salar, L., Awan, U., Zaman, K., & Shahbaz, M. (2014). Causal links between renewable energy, environmental degradation and economic growth in selected SAARC countries: progress towards green economy. *Renewable energy*, 71, 123-132.
- Zeng, Y., Guo W. & Zhang, F. (2019). Comprehensive evaluation of renewable energy technical plans based on data envelopment analysis. *Energy Procedia*, 158, 3583–3588.
- Zhang, Y., Alharthi, M., Ali, S. A., Abbas, Q., & Taghizadeh-Hesary, F. (2022). The eco-innovative technologies, human capital, and energy pricing: evidence of sustainable energy transition in developed economies. *Applied Energy*, 325, 119729.
- Zhongwei, H., & Liu, Y. (2022). The role of eco-innovations, trade openness, and human capital in sustainable renewable energy consumption: Evidence using CS-ARDL approach. *Renewable Energy*, 201, 131-140.

Extended Summary

Purpose

This study aims to provide policy recommendations covering green economic growth and green innovation practices by investigating the impact of green economic growth, green innovation, economic growth and carbon emission on renewable energy consumption in order to develop the renewable energy sector in China. In this direction, the study is a pioneering study in order to fill the gap in the literature due to the fact that there are almost no time series studies on the Chinese economy in the existing literature.

Literature Review

After the Kyoto Protocol, which was signed to reduce environmental damage upon the realization that the use of fossil energy harms environmental sustainability, renewable energy has become increasingly important and attracts the attention of researchers. There are many studies on the determinants of renewable energy in the literature. However, there are almost no studies that investigate the variables of green economic growth, green innovation, economic growth and carbon emissions together. Accordingly, this study aims to contribute to the literature by investigating the impact of green economic growth, green innovation, economic growth and carbon emissions on renewable energy consumption and creates a different perspective on renewable energy consumption.

Methodology

The study investigates the impact of green economic growth, green innovation, economic growth and carbon emissions on renewable energy consumption in China for the period 1990-2019 by using new time series methods since time series studies in the literature are quite limited. Accordingly, the methodology of the study consists of 4 steps.

1. First, in order to examine the stationarity levels of the variables, the stationarity of the series is tested by applying the KFF-ADF and Vogelsang-Perron (IO) unit root tests including sudden structural breaks.
2. In the second step, the existence of cointegration between variables is proved by ARDL and Bootstrap ARDL cointegration tests.
3. In the third step, DOLS estimator is used to determine the long-run relationship between the variables.
4. Finally, KFF-TY and TY causality tests are applied to detect the causality relationship between the variables.

Results

The findings reveal several key insights into the renewable energy consumption literature:

1. The Vogelsang-Perron (IO) unit root test, which includes KFF and abrupt structural breaks, and the ADF unit root test, which ignores structural changes, are applied to find that the series are stationary at first difference.
2. Then, ARDL and Bootstrap ARDL cointegration tests are used to prove the existence of cointegration between the variables.

According to the long-run estimation results, a 1% increase in green growth, the first focal point of the study, increases renewable energy consumption by 0.565%. A 1% increase in economic growth, the other focal point of the study, decreases renewable energy consumption by 0.323%. A 1% increase in green innovation, which is one of the variables used in the study, positively affects renewable energy consumption by 0.162%. Finally, carbon emissions, one of the variables included in the study for long-run coefficient estimation, hinders renewable energy consumption. A 1% increase in carbon emissions negatively affects renewable energy consumption by 1.027%.

The study also presents the results of the TY causality test, where structural breaks are ignored. According to these results, there is a bidirectional causality relationship between green growth and renewable energy. Another result of the causality relationship is the existence of a bidirectional causality relationship between economic growth and renewable energy. Finally, a bidirectional causality relationship between carbon emissions and renewable energy has been proven.

Discussion

The findings of the study underline the importance of green economic growth and green innovation practices to develop the renewable energy sector in China. In addition, this study adds to the few time series studies in the literature and provides a basis for future research and directs future studies and researchers to contribute.

Conclusion

The results of the study provide some policy recommendations for the Chinese government. The empirical findings suggest that the Chinese government should prioritize the green growth approach rather than the classical growth approach in developing the renewable energy sector, and that green innovation practices should be supported. By introducing environmental regulations, it would be possible to encourage industries to adopt greener practices and thus accelerate sustainable economic growth. In addition, given the global character of climate change, international cooperation needs to be strengthened to ensure green economic growth.