

## Araştırma Makalesi / Research Article

Ekonomik Büyümenin Düşük Karbonlu Ürün Ticareti Üzerindeki Etkisi:  
ABD Örneği*The Impact of Economic Growth on Low-Carbon Product Trade: The Case of  
The United States*Burcu SAVAŞ ÇELİK<sup>1</sup>DOI : [10.63556/ankad.v10i1.321](https://doi.org/10.63556/ankad.v10i1.321)

Geliş/Received: 07/07/2025

Kabul/Accepted: 21/01/2026

## Öz

Ülkelerin ekonomik büyüme hedefleri sürdürülebilir olmayan enerjiye olan talebi artırarak başta fosil yakıtlar olmak üzere çeşitli kaynakların kullanımı sonucunda sera gazlarının hızla artmasına neden olmaktadır. Artan sera gazları iklimin hızlı şekilde değişmesine ve sürdürülemez ekonomik büyümeye neden olmaktadır. Bu bağlamda yeni enerji ağlarının ortaya konulmasına, yeni alternatif enerji kanalları ile birlikte küresel ısınma sorunun ortadan kaldırılmasına neden olması bakımından kilit unsur olarak görülen “düşük karbon ekonomisi” ön plana çıkmaktadır. Çalışma, düşük karbonlu ürün ticareti fonksiyonunda yenilenebilir enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> emisyonu, sanayi istihdamı ve ekonomik büyüme arasındaki kısa ve uzun vadeli nedensel etkileşimi incelemektedir. Ampirik kanıtlar, seçilen ABD ülkesi için 1991-2021 yılları arasındaki yıllık dönemlere ait panel verilerine dayanmaktadır. Çalışma, yenilenebilir enerji tüketiminin, sanayi istihdamı ve emisyonların düşük karbonlu ürün ticareti arasında pozitif ilişki olduğunu ortaya koyarken ekonomik büyümenin düşük karbonlu ürün ticareti üzerinde azaltıcı etkisi olduğu doğrulanmaktadır. Etkili politika çıkarımları sayesinde Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine ulaşmak için modern ve çevre dostu enerji kaynaklarını ön plana çıkarırken aynı zamanda ekonomik büyüme sağlanabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Düşük Karbonlu Ekonomi, Düşük Karbonlu Ürün Ticareti, Ekonomik Büyüme, Yenilenebilir Enerji Tüketimi, ARDL, ABD.

## Abstract

Countries' economic growth targets are increasing demand for unsustainable energy, leading to a rapid increase in greenhouse gases as a result of the use of various resources, primarily fossil fuels. Increasing greenhouse gases are causing rapid climate change and unsustainable economic growth. In this context, the “low-carbon economy” is emerging as a key element in addressing the issue of global warming, as it is seen as a critical factor in establishing new energy networks and introducing new alternative energy channels. The study examines the short- and long-term causal interactions between renewable energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions, industrial employment, and economic growth in the context of low-carbon product trade. Empirical evidence is based on panel data for annual periods between 1991 and 2021 for the selected US state. The study reveals that renewable energy consumption increases industrial employment and low-carbon product trade, while confirming that economic growth reduces low-carbon product trade. Through effective policy implications, it is possible to achieve the Sustainable Development Goals by prioritizing modern and environmentally friendly energy sources while also ensuring economic growth.

**Keywords:** Low-Carbon Economy, Low-Carbon Product Trade, Economic Growth, Renewable Energy Consumption, ARDL, USA

1 Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, bsavas@gelisim.edu.tr, 0000-0002-3896-5858

## Önerilen Atıf/Suggestion Citation

Savaş Çelik, B., (2026). Ekonomik Büyümenin Düşük Karbonlu Ürün Ticareti Üzerindeki Etkisi: ABD Örneği, *Anadolu Kültürel Araştırmalar Dergisi*, 10(1), 212-225.

## 1. GİRİŞ

Küresel ölçekte ülkelerin sürdürülemez ekonomik büyüme arzuları enerjiye olan talebi artırarak başta fosil yakıt kullanımı olmak üzere çeşitli yollardan karbon emisyonlarının hızlı artışlarını beraberinde getirmektedir (Noorymotlagh and Çiftçiöğlü, 2023). Bu süreç iklim değişikliği ile mücadeleyi zorlaştırarak çevresel sürdürülebilirliği tehdit etmektedir. Bu bağlamda ülkelerin büyüme isteğinin yanı sıra iklim politikaları ile dengede kalacak ticaret ilişkileri kurma istekleri uluslararası ticaretin çok boyutlu olmasına neden olmaktadır.

Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonları arasındaki ilişki ilk kez 1978 yılında Kraft ve Kraft “On the relationship between energy on the relationship between energy and GNP” isimli çalışma ile literatüre kazandırılmıştır. 1978 yılından itibaren literatürde popülerliğini korumaya devam eden ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonları arasındaki ilişki farklı ülkeler ve farklı yöntemler kullanılarak test edilmeye devam edilmektedir (Sanglimsuwan, 2011; Banday, 2019; Otim, 2023). Öyle ki, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından 2012 yılında hazırlanan Net Hata Sıfır Raporu’na göre 2020 yılında gerçekleşen Covid-19 salgının etkileri zayıflamış olmasına rağmen enerji krizinin dünya enerji fiyatlarından rekor seviyelere çıkmasına neden olmuş ve bu durum enerjiye ve enerji talebinde meydana gelen endişeleri de artırmıştır. Yenilenebilir enerji kapasitesinin rekor seviyelere ulaştığı bu dönemlerde kömür talebindeki artış nedeniyle ciddi anlamda karbon emisyonunda hızlı yükseliş devam etmektedir (IEA, 2022). Bu bağlamda “düşük karbon ekonomisi” ve “düşük karbon teknolojisi” olarak nitelendirilen yeni ekonomik modellerin önemini ortaya çıkarmaktadır (Zhou, 2010). Düşük karbon ekonomisi düşük karbon teknolojisine bağlı ekonomik modeldir. Düşük karbonlu teknolojik ürünlerin kullanımı fosil yakıtların kullanımın azaltılmasına, yeni enerji ağlarının ortaya konulmasına, yeni alternatif enerji kanalları ile birlikte küresel ısınma sorunun ortadan kaldırılmasına neden olması bakımından kilit unsur olarak görülmektedir (OECD, 2021; UNCTAD, 2020).

Düşük karbon teknolojilerine bağlı düşük karbon ekonomileri karbon emisyonlarını azaltmaya yardımcı, enerji verimliliğini artırmaya ve sürdürülebilir enerji kaynak kullanımını ve yatırımlarının devamlılığını sağlamaya çalışan yenilikçi teknolojileri barındıran ekonomik modellerdir. Bu teknolojik ürünler genelde 5 başlık halinde ele alınmaktadır (IPCC, 2014; UNFCCC, 2016; IEA, 2022).

- a) Yenilenebilir Enerji Teknolojileri
- b) Enerji Verimliliği Teknolojileri
- c) Düşük Karbonlu Ulaşım Teknolojileri
- d) Karbon Kullanma ve Depolama Teknolojileri
- e) Diğer Temiz Teknolojiler

Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevresel bozulma arasındaki etkileşimi ele alan kapsamlı bir literatür mevcut olmakla birlikte, bu çalışmaların önemli bir bölümü iki temel teorik çerçeve etrafında şekillenmektedir. Bu teorilerden birincisi ekonomik büyüme ve çevre bozulmasını ele alan ve genellikle ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi inceleyen çevresel Kuznets eğrisi (EKC)’dir. İkinci teori ise gelişmiş ülkelerin çevresel yasal düzenlemelerin ve denetlemelerin fazla olması nedeniyle yatırımlarını yasal düzenlemelerin daha az olduğu gelişmekte olan ülkelere yönlendirdiğini ortaya koyan Kirlilik Sığınağı Hipotezidir. Bu çalışmanın temel dayanağı, karşılaştırmadan ziyade ülkenin spesifik durumunu ele almasından dolayı, Kuznets eğrisi olarak adlandırılan “büyüme – çevre kirliliği ilişkisine dayanmaktadır.

Çevresel Kuznets Eğrisi (Environmental Kuznets Curve): EKC ilk olarak 1995 yılında Kuznets tarafından yapılan çalışmada çevre kirliliği ile gelir arasındaki ilişkinin ters U şeklinde olduğu belirtilmektedir. Yapılan çalışmalar gelirin düşük olduğu durumlarda çevre kirliliği kötüleştiğini ancak gelirin yüksek olduğu dönemlerde çevre kirliliğinin azaldığını göstermektedir. Ayrıca, artan gelirin yanı sıra teknolojide yaşanan gelişmeler, uluslararası ticarete meydana gelen değişimler ve karbon emisyonlarının bu teoriye için itici faktörler olduğu ortaya konulmaktadır (Kaika & Zervas, 2013a, 2013b; Zhou, 2019). Elde edilen sonuçlar farklı bölgeler için karışık sonuçlar ortaya koymaktadır.

Kirlilik Sığınağı Hipotezi (Pollution Haven Hypothesis): PHH ilk olarak Copeland ve Taylor (1994) tarafından NAFTA çerçevesinde Kuzey-Güney ticareti bağlamında ortaya konulmaktadır. NAFTA kapsamında, ABD ve Kanada gibi üst düzey düzenlemelerin ve denetlemelerin olduğu ülkelerde faaliyette bulunan şirketlerin Meksika gibi çevre standartlarından yoksun olan ülkeler ile doğrudan rekabete girmesi ülkelere çift yönlü zarar vereceğini ileri atmaktadır. Buna göre ekonomik büyümelerini sağlamak, doğrudan yabancı yatırımcı sayısını artırmak gibi hedefleri olan gelişmekte olan Meksika gibi ülkelerde yatırım yapmak isteyen yatırımcı sayısında artış yaşanırken çevresel tahribatta artışlar meydana gelmektedir. ABD, Kanada gibi ülkelerde ise istihdam olanakları gün geçtikçe azalma gösterirken çevresel kirliliklerinde azalmalar meydana gelmektedir.

Küresel ticarete düşük karbon teknolojilerinin paylarının artması ülkelerin sürdürülebilir enerji altyapılarının güçlendirilmesini sağlayarak iklim hedeflerine ulaşmalarını hızlandırmakta aynı zamanda karbon yoğunluğunun azaltılmasına olanak tanımaktadır. Düşük karbonlu (LC) teknolojik ürünlerin ticareti ülkelerin rekabet gücünü de artırarak gelişmiş ülkeleri uluslararası pazarlarda lider konumuna ulaştırmaktadır. Hollanda'nın 2050 yılı hedefleri arasında yenilenebilir elektrik üretiminde büyük artış beklentisi içerisinde olması ve aynı zamanda pazara yakın teknolojik ürünleri benimsemesi (CCUS, düşük sıcaklıklı ısı proseslerinin elektrifikasyonu gibi) imalat sanayisinin karbonsuzlaştırılmasına yönelik ciddi adımlar attığını göstermektedir (Anderson et al., 2021).

Düşük karbonlu ürün ticareti (LCT) ekonomik büyüme için önemli fırsatlar sunarken mevcut zorlukların üstesinden gelmek için çeşitli ticaret politikalarının ve teknolojik ilerlemelerinin dikkatli şekilde ele alınması gerektiği ortaya konulmaktadır. Ancak ekonomik büyümenin düşük karbonlu ürün ticareti üzerindeki etkisini inceleyen çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın amacı da ekonomik büyümenin ve yenilenebilir enerji tüketiminin düşük karbonlu ürün ticareti arasındaki etkileşimli ilişkiyi araştırmaktır. Bu gösterge SDG'ler için de kritik öneme sahiptir Öte yandan, LCT farklı perspektiflerden de olsa nadiren incelenmektedir ve bu hakkında daha fazla ampirik araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada ekonomik büyümenin düşük karbonlu ürün ticareti üzerinde etkisi ile yenilenebilir enerji tüketiminin, sanayi istihdamının ve elektrik tüketiminin de düşük karbonlu ürün ticareti üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir.

Çalışmada düşük karbonlu ürün ticareti üzerinde etkisi olduğu düşünülen çok sayıda değişken ele alınmıştır. Bunlardan birincisi ve çalışmanın ana değişkeni olan ekonomik büyümedir. Ekonomik büyüme bakımından istikrarlı büyüme sağlayan ABD'nin (IMF,2025) düşük karbonlu ürün ticareti bakımından performansı değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra düşük karbonlu ürün ticareti üzerinde önemli etkisinin olduğu düşünülen yenilenebilir enerji tüketimin ve karbon emisyonlarının düşük karbonlu ürün ticareti yakından ilişki içerisinde olduğu düşünülmektedir. Buna göre ülkeler yenilenebilir enerji tüketimini ne denli artırırlar ve karbon emisyonlarını azaltırlarsa düşük karbonlu ürün ticareti üzerinde etkisinin olacağı varsayılmaktadır. Ayrıca ülkenin sanayi istihdamının artması ile elektrik tüketimini artmasının düşük karbonlu ürün ticareti ilişkisi saptanmak istenmiştir.

Çalışmada dört kısımdan oluşmaktadır. İkinci kısımda literatür taramasına yer verilmektedir. Üçüncü kısım ekonometrik yöntem kısmını oluştururken dördüncü kısımda bulgular yer almaktadır.

## 2. LİTERATÜR

Düşük karbonlu ürün ticareti, ülkelerin üretim süreçlerinde sera gazı emisyonlarını azaltan ve enerji verimliliğini sağlayan ürünlerin uluslararası dolaşımını ifade etmektedir. Bu ticaret türü, yenilenebilir enerji teknolojileri, enerji verimli ekipmanlar ve düşük emisyonlu ulaşım araçları kullanarak küresel ölçekte sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesi ve karbon yoğun sektörlerin dönüşümünün hızlandırılması açısından stratejik bir önem taşımaktadır. Düşük karbonlu ürün ticareti ekonomik büyüme, istihdam, doğrudan yabancı yatırımı, sermaye yatırımı, temiz enerjiye ulaşım, eğitim ve sağlık gibi ekonominin pek çok alanı ile yakından ilişki içerisindedir. Bu kısımda düşük karbonlu ürün ticareti ile ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi ilişkisini ele alan çalışmalar ele alınmaktadır.

Yu (2024) tarafından yapılan çalışmada Çin'in LC ekonomi için olumlu gelişmelere sahip olduğunun altı çizilmektedir. Çalışmaya göre Çin karbon emisyonlarını azaltmak için çaba sarf etmektedir ve LCT ile ekonomik yöne olan bağlılığı artırmaktadır. Ancak literatür taramalarına bakıldığında yoğunluğun

düşük karbonlu ürün ticaretinden diğer değişkenlere doğru ele alındığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışmanın literatürde oluşan boşluğu doldurması beklenmektedir.

**Tablo 1.** LCT ile İlgili Çalışmalar

Yazar/lar	Dönem	Ülke	Yöntem	Sonuç
Van Niekerk & Viviers (2014)	2006-2010	Güney Afrika ülkeleri	DSM	LC çevresel malların ihracatı ekonomik büyümeyi pozitif etkilemektedir.
Xu, X., & Kalirajan, K. (2019).	2006-2015	Çin	CMS	Çin'in LC ihracatı ekonomik büyümesini artırma potansiyeline sahiptir.
Horobet vd. (2021)	1995-2018	24 AB ülkesi	VECM	LCT, CO2 emisyonlarının azaltırken ekonomik büyümeyi artırmaktadır.
Jain (2016)	1970-2013	Çin, Hindistan, Japonya	Karşılaştırmalı analiz	Ülkeler temiz enerjide adımlar atmakta ancak LCT'ye bağlı büyümenin yavaş ve karmaşık bir ilişki bulunmaktadır.
Mahmood vd. (2023)	1995-2020	MENA	SAR model	MENA bölgesinin ihracatı, MENA bölgesindeki CBC emisyonlarını azaltmaktadır.
Markandya vd. (2016)	1995-2009	AB ülkeleri	MRIO model	Enerji sektöründeki dönüşüm istihdam artışına neden olmuştur.
Aldy (2005)	1960-1999	ABD	Regreyon analizi	Ekonomik büyüme-emisyon ilişkisinde yalnızca gelirin değil ekonominin yapısının, ticaret şeklinin ve enerji/malzeme yoğunluğu oldukça önemlidir.
Ongan vd. (2021)	1990-2019	ABD	ARDL	Klasik EKC analizlerinde görünmeyen ama gelir artış dönemlerine odaklanan modelde EKC'nin güçlü biçimde doğrulandığını göstermektedir.
Özokcu ve Özdemir (2017)	1980-2010	OECD, gelişmekte olan ülkeler ve ABD	Driscoll-Kraay Standart Hata	EKC hipotezinin tek başına yeterli olmadığı ve ekonomik büyüme ile enerji tüketimi ve yapısal değişkenlerin kontrol edilmesi durumunda çevre iyileştirilebilir.

### 3. YÖNTEM

Çalışmada ABD ekonomik büyüme (GDP), sanayi istihdam (EMP), elektrik tüketimi (ELEC), karbondioksit emisyonları (CO2) ve yenilenebilir enerji tüketimi (YEN) bağımsız değişkenlerinin düşük karbonlu ürün ticareti (LCT) üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Çalışmada bağımsız değişkenlere ait veriler Dünya Bankası veri tabanından bağımlı değişkene ait veriler ise IMF veri tabanından elde edilmiştir. Veri seti 1991 – 2021 dönemlerine ait yıllık verilerden oluşmaktadır.

**Tablo 2.** Veri Setine İlişkin Tanımlayıcı Bilgiler

Değişken	Tanım	Veri Kaynağı
LCT (US \$)	Düşük karbon teknolojisi ürünlerinin toplam ticareti	IMF
CO2	LULUCF hariç karbondioksit (CO2) emisyonları (toplam) (1990'dan itibaren % değişim)	World Bank
ELEC	Hidroelektrik hariç yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi (toplamın %'si)	World Bank
REN	Yenilenebilir enerji tüketimi (toplam nihai enerji tüketiminin %'si)	World Bank
GDP	GSYİH büyümesi (yıllık %)	World Bank
EMP	Sanayide istihdam (toplam istihdamın %'si) (ILO tahminine göre modellenmiştir)	World Bank

### 3.1. Ekonometrik Model

Amerika'da 1991 – 2021 dönemleri arasında gerçekleşen ekonomik büyüme, sanayi istihdamı, elektrik tüketimi, karbondioksit emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketiminin düşük karbonlu ürün ticareti üzerindeki etkisini inceleyen çalışmanın ekonometrik çerçevesini temsilen denklem 1 oluşturulmuştur.

$$LCT_t = f(GDP_t, EMP_t, ELEC_t, CO2_t, YEN_t) \quad (1)$$

Denklem 1'in değiştirilmiş ve dönüştürülmüş hali aşağıdaki Denklem 2'de ifade edilmiştir:

$$LNLCT_t = \alpha_0 + \alpha_1 GDP_t + \alpha_2 EMP_t + \alpha_3 ELEC_t + \alpha_4 CO2_t + \alpha_5 YEN_t \varepsilon_t \quad (2)$$

Denklem 2'de LNLCT düşük karbonlu ürün ticaretinin logaritmik fonksiyonunu sunmaktadır.

### 2.2. Tahmin Teknikleri (ARDL)

Pesaran vd. (2001) tarafından ortaya konulan Otoregresif Dağıtılmış Gecikme Sınırı Testi (ARDL) değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem etkileri göstermektedir. Bu yöntem ile geleneksel eşbütünleşme tekniklerine göre daha küçük örneklem ile çalışılmasına rağmen daha anlamlı sonuçlar ortaya koyduğu tespit edilmiştir (Chandio vd., 2020).

$$\Delta LNLCT_t = \varphi_0 + \sum_{i=1}^p \varphi_{1i} \Delta GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^p \varphi_{2i} \Delta EMP_{t-i} + \sum_{i=0}^p \varphi_{3i} \Delta ELEC_{t-i} + \sum_{i=0}^p \varphi_{4i} \Delta CO2_{t-i} + \sum_{i=0}^p \varphi_{5i} \Delta YEN_{t-i} + \sum_{i=1}^p \varphi_{5i} \Delta GDP_{t-i} \lambda + \lambda_1 EMP_{t-1} + \lambda_2 ELEC_{t-1} + \lambda_3 CO2_{t-1} + \lambda_4 YEN_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Wald (F-istatistiği) değişkenler arasındaki uzun dönem eşbütünleşme sorunu için kullanılmaktadır. Pesaran vd. (2001) F-test istatistiklerini bu noktada dikkate almaktadırlar. Analiz sonucunda elde edilen değer F-testinin tahmini alt değerinin altında ise değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olmadığını göstermekte iken elde edilen değer F-testi istatistik sonucundan büyükse değişkenler arasında uzun dönemde ilişki olduğunu ortaya koymaktadır (Chandio vd, 2020, s.6).

ARDL hata düzeltme modeli (ECM), değişkenler arasındaki kısa vadeli ilişkiyi tahmin etmek için aşağıdaki denklem 4 ile ifade edilir:

$$\Delta LNLCT = \varphi_0 + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_{1i} \Delta GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_{2i} \Delta EMP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_{3i} \Delta ELEC_{t-i} + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_{4i} \Delta CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_{5i} \Delta YEN_{t-i} + \delta ECT_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Denklem 4'te  $\delta$  hata düzeltme katsayısını,  $ECT_{t-1}$  ise hata düzeltme terimini temsil etmektedir. Çalışmada, ARDL sınır testi için kullanılan değişkenlerin kararlılığını doğrulamak amacıyla seri korelasyon testi ve değişen varyans testi kullanılmıştır. Öte yandan, ARDL modelinin kararlılığı CUSUM ve CUSUMSQ testleri ile incelenmiştir.

#### 4. BULGULAR

Çalışmanın temelini oluşturan değişkenlere yönelik tanımlayıcı istatistikler Tablo 3’te gösterilmektedir.

**Tablo 3.** Tanımlayıcı İstatistikler

	LCT	YEN	GDP	EMP	ELEC	CO2
Mean	0.813835	7.096429	2.544508	21.14545	4.716341	8.680499
Median	0.828381	6.600000	2.689812	21.55407	2.826984	7.694869
Maximum	0.972499	11.00000	6.055053	23.44115	14.00779	18.96462
Minimum	0.555926	4.100000	-2.576500	19.18366	1.135077	-10.38899
Std. Dev.	0.125405	2.200586	1.860405	1.624288	3.845376	7.942231
Skewness	-0.284925	0.298222	-1.045526	0.095289	1.001509	-0.434223
Kurtosis	1.751622	1.690607	4.626050	1.299109	2.783630	2.323804
Jarque-Bera	1.638799	2.415296	8.185956	3.417574	4.735378	1.413344
Probability	0.440696	0.298899	0.016689	0.181085	0.093697	0.493283

Tablo 3’e göre değişkenlerin ortalama ve medyan değerlerinin özellikle LCT, YEN ve EMP değişkenlerinin nispeten simetrik dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte ELEC ve CO2 değişkenlerinde ortalama ve medyan arasındaki farkın daha belirgin olması bu serilerin dağılımının kısmen çarpık olabileceğine işaret etmektedir. GDP ve CO2 değişkenlerinde minimum değerler gözlemlenmektedir. Bu durum serilerin kayda değer oynaklık içerdiğini göstermektedir.

Standart sapma değerleri değişkenlerin volatilitesine ilişkin bilgiler sunmaktadır. Buna örneğin CO2’nin dönem boyunca en yüksek volatilitiyeye sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşın LCT’nin standart sapma değeri oldukça düşük olup, istikrarlı yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Çarpıklık (skewness) katsayılarına bakıldığında ise LCT ve GDP değişkenlerinin sola çarpık YEN ve ELEC’in ise sağa çarpık dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Basıklık (kurtosis) değerleri incelendiğinde ise yalnızca GDP’nin basıklık değerinin 3’ün üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum normal dağılıma kıyasla daha sivri tepeye sahip olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan LCT, YEN, EMP, ELEC ve CO2 değişkenlerinin basıklık katsayıları ise veri noktalarının ortalama dan daha eşit biçimde yayıldığını göstermektedir. Bu bağlamda, söz konusu değişkenlerin istatistiksel dağılımlarının uç değerlere karşı nispeten daha az hassas olduğu ve varyasyonlarının daha homojen bir yapı gösterdiği söylenebilir.

Jarque-Bera (JB) istatistiği ve buna karşılık gelen olasılık değerleri serilerin normal dağılıma uygunluğunu değerlendirmektedir. JB testi sonuçlarına göre yalnızca GDP değişkeninde olasılık değeri 0.05 anlamlılık düzeyinin altında çıkmıştır (0.016689).

#### 4.1. Birim Kök Test Sonuçları

Zaman serisi verileri ile yapılan çalışmalarda ilk olarak serilerin durağanlıklarını belirlemek gerekmektedir (Yamak ve Erdem, 2017, s.94). Literatürde sıklıkla kullanılan Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (P.P.) birim kök testleri bu çalışmanın birim kök testlerini oluşturmaktadır. Tablo 4’e göre çalışmada kullanılan serilerin sabit ve sabit trend modellerinde farklı düzeylerde, yani I(0) ve I(1) düzeylerinde birim kökler içerdiği saptanmıştır. Bu nedenle çalışmada ARDL modelinin oluşturulmasında herhangi bir engel olmadığı görülmektedir. Birim kök testi sonuçları (ADF ve PP), ARDL yönteminin değişkenler arasındaki kısa ve uzun vadeli ilişkileri değerlendirebileceğini göstermektedir. Test sonuçlarına göre tüm serilerin I(1) düzeyinde durağanlık göstermektedir.

**Tablo 4.** ADF ve P.P. Birim Kök Sonuçları

Variables	ADF		PP	
	Intercept	Trend and Intercept	Intercept	Trend and Intercept
LogTrade I(0)	0.604	0.0399**	0.2712	0.0403**
LogTrade I(1)	0.0305**	0.0744*	0.0000***	0.0000***
YEN I(0)	0.9640	0.4195	0.9988	0.5301

YEN I(1)	0.0001***	0.0004***	0.0001***	0.0000***
GDP I(0)	0.0037***	0.0282***	0.0037***	0.0128**
GDP I(1)	0.0000***	0.0001***	0.0000***	0.0000***
EMP I(0)	0.6841	0.2757	0.7993	0.6514
EMP I(1)	0.0371**	0.1296	0.0344**	0.1236
ELEK I(0)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
ELEK I(1)	0.9626	0.0012***	0.2837	0.0046***
CO2 I(0)	0.9668	0.2460	0.8127	0.0480**
CO2 I(1)	0.0009***	0.0002***	0.0002***	0.0000***

Not: \*\*\* %1 anlamlılık düzeyini, \*\* %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

#### 4.2. Eşbütünleşme Test Sonuçları

Tablo 5'te ARDL modeli için gerekli olan koentegrasyon analizi sonuçları gösterilmektedir. Bu teste göre F testi değerinin kritik alt ve üst değerler arasındaki %1 kritik değerinden büyük olması gerekmektedir. Analiz sonucu incelendiğinde, F testi değerinin (7.51) kritik alt ve üst değerler arasındaki %1 kritik değerinden büyük olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre, bağımsız değişken olan GDP, YEN, ELEK, EMP, CO2 ile bağımlı değişken LCT arasında %1 anlamlılık düzeyinde uzun vadeli bir koentegrasyon ilişkisi olduğu söylenebilir.

Tablo 5. Eşbütünleşme Sınır Testi Sonuçları

k	F istatistiği	%10	%5	%1
5	7.51	3.51	4.19	5.76

#### 4.3. Uzun Dönem ve Kısa Dönem Tahmini

Tablo 6'da AIC kriterine göre seçilen (2,1,1,1,2) gecikme yapısıyla tahmin edilen modelin uzun dönem ve kısa dönem katsayıları raporlanmaktadır. Uzun dönem tahmin sonuçları değerlendirildiğinde, modelin sabit teriminin (C) istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif olduğu görülmektedir ( $p = 0.0041$ ). Bu durum, diğer değişkenler sabitken bağımlı değişkenin uzun dönem ortalama seviyesinin pozitif bir sabit bileşen içerdiğine işaret etmektedir.

Uzun dönem katsayıları içerisinde LOGLCT(-1) değişkenine ait katsayının (-0.661020) negatif ve istatistiksel olarak yüksek derecede anlamlı olması ( $p = 0.0012$ ), LCT değişkeninin uzun dönemde bağımlı değişken üzerinde ters yönlü ve güçlü bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. YEN(-1) katsayısının pozitif ve anlamlı olması (0.250043;  $p = 0.0002$ ), yenilenebilir enerji kullanımındaki artışın uzun dönemde bağımlı değişkeni artırıcı bir etki yarattığını göstermektedir.

GDP(-1) katsayısı istatistiksel olarak anlamlı ve negatiftir ( $p = 0.0263$ ). Bu bulgu, ekonomik büyümede meydana gelen artışların uzun dönemde bağımlı değişken üzerinde azaltıcı bir etki doğurduğunu göstermekte olup, ekonomik faaliyetler ile modeldeki çıktılar arasındaki ilişkide uzun dönemde bir ters yönlü etkileşim olduğunu düşündürmektedir.

EMP(-1) ve ELEK(-1) değişkenleri uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p > 0.05$ ). Bu sonuç, istihdam ve elektrik tüketimindeki uzun dönem değişimlerin bağımlı değişken üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığını göstermektedir. Buna karşın CO2(-1) katsayısının pozitif ve oldukça anlamlı (0.025139;  $p = 0.0002$ ) olması, karbon emisyonlarındaki artışın uzun dönemde bağımlı değişkeni pozitif yönde etkilediğini göstermektedir.

Modelin kısa dönem dinamikleri incelendiğinde, D(LOGLCT(-1)), D(YEN), D(EMP) ve D(ELEK) değişkenlerinin kısa dönemde güçlü ve anlamlı etkiler ürettiği görülmektedir. D(YEN)'in t-istatistiği

(7.372574) yüksek düzeyde anlamlı olup yenilenebilir enerji değişkeninin kısa dönem etkisinin oldukça kuvvetli olduğunu göstermektedir. Buna karşılık D(GDP) değişkeni kısa dönemde anlamlı bir etki göstermemektedir ( $p = 0.1415$ ), bu durum kısa ve uzun dönem sonuçlarının farklılaşabileceğine işaret etmektedir.

Kısa dönem modelinin en kritik bileşenlerinden biri olan hata düzeltme terimi (CointEq(-1)) anlamlı, negatif ve beklenen işarette elde edilmiştir (-0.661020;  $p = 0.0000$ ). Hata düzeltme katsayısının bu şekilde negatif ve yüksek istatistiksel anlamlılığa sahip olması, sistemin uzun dönem dengesinden sapma yaşandığında yaklaşık %66 oranında bir düzeltmenin her dönem gerçekleştiğini göstermektedir. Bu sonuç, modelin uzun dönem dengesine güçlü bir şekilde geri döndüğünü ve kurulan eşbütünleşme ilişkisinin istikrarlı olduğunu teyit etmektedir.

**Tablo 6.** AIC Uzun Dönem – Kısa Dönem Katsayıları (2,1,1,1,1,2)

Variables	Coefficient	Std. Errors	t-Statistic	Prob.
Uzun dönem Tahmincisi				
C	14.06611	3.970959	3.542244	0.0041
LOGLCT(-1)*	-0.661020	0.156034	-4.236394	0.0012
YEN(-1)	0.250043	0.048407	5.165398	0.0002
GDP(-1)	-0.037450	0.014789	-2.532367	0.0263
EMP(-1)	0.043096	0.029742	1.449020	0.1730
ELEK(-1)	-0.017186	0.014377	-1.195348	0.2550
CO2(-1)	0.025139	0.004797	5.240981	0.0002
D(LOGLCT(-1))	0.237835	0.145138	1.638686	0.1272
D(YEN)	0.142015	0.030654	4.632865	0.0006
D(GDP)	0.007684	0.009257	0.830094	0.4227
D(EMP)	0.116323	0.045068	2.581046	0.0241
D(ELEK)	0.069475	0.044604	1.557573	0.1453
D(CO2)	0.013834	0.005005	2.763883	0.0172
D(CO2(-1))	0.006064	0.004181	1.450331	0.1726
Kısa Dönem Tahmincisi				
D(LOGLCT(-1))	0.237835	0.080584	2.951407	0.0121
D(YEN)	0.142015	0.019263	7.372574	0.0000
D(GDP)	0.007684	0.004882	1.573997	0.1415
D(EMP)	0.116323	0.023917	4.863541	0.0004
D(ELEK)	0.069475	0.014885	4.667414	0.0005
CointEq(-1)*	-0.661020	0.074408	-8.883722	0.0000

Tablo 7’de çalışmada R2 değerinin 0,90 olduğu bulunmuştur. Bu değer, çalışmadaki LCT serisinin yaklaşık olarak %90’nın seçilen bağımsız değişkenlerle açıklanabileceğini göstermektedir. Son olarak, F testi anlamlı olduğu görülmektedir sonuç olarak modelimiz anlamlıdır.

**Tablo 7.** ARDL için Diagnostic ve Değerlendirme Testi İstatistikleri (2,1,1,1,1,2) Modeli

Değişkenler	Katsayı
$R^2$	0.905789
Log-likelihood	57.65971
F İstatistiği	0.869152
AIC	-3.819978
SIC	-3.432871

#### 4.4. Diagnostic Testler

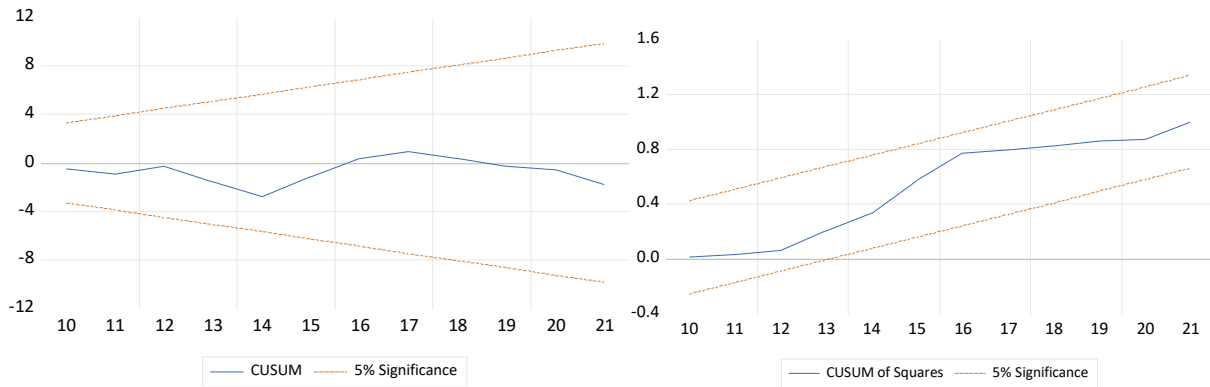
Tablo 8 Breusch-Godfrey ve Breusch-Godfrey LM Test sonuçlarını göstermektedir. Breusch-Godfrey testi değişkenler arasındaki otokorelasyon sorununu incelerken, Breusch-Godfrey LM testi

heteroskedastisite sorununu incelemektedir. Elde edilen sonuca göre değişkenler arasında otokorelasyon ve heteroskedastisite sorunu olmadığı saptanmıştır.

**Tablo 8.** ARDL Modelinin Tanısal Kontrolü

Test	F-statistic	Prob.
Breusch- Godfrey LM Test	0.0027	0.9973
Breusch- Godfrey Test	1.1540	0.9965

CUSUM ve CUSUM of Squares testleri, modelin kısa ve uzun vadeli katsayılarının istikrarını göstermektedir. Modelin hata terimleri %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar içerisinde kalması parametrelerin istikrarlı olduğunu göstermektedir. CUSUM ve CUSUMSQ sonuçları, modelin parametrelerinin zaman içinde istikrarlı olduğunu doğrulamaktadır.



**Şekil 1.** CUSUM ve CUSUM Kare Test Sonuçları

### Etik Kurul Onayı

Bu araştırmanın kavramsal çerçevesinin hazırlanması, veri toplama araçlarının uygulanması, verilerin toplanması, verilerin analizi ve yorumlanması aşamalarının tamamında etik kurallara uygun hareket edilmiştir. Karşılaşılabilecek tüm etik ihlallerde ANKAD Yayın Kurulu'nun hiçbir sorumluluğu bulunmamaktadır. Tüm sorumluluk yazarlara aittir. Bu çalışmanın ANKAD dışında herhangi bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiş olduğunu taahhüt ederim. Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Araştırmada kamuya açık kaynak olan Dünya Bankası veri tabanı ile IMF veri tabanından elde edilen dokümanlar kullanılmıştır. Doküman analizi tekniği kullanıldığı için etik kurul izni gerektirmemektedir.

### TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde ülkelerin ekonomik olarak kalkınma ve büyüme hedeflerine ulaşmaları konusunda yoğun istek ve arzu içerisinde oldukları görülmektedir. Ülkelerin bu istek ve arzularına ulaşma yönündeki yoğun çabaları sürdürülemeyen fosil yakıtlara olan talebi artırarak sera gazı emisyonlarını dramatik bir biçimde artırmaktadır. Artan karbon salınımı, küresel ısınma ve iklim değişikliği çeşitli krizlerin ortaya çıkmasına neden olarak sadece doğal dengeyi değil aynı zamanda sosyal ve ekonomik sistemleri de tehdit eden küresel soruna neden olmaktadır.

Çevresel bozulmaları minimum seviyeye inmesini amaçlayan bunun yanı sıra ülkelerin ekonomik büyümesini engellemeyecek enerji politikalarının hayata geçirilmesi küresel ölçekte bir zorunluluk olarak görülmektedir. Bu kapsamda “düşük karbon ekonomisi” olarak nitelendirilen sürdürülebilir enerji yatırımlarını teşvik eden bu yaklaşım, ülkelerin jeopolitik riski ve/veya ekonomik belirsizliklerinin yenilenemeyen enerji kaynaklarına nispeten daha az etkilenmesi, verimliliği artırmada ve devamlı hale getirmesinde kritik öneme ve role sahip olduğu görülmektedir.

Çalışmada ekonomik büyümenin, elektrik kullanımının, yenilenebilir enerji tüketiminin, emisyonların ve sanayi istihdamının düşük karbonlu ticaret üzerindeki etkisini ABD kapsamında ele alınmıştır. Değişkenlere ait veriler yıllık olarak ele alınmış olup 1991–2021 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Analizde düşük karbonlu ticaret (LCT) bağımlı değişken; GDP, EMP, YEN, ELEC ve CO2 ise bağımsız değişkenler olarak ele alınmıştır. Çalışmanın özgün yönü, literatürde sıklıkla tartışılan Çevresel Kuznets Eğrisi ve Kirlilik Sığınağı Hipotezinin, düşük karbonlu ürün ticareti bağlamında test edilmesidir.

Analiz sürecinde ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılmıştır. ARDL modelinin tercih edilme nedeni, değişkenlerin düzeyde I(0) veya birinci farkta I(1) olmasına izin vermesi; ancak hiçbir serinin I(2) bütünleşme derecesine sahip olmaması gerekliliğidir. Bu nedenle, çalışmada serilerin durağanlıklarını tespit etmek amacıyla birim kök testleri yapılmıştır. İlk olarak ADF birim kök testi ardından PP birim kök testi yapılarak tüm serilerin I(1) farkında durağan oldukları tespit edilmiştir. Ardından eşbütünleşme sınır testi uygulanmış ve GDP, YEN, ELEC, EMP, CO2 ile bağımlı değişken LCT arasında %1 anlamlılık düzeyinde uzun vadeli bir koentegrasyon ilişkisi olduğu saptanmıştır.

Birim kök testlerini takiben eşbütünleşme sınır testi uygulanmış ve GDP, YEN, ELEC, EMP ve CO2 değişkenleri ile LCT arasında %1 anlamlılık düzeyinde uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığı saptanmıştır. Bu sonuç, değişkenlerin uzun dönemde ortak bir denge ilişkisine sahip olduğunu göstermektedir.

AIC tarafından seçilen optimal ARDL modeli kapsamında elde edilen uzun dönem katsayıları incelendiğinde; YEN, GDP ve CO2 değişkenlerinin uzun dönemde LCT üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuca göre yenilenebilir enerjide ortaya çıkan dönüşüm düşük karbonlu ürün ticareti üzerinde etkiye sahiptir. Aynı şekilde ekonomik büyümenin sağlanması ülkelerin refah artışına sebebiyet vererek düşük karbonlu ürün ticareti üzerinde etkisi olduğunu göstermektedir. Bu aşamada karşımıza çıkan karbon emisyonları ise ekonomik büyümenin bir göstergesi olarak nitelendirilebilir. Ekonomik büyüme aşamasında ülkelerin yenilenemeyen enerji kaynaklarına yönelmesi karbon emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Artan hava kirliliğine bağlı olarak düşük karbonlu ürün ticareti üzerinde etkisi olması şaşırtıcı değildir. Ancak bu noktada dikkat edilmesi gereken hususun YEN ve CO2 değişkenlerinin katsayılarının pozitif, GDP'nin katsayısının ise negatif olmasıdır. Bu durum, yenilenebilir enerji tüketimindeki ve karbon emisyonlarındaki artışın uzun dönemde düşük karbonlu ürün ticaretini artırdığını; buna karşın ekonomik büyümenin LCT'yi azalttığını göstermektedir. Buna göre yenilenebilir enerji politikaları (teşvikler, sübvansiyonlar) yerel yeşil üretimi canlandırıp ihracatı artırmaktadır. Yüksek CO2, çevre sorunlarının ve düzenleyici baskının artmasına yol açarak firmaların ve tüketicilerin düşük karbonlu ürünlere yönelmesine neden olmaktadır.

Uzun dönemde ekonomik büyüme ile düşük karbonlu ticaret arasındaki negatif ilişki, ABD ekonomisinin çevre dostu büyümeden ziyade karbon yoğun üretim ve ticaret yapısına daha yatkın olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji teşvikleri doğrudan YEN ile pozitif korelasyon; fakat büyüme dönemlerinde çevre regülasyonlarının gevşetilmesi olasıdır, bu da GDP–LCT ilişkisinde ters yönlü etki yaratabilir.

EMP ve ELEC değişkenlerinin ise uzun dönemde düşük karbonlu ürün ticareti üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmadığı görülmüştür. ABD'de düşük karbonlu ürün ihracatı genellikle belirli teknolojik sektörlerde yoğunlaşmıştır (yenilenebilir enerji ekipmanları, elektrikli araç parçaları vb.) ancak sanayi istihdamı toplam istihdamın çok küçük bir kısmını oluşturduğundan, LCT'yi tam olarak açıklayamamıştır. Elektrik tüketiminin düşük karbonlu ürün ticareti üzerinde etkisinin olmaması ABD'nin yenilenemeyen fosil yakıt tüketimine dayalı elektrik tüketim politikalarını sürdürdüğünü göstermektedir. Bu nedenle ilişki içerisinde olmaması beklenen bir sonuçtur.

Kısa dönem katsayıları incelendiğinde ise YEN, EMP ve ELEC değişkenlerinin LCT üzerinde pozitif ve anlamlı etkilere sahip olduğu; GDP değişkeninin ise kısa dönemde anlamlı bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. CO2 değişkeni kısa dönemde de pozitif ve anlamlı bir etki göstermektedir. Bu sonuçlara göre yenilenebilir enerji tüketimindeki artış, sanayi sektöründeki istihdamın yükselmesi ve elektrik tüketiminin artması kısa dönemde düşük karbonlu ürün ticaretini desteklemektedir. Özellikle sanayi istihdamındaki artışın LCT'yi olumlu etkilemesi, düşük karbonlu ürünlere yönelik devlet teşvikleri ve

üretim desteklerinin iş gücü piyasasını canlandırdığını ve bu sektördeki ticareti artırdığını göstermektedir.

Sonuç olarak hem kısa hem uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonları düşük karbonlu ürün ticaretini artırıcı etkiler üretirken, ekonomik büyümenin LCT üzerindeki negatif etkisi ABD'nin ekonomik yapısının hâlen karbon yoğun ticaret modeline dayandığını ortaya koymaktadır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar Çevresel Kuznets Eğrisi ve Kirlilik Sığınağı Hipotezi kapsamında değerlendirilmiştir. Analiz sonucuna göre uzun dönemde ekonomik büyüme düşük karbonlu ürün ticaretini azaltmaktadır. Yani gelir düzeyinin artması çevre kirliliğini azaltıcı unsur olarak görülen düşük karbonlu ürün ticaretini negatif etkilemektedir. Bu durumda düşük karbonlu ürün ticaretinin etkilerini Çevresel Kuznets Eğrisi sonucunu doğrular nitelikte değildir.

Çalışmanın literatüre önemli katkılar sağladığı düşünülse de, bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Çalışmanın en önemli sınırlılığı, ekonomik büyüme istikrarı sağlayan tek ülke olarak Amerika Birleşik Devletleri için hesaplanmış olmasıdır. Önümüzdeki yıllarda söz konusu değişkenin diğer Çin gibi ekonomik büyüme performansı sağlayan diğer dünya ülkelerinin verilerini kullanarak karşılaştırmalı bir analiz yapılmasına olanak sağlayacaktır.

Çalışmanın bir diğer sınırlılığı, veri setinin sınırlı olmasıdır. Düşük karbonlu ürün ticareti verileri nedeniyle dönem aralığı kısa tutulmuştur. Ayrıca çalışmalarda düşük karbonlu ürün ticaretinin diğer makroekonomik değişkenler üzerindeki etkisi araştırıldığı için çalışmada elde edilen sonuçları karşılaştırma fırsatı yakalanamamıştır.

## 5. KAYNAKÇA

- Aldy, J. E. (2005). An environmental Kuznets curve analysis of U.S. state-level carbon dioxide emissions. *The Journal of Environment & Development*, 14(1), 48–72. <https://doi.org/10.1177/1070496504273514>
- Anderson, B., et al. (2021). Policies for a climate-neutral industry: Lessons from the Netherlands (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers No. 108). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a3a1f953-en>
- Banday, U. J., & Aneja, R. (2019). Energy consumption, economic growth and CO<sub>2</sub> emissions: Evidence from G7 countries. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 16(1), 22–39.
- Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (1994). North–South trade and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 109(3), 755–787. <https://www.jstor.org/stable/2118421>
- Horobet, A., Popovici, O. C., Zlatea, E., Belascu, L., Dumitrescu, D. G., & Curea, S. C. (2021). Long-run dynamics of gas emissions, economic growth, and low-carbon energy in the European Union: The fostering effect of FDI and trade. *Energies*, 14(10), 2858. <https://doi.org/10.3390/en14102858>
- International Energy Agency. (2022). An updated roadmap to net zero emissions by 2050. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022/an-updated-roadmap-to-net-zero-emissions-by-2050>
- International Monetary Fund. (2025). World economic outlook: A critical juncture amid policy shifts. IMF.
- Jain, V. (2016). Asian giants' fossil fuel dependence and the challenge of low-carbon growth: Contrasting performance of clean energy development, trade and investment. *Research Papers in Economics*. <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/75121/>
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 3(2), 401–403.
- Mahmood, H., Saqib, N., Adow, A. H., et al. (2023). FDI, exports, imports, and consumption-based CO<sub>2</sub> emissions in the MENA region: Spatial analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 67634–67646. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27245-1>

- Noorymotlagh, M., & Çiftçioğlu, S. (2023). Relationship between energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: Evidence from selected top oil energy-consuming countries. *Journal of Energy Research and Reviews*, 15(1), 67–85. <https://doi.org/10.9734/jenrr/2023/v15i1299>
- Ongan, S., Isik, C., & Ozdemir, D. (2021). Economic growth and environmental degradation: Evidence from the U.S. case—Environmental Kuznets curve hypothesis with application of decomposition. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 10(1), 14–21.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). Trade and environmental sustainability. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/xxxxxx>
- Otim, J., Watundu, S., Mutenyo, J., & Bagire, V. (2023). Fossil fuel energy consumption, economic growth, urbanization, and carbon dioxide emissions in Kenya. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(3), 457–468. <https://doi.org/10.32479/ijeep.14292>
- Özokcu, S., & Özdemir, Ö. (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 639–647. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.059>
- Sanglimsuwan, K. (2011). Carbon dioxide emissions and economic growth: An econometric analysis. *International Research Journal of Finance and Economics*, 67, 97–102.
- United Nations Conference on Trade and Development. (2020). Technology and innovation report 2020: Harnessing frontier technologies for sustainable development. UNCTAD. <https://unctad.org/webflyer/technology-and-innovation-report-2020>
- Van Niekerk, A., & Viviers, W. (2014). Promoting sustainable economic growth in South Africa through the export of low-carbon environmental goods. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 17(4), 427–439.
- Xu, X., & Kalirajan, K. (2019). How important is market distribution to China's exports of low-carbon goods? *Journal of Economic Development*, 44(2).
- Yu, Y. (2024). Analysis of existing condition and direction of low-carbon economy from the standpoint of green trade. *Highlights in Business, Economics and Management*, 43, 309–314. <https://doi.org/10.54097/bsp7zn27>
- Zhou, Y. (2010). Low-carbon economy and low-carbon technology. *Journal of Xi'an University of Arts and Science*. [https://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTotat-XAJY201004033.htm](https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotat-XAJY201004033.htm)

*Araştırma Makalesi / Research Article*

**Ekonomik Büyümenin Düşük Karbonlu Ürün Ticareti Üzerindeki Etkisi:  
ABD Örneği**

*The Impact of Economic Growth on Low-Carbon Product Trade: The Case of  
The United States*

Burcu SAVAŞ ÇELİK 

DOI : [10.63556/ankad.v10i1.321](https://doi.org/10.63556/ankad.v10i1.321)

Geliş/Received: 07/07/2025

Kabul/Accepted: 21/01/2026

**Extended Abstract**

Globally, countries' unsustainable economic growth aspirations are increasing demand for energy, leading to rapid increases in carbon emissions through various means, primarily the use of fossil fuels (Noorymotlagh and Çiftçioğlu, 2023). This process is complicating the fight against climate change and threatening environmental sustainability. In this context, countries' desire to establish trade relations that balance their growth aspirations with climate policies has led to the multidimensional nature of international trade.

The relationship between economic growth, energy consumption, and carbon dioxide emissions was first introduced to the literature in 1978 by Kraft and Kraft in their study titled “On the relationship between energy and GNP1.” Since 1978, the relationship between economic growth, energy consumption, and carbon dioxide emissions has continued to be tested in the literature using different countries and different methods (Sanglimsuwan, 2011; Banday, 2019; Otim, 2023). In fact, According to the Net Error Zero Report prepared by the IEA Global Energy Market in 2012, which addressed the 2050 targets, despite the effects of the Covid-19 pandemic weakening by 2020, the energy crisis caused world energy prices to reach record levels, thereby increasing concerns about energy and energy demand. During this period, when renewable energy capacity has reached record levels, carbon emissions continue to rise rapidly due to the increase in coal demand (IEA, 2022). In this context, the importance of new economic models referred to as the “low-carbon economy” and “low-carbon technology” has come to the fore (Zhou, 2010). A low-carbon economy is an economic model dependent on low-carbon technology. The use of low-carbon technological products is seen as a key factor in reducing the use of fossil fuels, establishing new energy networks, and eliminating the problem of global warming through new alternative energy channels (OECD, 2021; UNCTAD, 2020).

Although there is extensive literature examining the relationship between economic growth, energy consumption, and environmental pollution, studies generally focus on two different theories. The first of these theories is the environmental Kuznets curve (EKC), which addresses economic growth and environmental degradation and generally examines the relationship between economic growth, energy consumption, and environmental pollution. The second theory is the Pollution Haven Hypothesis, which suggests that developed countries redirect their investments to developing countries with fewer environmental regulations and controls due to the excessive environmental regulations and controls in developed countries. The main basis of this study is the “growth-environmental pollution relationship” known as the Kuznets curve, as it focuses on the specific situation of the country rather than on comparisons.

Low-carbon product trade (LCT) offers significant opportunities for economic growth, but it has been shown that various trade policies and technological advances must be carefully considered in order to overcome existing challenges. However, it has been observed that there is a lack of studies examining

the impact of economic growth on low-carbon product trade. The aim of this study is to investigate the interactive relationship between economic growth and renewable energy consumption on low-carbon product trade. This indicator is also of critical importance for the SDGs. On the other hand, LCT is rarely studied from different perspectives, and more empirical research is needed on this topic. Therefore, this study aims to investigate whether economic growth has an effect on low-carbon product trade, as well as the impact of renewable energy consumption, industrial employment, and electricity consumption on low-carbon product trade.

The study investigates the effect of economic growth (GDP), industrial employment (EMP), electricity consumption (ELEC), carbon dioxide emissions (CO<sub>2</sub>), and renewable energy consumption (YEN) as independent variables on low-carbon product trade (LCT). The data for the independent variables were obtained from the World Bank database, while the data for the dependent variable were obtained from the IMF database. The data set consists of annual data from 1991 to 2021.

The Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (P.P.) unit root tests, which are frequently used in the literature, constitute the unit root tests of this study. It was determined that the series used in the study contained unit roots at different levels, namely I(0) and I(1), in the constant and constant trend models. According to the cointegration test result, it can be said that there is a long-term cointegration relationship at a 1% significance level between the independent variables GDP, YEN, ELEC, EMP, CO<sub>2</sub> and the dependent variable LCT.

When looking at the short-term relationship, it was determined that there is a relationship between the YEN, EMP, and ELEC variables and LCT. The effect of the YEN, EMP, and ELEC series on low-carbon product trade was determined to be significant and positive. A 1% change in renewable energy consumption increases LCT by 0.14 units, while a 1% change in EMP increases LCT by 0.11 units. A 1% change in ELEC increases LCT by 0.06 units. This indicates that renewable energy consumption has a greater impact on LCT than EMP and ELEC. In the long term, GDP and CO<sub>2</sub> do not have a significant impact on LCT. This indicates that economic growth and carbon emissions do not have a sustainable impact in the short term in the face of changing market demands. The results obtained differ from those of Horobet et al. (2021). The main reason for this difference is thought to be the different country profiles considered. The EU includes countries that have completed their economic growth, implemented the necessary policies for economic development, and imposed strict regulations. However, the US still carries out activities that increase economic growth and stands out from other countries because it controls the majority of the world economy.

The results obtained from the study were evaluated within the scope of the Environmental Kuznets Curve and Pollution Haven Hypothesis. According to the analysis results, economic growth reduces low-carbon product trade in the long term. In other words, rising income levels negatively affect low-carbon product trade, which is seen as a factor that reduces environmental pollution. In this case, the effects of low-carbon product trade do not confirm the results of the Environmental Kuznets Curve.