



JOEEP

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



Araştırma Makalesi • Research Article

Çevre İle İlgili Teknolojilerin Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi Kapsamında Test Edilmesi : G-20 Ülkeleri *

Testing Environmental Technologies within the Scope of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis: G-20 Countries

Özge Yüksel ^{a,**} & Salih Öztürk ^b

^a Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Beykent Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 34517, İstanbul/Türkiye
ORCID: 0000-0002-8162-5760

^b Prof. Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 59030, Tekirdağ/Türkiye
ORCID: 0000-0002-8162-5760

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 12 Mart 2025

Düzeltilme tarihi: 6 Mayıs 2025

Kabul tarihi: 27 Mayıs 2025

Anahtar Kelimeler:

Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi

Çevresel Teknolojiler

G-20 ülkeleri

ARTICLE INFO

Article history:

Received: March 12, 2025

Received in revised form: May 6, 2025

Accepted: May 27, 2025

Keywords:

Environment Kuznets Curve Hypothesis

Environmental Technologies

G-20 countries

ÖZ

Bu çalışmada, 1990-2017 yılları arasında G-20 ülkelerinde Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezinin olası varlığı ile yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi, küreselleşme ve çevresel teknolojilerin çevresel kirliliği temsilen alınan CO₂ emisyonuna etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Sonuçlara göre incelenen dönem için G-20 ülkelerinde ÇKE hipotezi geçerlidir. Yenilenebilir enerji tüketimi ve çevresel teknolojiler CO₂ emisyonunu azaltırken, yenilenemeyen enerji tüketimi emisyonu artırmaktadır. Küreselleşme sonuçları ise anlamsız olarak bulunmuştur. Son olarak Emirmahmutoglu-Köse nedensellik testi ile değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi incelenmiştir. Nedensellik test sonucuna göre, CO₂ emisyonu ile çevresel teknolojik patent sayısı ve yenilenemeyen enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. CO₂ emisyonundan yenilenebilir enerji tüketimine doğru ise tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

ABSTRACT

This study aims to examine the possible existence of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis in G-20 countries between 1990 and 2017, as well as the effects of renewable energy consumption, non-renewable energy consumption, globalization, and environmental technologies on CO₂ emissions, which represent environmental pollution. According to the results, the EKC hypothesis is valid for G-20 countries during the examined period. While renewable energy consumption and environmental technologies reduce CO₂ emissions, non-renewable energy consumption increases emissions. The results for globalization were found to be insignificant. Finally, the Emirmahmutoglu-Köse causality test was conducted to examine the causal relationships among the variables. The causality test results indicate a bidirectional causal relationship between CO₂ emissions and both the number of environmental technology patents and non-renewable energy consumption. Additionally, a unidirectional causal relationship was found from CO₂ emissions to renewable energy consumption.

1. Giriş

İklim değişikliği ve küresel ısınma özellikle 1990'lar itibariyle önlem alınması gereken önemli sorunlardan biri haline gelmiş olsa da konu ile ilgili ilk kaynaklardan biri

1972 yılında Roma Kulübü tarafından hazırlanan rapordur. "Büyümenin Sınırları" adlı raporda dünya nüfusu, sanayileşme, gıda üretimi, doğal kaynakların tüketimi ve çevre kirlenmesinde, dönemin büyüme eğiliminin devam etmesi durumunda yüz yıl içinde büyümenin sınıra

* Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Prof.Dr. Salih Öztürk Danışmanlığında, Özge Yüksel tarafından hazırlanan doktora tezinden türetilmiştir.

** Sorumlu yazar/Corresponding author.

e-posta: ozgeyuksele@beykent.edu.tr

Atf/Cite as: Yüksel, Ö. & Öztürk, S. (2025). Çevre İle İlgili Teknolojilerin Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi Kapsamında Test Edilmesi : G-20 Ülkeleri. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 10(1), 560-581.

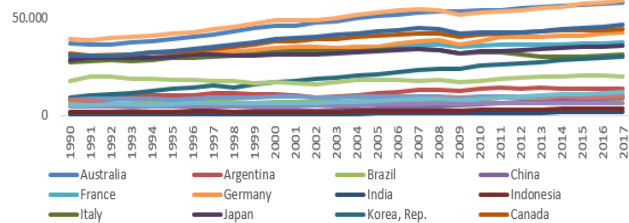
This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors.

dayanacağı belirtilmiştir. Her ne kadar ülkeler büyüme önceliğini ön planda tutsa da çevre kirliliğinin beraberinde getirdiği maliyetler (tarımsal verimin kaybı, ticaret yollarındaki değişiklikler ve türlerin yok olması, vb.) ve gelecek nesillere yaşanabilecek bir dünya bırakma bilinci konuyla ilgili araştırmaların yapılmasına neden olmuştur (Meadows ve diğerleri, 1972: 26-27). Bu anlamda ekonomik büyüme çevre kirliliği ilişkisi hakkındaki ilk çalışmalardan biri Grossman ve Krueger (1991) tarafından ortaya konulmuştur. Çalışma sonucunda Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi fikri geliştirilerek, kişi başına düşen gelir ile çevresel kirlilik arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin var olduğu ifade edilmiştir. Hipoteze göre, belli bir gelir düzeyine gelene kadar çevre kirliliği artmakta fakat bu gelir düzeyine ulaştıktan sonra çeşitli sebeplerle çevre kirliliği azalmaktadır.

Çevresel teknolojiler, gerek teknolojik değişmelerin ivme kazanarak ilerlemesi gerekse çevreyle ilgili sorunların gitgide önem kazanması nedeniyle nispeten güncel bir değişkendir. G-20 ülkeleri, dünya ekonomisinin %85'ini oluşturmakta ve dünya ticaretinin %80'ini gerçekleştirmektedir (World Trade Organization, 2021). Dolayısıyla hem ÇKE hipotezinin geçerliliği hem de küreselleşme, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ve çevresel teknolojilerin çevre kirliliği üzerindeki etkilerinin incelenmesinin ilgili ülkelerin politikalarını oluşturmaya önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir. G-20 ülkeleri ile çalışılmasının bir diğer nedeni ise, teknoloji ve özellikle çevresel teknolojilerin gelişmesi için ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin ve refah seviyelerinin önem arz etmesinden kaynaklanmaktadır. Bu amaçla G-20 ülkelerine ait verilerden elde edilen grafikler aşağıda verilmiştir.

Şekil 1, G-20 ülkelerinin kişi başına GSYH eğilimini göstermektedir ve grafikte görüleceği üzere en yüksek kişi başına GSYH'ya sahip ilk üç ülke ABD, Avustralya, Birleşik Krallık'tır.

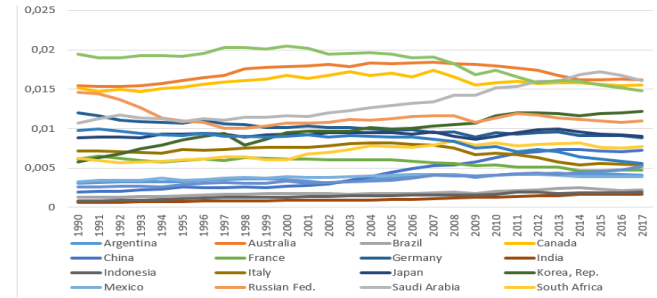
Şekil 1: G-20 Ülkeleri için Kişi başına GSYH



Kaynak: 2024 World Bank verileriyle yazar tarafından üretilmiştir.

ÇKE hipotezi kapsamında G-20 ülkelerinin kişi başına CO₂ emisyonuna ait grafik Şekil 2'de verilmiştir. Grafikte emisyonun en yüksek olduğu ülkelerin Çin, ABD ve Hindistan olarak sıralandığını görmek mümkündür. Burada iki sıralamada oluşan farklılığın sebeplerinden biri, Çin ve Hindistan'ın en yüksek yıllık büyüme oranlarına sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 2: G-20 Ülkelerinin Kişi Başına CO₂ Emisyonu

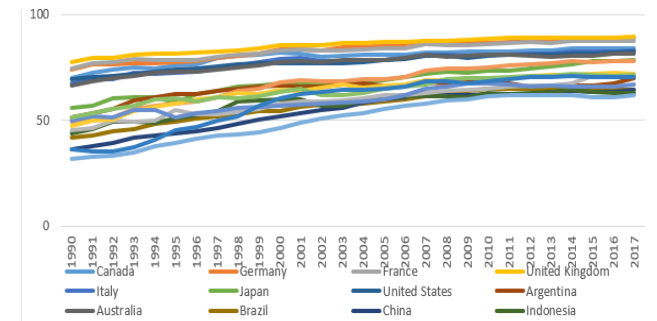


Kaynak: 2024 World Bank verileriyle yazar tarafından üretilmiştir.

Çevre kirliliğinin belirleyicileri ile ilgili yapılan teorik ve ampirik çalışmalarda küreselleşmenin de farklı boyutları ile çevresel tahribatta etkili bir değişken olduğu gösterilmiştir. Küreselleşme, ekonomik boyutu ile doğrudan yabancı yatırımlar ve sermaye hareketliliği gibi araçlar ile çevreye olumsuz katkı sağlayabileceği gibi teknoloji transferi ile çevrenin daha az kirlenerek daha verimli üretim süreçlerine neden olabilmektedir. Sosyal anlamda küreselleşme, çevre bilincinin oluşmasında etkilidir. Politik olarak ise, uluslararası örgütlere katılmanın yanı sıra sivil toplum örgütlerinin yaygınlaşması ve çevrenin korunması ile ilgili kampanya yürüten grupların giderek artması şeklinde hükümeti çevresel bozulmayı dikkate alan politikalar üretmeye teşvik etmektedir (Bataka, 2021: 192-193).

Şekil 3'te G-20 ülkelerinin küreselleşme indeksi verilmiştir. Birinci sırada Birleşik Krallık yer almakla birlikte ilk yedi ülkenin tamamını G-7 ülkeleri oluşturmaktadır.

Şekil 3: Ülkelerin Küreselleşme İndeksi



Kaynak: 2024 KOF Globalisation Index verileriyle yazar tarafından üretilmiştir.

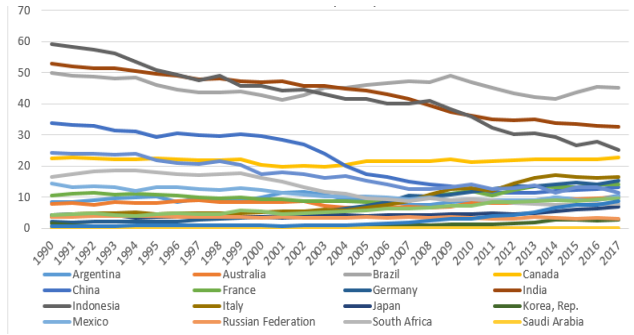
Küreselleşen dünyada enerji, başta sanayi ve imalat işletmelerinde zorunlu olarak kullanılan bir girdi olarak ele alınmakla birlikte aynı zamanda toplumun ekonomik düzeyini iyileştirmek için bir hizmet aracı olarak ekonomik kalkınmanın temel bir parametresi olarak kabul edilmektedir. Enerji tüketim miktarı ile ülkelerin ekonomik kalkınma düzeyleri doğru orantılıdır. Endüstriyel üretim sürecinin sürdürülebilirliği ve ekonomik refah düzeyindeki artış, çağdaş koşullarda enerjiye bağlı kabul edilmektedir. Çünkü bir ülkenin ekonomik gelişimi, işgücü talebindeki artışa, toplam arzın büyümesine, gelir eşitsizliğinin iyileştirilmesine bağlıdır. Ülkenin ihracat kapasitesini

artırmak için daha fazla üretimle dış dengeyi sağlamak gerekmektedir (Bayraktutan ve diğerleri, 2012: 30).

Yüksek enerji tüketimi, beraberinde kirliliğe sebep olan CO_2 , SO_2 gibi gazların emisyonunda bir artış meydana getirmektedir. Bu nedenle araştırmacılar çevresel salınımlar ile ilgili çalışmalarda ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ilişkisi üzerinde durmaya başlamıştır. Farklı ülkeler için yapılan araştırmalar sonucu, enerji tüketiminin CO_2 emisyonunun temel bir belirleyicisi olduğunu söylemek mümkündür (Nasir ve Rehman, 2011: 1858). Özellikle CO_2 emisyonu üzerinde durulmasının sebebi sera gazı etkisinin oluşmasında insan kaynaklı birincil faktör olmasıdır (<https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>).

Şekil 4'te G-20 ülkelerinin toplam enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kullanımının yüzdesi verilmiştir. Buna göre ilk sırada Brezilya, Hindistan ve Endonezya yer almaktadır.

Şekil 4: Toplam Enerji Tüketimi İçinde Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Payı

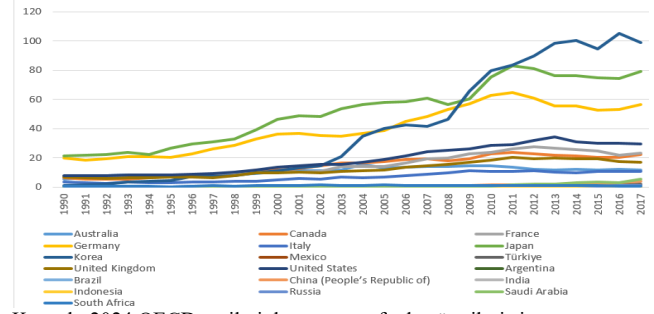


Kaynak: 2024 World Bank verileriyle yazar tarafından üretilmiştir.

Çevre dostu inovasyon ve teknolojiler, enerjinin korunmasına ve emisyonların azaltılmasına yardımcı olurken sanayileşmiş ve gelişmekte olan ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarından maliyet açısından verimli enerji üretmesini sağlamaktadır (Zhao ve diğerleri, 2022: 305). Ekonomik büyümeyle birlikte ülkelerin daha fazla teknolojik ilerleme sağlayarak çevre kalitesini iyileştiren daha temiz teknolojilere geçiş, AR-GE harcamalarıyla ilişkilendirilmektedir (Adedoyin ve diğerleri, 2020: 3) Bu bağlamda çalışmaya dahil edilen çevresel teknolojiler verilerinden elde edilen grafik aşağıda verilmiştir. Buna göre kişi başına çevresel teknolojinin geliştirilmesinde başı çeken ülkeler Güney Kore, Japonya ve Almanya'dır.

Bu veriler ışığında çalışmanın ikinci bölümünde teorik olarak Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinden bahsedilmiş, üçüncü bölümde ilgili literatür çalışmaları, dördüncü bölümde veri seti ve metodoloji, beşinci bölümde ampirik bulgular ve sonuç bölümünde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilerek önerilere yer verilmiştir.

Şekil 5: Çevresel Teknolojiler



Kaynak: 2024 OECD verileriyle yazar tarafından üretilmiştir.

2. Çevresel Kuznets Eğrisinin Kuramsal Temelleri

Simon Kuznets 1955 yılında "Economic Growth and Income Equality" isimli makalesinde artan veya azalan ekonomik büyümenin gelir eşitsizliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yapılan ampirik çalışmada, ekonomik büyümeyi temsil etmek üzere alınan kişi başına gelir arttıkça gelir eşitsizliğinin artacağı fakat belli bir gelir düzeyinden sonra eşitsizliğin azalmaya başlayacağı şeklinde bir bulguya ulaşılmıştır. Çalışmada değişkenler arasındaki bu ilişki grafiksel olarak ters U şeklindedir ve bu ilişkiyi akademik literatürde ilk kez gündeme getirdiği için Kuznets eğrisi ismi verilmiştir (Kuznets, 1955; Dinda, 2004: 433).

Kuznets eğrisinin çevresel faktörler ve ekonomik büyüme değişkenlerine uygulandığı ilk araştırmalar, Grossman ve Krueger (1991), Shafik ve Bandyopadhyay (1992) ve Panayotou (1993) makaleleriyle başlamıştır. Bu çalışmalarda Grossman ve Krueger (1991), çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi açıklarken ölçek, kompozisyon ve teknik etkinin bu sonuca neden olacağı sonucuna varmıştır. Shafik ve Bandyopadhyay (1992), çalışmalarına büyümenin yanı sıra enerji fiyatları, ticaret politikaları, borçlar ile politik ve sivil hakları dahil etmiş ve çevre kalitesini temsilen on farklı değişken ele almışlardır. Ayrıca ÇKE hipotezini lineer, kuadratik ve kübik formda inceleyerek hipoteze katkıda bulunmuşlardır. Panayotou (1993) ise, bir ülkedeki doğal kaynaklar ve çevrenin durumunu ekonominin boyutu, ekonominin sektörel yapısı, teknoloji, çevre kalitesine talep, doğal kaynakları koruma, çevresel harcamalar ve harcamaların etkinliği olmak üzere beş ana başlık altında açıklamıştır.

ÇKE modeli araştırılan konuya ve değişkenlere bağlı olarak farklı formlarda uygulanabilmektedir. En geniş formu Model 1'de yer verilen kübik model iken doğrusal veya kuadratik formda fonksiyonlar da araştırmalarda kullanılmaktadır. Çalışmalarda farklı değişkenler kullanılarak farklı bağlamlara ulaşılabilir de temel fonksiyon, çevre ile ekonomiyi temsil eden değişkenler arasındaki ilişkidir. Aşağıdaki modeller kirlilik seviyesi / çevresel baskı ve gelir arasındaki çeşitli olası ilişkileri test etmek için kullanılır (Dinda, 2004: 440-441):

$$\begin{aligned} y_{it} &= \alpha_i + \beta_1 x_{it} + \beta_2 x_{it}^2 + \beta_3 x_{it}^3 + \beta_4 z_{it} + \varepsilon_{it} & \text{Model (1)} \\ y_{it} &= \alpha_i + \beta_1 x_{it} + \beta_2 x_{it}^2 + \beta_3 z_{it} + \varepsilon_{it} & \text{Model (2)} \\ y_{it} &= \alpha_i + \beta_1 x_{it} + \beta_4 z_{it} + \varepsilon_{it} & \text{Model (3)} \end{aligned}$$

Modellerde y çevresel göstergeyi, x geliri ve z ise çevresel bozulma üzerinde etkisi olan diğer değişkenleri temsil etmektedir. Alt indislerden i ülke, t zaman değişkenini temsil ederken a sabittir. β katsayıları, açıklayıcı değişkenin katsayılarıdır. Son olarak ε hata terimini temsil etmektedir. Model (1) çevre ve gelir arasındaki kübik ilişkiyi, Model (2) kuadratik ilişkiyi ve Model (3) ise lineer ilişkiyi analiz ederken kullanılmaktadır. β katsayılarının işaretlerine bağlı olarak ÇKE hipotezinin geçerliliği incelenirken çevre ve gelir ilişkisinde en geniş durum olan Model (1) için 7 farklı durum söz konusu olmaktadır. Bunlar (Wang ve diğerleri, 2013: 2889):

- I. $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ ve $\beta_3 > 0$. x ve y arasında kübik polinom ya da N şeklinde bir ilişki vardır.
- II. $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ ve $\beta_3 < 0$. x ve y arasında ters N şeklinde ilişki vardır.
- III. $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ ve $\beta_3 = 0$. x ve y arasında U şeklinde ilişki vardır. Bu durumda tepe yani dönüm noktası $x^* = -\beta_1/2\beta_2$ ile hesaplanmaktadır.
- IV. $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ ve $\beta_3 = 0$. x ve y arasında ters U şeklinde bir ilişki vardır, yani ÇKE ilişkisi. Bu durumda tepe yani dönüm noktası $x^* = \beta_1/2\beta_2$ ile hesaplanmaktadır.
- V. $\beta_1 > 0$ ve $\beta_2 = \beta_3 = 0$. x ve y arasında monoton artan veya lineer ilişki vardır.
- VI. $\beta_1 < 0$ ve $\beta_2 = \beta_3 = 0$. x ve y arasında monoton azalan ilişki vardır.
- VII. $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$. x ve y arasında ilişki bulunmamaktadır.

2.1. ÇKE Hipotezinde Ekonomik Büyüme Rolü

GSYH ile ölçülen ekonominin boyutu ya da ekonomik aktivite düzeyi arttıkça doğal kaynak tüketme hızı artmakta ve kirlilik üretme seviyesi yükselmektedir. Tarım ve birincil sanayilere dayanan ekonomilerde, kaynak tüketme oranları yüksektir. Fakat ülkeler sanayileştikçe kırsal kaynakların tükenmesi sorunu giderek yerini kentsel kirlilik ve tıkanıklık sorununa bırakmaktadır. Düşük gelirli ülkelerin GSYH'sı içerisinde sanayinin oranı tarımdan daha azken, orta gelirli ülkelerde bu oran üçte bire yaklaşmaktadır. Yüksek gelirli ülkelerde ise sanayinin payı sabittir veya azalır; sanayi ileri teknolojiye (elektrikli makineler veya elektronikler gibi) ve hizmetlere dayanmaktadır. Bu sebeple ilerleyen aşamalarda bilgi teknolojileri ve hizmet sektörü arttıkça, endüstriyel emisyonlar, sanayi sektörünün büyüklüğüne, kimya ve ağır sanayilerin payına bağlı olarak olumlu yönde değişmektedir. Bununla birlikte aynı sektörel yapıya sahip olan ülkeler, sermaye birikimi ve üretim teknolojilerinin farklı düzey ve modelde olması nedeniyle farklı seviyelerde endüstriyel emisyon ve atık üretebilmektedir (Panayotou, 1993).

Bu etkileri Grosman ve Krueger (1991), ölçek, kompozisyon ve teknik etki olarak üç başlık halinde açıklanmıştır. Ölçek etkisi, ceteris paribus durumunda ekonomik büyümenin artmasıyla beraber üretilen kirlilik miktarının da artmasını ifade etmektedir. Ekonomik

büyümenin enerji talebinde artışa yol açması enerji üretiminde ilk sırada yer alan fosil yakıtların kullanımına ve beraberinde zararlı kirleticilerin salınımının artışına neden olurken ticaretle beraber taşımacılığın artışı yine hava kalitesindeki bozulmaya katkıda bulunacaktır. Kompozisyon etkisi, ekonominin yapısında meydana gelen değişikliği ifade etmektedir. Tarım toplumundan sanayi toplumuna geçiş, kirliliği artırsa da sanayi toplumundan hizmet ve bilgi toplumuna geçiş beraberinde daha az kirlilik üreten temiz faaliyetleri kademeli olarak artırmaktadır. Ekonomisi güçlü bir devlet, AR-GE'ye daha fazla harcama yapabildiğinden teknolojik ilerleme ekonomik büyüme ile birlikte gerçekleşir ve eski teknolojilerin yerini, çevresel kaliteyi artıran yükseltilmiş yeni ve daha temiz teknolojiler alır. Bu da teknolojik ya da teknik etki olarak ifade edilir. Teknik etkinin özellikle daha az gelişmiş ülkelere teknoloji transferi, gelirin artmasıyla beraber insanların çevre konusunda bilinçlenerek baskı oluşturmaları ve kirlilik standartlarının yasalarla da beraber sıkılaştırılmasının azaltıcı etkisi olacağı ifade edilmiştir (Grosman ve Krueger, 1991: 1-6; Dinda, 2004: 435). Her bir etkinin gerçekleşmesi en temelinde ekonomik gelişmeye bağlı olduğu için ÇKE hipotezi temelde ekonomik büyüme ve çevre/çevresel kalite/kirlilik ekseninde yer almaktadır.

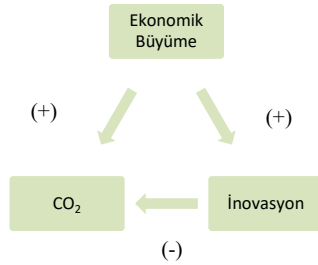
2.2. ÇKE Hipotezinde Teknolojinin Rolü

Teknoloji, inovasyon, çevre ve ekonominin ortak paydada buluşmasını sağlayan ekonomik büyümenin sürdürülebilirliğidir. Yeşil, temiz, eko-teknoloji bu bağlamda önem kazanmıştır. Temiz teknoloji, insan ihtiyaçlarını karşılamak için daha sürdürülebilir yollar araştırmanın bir parçası olarak ortaya çıkmıştır. Yeşil ekonomi, daha az kaynak kullanan ve ekonomik olarak rekabet halindeki alternatiflerinden daha az çevresel zarara neden olarak insanlara fayda sağlayan teknolojidir (Clift, 1995: 321). Endüstriler, üretim ve operasyonel süreçlerini sürekli çevreyi göz önünde bulundurarak başka bir ifadeyle yeşil hale getirerek uzun vadeli ekonomik sürdürülebilirlik sağlayabilirler (Lam ve Hills, 2011: 57). Ancak teknoloji politikası çevre politikasının tamamlayıcısı olmak yerine ikamesi olarak kullanılırsa daha maliyetli hale gelir. Bu nedenle yalnızca teknoloji ve inovasyondaki gelişmelere güvenerek herhangi bir düzenleme yapmaksızın üretime devam etmek rasyonel bir yaklaşım değildir. Teknoloji ve inovasyonla beraber çevre kirliliğinin azaltılmasının yanı sıra çevre kirliliğini azaltmanın maliyeti de azaltılır. Bu aynı zamanda firmaların geleceğe yönelik yeni teknoloji geliştirmeye kaynak aktarımı konusundaki teşvikleri de değiştirmektedir (Jaffe ve diğerleri, 2005: 165-166).

Bu noktada temiz teknolojilerle ilgili uygulanan vergi ve politikalar önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca makroekonomi ve sanayi politikaları zaman içerisinde değişip ekonomik ve ticari liberalizasyon sorunlu ve verimsiz sanayilerin ortadan kalkmasına, endüstriyel kirliliğin ana kaynaklarından biri olan kamu işletmelerinin yeniden yapılanmasına, daha katı çevre düzenlemeleri olan ülkelere kirlitici sanayilerin ithali için kapılarını

açmasına neden olabilir. Gelirin artması, kirliliğin birikerek artmasının yanı sıra insanların çevre ile ilgili daha bilinçli hale gelmesi, çevre ile ilgili düzenlemelerin yapılmasını ve sıkı bir şekilde uygulanması talep etmesine neden olmaktadır. Bu yapısal değişiklikler özellikle teknolojiyi de kapsayacak şekilde ekonomik gelişme seviyesi ve emisyon arasındaki ters yönlü ilişki ile açıklanabilir. (Panayotou,1993).

Şekil 6. Ölçek, Kompozisyon ve Teknik Etkinin Etkileşimi



Tablo 1: ÇKE Hipotezini Destekleyen Literatür Çalışmaları

Yazar	Periyod	Ülke	Değişkenler	Metodoji	Sonuçlar
Arı ve Zeren (2011)	2000-2005	17 Akdeniz Ülkeleri	CO_2 , KMG, KMG^2 , KMG^3 , ET, NY	GEKK, EGKK	ET, NY ve KMG ile CO_2 emisyonu arasında pozitif ilişki
Farhani ve Shahbaz (2014)	1980-2009	10 MENA ülkesi	CO_2 , EIT, GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET	Pedroni ve Kao eşbütünlüşme Testi, Panel FMOLS ve DOLS, Granger Nedensellik	EIT ve GSYH ile CO_2 emisyonu arasında pozitif ilişki; Uzun dönemde $CO_2 \leftrightarrow$ YET, $CO_2 \leftrightarrow$ NYET
Shafiei ve Salim (2014)	1980-2011	29 OECD Ülkeleri	CO_2 , P, GSYH, $GSYH^2$, YET ve NYET, NY, K, E, GHK, EY, K^2	Westerlund (2007) ve Johansen Fisher (1999) eşbütünlüşme testleri, AMG tahmincisi, Panel Granger Nedensellik testi	CO_2 bağımlı değişken olduğu 3 farklı model kurulmuştur. Modellerde YET ile CO_2 emisyonu arasında negatif, diğer tüm değişkenlerle pozitif ilişki bulunmuştur.
Al-Mulali, Tang ve Öztürk (2015)	1980-2010	18 Latin Amerika ve Karayip Ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, FG	Kao ve Johansen Fisher eşbütünlüşme testi, FMOLS, Panel Granger Nedensellik (VECM)	GSYH ve FG ile CO_2 emisyonu arasında negatif; YET ile emisyon arasında pozitif ilişki; tüm değişkenlerde çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Bölük ve Mert (2015)	1961-2010	Türkiye	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YEÜ	ARDL sınır testi, CUSUM, CUSUMSQ	Hidroelektrik hariç YEÜ ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, hidroelektrik dahil YEÜ ve GSYH ile emisyon arasında pozitif ilişki elde edilmiştir.
Al-Mulali ve Öztürk (2016)	1990-2012	27 Gelişmiş Ülke	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, TA, K, EF	Panel Kao ve Fisher Eşbütünlüşme Testleri, FMOLS, VECM Granger Nedensellik	GSYH, NYET, K ile CO_2 emisyonu arasında pozitif ilişki, YET, TA ve EF ile emisyon arasında negatif ilişki tespit edilmiştir.
Bakırtaş ve Çetin (2016)	1992-2010	18 G-20 Ülkeleri	KG, YET	Pedroni Panel Eşbütünlüşme, POLS, RE, FE, Hausman Testi	KG ile YET arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.

3. Literatür İncelemesi

Farklı değişkenler kullanarak ÇKE hipotezinin geçerliliğini araştıran pek çok çalışma mevcuttur. Çalışmaların bir kısmı ÇKE hipotezini desteklerken bir kısmı ise hipotezin geçerli olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Ekonomik büyüme ve çevresel kirlilik arasındaki ilişkinin N, U, ters N ve ters U şeklindeki varlığının araştırılmasını sağlayan fonksiyonlar kullanılarak ÇKE hipotezinin genişletildiği çalışmalar da mevcuttur. Literatür incelemesine dayanarak hipotezin geçerli olduğu sonucuna ulaşan çalışma sayısının daha fazla olduğunu söylemek mümkündür. Çalışmada kullanılan çevresel teknoloji değişkeninin etkilerini araştıran çalışma sayısı ise sınırlı kalmaktadır. Aşağıda Tablo 1’de ÇKE hipotezini destekleyen çalışmalara yer verilirken Tablo 2’de ise ÇKE hipotezinin araştırılan dönem ve ülke grupları için geçerli olmadığı elde edilen çalışmalara yer verilmiştir.

Bilgili, Koçak ve Bulut (2016)	1977-2010	17 Ülkeleri	OECD	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET	Panel Eşbütünleşme, FMOLS, DOLS	GSYH ile CO_2 emisyonu arasında pozitif ilişki, YET ile emisyon arasında negatif ilişki tespit edilmiştir.
Doğan ve Şeker (2016)	1980-2012	AB Ülkeleri		CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, TA	FMOLS, DOLS, D-H Panel Nedensellik	2. modele TA eklenmek üzere 2 model incelenmiştir. GSYH, NYET ile CO_2 emisyonu arasında pozitif ilişki, TA ve YET ile emisyon arasında negatif ilişki tespit edilmiştir. $CO_2 \leftrightarrow YET$, $GSYH \rightarrow CO_2$, $TA \rightarrow CO_2$, $CO_2 \rightarrow NYET$, tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Jebli, Yossef ve Öztürk (2016)	1980-2010	25 Ülkeleri	OECD	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, EX, IM	Pedroni Eşbütünleşme, Granger nedensellik, FMOLS, DOLS	İthalat ve ihracatın kullanıldığı 2 farklı model incelenmiştir. GSYH ve NYET ile CO_2 emisyonu arasında pozitif ilişki, YET, EX ve IM ile emisyon arasında negatif ilişki tespit edilmiştir. Uzun dönemde ise tüm değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Moutinho ve Robaina (2016)	1991-2010 2001-2010	20 Ülkeleri	Avrupa	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET	Kao ve Pedroni Eşbütünleşme Testi, FMOLS, DOLS, Panel Granger Nedensellik, Varyans Ayrıştırma ve Etki-Tepki Analizleri	YET ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.
Lorente ve Alvarez-Herranz (2016)	1992-2010	25 Ülkeleri	OECD	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, $GSYH^3$, EKB	GEK	EKB ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki olduğu ÇKE eğrisinin N formunun geçerli olduğu elde edilmiştir.
Balogh ve Jambor (2017)	1990-2013	Seçilmiş 168 Ülke		CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, NEEÜ, MKEÜ, YEİU, TV, EV, FG, UT, T, S	GMM	NEEÜ, YEİU ve FG ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH, MKEÜ, TV, EV, UT, T ve S ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.
De Souza, De Souza Freire ve Pires (2018)	1990-2014	5 MERCOSUR Ülkeleri		CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, TA, FG, K	EKK	4 farklı model kullanılmıştır. İlk modelde, CO_2 emisyonu ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında negatif, NYET arasında pozitif bir ilişki; ikinci modelde TA ile negatif bir ilişki ortaya çıkarken FG ve K değişkenleri önemsiz bulunmuştur.
Dong, Sun ve Dong (2018)	1965-2016	Çin		CO_2 , GSYH, DGT, YET	ARDL, VECM Granger nedensellik, FMOLS, DOLS, CCR, CUSUM, CUSUMQ	YET ve DGT ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. $GSYH \rightarrow DGT$, $GSYH \rightarrow YET$ nedensellik ilişkisi belirlenmiştir.

Dong vd. (2018)	1993-2016	Çin	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, NET	Bayer-Hanck eşbütünleşme testi, ARDL, SLM U testi, FMOLS, DOLS, CCR, CUSUM, CUSUMQ, VECM Granger Nedensellik Testi	YET ve NET ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ve NYET ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.
Dong vd. (2018b)	1970-2016	14 Asya Pasifik Ülkesi	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, DGT	Pedroni ve Westerlund panel eşbütünleşme testi, FMOLS ve AMG tahminicileri, VECM Granger nedensellik testi	DGT ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. $CO_2 \leftrightarrow DGT$
Güney (2018)	1960-2016	Türkiye	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, ET, FG, SSEB	ARDL, CUSUM, CUSUMQ	GSYH, ET, FG ve SSEB ile CO_2 emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.
Pata (2018)	1974-2014	Türkiye	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, K, FG, YET, HET, AET	ARDL, FMOLS, kanonik CCR, Gregory-Hansen ve Hatemi-J eşbütünleşme testi, CUSUM, CUSUMQ	GSYH, K ve FG ile CO_2 emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. YET, HET ve AET ile emisyon arasında ilişki tespit edilmemiştir.
Saudi, Sinaga ve Jabarullah (2018)	1980-2017	Malezya	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, TET, İn	ARDL, Varyans Ayrıştırma Yöntemi	YET ve İn ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ve TET ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.
Bulut (2019)	2000:M01-2018: M07	ABD	CO_2 , EÜİ, $EÜİ^2$, YET	Gregory-Hansen eşbütünleşme testi, DOLS tahmincisi	YET ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, EÜİ ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.
Khoshnevis Yazdi ve Ghorchı Beygi (2018)	1985-2015	25 Afrika Ülkesi	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, K, TA, FG	PMG, Granger Nedensellik testi	YET ve TA ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH, NYET, FG ve K ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. Nedensellik ilişkileri ülkeler için farklılaşmaktadır.
Lau vd. (2019)	1995-2015	18 OECD Ülkesi	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, NEEÜ, NEYEÜ, TA	Westerlund(2007) eşbütünleşme testi, FMOLS, Panel Dinamik GMM, D-H Granger Nedensellik Testi	TA ve NEEÜ ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ve NEYEÜ ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.
Lin ve Zhu (2019)	2000-2015	Çin İlleri	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YEÜ, Tln, EYa, K, EnY	FMOLS, Panel Threshold Model	YEÜ Tln ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH, EnY ve EYa ile emisyon arasında pozitif ilişki, K ile emisyon arasındaki ilişkinin anlamsız olduğu tespit edilmiştir.
Yao, Zhang ve Zhang (2019)	1990-2014	17 Ülke	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS	YET ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.
Zafar (2019)	1990-2015	18 Gelişmekte Olan Ülke	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, TA	Pedroni ve Westerlund eşbütünleşme testi, CUP-FM ve CUP-BC, VECM Granger Nedensellik testi	TA ve YET ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ve NYET ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. $CO_2 \leftrightarrow NYET$, $YET \rightarrow CO_2$, $GSYH \rightarrow NYET$, $CO_2 \leftrightarrow TA$

Ur Rahman vd. (2019)	1992-2016	BRIC ve NAFTA Ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, KÜ, PÜ, DÜ, TPB	Kao eşbütünleşme testi, DFE, MG, PMG	DÜ ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH, KÜ, PÜ ile emisyon arasında pozitif ilişki, TPB ile emisyon arasındaki ilişkinin anlamsız olduğu tespit edilmiştir.
Fethi ve Rahuma (2019)	2007-2016	20 Rafine Petrol İhraç Eden Ülke	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, ET, AR-GE	LM Bootstrap ve ECM panel eşbütünleşme testi, DSUR, D-H panel nedensellik testi	AR- GE ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ve ET ile emisyon arasında pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir. $CO_2 \leftrightarrow ET$, AR-GE $\leftrightarrow$ ET, $CO_2 \rightarrow$ AR-GE, GSYH $\rightarrow$ AR-GE, GSYH $\rightarrow$ ET nedensellik ilişkileri elde edilmiştir.
Abbas vd. (2020)	1995-2014	Kuşak- Yol Projesine Bağlı 24 Gelişmekte Olan Ülke	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, TA, BSO	ARDL, ECM, CUSUM, CUSUMQ	BSO ve YET ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH, NYET ile emisyon arasında pozitif ilişki, TA ile emisyon arasındaki ilişkinin anlamsız olduğu tespit edilmiştir.
Raza, Shah ve Khan (2020)	1990-2015	N-11 ve BRICS Ülkeleri	CO_2 , GSYH, YET, KET, FG	Pedroni ve Westerlund (2007) Bootstrap Panel Eşbütünleşme Testi, FMOLS, Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi	YET ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH, KET ile emisyon arasında pozitif ilişki, FG ile emisyon arasındaki ilişkinin N-11 ülkeleri için pozitif fakat BRICS ülkeleri için negatif olduğuna ulaşılmıştır. GSYH $\rightarrow CO_2$, $CO_2 \leftrightarrow$ KET, $CO_2 \leftrightarrow$ YET, BRICS için $CO_2 \leftrightarrow$ FG, N-11 için FG $\rightarrow CO_2$ elde edilmiştir.
Vural (2020)	1980-2014	8 Sahra-altı Ülke	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, T	Pedroni ve Westerlund (2007) Bootstrap Panel Eşbütünleşme Testi, DOLS	YET ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH, T ve NYET ile emisyon arasında pozitif ilişki, TA ile emisyon arasındaki ilişkinin anlamsız olduğu tespit edilmiştir.
Yurtkuran (2020)	1971-2014	Türkiye	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, EX, IM, K, FG, E	ARDL	Uzun dönemde YET ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH, FG, E, K ve IM ile emisyon arasında pozitif ilişki, EX ile emisyon arasındaki ilişkinin anlamsız olduğu tespit edilmiştir.
Doğan ve İnglesi-Lotz (2020)	1980-2014	7 Avrupa Ülkesi	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, E, EYa, EY, K, P, E ²	Kao ve Pedroni Eşbütünleşme testi, FMOLS, OLS (FE)	2 model kullanılıp 1. Modelled GSYH, 2. Modelde ise E değişkeni kullanılmıştır. ÇKE hipotezi yalnızca 1. modelde desteklenmektedir. GSYH, P, K ve EY ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. EYa değişkeni içerisinde fosil yakıt miktarı arttıkça yine CO_2

						emisyonusunu artırmaktadır. K işareti 1. Modelled pozitif fakat 2. Modelled negative elde dılmıştır.
Fatima, Shahzad ve Cui (2020)	1980-2014	Çin, ABD, Hindistan, Japonya, Güney Kore, Kanada, Brezilya ve Endonezya	CO_2 , GSYH, $GSYIH^2$, YET, NYET, TA, YET ile GSYH Etkileşimi	Kao eşbütünleşme testi, Fark GMM, FE, RE, Hausman testi, D-H Granger nedensellik testi		YET ve TA ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ve NYET ile emisyon arasında pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir. Etkileşim değişkeni ise GSYH artıkça kullanılan NYET payının arttığını göstermektedir.
Ahmad vd. (2021)	1990-2014	26 OECD Ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYIH^2$, YET, DDY, İn, EX	Westerlund (2007) eşbütünleşme testi, FMOLS		YET ve DDY ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ile emisyon arasında pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir. İn değişkenine verilen pozitif şoklar emisyonu olumlu, negative şokların ise çevre kalitesini bozmaya yönelik sonuçlandığını göstermektedir.
Wei ve Lihua (2022)	1995-2018	ASEAN ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYIH^2$, Ek İn, Tur	Westerlund and Edgerton ve Banerjee and Carrion-i-Silvestre (2017) eşbütünleşme testleri CS-ARDL, AMG, CCEMG		Ek İn ve Tur ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ile emisyon arasında pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir.
Zhao, Liu ve Huang (2022)	1995-2018	G-7 ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYIH^2$, Ek İn, GE	CS-ARDL, AMG, CCEMG		Ek İn ve GE ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, GSYH ile emisyon arasında pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir.
Polat ve Çil (2024)	1993-2018	39 ülke	ET, CH_4 , CO_2 , P, ÇP, FG, İGE, İGE ²	Hausman testi, Emirmahmutoglu ve Köse Nedensellik testi		Bağımlı değişken olarak CH_4 ve CO_2 emisyonlarının kullanıldığı 2 model kullanılmıştır. CO_2 emisyonu kullanılan modelled ÇKE geçerli fakat CH_4 kullanılan modelde sonuçlar karışık olarak elde edilmiştir. ÇP ve İGE ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, ET, P ve FG ile emisyon arasında pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir

Not: YET yenilenebilir enerji tüketimini, NYET yenilenemeyen enerji tüketimini, TA ticari açıklığı, FG finansal gelişmişliği, YEÜ yenilenebilir enerji üretimini, HGSYH hizmetler sektörünün GSYH'ya katkısı, NYEEÜ yenilenemeyen enerji kaynaklarından elektrik üretimi, NEEÜ nükleer enerjiden elektrik üretimi, KMG kişi başına milli gelir, ET enerji tüketimi, NY nüfus yoğunluğu, EIT elektrik tüketimi, P nüfus, K kentleşme, E endüstrileşme, GHK GSYH'ya hizmet sektörünün katkısı, EY enerji yoğunluğu, EF enerji fiyatları, EX ihracat, IM ithalat, EKB enerji odaklı AR-GE kamu bütçesi, YEİÜ yenilenebilir elektrik üretimi, MKEÜ maden kömüründen elektrik üretimi, FE sabit etkiler yöntemi, TV toprak verimliliği, EV emek verimliliği, UT uluslararası turizm, T ticaret, S sanayi, DGT doğal gaz tüketimi, NET nükleer enerji tüketimi, SSEB sanayi sektörünün ekonomideki büyüklüğü, HET hidroelektrik enerji tüketimi, AET alternative enerji tüketimi, TET toplam enerji tüketimi, İn inovasyon, EÜİ endüstriyel üretim indeksi, TİN teknolojik inovasyon, Tur turizm, KÜ kömür üretimi, EYa enerji yapısı, EnY endüstriyel yapı, PÜ petrol üretimi, DÜ doğalgaz üretimi, TP toplam patent başvurusu, Ek İn eko-inovasyon, GE güneş enerjisi, BSO brüt sermaye oluşumu, KET konut enerji tüketimi, AR-GE AR-GE'ye yatırım, EAİ ekolojik ayak izi, KPD kişi başı düşen petrol değeri, KG kişi başına gelir, İGE insani gelişme endeksi, ÇP çevreyle ilgili patent ve RE rassal etkiler yöntemini temsil etmektedir.

Tablo 2: ÇKE Hipotezini Desteklemeyen Literatür Çalışmaları

Yazar	Periyod	Ülke	Değişkenler	Metodoji	Sonuçlar
Menegaki ve Tsagarakis (2015)	1990-2010	32 Avrupa Ülkesi ve Türkiye	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, $GSYH^3$, HPT, DGT, KET, YET	RE, FE, Arellano-Bond-Bover Dinamik Modeli	4 farklı model oluşturulmuştur. ÇKE hipotezi, HPT ve DGT modelleri için geçerli, YET ve KET modelleri için geçerli değildir.
Mert ve Bölük (2016)	2002-2010	21 Kyoto Ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, DYY	Pedroni, Kao ve Fisher eşbütünleşme testi, MG, PMG, Panel Granger Nedensellik testi	CO_2 emisyonu ile YET ve DYY arasında negatif ilişki; NYET ile pozitif ilişki olduğu elde edilmiştir. $GSYH \leftrightarrow CO_2$, $CO_2 \rightarrow YET$, $CO_2 \leftrightarrow NYET$, $NYET \leftrightarrow GSYH$, $DYY \leftrightarrow GSYH$, $NYET \rightarrow YET$ uzun deönmeli nedensellik ilişkileri elde edilmiştir.
Zoundi (2017)	1980-2012	25 Afrika Ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, BET, P	Kao, Pedroni ve Westerlund eşbütünleşme testleri, DOLS, MG, PMG, DFE, Sistem GMM, Hausman testi	CO_2 emisyonu ile YET arasında negatif ilişki; P ve BET ile emisyon pozitif ilişki ve son olarak GSYH değişkeninin etkisi pozitif olsa da anlamsız olduğu sonucu elde edilmiştir.
Churchill vd. (2018)	1870-2014	20 OECD Ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, $GSYH^3$, T, FG, POP	Westerlund (2007) ve Banerjee ve Carrion-i Silvestre eşbütünleşme testi, MG, PMG, AMG, CCEMG	Ele alınan 20 ülke için farklı sonuçlar elde edilmiş olsa da CO_2 emisyonu ile değişkenlerin eşbütünleşik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Mensah vd. (2018)	1990-2014	28 OECD Ülkeleri	CO_2 , GSYH, YET, NYET, Pat, AR-GE	ARDL sınır testi, FMOLS	3 farklı model kullanılmıştır. YET ile CO_2 emisyonu arasında negative ilişki, NYET ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. AR-GE ve Pat değişkenleri farklı ülkeler için farklı sonuçlar vermiştir.
Acheampong, Adams ve Boateng (2019)	1980-2015	46 Sahra-altı Ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, DYY, TA, YET, P, FG	Sabit ve Rasgele Etkiler analizi, IV-GMM, DFE	YET, DYY ile CO_2 emisyonu arasında negative ilişki, TA, P ve FG ile emisyon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. ÇKE hipotezinin geçerliliği farklı ülkelere göre değişkenlik göstermektedir.
Zhang ve Liu (2019)	1995-2014	NSEA-10 Ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, Tur	Fisher Johansen ve Durbin-Hausman eşbütünleşme testi, FMOLS, AMG, D-H panel nedensellik testi	CO_2 ile YET arasında negatif ilişki, Tur ve NYET ile pozitif ilişki olduğu elde edilmiştir.
Arkadani ve Seyadaliakbar (2019)	1995-2014	7 MENA Ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, EIT	Çok Değişkenli Regresyon Analizi ve varsayım testleri	Umman, Katar ve Suudi Arabistan için ÇKE geçerli, Cezaýır, Bahreyn, İran ve Kuveyt için geçerli değil sonucuna ulaşılmıştır.
Baloch, Mahmood ve Zhang (2019)	1990-2015	BRICS Ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, DK	AMG, D-H panel nedensellik testi	Güney Afrika dışında YET ile CO_2 emisyonu arasında negatif ilişki, Rusya için DK ve CO_2 arasında negative ilişki, Güney Afrika için DK ve CO_2 emisyonu arasında pozitif ilişki elde edilmiştir.
Chen vd. (2019)	1995-2012	Çin'in 30 İli	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS, Panel Garnger nedensellik testi	CO_2 emisyonu ile YET arasında merkez bölgesi dışında negatif ilişki, NYET ile pozitif ilişki tespit edilmiştir.
Cheng, Ren ve Wang (2019)	1996-2015	35 OECD Ülkeleri	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, Y, EX, Pat	Panel Kantil Regresyon	CO_2 ile YET arasında negatif ilişki; Pat negatif fakat anlamlı bir azaltma değil; EX ve Y ile emisyon arasındaki ilişki pozitif olarak elde edilmiştir.
Dauda vd. (2019)	1990-2016	18 Gelişmiş ve	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, DYY, TA, İn, K, ET	Westerlund (2007) eşbütünleşme testi,	ET ve K CO_2 emisyonunu pozitif etkilerken, İn G6 ülkelerinde CO_2 'i azaltmakta, MENA

			Gelişmekte Olan Ülke		FMOLS, DOLS	ve BRİCS ülkelerinde artırmaktadır. ÇKE, BRİCS için geçerli, MENA ve G6 için geçerli değildir.
Destek ve Sinha (2020)	1980-2014	24	OECD Ülkesi	EAİ, GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, TA	Pedroni, Kao ve Westerlund eşbütünleşme testi, MG, FMOLS-MG, DOLS-MG, CCE-MG, FMOLS, DOLS	EAİ ile YET ve TA arasında negatif ilişki, NYET ile pozitif ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Erdoğan, Okumuş ve Güzel (2020)	1990-2014	25	OECD Ülkesi	CO_2 , GSYH, $GSYH^2$, YET, NYET, TA, PF	D-H eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS, AMG	CO_2 ile YET ve PF arasında negatif ilişki, NYET ile pozitif ilişki, TA değişkenin ise anlamsız olduğu elde edilmiştir.
Wang vd. (2023)	1975-2017		Hindistan	Ekln, EAİ, GSYH, $GSYH^2$, ET, TA	AARDL	Bağımlı değişken olarak alınan EAİ ile Ekln ve GSYH arasında negatif bir ilişki, $GSYH^2$, ET ve TA ile EAİ arasında ise pozitif ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. EAİ ile GSYH ilişkisi U şeklinde eld edilmiştir.

Not: YET yenilenebilir enerji tüketimini, NYET yenilenemeyen enerji tüketimini, TA ticari açıklığı, FG finansal gelişmişliği, DYY doğrudan yabancı yatırımları, P nüfusu, YEÜ yenilenebilir enerji üretimini, HPT ham petrol tüketimi, DGT doğalgaz tüketimi, K kentleşme, İn inovasyon, ET enerji tüketimi, PF petrol fiyatları, EAİ ekolojik ayak isı, EX ihracat, Y yatırım, Pat patent, DK doğal kaynaklar, EIT elektrik tüketimi, Tur turizm, AR-GE AR-GE harcamaları, T ticaret, BET birincil enerji tüketimi, , Ekln eko-inovasyon ve KET kömür enerji tüketimini temsil etmektedir.

4. Veri Seti Ve Metodoloji

Çalışmada, G-20 ülkelerinde CO_2 emisyonu, ekonomik büyüme, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, küreselleşme ve çevresel teknoloji değişkenleri arasındaki ilişki incelenmektedir. Çevresel teknolojiler gerek teknolojik değişmelerin ivme kazanarak ilerlemesi gerekse çevreyle ilgili sorunların gitgide önem kazanması nedeniyle nispeten daha yeni ve güncel bir değişkendir. Bu kapsamda Avrupa Birliği dışındaki 19 ülkeye ait 1990-2017 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır.

Analizin amaçlarına uygun olarak ÇKE modelinin genişletilmiş hali kullanılmıştır. Kurulan model aşağıdaki gibidir:

$$LCO_{2it} = \alpha_0 + \beta_1 LGDP_{it} + \beta_2 LGDP_{it}^2 + \beta_3 LREN_{it} + \beta_4 LUNREN_{it} + \beta_5 LGLOB_{it} + \beta_6 LTEK_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

i= 1,2,..., 19 ve t= 1,2,..., 28'tir.

Denklemden yer alan lco₂, değişkeni çevre kalitesini ifade etmek üzere hava kirliliği göstergesi olarak alınan karbondioksit emisyonudur. Lgdp, ekonomik büyümeyi temsilen alınan kişi başına GSYH olup lgdp² ise GSYH'nın karesidir. Iren, kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi, lunren kişi başına yenilenemeyen enerji tüketimi, lglob küreselleşme ve son olarak ltek teknolojiyi temsilen çevre ile ilgili alınan patent sayısının toplam patent içerisindeki yüzdesini ifade etmektedir. Denklemden a sabit terimi, ε ise hata terimini, t zamanı, i ülke sayısını, her değişkenin başında bulunan l harfi ise logaritmalarının alındığını göstermektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkene ait bilgiler Tablo 3'de verilmektedir:

Tablo 3: Değişkenlerin Tanımlanması

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
lco2	Kişi başına karbondioksit emisyonu (metrik ton)	OECD
lgdp	Kişi başına reel GSYH (2010 Yılı \$ fiyatlarıyla)	World Bank
lgdp ²	Kişi başına reel GSYH'nın karesi (2010 Yılı \$ fiyatlarıyla)	World Bank
lren	Kişi Başına yenilenebilir enerji tüketimi (ton)	OECD
lunren	Kişi Başına yenilenemeyen enerji tüketimi (ton)	BP
lglob	Küreselleşme İndeksi	KOF Globalisation Index
ltek	Çevresel teknoloji patent sayısının toplam patent içerisindeki yüzdesi	OECD

Çalışmada kullanılan veri setlerine ait ortalama, standart hata, minimum ve maksimum değerlerinden oluşan tanımlayıcı istatistikler Tablo 4'de verilmiştir.

Çalışmada panel veri analizi kullanılması nedeniyle öncelikle Breusch-Pagan LM, Pesaran ölçeklendirilmiş LM, sapması uyarlanmış LM ve Pesaran CD yatay kesit bağımlılığı testleri ile Pesaran ve Yamagata (2008)

homojenlik testi uygulanmıştır. Serilerde yatay kesit bağımlılığının varlığını ve heterojenliği dikkate alan ikinci nesil birim kök testlerinden CIPS panel birim kök testi ile serilerin durağanlığı sınanmıştır. Değişkenlerin farklı düzeyde durağan olması nedeniyle Westerlund (2008) eşbütünleşme testi ile değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisinin varlığı incelenmiştir. Uzun dönemli ilişkinin olması durumunda değişkenler arasında bu ilişkinin etkisini belirleyebilmek için AMG ve CS-ARDL testleri uygulanmıştır. Son olarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığını ve yönünü belirleyebilmek için Emirmahmutoglu- Köse nedensellik testi uygulanmıştır.

Tablo 4: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Ort.	Std. Hata	Min.	Maks.
lco2	0.784	0.364	-0.191	1.311
lgdp	4.145	0.496	2.760	4.749
lgdp ²	17.429	3.918	7.618	22.550
lren	0.834	0.800	-2.181	1.768
lunren	0.776	0.393	-0.102	1.799
ltek	1.769	1.071	-0.699	3.784
lglob	1.824	0.088	1.504	1.952

4.1. Yatay Kesit Bağımlılığı Testi

Yatay kesit bağımlılığı ile ilgili kullanılan testleri açıklarken aşağıdaki panel veri modeli göz önünde bulundurulmuştur.

$$y_{it} = a_i + \beta_i' x_{it} + u_{it}, i=1,2,\dots,N \text{ ve } t=1,2,\dots,T \quad (2)$$

şeklindeki genel panel ekonometrik modelde i yatay kesit, t ise zaman boyutu, a_i birimlerin sabit, β_i ise eğim katsayılarını temsil etmektedir. x_{it} gözlemlenen değişkenlerin $k \times 1$ boyutundaki vektörüdür (Pesaran, 2004: 3). Çalışmada dört farklı yatay kesit bağımlılığı sonuçları incelenmiştir.

Breusch-Pagan (1980), N sabit ve T sonsuza giderken modelin sistem tahmini gerektirmeyen ve hesaplaması basit olan yatay kesitlerinin hata terimlerinde korelasyon bulunmaması durumunda sıfır hipotezini test etmek üzere Lagrange Çarpımı (LM) testini önermektedirler. Test aşağıdaki LM test istatistiğine dayanmaktadır:

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (3)$$

Breusch-Pagan (1980) LM testinin boş hipotezi “Yatay kesit bağımlılığı yoktur.” şeklinde olup hipotezleri;

$$H_0: Cov(u_{it}, u_{jt}) = 0, \text{ Tüm } t\text{'ler için } i \neq j$$

$$H_1: Cov(u_{it}, u_{jt}) \neq 0$$

şeklinde.

Pesaran (2004), Breusch-Pagan (1980) LM testlerinin N ve T büyük olduğu durumda uygulanması için “ H_0 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.” hipotezini test etmek üzere LM testinin

ölçeklendirilmiş versiyonu olan CD_{LM} testini önermiştir.

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (T \hat{\rho}_{ij}^2 - 1)} \quad (4)$$

Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008), Breusch-Pagan (1980) LM testini panel verilerde N 'nin büyük T 'nin küçük olduğu durumlardaki muhtemel sapmalardan kurtarmak adına sapması uyarlanmış LM (LM_{adj}) testini geliştirmişlerdir. “ H_0 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.” olmak üzere test istatistiğine ortalama ve varyansın eklendiği LM_{adj} aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k) \hat{\rho}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{v_{Tij}} \quad (5)$$

Pesaran (2004), N 'nin büyük T 'nin ise küçük olduğu durumlarda belli bir uzaysal ağırlık matrisine bağlı olmaksızın küçük örneklem için yatay kesit bağımsızlığı testine ihtiyaç olduğunu ve LM testinde kullanılan ikili korelasyon katsayılarının karelerini almak yerine sadece kendilerini formüle dahil ederek alternatif önermiştir. Dengeli panellerde yatay kesit bağımlılığı hipotezinin test edildiği test istatistiği;

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right) \quad (6)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

4.2. Panel Birim Kök Testleri

Çalışmada yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil birim kök testlerinden Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS birim kök testi kullanılmıştır. Yatay kesit genişletilmiş Dickey Fuller (CADF) olarak isimlendirdiği bu yöntemin önemli avantajlarından biri küçük boyutlu N ve T değerleri için de güçlü sonuçlar veriyor olmasıdır. Dinamik heterojen panel veri modeli;

$$y_{it} = (1 - \phi_i) \mu_i + \phi_i y_{i,t-1} + u_{it},$$

$$i=1,2,\dots,N \text{ ve } t=1,2,\dots,N \quad (7)$$

şeklinde. y_{i0} başlangıç değeri olarak sonlu bir ortalama ve varyanslı yoğunluk fonksiyonuna sahip ve u_{it} tek faktör yapısına sahip hata terimidir. Birim kök testinin hipotezleri;

$$H_0: \beta_i = 0 \text{ (tüm } i\text{'ler için)}$$

$$H_1: \beta_i < 0 \text{ (} i=1,2,\dots,N_1), \beta_i = 0 \text{ (} i=N_1+1, N_1+2,\dots,N)$$

şeklinde.

t istatistiği ise $\hat{\sigma}_i^2 = \frac{\Delta y_i' M_{i,w} \Delta y_i}{T-4}$ olmak üzere,

$$t_i(N, T) = \frac{\Delta y_i' \bar{M}_w y_{i,-1}}{\hat{\sigma}_i(y_{i,-1}' \bar{M}_w y_{i,-1})^{1/2}} \text{ şeklinde hesaplanır. Kritik}$$

değerler Pesaran (2007) tarafından tablolaştırılmıştır.

CADF regresyonunda tanımlanan $y_{i,t-1}$ 'in katsayısının t istatistiği ile elde edilen i . yatay kesit birimi için CADF test istatistiği olan $t_i(N, T)$ ortalaması ve IPS testinin yatay kesit

genişletilmiş hali olan CIPS testi ile panelin genelinde birim kökün varlığı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\text{CIPS}(N, T) = t_{\bar{N}} = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (8)$$

4.3. Homojenlik Testi

Pesaran ve Yamagata (2008) testinde kullanılan $\hat{\Delta}$ istatistiği Swamy istatistiğindeki $\hat{S}$ 'nin, $\hat{\Delta}$ ise bireysel yatay kesit birimleri için regresyon standart hatalarının hesaplanması için En Küçük Kareler tahmincisi yerine Havuzlanmış Sabit Etkiler kullanılan Swamy testinin değiştirilmiş modeline dayanmaktadır.

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_i' x_{it} + \varepsilon_{it}, \quad i=1,2,\dots,N \text{ ve } t=1,2,\dots,T \quad (9)$$

şeklindeki genel panel ekonometrik modelde β_i eğim katsayılarının yatay kesitler arasında farklı olup olmadığını test etmektedir. Testin hipotezleri ise,

$H_0: \beta_i = \beta$ Eğim katsayıları homojendir.

$H_1: \beta_i \neq \beta$ eğim katsayıları homojen değildir veya heterojendir.

Büyük örneklem için H_0 altında $(N, T) \rightarrow \infty$ ve $\sqrt{N}/T \rightarrow 0$ olmak üzere standart dağılım için hesaplanan $\tilde{\Delta}$ formülü aşağıdaki gibidir:

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} \tilde{S} - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (10)$$

$\tilde{\Delta}$ dağılım testi küçük örneklem özellikleri ise ortalama ve varyans sapması için düzenlenip $\tilde{\Delta}_{adj}$ normal dağılımlı hatalar altında geliştirilmiştir.

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} \tilde{S} - E(\tilde{z}_{it})}{\sqrt{\text{Var}(\tilde{z}_{it})}} \right) \quad (11)$$

$$E(\tilde{z}_{it}) = k, \text{Var}(\tilde{z}_{it}) = \frac{2k(T-k-1)}{(T+1)} \quad (12)$$

Formüllerde yer alan N yatay kesit sayısını, $\tilde{S}$ Swamy S test istatistiğini, k bağımsız değişken sayısını, $\text{Var}(\tilde{z}_{it})$ ise standart hatayı ifade etmektedir.

4.4. Panel Eşbütünleşme Testi

Westerlund (2008) tarafından geliştirilen eşbütünleşme testi Durbin-Hausman prensibine dayanmaktadır. Tahmin edilen regresyon denkleminin kalıntılarındaki birim kökün iki tahmincisi karşılaştırılır ve ortak faktörler göz önünde bulundurulmaktadır. Testin önemli bir avantajı yatay kesit bağımlılığı varlığında kullanılması ve bağımlı değişken düzeyde durağan olmamak koşuluyla bağımsız değişkenlerin düzey ya da fark durağan olması durumunda da güçlü sonuçlar vermesidir. Çalışmada Fisher etkisi incelendiği için test aşağıda verilen Fisher denkleminden hareket eder.

$$i_{it} = \alpha_i + \beta_i \pi_{it} + z_{it} \quad (13)$$

$$\pi_{it} = \delta_i \pi_{it-1} + w_{it} \quad (14)$$

Grup ve panel olmak üzere Durbin-Hausman testleri aşağıda verilen denklemlerle tahmin edilir.

$$DH_g = \sum_{i=1}^n \hat{S}_i (\tilde{\theta}_i - \hat{\theta}_i)^2 \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (15)$$

$$DH_p = \hat{S}_n (\tilde{\theta} - \hat{\theta})^2 \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (16)$$

Panel istatistiği için hipotezler;

$H_0: \theta_i = 1 \quad i=1,2,\dots,n$ (Tüm yatay kesit birimleri için eşbütünleşme yoktur.)

$H_1: \theta_i = 0 \text{ ve } \theta_i < 1 \quad i=1,2,\dots,n$ (Tüm yatay kesit birimleri için eşbütünleşme vardır.)

şeklinde ve boş hipotezin reddi panelin tamamı için eşbütünleşmenin geçerli olduğunu göstermektedir.

Grup istatistiği için hipotezler;

$H_0: \theta_i = 1 \quad i=1,2,\dots,n$ (Tüm yatay kesit birimleri için eşbütünleşme yoktur.)

$H_1: \theta_i < 1$, en az bir tane i için (En az bir yatay kesit birimi için eşbütünleşme vardır.)

şeklinde ve boş hipotezin reddi bazı yatay kesitler için eşbütünleşmenin geçerli olduğunu göstermektedir.

4.5. Genişletilmiş Ortalama Grup Tahmincisi (AMG)

Uzun dönemli eşbütünleşme katsayıları incelenmek üzere ilk kez Eberhardt ve Teal (2008)'in çalışmasında sunulan, Eberhardt ve Bond (2009) tarafından çalışmasında da yer verilen Genişletilmiş Ortalama Grup Tahmincisi (the Augmented Mean Group Estimator- AMG) kullanılan yöntemlerden biridir. Tahminci durağan olmayan serilerde yatay kesit bağımlılığını ve heterojenliği dikkate alan ikinci nesil tahmincilerden olması nedeniyle çalışmada kullanılması tercih edilmiştir.

İki adımlı bu tahmincinin hesaplanmasında birinci aşamada yıllara ait kukla katsayıları toplanarak $\hat{\mu}_t$ olarak yeniden isimlendirilir ve T-1 yıllara ait kukla değişkenle birinci farkların standart EKK regresyonu kullanılarak tahmin edilir. Durağan olmayan ve gözlemlenemeyen değişkenlerin havuzlanmış düzey regresyonlarındaki tahminleri saptırdığına inanıldığından, bu süreç birinci farklardaki havuzlanmış regresyondan çıkarılır.

$$\Delta y_{it} = b' \Delta x_{it} + \sum_{t=2}^T c_t \Delta D_t + e_{it} \quad (17)$$

$$\hat{c}_t \equiv \hat{\mu}_t$$

İkinci aşamada bu değişken N standart ülke regresyonunun her birine dâhil edilir. Sonrasında Pesaran ve Smith (1955) MG yaklaşımı izlenerek her bir yatay kesit biriminin (ya da ülkenin) tahminlerinin ortalamaları olarak elde edilir.

$$y_{it} = \alpha_i + b_i' x_{it} + c_i t + d_i \hat{\mu}_t + e_{it} \quad (18)$$

$$\hat{b}_{AMG} = N^{-1} \sum_i \hat{b}_i \quad (19)$$

4.6. CS-ARDL

Chudik ve Pesaran (2015) tarafından geliştirilen ve sonrasında Chudik vd. (2015) tarafından makalelerinde yer verilen Yatay Kesit Genişletilmiş ARDL (Cross-Section Augmented Autoregressive Distributed Lag- CS-ARDL) yönteminin önemi yatay kesit bağımlılığı, heterojenlik ve içsellik durumlarını göz önünde bulundurmasından kaynaklanmaktadır. Yöntemde uzun dönem yanı sıra kısa dönem katsayıları da hesaplanmaktadır. Ayrıca yöntemin güçlü sonuçlara ulaşması için T'nin büyük olması gerekmektedir.

CS-ARDL tahmincisi, $\bar{z}_t = (\bar{y}_t, \bar{x}_t')'$, $p_z = [T^{1/3}]$ ve kalıntıların gecikme uzunluğu için iki farklı seçenek göz önünde bulundurularak aşağıda verilen regresyona dayanmaktadır:

$$y_{it} = c_{yi}^* + \sum_{l=1}^{p_y} \varphi_{il} y_{i,t-l} + \sum_{l=0}^{p_x} \beta'_{il} x_{i,t-l} + \sum_{l=0}^{p_z} \psi'_{il} \bar{z}_{t-l} + e_{it}^* \quad (20)$$

Denklem (20) baz alınarak $(\hat{\varphi}_{il}, \hat{\beta}_{il})$ kısa dönemli tahminlerinin katsayıları olmak üzere yatay kesitlerin ortalama düzey katsayılarının CS-ARDL tahmincileri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\hat{\theta}_{CS-ARDL,i} = \frac{\sum_{l=0}^{p_x} \hat{\beta}_{il}}{1 - \sum_{l=1}^{p_y} \hat{\varphi}_{il}} \quad (21)$$

Ortalama uzun dönem etkileri $N^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{\theta}_{CS-ARDL,i}$ ile tahmin edilmektedir.

4.7. Panel Nedensellik Testi

Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) panel nedensellik testi, meta analiz kullanarak heterojen karma panellerde Toda ve Yamamoto (1995)'nin gecikmesi dağıtılmış VAR yaklaşımını genişleterek Granger nedensellik testine dayanmaktadır. Fisher (1932) tarafından geliştirilen Meta analizinde N ayrı zaman serisi için test istatistiklerine karşılık gelen olasılık değerleri hesaplanır. N testin olasılık

değerleri birleştirilerek tek bir panel istatistiği hesaplanır. Test hem yatay kesit bağımlılığı hem de yatay kesit bağımsızlığının olduğu panellerde Monte Carlo deneyleri sayesinde verilerin I(0), I(1), eşbütünleşik olduğu veya eşbütünleşik olmadığı karma panellerde dört farklı veri üretme süreci ele almaktadır.

Genel haliyle p değişkenli heterojen panel VAR(k_i) modelini $i=1,2,\dots,N$ ve $t=1,2,\dots,T$ olmak üzere,

$$z_{i,t} = \mu_i + A_{i1}z_{i,t-1} + \dots + A_{i,k_i}z_{i,t-k_i} + u_{i,t} \quad (22)$$

μ_i sabit etkilerin p boyutlu vektörü, $u_{i,t}$ hata teriminin sütun vektörü, k_i ise yatay kesitten yatay kesite değişebilecek olan gecikme uzunluğunu temsil etmektedir. Boş hipotezin "Nedensellik ilişkisi yoktur." şeklinde olduğu Wald testi uygulanır. Değişkenler durağan ise EKK tahmincileri ve Wald istatistiği geçerlidir.

Granger nedenselliği test amacıyla kullanılan Fisher test istatistiği,

$$\lambda = -2 \sum_{i=1}^N \ln(p_i) \quad (23)$$

olmak üzere p_i i. yatay kesitin Wald istatistiğine karşılık gelen p olasılık değeridir. Bu test 2N serbestlik derecesi ve ki-kare dağılımına sahiptir ve yalnızca $T \rightarrow \infty$ iken N sabit olduğunda geçerlidir. Fisher test istatistiğinin yatay kesit bağımlılığı durumunda etkin sonuçlar verememesi yeniden örnekleme (bootstrap) yöntemi kullanılarak çözülür.

5. Ampirik Bulgular

Panel veri seti kullanılarak yapılan çalışmalarda öncelikle yatay kesit bağımlılığının varlığı kontrol edilmektedir. Bunun temel nedeni, yatay kesit bağımlılığının ihmal edilmesinin yanlış tahmin ve sahte sonuçlara neden olmasından kaynaklanmaktadır (Chudik ve diğerleri, 2011: 45-46). Bu bağlamda yatay kesit bağımlılığı test sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5: Yatay Kesit Bağımlılığı Sonuçları

Değişkenler	Breusch-Pagan LM Testi		Pesaran Ölçeklendirilmiş LM Testi		Sapması Uyarlanmış LM Testi		Pesaran CD Testi	
	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
lco2	2168.760	0.000	108.027	0.000	107.675	0.000	7.844	0.000
lgdp	3445.197	0.000	177.048	0.000	176.696	0.000	57.145	0.000
lgdp ²	3446.301	0.000	177.108	0.000	176.756	0.000	57.158	0.000
lren	2121.646	0.000	105.479	0.000	105.127	0.000	1.475	0.000
lunren	2354.494	0.000	118.070	0.000	117.718	0.000	23.146	0.000
lglob	4399.484	0.000	228.650	0.000	228.298	0.000	66.287	0.000
ltek	3351.510	0.000	171.982	0.000	171.631	0.000	56.474	0.000
Panel Kalıntılar	1268.174	0.000	59.328	0.000	58.9765	0.000	3.336	0.001

Not: * ve ** işaretleri sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde durağanlığı göstermektedir.

Tablo 5'de verilen sonuçlara göre LM ve CD yatay kesit bağımlılığı testleri, hem değişkenler hem de panel model için %1 anlamlılık düzeyinde H_0 reddedilmiştir. Yatay kesit bağımlılığının varlığı kuvvetli şekilde kabul edilmiştir. Bu

durumda çalışmada ikinci nesil testlerin uygulanması uygun olacaktır. Tablo 6'da ikinci nesil birim kök testlerinde CIPS birim kök testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 6: CIPS Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	CIPS	Değişkenler	CIPS
Düzey		Birinci Fark	
lco2	Sabitli -1.657	lco2	Sabitli 4.584**
	Sabtli -1.705		Sabtli 4.786**
	ve		ve
lgdp	trendli	lgdp	trendli
	Sabitli -1.814		Sabitli 3.612**
	Sabtli -2.060		Sabtli 3.789**
	ve		ve
lgdp2	trendli	lgdp2	trendli
	Sabitli -1.787		Sabitli 3.597**
	Sabtli -2.015		Sabtli 3.760**
	ve		ve
lren	trendli	lren	trendli
	Sabitli -2.095		Sabitli 4.918**
	Sabtli -2.718		Sabtli 4.900**
	ve		ve
lunren	trendli	lunren	trendli
	Sabitli -1.946		Sabitli 4.690**
	Sabtli -1.947		Sabtli 4.695**
	ve		ve
lglob	trendli	lglob	trendli
	Sabitli -2.503*		–
	Sabtli -2.825**		–
	ve		–
ltek	trendli	ltek	–
	Sabitli -3.003*		–
	Sabtli -3.277*		–
	ve		–
	trendli		–

Not: * ve ** işaretleri sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde durağanlığı göstermektedir.

Tablo 6’da verilen CIPS test sonuçları sonuçlara göre ltek değişkeni hem sabitli hem de sabitli ve trendli modelde %1 anlamlılık düzeyinde H_0 reddedilmiş ve düzey durağan olduğu kabul edilmiştir. lglob değişkeni sabitlide %1, sabitli ve trendli modelde %5 anlamlılık düzeyinde H_0 reddedilmiş ve düzey durağan olduğu kabul edilmiştir. lco2, lgdp, lgdp², lren ve lunren değişkenleri tüm anlamlılık düzeyleri için H_0 hipotezi reddedilememiş ve birim kök içerdiği bulunmuştur. Birim kök içeren değişkenlerin birinci farkları alındığında bu değişkenlerin tamamının %5 anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezi reddedilmiş ve değişkenlerin fark durağan I(1) olduğuna ulaşılmıştır.

Modelin eğim katsayılarının homojen ya da heterojenliğini incelemek için kullanılan Pesaran- Yamagata (2008) testi sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7: Pesaran, Yamagata (2008) Homojenlik Testi

	Delta	p-value
Delta Tilde	19.895	0.000
Delta Tilde _{ADJ}	23.540	0.000

Test sonucuna göre H_0 hipotezi %1 anlamlılık düzeyinde

reddedilmiş ve parametrelerin homojen olmadığı birimden birime değiştiği diğer bir ifadeyle heterojen olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumda uygulanacak diğer testlerde yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil testler içerisinde heterojenliği de dikkate alan testler kullanılacaktır.

Çalışmada bağımlı değişkenin I(1) çıkması ve bağımsız değişkenlerin I(1) veya I(0) çıkması nedeniyle uygun olan eşbütünleşme testi olan Westerlund (2008) eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Böylece değişkenler arasındaki uzun dönemli hareketlerin varlığı incelenmiştir.

Tablo 8: Westerlund (2008) Eşbütünleşme Testi

Durbin-Hausman Testleri	İstatistik Değeri	Olasılık Değeri
Durbin-H Grup İstatistiği	-3.202	0.001
Durbin-H Panel İstatistiği	-8.328	0.000

Westerlund (2008) analizi Durbin-H Grup istatistiği ve Durbin-H Panel istatistiği olmak üzere iki sonuç vermektedir. Veri setinin heterojen olması nedeniyle bu istatistiklerden Durbin-H Grup istatistiği dikkate alınmıştır. Tabloya göre olasılık değeri 0.05’ten küçük olup “Eşbütünleşme yoktur.” şeklindeki H_0 hipotezi reddedilmiş “En az bir kesitte eşbütünleşme vardır.” şeklindeki H_1 alternatif hipotezi kabul edilmiştir. Değişkenlerin eşbütünleşik olduğu yani uzun dönemde birlikte hareket ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada uzun ve kısa dönem katsayı tahminleri için CS-ARDL kullanılmıştır. Elde edilen uzun dönem katsayı tahminleri AMG tahminleri kullanılarak tahmin kontrol edilmiştir. Tablo 9’da CS-ARDL, Tablo 10’da ise AMG tahminci sonuçları verilmiştir.

Tablo 9: CS-ARDL Tahminci Sonuçları

Kısa Dönem	Katsayı	Prob. Değeri
Hata düzeltme	-0.510	0.000*
Δ lgdp	0.286	0.068***
Δ lgdp ²	-0.031	0.085***
lglob	-0.151	0.662
ltek	-0.030	0.019**
Δ lunren	0.346	0.000*
Δ lren	-0.251	0.002*
uzun dönem		
lgdp	0.203	0.051***
lgdp ²	-0.022	0.060***
lglob	-0.057	0.809
ltek	-0.021	0.015**
lunren	0.246	0.000*
lren	-0.020	0.003*

Not: *, ** ve *** işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde durağanlığı göstermektedir.

Tablo 9’da bağımsız değişkenlerin lco2 değişkeni

üzerindeki kısa ve uzun dönem etkilerinin sonuçları verilmiştir. Uzun dönemde lgdp ve lgdp²'nin %10 güvenilirlik düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Büyümenin %1 oranında artması CO₂ emisyonunda %0.2 artışa, büyümenin karesindeki %1 oranındaki artış ise CO₂ emisyonunda %0.02 azalmaya neden olmaktadır. lgdp ve lgdp²'nin işaretlerinin farklı ve anlamlı olması G-20 ülkelerinde incelenen dönem için ÇKE hipotezinin geçerliliğini göstermektedir. lglob değişkeni anlamsız çıkmıştır. Bu da küreselleşmenin CO₂ emisyonu üzerinde etkili olmadığını göstermektedir. Yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kullanımı %1 düzeyinde kuvvetli şekilde anlamlı çıkmıştır. Sonuçlara göre yenilenebilir enerji kullanımının %1 artması durumunda CO₂ emisyonunda %0.020 oranında bir azalma, yenilenemeyen enerji kullanımının %1 oranında artması ile ise CO₂ emisyonunda %0.25 oranında bir artış gerçekleşmektedir. ltek ise %5 düzeyinde anlamlı olup CO₂ emisyonunu azalttığı yönünde çıkmıştır. Çevresel teknolojik patent sayısının %1'lik artışı CO₂ emisyonunu %0.021 oranında azaltmaktadır. Sonuçlarda hata düzeltme değişkeni de hem anlamlı hem de katsayısı negatif çıkmıştır.

Kısa dönemli sonuçlar uzun dönemli sonuçları desteklemektedir. Uzun dönemli sonuçlara benzer biçimde GDP ve GDP² %10 düzeyinde, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kullanımı %1 düzeyinde ve çevresel teknoloji ise %5 düzeyinde anlamlı çıkmıştır. lglob değişkeni ise kısa dönemde de anlamsız çıkmıştır. Çevresel teknoloji, yenilenebilir enerji kullanımı ve GDP² CO₂ emisyonunu azaltıcı etkiye sahip iken GDP ve yenilenemeyen enerji kullanımı CO₂ emisyonunu artırıcı bir etkiye sahiptir. Büyümenin %1 oranında artması CO₂ emisyonunda %0.3 artışa, büyümenin karesindeki %1 oranındaki artış ise CO₂ emisyonunda %0.03 azalmaya neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımının %1 artması durumunda CO₂ emisyonunda %0.25 oranında bir azalma, yenilenemeyen enerji kullanımının %1 oranında artması ile ise CO₂ emisyonunda %0.35 oranında bir artış gerçekleşmektedir. Çevresel teknolojinin %1'lik artışı CO₂ emisyonunu %0.03 oranında azaltmaktadır.

Verilerde yatay kesit bağımlılığı mevcut ve heterojen olduğu için ikinci nesil panel hata düzeltme testlerinden

Genişletilmiş Ortalama Grup (AMG) tahminçileri uygulanarak CS-ARDL testi sonuçlarının desteklenmesi amaçlanmaktadır.

Tablo 10: AMG Tahminci Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Prob. Değeri
lgdp	0.672	0.000*
lgdp ²	-0.017	0.073***
lglob	-0.054	0.717
ltek	-0.005	0.009*
lunren	0.242	0.000*
lren	-0.121	0.022**
c	0.820	0.000*
cons	0.004	0.443

Not: *, ** ve *** işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde durağanlığı göstermektedir.

Tablo 10'da AMG tahminçileri sonuçları verilmiştir. Tabloya göre GDP, yenilenemeyen enerji kullanımı ve çevresel teknoloji %1 anlamlılık düzeyinde, yenilenebilir enerji kullanımı ve GDP² ise %10 düzeyinde anlamlıdır. GDP ve GDP²'nin anlamlı ve işaretlerinin farklı çıkması ÇKE hipotezinin geçerliliğini göstermektedir.

Yenilenemeyen enerji kullanımı ve GDP ile CO₂ emisyonu arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Yenilenemeyen enerji kullanımında %1'lik bir artış olması CO₂ emisyonlarında %0.24 civarında bir artışa neden olmaktadır. Çevresel teknoloji ile CO₂ emisyonu arasında ters yönlü bir ilişkinin olduğu değişkende meydana gelen %1'lik bir artışın CO₂ emisyonunda ortalama %0.005'lik bir azalmaya neden olduğu görülmektedir. AMG sonuçlarına göre yenilenebilir enerji kullanımında meydana gelen %1'lik artış CO₂ emisyonunda %0.121 oranında azalışa, GDP'deki %1'lik artış %0.672 oranında bir artışa neden olmaktadır. Ayrıca c katsayısının %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olması, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında uzun dönemli ve pozitif yönlü ilişki olduğunu göstermektedir. AMG tahminci sonuçları CS-ARDL tahminci sonuçlarını desteklemektedir.

Veri setine uygun olarak kullanılan nedensellik testi olan Emirmahmutoglu-Köse Granger nedensellik testinin sonuçları tabloda verilmiştir.

Tablo 11: Emirmahmutoglu-Köse Granger Nedensellik Analizi

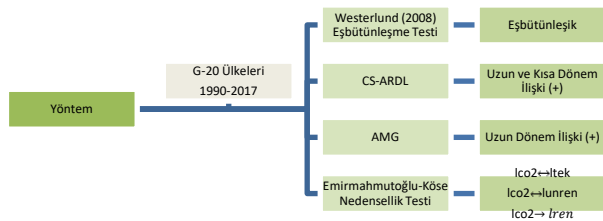
Hipotez	Fisher Test Değeri	Bootstrap Kritik Değerleri			Sonuç
		%1	%5	%10	
lco2→lgdp	32.146	86.209	69.652	62.487	lco2 ve lgdp nedensellik ilişkisi yok
lgdp→lco2	54.048	79.826	65.243	58.422	
lco2→lglob	31.683	76.100	63.562	57.989	lco2 ve lglob nedensellik ilişkisi yok
lglob→lco2	37.241	74.690	62.364	56.536	
lco2→ltek	74.108**	81.267	67.788	60.887	lco2↔ ltek çift yönlü nedensellik
ltek→lco2	75.513***	93.675	77.584	69.162	
lco2→lunren	61.883***	78.029	64.460	58.323	

lunren→lco2	96.267**	100.599	77.815	68.628	lco2↔ lunren çift yönlü nedensellik
lco2→lren	85.977*	77.242	64.761	58.563	lco2→ lren tek yönlü nedensellik
lren→lco2	43.192	75.886	63.855	58.179	

Not: *,** ve *** işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde durağanlığı göstermektedir.

Tablo 11’de G-20 ülkeleri için Emirmahmutoglu- Köse nedensellik testinin sonuçları verilmiştir. Testte Fisher test değeri, testin ürettiği bootstrap kritik değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Testte gecikme değerleri AIC kriterine uygun değerler olarak seçilmiştir. Emirmahmutoglu- Köse nedensellik sonuçlarına göre, CO_2 emisyonundan çevresel teknolojiye doğru nedensellik testi %5 düzeyinde anlamlı, çevresel teknolojinin CO_2 emisyonuna doğru nedensellik testinin %10 düzeyinde anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmış ve CO_2 emisyonu ile çevresel teknoloji arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. CO_2 emisyonundan yenilenemeyen enerji tüketimine doğru %10 düzeyinde anlamlı, yenilenemeyen enerji tüketiminden CO_2 emisyonunda doğru ise test sonuçlarının %5 düzeyinde anlamlı olduğu elde edilmiştir. Dolayısıyla yenilenemeyen enerji tüketimi ve CO_2 emisyonu arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi söz konusudur. Son olarak CO_2 emisyonundan yenilenebilir enerji tüketimine doğru nedensellik testi %1 düzeyinde anlamlı olarak bulunmuştur. CO_2 emisyonundan yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi elde edilmiştir.

Şekil 7: Bulguların Özeti



6. Sonuç

Çalışmada G-20 ülkelerinde ÇKE hipotezinin olası varlığı bağlamında çevre ekonomi ilişkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca çalışmaya yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, çevre ile ilgili teknolojiler ve küreselleşme de dahil edilerek yine bu değişkenlerin olası etkileri araştırılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar ışığında, G-20 ülkeleri için ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığı; ekonomik büyüme, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, küreselleşme ve çevresel teknolojilerin çevreye etkisinin olup olmadığı; eğer varsa bu etkinin oranı, hangi yönde olduğu hakkında bilgiler sunulmaya çalışılmıştır.

Dengeli panel veri seti kullanmak adına G-20 ülkelerinden 19 ülkenin (Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Almanya, Japonya, İngiltere, Fransa, İtalya, Rusya, Kanada, Avustralya, Brezilya, Arjantin, Meksika, Güney

Afrika, Endonezya, Güney Kore, Hindistan, Türkiye, Suudi Arabistan) 1990-2017 yılları arasındaki verileri kullanılmıştır.

ÇKE hipotezinin geçerliliği ve çevresel kirliliği temsilen alınan CO_2 emisyonu ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla öncelikle yatay kesit bağımlılığının olası varlığı Breusch-Pagan LM, Pesaran öleklendirilmiş LM, sapması uyarlanmış LM ve Pesaran CD yatay kesit bağımlılığı testleri ile sınanmıştır. Tüm testlerin sonuçlarına göre değişkenler arasında yatay kesit bağımlılığı olduğu elde edilmiştir. Bu da yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil testlerin uygulanması gerektiğini göstermiştir. Ardından Pesaran ve Yamagata (2008) homojenlik testi uygulanmıştır. Homojenlik test sonuçlarına göre veri setinin heterojen olduğu elde edilmiştir.

Yatay kesit bağımlılığını ve heterojenliği dikkate alan birim kök testlerinden CIPS testi ile serilerin durağanlığı incelenmiştir. Birim kök testi sonuçlarına göre, bağımlı değişken CO_2 emisyonu, ekonomik büyümeyi temsilen alınan kişi başına reel GSYH, ÇKE hipotezinin geçerliliğinin kontrolü için denkleme dahil edilen $GSYH^2$, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi düzey durağan değil iken çevresel teknoloji ve küreselleşme değişkenlerinin düzey durağan olduğu elde edilmiştir. Düzey durağan çıkmayan değişkenlerin birinci farkı alındığında durağan hale gelmiştir.

Bağımlı değişken fark durağan olmak üzere bağımsız değişkenlerin farklı seviyelerde durağan olması nedeniyle değişkenler arasında uzun dönemli ilişkiyi incelemek adına bu farklılığı göz önünde bulunduran Westerlund (2008) Durbin-Hausman eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Sonuçlara göre, değişkenler uzun dönemde birlikte hareket etmektedir yani eşbütünleşiktir.

Eşbütünleşik olan verilerin bağımlı değişken üzerinde kısa ve uzun dönemdeki etkisini ve ÇKE hipotezinin geçerliliğini incelemek için çalışmada CS-ARDL tahmincileri kullanılmıştır. CS-ARDL tahmincisi kısa ve uzun dönem katsayılarını ayrı ayrı vermektedir. Uzun dönem sonuçlarına göre ekonomik büyümeyi temsil eden GDP ve GDP^2 %10 düzeyinde anlamlı olup GDP, CO_2 emisyonunu arttırmaktadır. GDP^2 'nin katsayı işaretinin negatif olması ÇKE hipotezinin doğrulandığını göstermektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi ve çevresel teknolojilerin CO_2 emisyonunun azalmasına katkı sağladığı fakat yenilenemeyen enerji tüketiminin emisyonu artırıcı etkisi olduğu elde edilmiştir. Küreselleşme ise anlamsız çıkmıştır. Kısa dönem sonuçları ve CS-ARDL sonuçlarının güvenilirliğini

desteklemek adına yapılan AMG tahminci sonuçları da uzun dönem CS-ARDL sonuçlarını destekler nitelikte bulunmuştur.

Çalışmada son olarak bağımlı değişken olan CO_2 emisyonu ile bağımsız değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Emirmahmutoğlu-Köse nedensellik analizi ile incelenmiştir. Test panel veri seti ve ülkeler için ayrı ayrı sonuçlar vermektedir. Buna göre, CO_2 emisyonu ile çevresel teknoloji ve CO_2 emisyonu ile yenilenemeyen enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. CO_2 emisyonundan yenilenebilir enerji tüketimine doğru ise tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Literatürde elde edilen sonuçları destekler nitelikte pek çok çalışma mevcuttur. Shafiei ve Salim (2014), Bakır ve Çetin (2016), Bilgili, Koçak ve Bulut (2016), Jebli, Yossef ve Öztürk (2016), Balogh ve Jambor (2017), Yao, Zhang ve Zhang (2019), Zafar vd. (2019), Raza, Shah ve Khan (2020), Lorente ve Alvarez-Herranz (2016), Ahmad vd. (2021) Türkiye'nin içinde bulunduğu panel veri gruplarıyla yapmış oldukları çalışmalarında ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca literatürde verilen ve yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanıldığı neredeyse tüm çalışmalarda yenilenebilir enerji tüketimi CO_2 emisyonunu azaltırken, yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketimi artırmakta sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada çevresel teknolojinin toplam patent sayısı için yüzdesi kullanılmış fakat benzer çalışmalarda toplam patent sayısı ya da yerleşik/yerleşik olmayanların patent sayısı değişken olarak kullanılmıştır.

G-20 ülkelerinin gerek uluslararası ticaret gerek nüfus olarak büyük bir ağırlığa sahip olmaları, çevreyle ilgili uygulanan politikaların tüm dünyayı etkilemesi adına büyük önem arz etmektedir. Elde edilen sonuçlar, yenilenemeyen enerji tüketiminin ciddi bir çevresel kirliletiçi olması nedeniyle yenilenebilir enerjilere yoğunlaşması gerektiğini göstermektedir. Çevresel teknolojiler ve bu teknolojilere olan ilgi ve yatırımlar büyük bir ivmeyle önem kazanmakta ve artmaktadır. Bu teknolojilerin patent sayısındaki artışın, çevresel kirliliği temsil eden emisyonu azalttığı yönünde elde edilen sonuçlar özellikle çevresel teknolojilere dair AR-GE çalışmaları ve yatırımların artması adına önemli bir sonuçtur. Enerji tüketiminde tercihin yenilenebilir enerji tüketimine doğru kayması için gerekli teşviklerin yapılması da emisyonun azalması için önemli bir adımdır. Yenilenebilir enerji tüketiminin, enerji kullanımı içerisindeki payının artması, çevresel kirliliğin artmasına engel olmasının yanı sıra fosil yakıtları ithal eden dolayısıyla dışa bağımlı olan ülke ekonomileri için de önemlidir.

Ekonomik büyüme ülkeler için yadsınamaz bir önem arz etse de çevreye verdiğimiz zararın etkilerini göz önünde bulundurmak zorundayız. İklim krizinin etkileri

hayatımıza çölleşme, kuraklık, kıtlık, mevsimlerde meydana gelen değişimler, şiddetli hava olayları, iklimle bağlı olarak gerçekleşecek göçler olarak etki etmeye devam edecektir. Dolayısıyla tüm dünyayı ilgilendiren bu kriz karşısında küresel çapta işbirliği yapılarak önlemler alınmalıdır. Bu bağlamda devletlerin uygulaması gereken çevreyi göz önünde bulunduran teknolojik gelişme ve inovasyonların geliştirilmesi, yenilenebilir enerji tüketiminin artması için teşvik uygulaması, gerek vergilendirme gerek ceza veya yasaklama gibi önlemlerle çevre kirliliğinde başı çeken fosil yakıt kullanımının azaltılmasının sağlanması, ayrıca konunun eğitime dahil edilerek gerekli çevre bilincinin oluşturulmasını sağlamaktır.

Tüm bunların yanında gelişmiş ülkeler fosil yakıt kullanarak çevresel kirliliğinin büyük bir kaynağı konumunda olmaktadır. Fakat iklim krizi karşısında gelişmekte olan ya da gelişmemiş ülkelerin de tüm yaptırım ve krizin getirdikleri karşısında aynı sorumluluğu paylaşmasının beklenmesi tartışılan konulardan biridir. Farklı bir açıdan ise gelişmiş ülkelerin gelişmekte olan ya da az gelişmiş ülkelere, yani çevre koruyucu yasaların daha az uygulandığı ya da uygulanmadığı ülkelere, fabrika ve tesisler kurarak kirliliği transfer etmesi yanıltıcı bir etkiye neden olabilmektedir. Hava kirliliğine neden olan faktörleri başka bir ülkeye taşımak sera etkisinin önüne geçemeyebilir ve tüm dünya krizden etkilenebilir.

Kaynakça

- Abbas, Q., Nurunnabi, M., Alfakhri, Y., Khan, W., Hussain, A. Ve Iqbal, W. (2020). The Role Of Fixed Capital Formation, Renewable And Non-Renewable Energy In Economic Growth And Carbon Emission: A Case Study Of Belt And Road Initiative Project. *Environmental Science And Pollution Research*, 27 (36), 45476-45486.
- Acheampong, A. O., Adams, S. Ve Boateng, E. (2019). Do Globalization And Renewable Energy Contribute To Carbon Emissions Mitigation In Sub-Saharan Africa?. *Science Of The Total Environment*, 677, 436-446.
- Adedoyin, F. F., Alola, A. A., & Bekun, F. V. (2020). An Assessment Of Environmental Sustainability Corridor: The Role Of Economic Expansion And Research And Development In EU Countries. *Science Of The Total Environment*, 713, 136726.
- Afshan, S., & Yaqoob, T. (2022). The Potency Of Eco-Innovation, Natural Resource And Financial Development On Ecological Footprint: A Quantile-ARDL-Based Evidence From China. *Environmental Science And Pollution Research*, 29(33), 50675-50685.
- Ahmad, M., Jiang, P., Murshed, M., Shehzad, K., Akram, R., Cui, L., & Khan, Z. (2021). Modelling The

- Dynamic Linkages Between Eco-Innovation, Urbanization, Economic Growth And Ecological Footprints For G7 Countries: Does Financial Globalization Matter?. *Sustainable Cities And Society*, 70, 102881.
- Al-Mulali, U., & Ozturk, I. (2016). The Investigation Of Environmental Kuznets Curve Hypothesis In The Advanced Economies: The Role Of Energy Prices. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 54, 1622-1631.
- Al-Mulali, U., Tang, C. F. Ve Ozturk, I. (2015). Estimating The Environment Kuznets Curve Hypothesis: Evidence From Latin America And The Caribbean Countries. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 50, 918-924.
- Ardakani, M. K. Ve Seyedaliakbar, S. M. (2019). Impact Of Energy Consumption And Economic Growth On CO_2 Emission Using Multivariate Regression. *Energy Strategy Reviews*, 26, 1-13.
- Arı, A. Ve Zeren, F. (2011). CO_2 Emisyonu Ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi. *Yönetim Ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18 (2), 37-47.
- Bakırtaş, İ. Ve Çetin, M. A. (2016). Yenilenebilir Enerji Tüketimi İle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: G-20 Ülkeleri. *Sosyoekonomi*, 24 (28), 131-145.
- Baloch, M. A., Mahmood, N., Ve Zhang, J. W. (2019). Effect Of Natural Resources, Renewable Energy And Economic Development On CO_2 Emissions In BRICS Countries. *Science Of The Total Environment*, 678, 632-638.
- Balogh, J. M. Ve Jámboř, A. (2017). Determinants Of CO_2 . *International Journal Of Energy Economics And Policy*, 7 (5), 217-226.
- Bataka, H. (2021). Globalization And Environmental Pollution In Sub-Saharan Africa. *African Journal Of Economic Review*, 9(1), 191-205.
- Bayraktutan, Y., Arslan, I., Özkan, G. S., Ve Çevik, F. S. (2012). Industrial Sector Energy Consumption In Turkey-The Relationship Between Economic Growth (1970-2010). *Journal Of Economics And International Finance*, 4 (2), 30-35.
- Bilgili, F., Koçak, E. Ve Bulut, Ü. (2016). The Dynamic Impact Of Renewable Energy Consumption On CO_2 Emissions: A Revisited Environmental Kuznets Curve Approach. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-845.
- Bölük, G. Ve Mert, M. (2015). The Renewable Energy, Growth And Environmental Kuznets Curve In Turkey: An ARDL Approach. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 52, 587-595.
- Bulut, U. (2019). Testing Environmental Kuznets Curve For The USA Under A Regime Shift: The Role Of Renewable Energy. *Environmental Science And Pollution Research*, 26 (14), 14562-14569.
- Chen, Y., Zhao, J., Lai, Z., Wang, Z. Ve Xia, H. (2019). Exploring The Effects Of Economic Growth, And Renewable And Non-Renewable Energy Consumption On China's CO_2 Emissions: Evidence From A Regional Panel Analysis. *Renewable Energy*, 140, 341-353.
- Cheng, C., Ren, X., & Wang, Z. (2019). The Impact Of Renewable Energy And Innovation On Carbon Emission: An Empirical Analysis For OECD Countries. *Energy Procedia*, 158, 3506-3512.
- Chien, F., Sadiq, M., Nawaz, M. A., Hussain, M. S., Tran, T. D., & Le Thanh, T. (2021). A Step Toward Reducing Air Pollution In Top Asian Economies: The Role Of Green Energy, Eco-Innovation, And Environmental Taxes. *Journal Of Environmental Management*, 297, 113420.
- Chudik, A. Ve Pesaran, M. H. (2015). Common Correlated Effects Estimation Of Heterogeneous Dynamic Panel Data Models With Weakly Exogenous Regressors. *Journal Of Econometrics*, 188 (2), 393-420.
- Churchill, S. A., Inekwe, J., Ivanovski, K. Ve Smyth, R. (2018). The Environmental Kuznets Curve In The OECD: 1870–2014. *Energy Economics*, 75, 389-399.
- Clift, R. (1995). Clean Technology—An Introduction. *Journal Of Chemical Technology & Biotechnology: International Research In Process, Environmental And Clean Technology*, 62 (4), 321-326.
- Dauda, L., Long, X., Mensah, C. N., & Salman, M. (2019). The Effects Of Economic Growth And Innovation On CO_2 Emissions In Different Regions. *Environmental Science And Pollution Research*, 26, 15028-15038.
- De Souza, E. S., De Souza Freire, F. Ve Pires, J. (2018). Determinants Of CO_2 Emissions In The MERCOSUR: The Role Of Economic Growth, And Renewable And Non-Renewable Energy. *Environmental Science And Pollution Research*, 25 (21), 20769-20781.
- Destek, M. A. Ve Sinha, A. (2020). Renewable, Non-Renewable Energy Consumption, Economic Growth, Trade Openness And Ecological Footprint: Evidence From Organisation For Economic Co-Operation And Development Countries. *Journal Of Cleaner Production*, 242, 118537, 1-11.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49 (4), 431-455.

- Doğan, E. Ve Inglesi-Lotz, R. (2020). The Impact Of Economic Structure To The Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis: Evidence From European Countries. *Environmental Science And Pollution Research*, 1-8.
- Doğan, E. Ve Seker, F. (2016). Determinants Of CO_2 Emissions İn The European Union: The Role Of Renewable And Non-Renewable Energy. *Renewable Energy*, 94, 429-439.
- Dong, K., Sun, R. Ve Dong, X. (2018). CO_2 Emissions, Natural Gas And Renewables, Economic Growth: Assessing The Evidence From China. *Science Of The Total Environment*, 640, 293-302.
- Dong, K., Sun, R., Jiang, H. Ve Zeng, X. (2018). CO_2 Emissions, Economic Growth, And The Environmental Kuznets Curve İn China: What Roles Can Nuclear Energy And Renewable Energy Play?. *Journal Of Cleaner Production*, 196, 51-63.
- Dong, K., Sun, R., Li, H. Ve Liao, H. (2018b). Does Natural Gas Consumption Mitigate CO_2 Emissions: Testing The Environmental Kuznets Curve Hypothesis For 14 Asia-Pacific Countries. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 94, 419-429.
- Emirmahmutoglu, F. Ve Kose, N. (2011). Testing For Granger Causality İn Heterogeneous Mixed Panels. *Economic Modelling*, 28 (3), 870-876.
- Erdoğan, S., Okumuş, I. Ve Güzel, A. E. (2020). Revisiting The Environmental Kuznets Curve Hypothesis İn OECD Countries: The Role Of Renewable, Non-Renewable Energy, And Oil Prices. *Environmental Science And Pollution Research*, 1-9.
- Erdoğan, S., Yıldırım, S., Yıldırım, D. Ç., & Gedikli, A. (2020). The Effects Of İnnovation On Sectoral Carbon Emissions: Evidence From G20 Countries. *Journal Of Environmental Management*, 267, 110637.
- Eberhardt, M. Ve Bond, S. (2009). Cross-Section Dependence İn Nonstationary Panel Models: A Novel Estimator.
- Fatima, T., Shahzad, U. Ve Cui, L. (2020). Renewable And Nonrenewable Energy Consumption, Trade And CO_2 Emissions İn High Emitter Countries: Does The İncome Level Matter?. *Journal Of Environmental Planning And Management*, 1-25.
- Fethi, S., & Rahuma, A. (2019). The Role Of Eco-İnnovation On CO 2 Emission Reduction İn An Extended Version Of The Environmental Kuznets Curve: Evidence From The Top 20 Refined Oil Exporting Countries. *Environmental Science And Pollution Research*, 26, 30145-30153.
- Grossman, G. M. Ve Krueger, A. B. (1991). *Environmental Impacts Of A North American Free Trade Agreement* (No. W3914). National Bureau Of Economic Research.
- Güney, A. (2018). Genişletilmiş Çevresel Kuznets Eğrisinin Türkiye İçin Yeniden Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 32 (3), 745-761.
- Jaffe, A. B., Newell, R. G. Ve Stavins, R. N. (2005). A Tale Of Two Market Failures: Technology And Environmental Policy. *Ecological Economics*, 54 (2-3), 164-174.
- Jebli, M. B., Youssef, S. B. Ve Ozturk, I. (2016). Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis: The Role Of Renewable And Non-Renewable Energy Consumption And Trade İn OECD Countries. *Ecological Indicators*, 60, 824-831.
- Jin, C., Razzaq, A., Saleem, F., & Sinha, A. (2022). Asymmetric Effects Of Eco-Innovation And Human Capital Development İn Realizing Environmental Sustainability İn China: Evidence From Quantile ARDL Framework. *Economic Research-Ekonomska İstraživanja*, 35(1), 4947-4970.
- Khoshnevis Yazdi, S. Ve Ghorchi Beygi, E. (2018). The Dynamic Impact Of Renewable Energy Consumption And Financial Development On CO_2 Emissions: For Selected African Countries. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, And Policy*, 13 (1), 13-20.
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth And İncome İnequality. *The American Economic Review*, 45 (1), 1-28.
- Lam, J. C. Ve Hills, P. (2011). Promoting Technological Environmental Innovations. *Green Finance And Sustainability; Luo, Z., Ed.; IGI Global: Pennsylvania, PA, USA*, 56-73.
- Lau, L. S., Choong, C. K., Ng, C. F., Liew, F. M. Ve Ching, S. L. (2019). Is Nuclear Energy Clean? Revisit Of Environmental Kuznets Curve Hypothesis İn OECD Countries. *Economic Modelling*, 77, 12-20.
- Lin, B. Ve Zhu, J. (2019). The Role Of Renewable Energy Technological İnnovation On Climate Change, S. Empirical Evidence From China. *Science Of The Total Environment*, 659, 1505-1512.
- Lorente, D. B., & Alvarez-Herranz, A. (2016). An Approach To The Effect Of Energy İnnovation On Environmental Kuznets Curve: An İntroduction To İnflection Point. *Bulletin Of Energy Economics*, 4(3), 224-233.
- Maczulak, A. E. (2010). *Renewable Energy: Sources And Methods*. Infobase Publishing.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. Ve Behrens, W. W. (1972). *The Limits To Growth*. New York: Universe Books.

- Menegaki, A. N. Ve Tsagarakis, K. P. (2015). Rich Enough To Go Renewable, But Too Early To Leave Fossil Energy?. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 41, 1465-1477.
- Mensah, C. N., Long, X., Boamah, K. B., Bediako, I. A., Dauda, L., & Salman, M. (2018). The Effect Of Innovation On CO₂ Emissions Of OCED Countries From 1990 To 2014. *Environmental Science And Pollution Research*, 25, 29678-29698.
- Mert, M. Ve Bölük, G. (2016). Do Foreign Direct Investment And Renewable Energy Consumption Affect The CO₂ Emissions? New Evidence From A Panel ARDL Approach To Kyoto Annex Countries. *Environmental Science And Pollution Research*, 23 (21), 21669-21681.
- Moutinho, V. Ve Robaina, M. (2016). Is The Share Of Renewable Energy Sources Determining The CO₂ Kwh And Income Relation In Electricity Generation?. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 65, 902-914.
- Nasir, M., & Rehman, F. U. (2011). Environmental Kuznets Curve For Carbon Emissions In Pakistan: An Empirical Investigation. *Energy Policy*, 39(3), 1857-1864.
- Panayotou, T. (1993). *Empirical Tests And Policy Analysis Of Environmental Degradation At Different Stages Of Economic Development* (No. 992927783402676). International Labour Organization.
- Pata, U. K. (2018). Renewable Energy Consumption, Urbanization, Financial Development, Income And CO₂ Emissions In Turkey: Testing EKC Hypothesis With Structural Breaks. *Journal Of Cleaner Production*, 187, 770-779.
- Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests For Cross Section Dependence In Panels (No: 1240). Discussion Paper Series.
- Pesaran, M. H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test In The Presence Of Cross - Section Dependence. *Journal Of Applied Econometrics*, 22 (2), 265-312.
- Pesaran, M. H. Ve Yamagata, T. (2008). Testing Slope Homogeneity In Large Panels. *Journal Of Econometrics*, 142 (1), 50-93.
- Pofoura, A. K., Sun, H., Mensah, I. A., & Liu, F. (2021). How Does Eco-Innovation Affect CO₂ Emissions? Evidence From Sub-Saharan Africa. *Journal Of Environmental Assessment Policy And Management*, 23(03n04), 2250017.
- Polat, B., & Çil, N. (2024). Investigating The Environmental Kuznets Curve Modified With HDI: Evidence From A Panel Of Eco-Innovative Countries. *Environment, Development And Sustainability*, 1-28.
- Raza, S. A., Shah, N. Ve Khan, K. A. (2020). Residential Energy Environmental Kuznets Curve In Emerging Economies: The Role Of Economic Growth, Renewable Energy Consumption, And Financial Development. *Environmental Science And Pollution Research*, 27 (5), 5620-5629.
- Saudi, M. H. M., Sinaga, O. Ve Jabarullah, N. H. (2019). The Role Of Renewable, Non-Renewable Energy Consumption And Technology Innovation In Testing Environmental Kuznets Curve In Malaysia, *International Journal Of Energy Economics And Policy*, 9 (1), 299-307.
- Shafiei, S. Ve Salim, R. A. (2014). Non-Renewable And Renewable Energy Consumption And CO₂ Emissions In OECD Countries: Acomparative Analysis. *Energy Policy*, 66, 547-556.
- Shafik, N. Ve Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic Growth And Environmental Quality: Time-Series And Cross-Country Evidence* (Vol. 904). World Bank Publications.
- Smith, Z. A. Ve Taylor, K. D. (2008). *Renewable And Alternative Energy Resources: A Reference Handbook*. (First Edition). California: ABC-CLIO.
- Ur Rahman, Z., Cai, H., Khattak, S. I., & Maruf Hasan, M. (2019). Energy Production-Income-Carbon Emissions Nexus In The Perspective Of NAFTA And BRIC Nations: A Dynamic Panel Data Approach. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 32(1), 3378-3391.
- Vural, G. (2020). How Do Output, Trade, Renewable Energy And Non-Renewable Energy Impact Carbon Emissions In Selected Sub-Saharan African Countries?. *Resources Policy*, 69, 101840, 1-7.
- Wang, Y., Villanthenkodath, M. A., & Haseeb, M. (2023). The Dynamic Link Between Eco-Innovation And Ecological Footprint In India: Does The Environmental Kuznets Curve (EKC) Hold?. *Management Of Environmental Quality: An International Journal*.
- WCED, U. (1987). Our Common Future—The Brundtland Report. *Report Of The World Commission On Environment And Development*.
- Westerlund, J. (2008). Panel Cointegration Tests Of The Fisher Effect. *Journal Of Applied Econometrics*, 23 (2), 193-233.
- World Trade Organization. (2021). Report On G20 Trade Measures (Mid-October 2020 To Mid-May 2021).
- Yao, S., Zhang, S. Ve Zhang, X. (2019). Renewable Energy, Carbon Emission And Economic Growth: A Revised Environmental Kuznets Curve

Perspective. *Journal Of Cleaner Production*, 235, 1338-1352.

Yurtkuran, S. (2020). Türkiye’de Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi’nin Testi: Temiz Enerji Tüketimi’nin Rolü. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 570-589.

Zhang, S. Ve Liu, X. (2019). The Roles Of International Tourism And Renewable Energy In Environment: New Evidence From Asian Countries. *Renewable Energy*, 139, 385-394.

Zafar, M. W., Mirza, F. M., Zaidi, S. A. H. Ve Hou, F. (2019). The Nexus Of Renewable And Nonrenewable Energy Consumption, Trade Openness, And CO_2 Emissions In The Framework Of EKC: Evidence From Emerging Economies. *Environmental Science And Pollution Research*, 26 (15), 15162-15173.

Zhao, W., Liu, Y., & Huang, L. (2022). Estimating Environmental Kuznets Curve In The Presence Of Eco-Innovation And Solar Energy: An Analysis Of G-7 Economies. *Renewable Energy*, 189, 304-314.

Zoundi, Z. (2017). CO_2 Emissions, Renewable Energy And The Environmental Kuznets Curve, A Panel Cointegration Approach. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 72, 1067-1075.

<https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>