


Türkiye’de Ekonomik Küreselleşmenin Sera Gazı Salınımı Üzerindeki Etkisinin Araştırılması: NARDL Yönteminden Ampirik Kanıtlar

Investigating the Impact of Economic Globalization on Greenhouse Gas Emissions in Türkiye: Empirical Evidence from the NARDL Method

Asst. Prof. Dr. Harun Demir  [0000-0001-7778-2897](https://orcid.org/0000-0001-7778-2897)

Abstract

Investigating the macroeconomic determinants of greenhouse gas emissions as an indicator of environmental pollution is of great importance within the scope of sustainable development goals. The purpose of this study is to analyze the impact of economic globalization on greenhouse gas emissions using the nonlinear autoregressive distributed lag (NARDL) approach in Türkiye for the period 1970-2022. Economic growth, financial development, industrialization and population growth are included as additional explanatory variables in the estimation models focusing on the economic globalization – greenhouse gas emission relationship. The estimation findings of this study are as follows: i) It is determined that there is asymmetric cointegration proving the existence of a long-run relationship between the variables included in the estimation models. ii) The main finding of the study reveals that long-run positive shocks to economic globalization trigger greenhouse gas emissions for Türkiye. iii) The analysis findings indicate that positive economic growth shocks increase greenhouse gas emissions, while negative economic growth shocks decrease greenhouse gas emissions. iv) Long-run negative shocks to Türkiye’s financial development worsen environmental quality by raising greenhouse gas emissions. v) Positive industrial value-added shocks improve environmental quality by reducing greenhouse gas emissions. vi) A positive shock to population growth boosts greenhouse gas emissions and thus causes environmental degradation. vii) The dynamic multiplier analysis findings produce results consistent with the long-run coefficient estimates. All these findings enable the presentation of important recommendations to guide Türkiye’s policymakers in the economic integration process to achieve sustainable development goals.

1 Giriş

Çevre kalitesi; toplumların ticari ve finansal entegrasyonu, ekonomik birimlerin üretim/tüketim süreçleri ve ülkelerin sosyoekonomik yapıları gibi birçok parametredeki gelişmelerden etkilenebilmektedir. Literatürde çevre kalitesinin belirleyicisi olarak ekonomik büyüme (Shokoohi vd., 2022), finansal gelişme (Khan ve Ozturk, 2021), kentleşme (Wang vd., 2021), enflasyon (Hondroyannis vd., 2025), teknolojik yenilik (Cetin vd., 2025), nüfus artışı (Khan vd., 2021), gelir eşitsizliği (Ozturk vd., 2022), insani gelişme (Opoku vd., 2022), kurumsal kalite (Hussain ve Dogan, 2021), endüstriyel katma değer (Liu ve Bae, 2018), tarımsal katma değer (Çetin vd., 2020), yenilenebilir enerji (Li vd., 2023) gibi birçok sosyoekonomik faktör üzerine odaklanılmaktadır. Bunlara ilaveten, ülkelerin küreselleşme sürecine bağlı olarak çevresel kalite artabilmekte veya azalabilmektedir. Teorik literatürde, küreselleşme ve çevre kirliliği ilişkisi *Kirlilik Cenneti Hipotezi* ve *Kirlilik Halesi (Halo) Hipotezi* ile açıklanabilmektedir. Kirlilik Cenneti Hipotezi, sıkı çevre kurallarının uygulandığı gelişmiş ülkelere ait kirliliğin yoğun olduğu endüstrilerinin veya üretim süreçlerinin bir kısmını doğrudan yabancı yatırımlar ve serbest ticaret aracılığıyla daha düşük çevre standartlarına sahip gelişmekte olan ülkelere maliyet avantajı elde etmek için kaydırarak oradaki kirlilik seviyesini artırdığını ileri sürmektedir. Bu işleyişin sonucunda, gelişmekte olan ülkeler gelişmiş ülkelerin kirlilik cenneti haline gelebilmektedir (Cole, 2004; Baek vd., 2009). Kirlilik Halesi Hipotezi ise, doğrudan yabancı yatırımlar ile kirlilik seviyeleri arasında negatif bir bağlantı olduğunu öne sürmektedir. Bu hipotez, çokuluslu şirketler tarafından yapılan doğrudan yabancı yatırımların ev sahibi ülkenin çevre dostu teknolojik gelişimine ve yönetim uygulamalarına katkıda bulunarak çevre kalitesinin iyileşmesi sonucunu doğuracağını savunmaktadır (Zarsky, 1999; Zugravu-Soilita, 2017; Balsalobre-Lorente vd., 2019). Diğer taraftan, yukarıda verilen iki hipotezin arka planı ticari dışa açıklık/ticaretin serbestleşmesi ve çevre kirliliği ilişkisine yönelik teorik açıklamalar incelendiğinde daha net anlaşılabilir. Teorik literatürde, ticari dışa açıklık ve çevre kirliliği ilişkisinin ölçek, kompozisyon ve teknik olarak adlandırılan üç etkiyle değerlendirildiği görülmektedir. Ölçek etkisi, ticaretin serbestleşmesiyle birlikte ekonomik büyümedeki artışların çevre kalitesini kötüleştirilmesi anlamına gelirken teknik etki ise ticaretin serbestleşmesi sonucunda üretim sürecinde ortaya çıkan değişikliklerle çevre kalitesinin iyileşmesini ifade etmektedir. Kompozisyon etkisi, ticaretin serbestleşmesiyle birlikte ülkelerin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu alanlarda daha fazla uzmanlaşmaları sonucunda endüstriyel yapısının değişiklik göstererek çevresel kalite üzerindeki olumsuz gelişmelerin artabildiği veya baskılanabildiği üzerinde durmaktadır. Yani bu etkinin çevresel kalite üzerindeki sonucu, şüphesiz ülkelerin

kaynak yapısına, rekabet koşullarına ve kirlilik yoğun üretimde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olup olmadıklarına göre değişiklik göstermektedir (bkz. Grossman ve Krueger, 1991; 1995; Cole ve Elliott, 2003). Bu açıklamalardan hareketle; ekonomik küreselleşme indeksi, doğrudan yabancı yatırımlara ek olarak ticari dışa açıklığı da içerdiğinden dolayı ülkelerin entegrasyon sürecinin daha kapsamlı ve sağlam kanıtlarla incelenmesine olanak tanıyan bir gösterge olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ampirik literatürde, ekonomik küreselleşmenin çevre kalitesini iyileştirdiğini ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır (Yang vd., 2021; Majeed vd., 2021; Karaduman, 2022; Zhou vd., 2023; Awosusi vd., 2023). Bunların aksine, literatürde ekonomik küreselleşmenin çevre kalitesini kötüleştirdiğini saptayan ampirik çalışmalar da dikkat çekmektedir (Farooq vd., 2022; Murshed vd., 2022; Rehman vd., 2023; Dumrul vd., 2023; Sun vd., 2023; Alam vd., 2023; Al-Malki vd., 2024; Shabir, 2024; Bekun ve Ozturk, 2025). Dahası literatürde, ülke gruplarına veya ülkelerin gelişmişlik durumuna göre ekonomik küreselleşmenin çevre kirliliği üzerindeki etkisinin farklılaştığını ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Muhammad ve Khan, 2021; Jahanger vd., 2023). Bu ampirik çalışmalar dikkate alındığında, ekonomik küreselleşmenin çevre kalitesi üzerindeki etkisi açısından net bir çıkarımın yapılması mümkün gözükmemektedir. Ayrıca bu çalışmalarda, çevre kirliliğinin göstergesi olarak CO₂ emisyonu veya ekolojik ayak izi ele alınmakta iken toplam sera gazı salınımları dikkate alınmamaktadır. Bu nedenlerle, ekonomik küreselleşmenin çevre kalitesi üzerindeki etkisini kapsamlı bir şekilde analiz etmek önem taşımaktadır.

Kyoto Protokolü'nde sera gazı salınımının birçok kirleticiyi içerdiğinden dolayı çevre kirliliğinin en önemli nedeni olduğu vurgulanmaktadır (Çetin vd., 2020). Bu nedenle, çalışmada kapsamlı bir çevre kirliliği göstergesi olan sera gazı salınımı dikkate alınarak ekonomik entegrasyon süreciyle ilişkisi incelenmektedir. WDI (2025) veri tabanından elde edilen verilerden hareketle, Türkiye'nin 1970 yılında kişi başına sera gazı salınımı yaklaşık 2.725 (t/CO₂ eşdeğeri) iken 2022'de 7.047 (t/CO₂ eşdeğeri) şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Dolayısıyla 1970'ten 2022'ye kadar olan dönemde Türkiye'nin kişi başına sera gazı salınımında yaklaşık 2.586 katlık bir artış meydana gelmiştir. Türkiye'nin toplam sera gazı salınımı ise 1970'te yaklaşık 99.845 (Mt/CO₂ eşdeğeri) iken 2022'de 598.844 (Mt/CO₂ eşdeğeri) olarak gerçekleşmiştir. Bu dönemde, Türkiye'nin toplam sera gazı salınımında yaklaşık 5.998 kat bir artış yaşanmıştır. Dolayısıyla bu veriler, Türkiye için söz konusu dönemde çevre kirliliğinin arttığını veya çevresel kalitenin bozulduğunu işaret etmektedir. Diğer taraftan, Dreher (2006) tarafından ekonomik, sosyal, politik ve genel küreselleşme indeksleri literatüre tanıtılmış ve Gygli vd. (2019) tarafından küreselleşme indekslerinin güncel versiyonu hazırlanmıştır. Bu küreselleşme indeksi verileri KOF Swiss Economic Institute (2024) veri tabanından elde edilmektedir. KOF Swiss Economic Institute (2024) veri tabanından sağlanan veriler, ekonomik küreselleşme indeksinin 1970 ve 2022 yıllarında sırasıyla yaklaşık 31.820 ve 55.336 şeklinde olduğunu göstermektedir. Bu durum, ilgili dönemde Türkiye'nin ekonomik küreselleşmesinin 1.739 kat arttığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, Türkiye'nin ekonomik küreselleşmenin 1970'ten 2022'ye kadar olan dönem için artış gösterdiği sonucuna varılmaktadır. Tüm bu açıklamalar, Türkiye'de 1970-2022 dönemi için ekonomik küreselleşme ve sera gazı salınımı arasında pozitif bir korelasyonun olabileceğini gündeme getirmektedir. Fakat daha sağlıklı bir sonuca varabilmek için ampirik olarak bu ilişkinin detaylı şekilde test edilmesinde fayda vardır. Bu nedenle çalışmada, Türkiye için ekonomik küreselleşme – sera gazı salınımı ilişkisini NARDL yaklaşımından faydalanarak analiz etmek amaçlanmaktadır.

Bu çalışma, birçok açıdan literatüre katkılar sağlayarak önemli bir boşluğu doldurmaktadır. İlk olarak, literatürde Türkiye için ekonomik küreselleşmenin çevre kirliliği üzerindeki etkisi sınırlı sayıda çalışma tarafından incelenmektedir. Ayrıca bu ilişkiyi incelerken çevre kirliliği göstergesi olarak sera gazı salınımını dikkate alan literatürde çok az sayıda çalışma vardır. İkinci olarak, değişkenler arasındaki ilişkiyi asimetric yöntemler yardımıyla analiz eden çalışma sayısı sınırlıdır. Hatta, literatürde Shin vd. (2014) tarafından önerilen NARDL yaklaşımını kullanarak ekonomik küreselleşmenin sera gazı salınımı üzerindeki rolünü test eden neredeyse hiç çalışma yoktur. Yukarıdaki açıklanan tüm bu boşluklar göz önüne alındığında, çalışmanın literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümleri şu şekildedir: İkinci bölüm, analizde yararlanılan veri seti, tahmin modeli ve yöntem hakkında bilgi vermektedir. Üçüncü bölümde, ampirik analizden elde edilen bulgular verilmekte ve tahmin sonuçları tartışılmaktadır. Son bölümde; sonuç, politika yapıcılara ve gelecekteki çalışmalara öneriler sunulmaktadır.

2 Veri Seti, Tahmin Modeli ve Yöntem

2.1 Veri Seti ve Tahmin Modeli

Bu bölümde, analizde kullanılan veri setleri açıklanmakta ve tahmin modeli tanıtılmaktadır. Çalışmanın odak noktası, Türkiye için 1970-2022 dönemini kapsayan veriler kullanılarak ekonomik küreselleşmenin sera gazı salınımı üzerindeki etkisini test etmektir. Tahmin modellerine, sera gazı salınımının belirleyicisi olarak ele alınan değişkenlerden ekonomik küreselleşmeye ilaveten ekonomik büyüme, finansal gelişme, endüstriyel katma değer ve nüfus artışı dahil edilmektedir. Analizde yararlanılan tüm bu değişkenlere ilişkin ayrıntılı bilgiler Tablo 1'de sunulmaktadır. Analizde kullanılan verilerin 1970-2022 yıllarında boşluksuz ve tam olduğu için ilgili dönem

dikkate alınmaktadır. Ayrıca üretilen sonuçlarda hem yorumlamayı kolaylaştırmak hem de değişen varyans probleminin kaçınmak için kullanılan tüm serilerin logaritması alınarak tahminler yapılmaktadır. Tüm bu açıklamalardan hareketle, Denklem (1) ve (2)'de verilen tahmin modelleri yardımıyla analiz gerçekleştirilmektedir. Modeller şu şekildedir:

$$\ln GHG_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln EGLO^+_t + \alpha_2 \ln EGLO^-_t + \alpha_3 \ln GDP^+_t + \alpha_4 \ln GDP^-_t + \alpha_5 \ln FD^+_t + \alpha_6 \ln FD^-_t + \alpha_7 \ln IND^+_t + \alpha_8 \ln IND^-_t + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$\ln GHG_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln EGLO^+_t + \alpha_2 \ln EGLO^-_t + \alpha_3 \ln GDP^+_t + \alpha_4 \ln GDP^-_t + \alpha_5 \ln FD^+_t + \alpha_6 \ln FD^-_t + \alpha_7 \ln IND^+_t + \alpha_8 \ln IND^-_t + \alpha_9 \ln POP^+_t + \alpha_{10} \ln POP^-_t + \varepsilon_{2t} \quad (2)$$

Burada; $\ln GHG$, $\ln EGLO$, $\ln GDP$, $\ln FD$, $\ln IND$ ve $\ln POP$ sırasıyla sera gazı salınımı, ekonomik küreselleşme, ekonomik büyüme, finansal gelişme, endüstriyel katma değer ve nüfus artışını temsil etmektedir. Denklem (1) ve (2)'de yer alan α_0 , $+$, $-$ ve ε sırasıyla sabit terimi, pozitif şoku, negatif şoku ve hata terimini simgelemektedir. α_1 , α_3 , α_5 , α_7 ve α_9 sırasıyla ekonomik küreselleşme, ekonomik büyüme, finansal gelişme, endüstriyel katma değer ve nüfus artışına yönelik pozitif şokların elastikiyet katsayı tahminlerini işaret etmektedir. Diğer taraftan; α_2 , α_4 , α_6 , α_8 ve α_{10} sırasıyla ekonomik küreselleşme, ekonomik büyüme, finansal gelişme, endüstriyel katma değer ve nüfus artışına yönelik negatif şokların elastikiyet katsayı tahminlerini göstermektedir.

| Sembol | Değişken | Açıklama | Kaynak |
|------------|-------------------------|--|------------|
| $\ln GHG$ | Sera gazı salınımı | Kişi başına LULUCF hariç toplam sera gazı emisyonları (t CO ₂ e/kişi) | WDI (2025) |
| $\ln EGLO$ | Ekonomik küreselleşme | Ekonomik küreselleşme (indeks) | KOF (2024) |
| $\ln GDP$ | Ekonomik büyüme | Kişi başına GSYİH (Sabit 2015 ABD\$) | WDI (2025) |
| $\ln FD$ | Finansal gelişme | Bankalar tarafından özel sektöre verilen yurtiçi krediler (GSYİH'nin %'si) | WDI (2025) |
| $\ln IND$ | Endüstriyel katma değer | Endüstriyel katma değer (inşaat dahil) (GSYİH'nin %'si) | WDI (2025) |
| $\ln POP$ | Nüfus artışı | Nüfus artışı (yıllık %) | WDI (2025) |

Tablo 1. Değişkenlerin Açıklaması

2.2 Yöntem

Bu çalışmanın metodolojik olarak analiz aşamalarından ilki, serilerin birim kök özelliklerinin test edilmesinden oluşmaktadır. Bu kapsamda, serilerin durağanlıkları Dickey ve Fuller (1981), Elliott vd. (1996) ve Ng ve Perron (2001) tarafından geliştirilen sırasıyla ADF, DF-GLS ve Ng-Perron birim kök testleri ile analiz edilmektedir. Analizin ikinci aşamasında, tahmin modellerinde yer verilen değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi kanıtlayan eşbütünlüğün varlığı incelenmektedir. Shin vd. (2014) tarafından ileri sürülen NARDL yaklaşımı ile değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkisi tahmin edilmektedir. Ampirik analizin üçüncü aşaması, NARDL yaklaşımını kullanarak kısa ve uzun dönem katsayıların tespit edilmesini kapsamaktadır. Ayrıca bu aşamada, kısa ve uzun dönem asimetri belirlenmektedir. Ampirik analizin son aşamasında, modellere ilişkin dinamik çarpan tahminleri ortaya koyulmaktadır.

Bu çalışmada, ekonomik küreselleşmenin sera gazı salınımı üzerindeki etkisinin incelendiği ampirik modellere ekonomik büyüme, finansal gelişme, endüstrileşme ve nüfus artışı dahil edilerek tahminler gerçekleştirilmektedir. Tahminlerde, Shin vd. (2014) tarafından ortaya atılan NARDL yaklaşımından faydalanarak eşbütünlük, kısa ve uzun dönemli pozitif ve negatif şoklara ilişkin katsayılar, kısa ve uzun dönem asimetri ve dinamik çarpanlar test edilmektedir. Birçok avantajı ve üstünlüğü bulunan NARDL yöntemi, Pesaran vd. (2001) tarafından önerilen ARDL yaklaşımının asimetrik bir versiyonudur. NARDL yaklaşımı, analizde dikkate alınan değişkenlerin durağanlık seviyeleri $I(0)$, $I(1)$ veya karışık bütünlük derecelerinin tespit edilmesi durumunda dahi ilişkilerin test edilebilmesine imkan tanımaktadır. Ek olarak, NARDL tekniği küçük örneklem için güçlü ve tutarlı sonuçların elde edilmesinde oldukça başarılıdır. Bu nedenlerle, çalışmada ekonomik küreselleşme – sera gazı salınımı ilişkisine yönelik sağlam kanıtlar üretebilmek için NARDL modelinden faydalanılmaktadır.

Bu çalışmada yararlanılan tahmin modelleri NARDL yöntemi çerçevesinde aşağıdaki gibi yazılabilmektedir:

$$\begin{aligned} \Delta \ln GHG_t = & \delta_0 + \sum_{i=1}^p \delta_{1i} \Delta \ln GHG_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{2i} \Delta \ln EGLO^+_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{3i} \Delta \ln EGLO^-_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{4i} \Delta \ln GDP^+_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^q \delta_{5i} \Delta \ln GDP^-_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{6i} \Delta \ln FD^+_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{7i} \Delta \ln FD^-_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{8i} \Delta \ln IND^+_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^q \delta_{9i} \Delta \ln IND^-_{t-i} + \beta_1 \ln GHG_{t-1} + \beta_2 \ln EGLO^+_{t-1} + \beta_3 \ln EGLO^-_{t-1} + \beta_4 \ln GDP^+_{t-1} \\ & + \beta_5 \ln GDP^-_{t-1} + \beta_6 \ln FD^+_{t-1} + \beta_7 \ln FD^-_{t-1} + \beta_8 \ln IND^+_{t-1} + \beta_9 \ln IND^-_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta \ln GHG_t = & \delta_0 + \sum_{i=1}^p \delta_{1i} \Delta \ln GHG_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{2i} \Delta \ln EGLO^+_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{3i} \Delta \ln EGLO^-_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{4i} \Delta \ln GDP^+_{t-i} \\
& + \sum_{i=0}^q \delta_{5i} \Delta \ln GDP^-_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{6i} \Delta \ln FD^+_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{7i} \Delta \ln FD^-_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{8i} \Delta \ln IND^+_{t-i} \\
& + \sum_{i=0}^q \delta_{9i} \Delta \ln IND^-_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{10i} \Delta \ln POP^+_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_{11i} \Delta \ln POP^-_{t-i} + \beta_1 \ln GHG_{t-1} \\
& + \beta_2 \ln EGLO^+_{t-1} + \beta_3 \ln EGLO^-_{t-1} + \beta_4 \ln GDP^+_{t-1} + \beta_5 \ln GDP^-_{t-1} + \beta_6 \ln FD^+_{t-1} \\
& + \beta_7 \ln FD^-_{t-1} + \beta_8 \ln IND^+_{t-1} + \beta_9 \ln IND^-_{t-1} + \beta_{10} \ln POP^+_{t-1} + \beta_{11} \ln POP^-_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (4)
\end{aligned}$$

Denklem (3) ve (4)'te; δ_0 , Δ , p , q ve ε sırasıyla sabit terimi, birinci fark operatörünü, bağımlı değişken için uygun gecikme derecesini, açıklayıcı değişkenler için uygun gecikme derecesini ve hata terimini temsil etmektedir. $\delta_1 - \delta_{11}$ test edilen modellere ilişkin kısa-dönem katsayı tahminlerini simgelemekte iken $\beta_1 - \beta_{11}$ uzun-dönem katsayı tahminlerini işaret etmektedir. Tüm bu açıklamalara ilaveten, NARDL yönteminin tahmin sürecinde modeller için asimetrik eşbütünlüşme ilişkisinin tespit edilmesinde Pesaran vd. (2001) ve Banerjee vd. (1998) tarafından sırasıyla önerilen F_{PSS} ve t_{BDM} istatistiklerinden yararlanılmaktadır. Burada, hesaplanan F_{PSS} ve t_{BDM} istatistikleri üst kritik sınırı aştığında eşbütünlüşmenin olmadığını işaret eden boş hipotez reddedilmekte ve dolayısıyla eşbütünlüşmenin varlığını ifade eden alternatif hipotez kabul edilmektedir. Bununla birlikte, hesaplanan F_{PSS} ve t_{BDM} istatistikleri, alt kritik sınırdan küçük tespit edildiğinde boş hipotez kabul edilmekte ve alt ile üst kritik sınır arasında belirlendiğinde ise eşbütünlüşmenin varlığına yönelik kesin bir çıkarımda bulunulamamaktadır. Diğer taraftan, NARDL tekniğinde WALD testi uygulanarak kısa ve uzun dönemli asimetrikler belirlenmektedir. Ayrıca çalışmada, NARDL yöntemi vasıtasıyla üretilen bulguların güvenilirliği için otokorelasyon, normal dağılım, değişen varyans ve fonksiyonel form gibi çeşitli tanısal testlere yer verilmektedir.

3 Bulgular ve Tartışma

Çalışmanın bu bölümünde, analizden elde edilen tahmin bulguları sunulmakta ve sonuçlar tartışılmaktadır. Analiz sürecinin ilk aşamasında, modellerde yer verilen değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon matrisi bulguları değerlendirilmektedir. Tablo 2'de sunulan tanımlayıcı istatistikler, değişkenlerden ekonomik küreselleşme, finansal gelişme ve nüfus artışının normal dağılıma sahip olmadığını işaret etmektedir. Bu durum, daha tutarlı bulgular elde etmek için tahmin sürecinin ileriki aşamalarında simetrik yaklaşımlardan ziyade asimetrik bir yöntemin kullanılması gerektiğinin altını çizmektedir. Diğer taraftan Tablo 3'te verilen korelasyon matrisi sonuçları, sera gazı salınımı ile nüfus artışı arasında negatif bir korelasyonu işaret etmekte iken diğer açıklayıcı değişkenlerle sera gazı salınımı arasında pozitif ilişkilerin olduğunu göstermektedir. Bu korelasyon sonuçları, değişkenler arasındaki sadece beklenen etkiler hakkında bilgi verdiğinden dolayı ilişkilere yönelik kesin bir yorum yapmak yanlı olabilmektedir. Bu nedenle, değişkenler arasındaki ilişkileri sağlam ve tutarlı bir şekilde tespit etmek için çalışmanın tahmin sürecinin ileriki aşamalarında kapsamlı bir analiz uygulanmaktadır.

Durağan olmayan serilerle analiz gerçekleştirildiğinde tutarlı olmayan veya yanlı tahmin sonuçlarıyla karşılaşılabilir. Dolayısıyla çalışmanın tahmin sürecinin ikinci aşamasında, birim kök testlerinden elde edilen durağanlık sonuçları incelenmektedir. Bu kapsamda; ADF, DF-GLS ve Ng-Perron birim kök testlerinden yararlanılarak serilerin durağanlık düzeyleri tespit edilmekte ve bulgular Tablo 4'te raporlanmaktadır. Ulaşılan birim kök sonuçları, nüfus artışı haricindeki tüm serilerin farkında durağan olduğunu işaret etmektedir. Daha açık bir ifadeyle, tahmin modellerinde yer verilen değişkenlerden sera gazı salınımı, ekonomik küreselleşme, ekonomik büyüme, finansal gelişme ve endüstriyel katma değer birinci farkında durağan iken nüfus artışı düzeyde durağan olarak belirlenmektedir. Bu bulgular, durağanlık problemi olmadığı için, dikkate alınan değişkenlerin analiz için diğer aşamalarında kullanılmasında bir engelin bulunmadığını kanıtlar niteliktedir.

| | $\ln GHG$ | $\ln EGLO$ | $\ln GDP$ | $\ln FD$ | $\ln IND$ | $\ln POP$ |
|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ortalama | 1.476506 | 3.822447 | 8.717664 | 3.218661 | 3.300443 | 0.427215 |
| Medyan | 1.465821 | 3.914737 | 8.676195 | 3.024393 | 3.288305 | 0.418336 |
| Maksimum | 2.004594 | 4.058111 | 9.550741 | 4.261222 | 3.495741 | 0.875763 |
| Minimum | 1.002517 | 3.460087 | 8.063381 | 2.609215 | 3.088031 | -1.827244 |
| Std. Sapma | 0.288741 | 0.205809 | 0.424921 | 0.518395 | 0.114653 | 0.417011 |
| Çarpıklık | 0.288468 | -0.633180 | 0.363322 | 0.898968 | -0.002187 | -2.985957 |
| Basıklık | 1.890134 | 1.810980 | 1.961756 | 2.293318 | 1.885024 | 17.09790 |
| Jarque-Bera | 3.455287 | 6.663511 | 3.546501 | 8.241442 | 2.745380 | 517.6652 |
| (Prob.) | (0.177703) | (0.035730) | (0.169780) | (0.016233) | (0.253424) | (0.000000) |
| Gözlem Sayısı | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 |

Not: Tüm değişkenler logaritmidir.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

| Değişkenler | <i>lnGHG</i> | <i>lnEGLO</i> | <i>lnGDP</i> | <i>lnFD</i> | <i>lnIND</i> | <i>lnPOP</i> |
|---------------|--------------|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| <i>lnGHG</i> | 1.000000 | | | | | |
| <i>lnEGLO</i> | 0.867647 | 1.000000 | | | | |
| <i>lnGDP</i> | 0.994755 | 0.860737 | 1.000000 | | | |
| <i>lnFD</i> | 0.821160 | 0.525714 | 0.825298 | 1.000000 | | |
| <i>lnIND</i> | 0.340233 | 0.522781 | 0.354871 | 0.144566 | 1.000000 | |
| <i>lnPOP</i> | -0.644599 | -0.612089 | -0.638261 | -0.354646 | -0.133902 | 1.000000 |

Tablo 3. Korelasyon Matrisi

| Değişkenler | ADF | DF-GLS | Ng-Perron | | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| | <i>t</i> -istatistiği | <i>t</i> -istatistiği | <i>MZa</i> | <i>MZt</i> | <i>MSB</i> | <i>MPT</i> |
| <i>lnGHG</i> | -2.781495(0) | -2.836094(0) | -12.2359(0) | -2.47341(0) | 0.20214(0) | 7.44756(0) |
| <i>lnEGLO</i> | -1.484663(0) | -1.589940(0) | -5.33872(0) | -1.49576(0) | 0.28017(0) | 16.6086(0) |
| <i>lnGDP</i> | -1.626287(0) | -1.715703(0) | -6.11530(0) | -1.59155(0) | 0.26026(0) | 14.7854(0) |
| <i>lnFD</i> | -1.712945(0) | -1.418251(0) | -3.35827(0) | -1.28889(0) | 0.38380(0) | 26.9970(0) |
| <i>lnIND</i> | -2.015848(0) | -1.798350(0) | -5.46492(0) | -1.64732(0) | 0.30143(0) | 16.6577(0) |
| <i>lnPOP</i> | -5.524017(0)*** | -5.631867(0)*** | -24.5855(0)*** | -3.50609(0)*** | 0.14261(0)*** | 3.70656(0)*** |
| $\Delta lnGHG$ | -6.783114(1)*** | -7.212928(0)*** | -25.4410(0)*** | -3.48082(0)*** | 0.13682(0)*** | 4.08732(0)** |
| $\Delta lnEGLO$ | -8.950505(0)*** | -9.112087(0)*** | -23.9092(0)*** | -3.45326(0)*** | 0.14443(0)** | 3.83709(0)*** |
| $\Delta lnGDP$ | -6.965777(0)*** | -7.068134(0)*** | -25.4844(0)*** | -3.56869(0)*** | 0.14003(0)*** | 3.58129(0)*** |
| $\Delta lnFD$ | -4.895855(0)*** | -4.862491(0)*** | -22.9450(0)** | -3.19794(0)** | 0.13937(0)*** | 5.08437(0)** |
| $\Delta lnIND$ | -7.303370(0)*** | -7.348362(0)*** | -25.4305(0)*** | -3.56531(0)*** | 0.14020(0)*** | 3.58645(0)*** |
| $\Delta lnPOP$ | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Not: Sonuçlar, sabitte ve trenddeki tahminleri göstermektedir. Δ , birinci fark operatörüdür. Parantez içindeki değerler optimum gecikme uzunluğunu işaret etmektedir. Optimum gecikme uzunluğu SIC kullanılarak otomatik olarak belirlenmektedir. *** ve ** sırasıyla %1 ve %5 düzeyindeki anlamlılığı simgelemektedir.

Tablo 4. Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenlerin birim kök özelliklerinin tespit edilmesinden ardından modellere ilişkin eşbütünleşme ilişkileri analizin bu aşamasında incelenmektedir. Model (1) ve Model (2) için NARDL yönteminden elde edilen eşbütünleşme sonuçları Tablo 5'te verilmektedir. Tahmin sonuçları, Model (1) ve Model (2) için t_{BDM} istatistik değerlerinin sırasıyla -4.3982 ve -4.4698 olduğunu göstermekte iken F_{PSS} sınır testi istatistiğinin sırasıyla 4.9924 ve 4.7137 olduğunu işaret etmektedir. Model (1) ve Model (2) için hesaplanan F_{PSS} tahmin sonuçları sırasıyla tablo üst kritik sınır değerini %5 ve %1 anlamlılık seviyesinde aşmakta ve dolayısıyla değişkenler arasında doğrusal olmayan eşbütünleşme (veya asimetrik eşbütünleşme) ilişkisinin varlığı istatistiksel olarak ortaya koyulmaktadır. Ayrıca Model (1) ve Model (2) için hesaplanan t_{BDM} tahmin sonuçları, %5 anlamlılık seviyesinde eşbütünleşme ilişkisinin varlığını ispatlar niteliktedir. Dolayısıyla eşbütünleşmenin olmadığını işaret eden boş hipotez reddedilerek hem Model (1) hem de Model (2)'de yer verilen değişkenler arasında uzun dönemli asimetrik bir ilişkinin olduğu sonucuna varılmaktadır. Yani, NARDL yaklaşımı kullanılarak elde edilen her iki test istatistiği değerleri tablo üst kritik sınır değerlerini aştığından dolayı ekonomik küreselleşme, ekonomik büyüme, finansal gelişme, endüstrileşme, nüfus artışı ve sera gazı salınımı arasında asimetrik eşbütünleşmenin varlığı ispatlanmaktadır.

| | Test istatistikleri | Değer | Sonuç |
|-----------|---------------------|-----------|-------------------|
| Model (1) | t_{BDM} | -4.3982** | Eşbütünleşme var. |
| | F_{PSS} | 4.9924** | Eşbütünleşme var. |
| Model (2) | t_{BDM} | -4.4698** | Eşbütünleşme var. |
| | F_{PSS} | 4.7137*** | Eşbütünleşme var. |

Not: t_{BDM} ve F_{PSS} değerleri sırasıyla Banerjee vd. (1998) istatistiğini ve Pesaran vd. (2001) sınır testi istatistiğini ifade etmektedir. Model (1) ve Model (2) için kritik tablo değerleri sırasıyla $k = 4$ ve $k = 5$ dikkate alınarak kontrol edilmiştir. *** ve ** sırasıyla %1 ve %5 düzeyindeki anlamlılığı simgelemektedir.

Tablo 5. NARDL Eşbütünleşme Sonuçları

Analiz sürecinin bir diğer aşamasında, NARDL yöntemi vasıtasıyla uzun dönem katsayı tahminleri elde edilmektedir. Model (1) ve Model (2) için uzun dönem katsayı tahmin sonuçları Tablo 6'da sunulmaktadır. Çalışmanın odak noktasını oluşturan bulgu, her iki model için uzun dönemde ekonomik küreselleşmeye yönelik pozitif şokların sera gazı salınımını artırdığını göstermektedir. Model (1) ve Model (2)'de pozitif ekonomik küreselleşme şoklarının sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık seviyesinde sera gazı salınımını tetiklediği tespit edilmektedir. Ekonomik küreselleşmeye yönelik %1 birimlik pozitif bir şok Model (1) ve Model (2) için sera gazı salınımını sırasıyla %0.433 ve %0.545 şeklinde artırmaktadır. Diğer taraftan, hem Model (1) hem de Model (2)'de negatif ekonomik küreselleşme şoklarının sera gazı salınımı üzerindeki etkilerini gösteren katsayılar negatif olarak

tespit edilmekte ama istatistiksel olarak anlamsız olduğu göze çarpmaktadır. Bu tahmin bulguları, Türkiye'nin ekonomik küreselleşmesindeki uzun dönemli pozitif gelişmelerin sera gazı salınımı üzerinde artırıcı bir etkiye sahip olduğunu kanıtlamaktadır. Dolayısıyla Türkiye'de ekonomik küreselleşmede meydana gelen artışların sera gazı salınımını tetiklediği sonucuna varılmaktadır. Bu bulgu, Türkiye'nin çevresel kaliteyi iyileştirmek amacıyla küreselleşme sürecinin ekonomik boyutundan çok fazla yararlanamayarak dış ticaret ve doğrudan yabancı yatırımlar aracılığıyla kirletici endüstrileri ekonomiye aktardığı anlamına gelmektedir. Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülke için elde edilen bu tahmin sonucu, Kirlilik Halesi Hipotezinden ziyade Kirlilik Cenneti Hipotezinin önerilerini doğrular niteliktedir. Ayrıca kompozisyon etkisi dikkate alındığında, elde edilen ampirik sonuç ekonomik entegrasyon süreciyle birlikte karşılaştırmalı üstünlük açısından Türkiye'de uzmanlaşmanın kirlilik yoğun sektörlerle kaydığını işaret etmektedir. Ayrıca ekonomik küreselleşmenin sera gazı salınımını artırarak çevre kalitesini bozduğu anlamına gelen bu tahmin bulgusu, literatürdeki Farooq vd. (2022), Murshed vd. (2022), Rehman vd. (2023), Dumrul vd. (2023), Sun vd. (2023), Alam vd. (2023), Al-Malki vd. (2024), Shabir (2024), Bekun ve Ozturk (2025) gibi çalışmaların sonuçlarıyla benzerlik göstermekteyken Yang vd. (2021), Majeed vd. (2021), Karaduman (2022), Zhou vd. (2023), Awosusi vd. (2023) gibi çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmemektedir.

Tablo 6'daki bulgular, ekonomik küreselleşmeye ilaveten tahmin modellerinde yer verilen diğer açıklayıcı değişkenlerden ekonomik büyümenin sera gazı salınımı üzerindeki etkisini göstermektedir. Burada, uzun dönemde pozitif ekonomik büyüme şoklarının sera gazı salınımını artırdığı kanıtlanmaktayken ekonomik büyümeye yönelik negatif bir şokun sera gazı salınımını azalttığı ortaya koyulmaktadır. Diğer bir ifadeyle, Model (1) ve Model (2) için ekonomik büyümeye yönelik %1 birimlik pozitif bir şok sera gazı salınımı üzerinde sırasıyla %0.633 ve %0.816 artışa neden olmaktadır. Ekonomik büyümede meydana gelen %1 birimlik negatif bir şok sera gazı salınımını Model (1) ve Model (2) için sırasıyla istatistiksel olarak anlamlı olarak %-1.120 ve %-1.822 şeklinde etkilemektedir. Dolayısıyla Türkiye'de ekonomik büyümedeki artışların (azalışların) sera gazı salınımını pozitif (negatif) etkilediği ispatlanmaktadır. Grossman ve Krueger (1995) tarafından ortaya atılan ters-U şeklindeki Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi dikkate alındığında, ülkelerin gelişmişlik yapılarına göre ekonomik büyüme çevre kirliliği üzerinde pozitif (birinci safha) veya negatif (ikinci safha) bir etkiye sahip olabilmektedir. Ekonomik büyüme – sera gazı salınımı ilişkisine yönelik bu çalışmanın tahmin bulguları göz önüne alındığında, Türkiye'nin ÇKE hipotezi açısından ilk safhada yer aldığı (yani ekonomide teknik etkinin ölçek etkisine göre daha zayıf kaldığı) çıkarımı yapılabilmektedir. Bu durum, Türkiye ekonomisinde çevreci bir işleyişin kıtlığını veya sürdürülebilirliğe yeteri kadar önem verilmediğini gündeme getirmektedir. Adebayo vd. (2023) tarafından Türkiye için NARDL tekniği kullanılarak pozitif ekonomik büyüme şoklarının uzun dönemde CO₂ emisyonunu tetiklediği ama negatif şokların anlamsız olduğu şeklinde ortaya koyulan bulgularla bu çalışmanın tahmin sonuçları kısmen tutarlılık göstermektedir. Ozturk vd. (2022) tarafından Türkiye'de 1987'den 2019'a olan dönem için NARDL yaklaşımından faydalanılarak uzun dönemde ekonomik büyümeye yönelik pozitif şokların CO₂ emisyonları üzerinde istatistiksel olarak anlamsız ama negatif ekonomik büyüme şoklarının CO₂ emisyonları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve azaltıcı bir etkisi olduğu saptanan sonuçlarla bu çalışmanın tahmin bulguları tam olarak örtüşmese de negatif şoklar açısından benzerlik göstermektedir. Cezayir için 1970-2018 verilerini kullanarak ekonomik büyümeye yönelik pozitif şokların çevre kirliliğini istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artırdığını ve negatif ekonomik büyüme şoklarının ise istatistiksel olarak anlamsız negatif bir katsayıya sahip olduğunu bulan Udemba ve Yalçıntaş (2021)'in tahminleriyle bu çalışmanın sonuçları kısmen uyumludur. Ampirik literatürde ekonomik büyümenin çevre kirliliğini artırdığını ortaya koyan Ahmed vd. (2022), Raihan ve Tuspekova (2022) ve Zafar vd. (2022) gibi çalışmaların sonuçlarıyla elde edilen tahmin bulguları örtüşmektedir.

Tahmin modellerinde, sera gazı salınımının diğer bir açıklayıcısı olarak finansal gelişme dikkate alınmaktadır. Tablo 6'da sunulan tahmin bulguları, her iki modelde de finansal gelişmeye yönelik pozitif şokların sera gazı salınımı üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olduğunu işaret etmektedir. Fakat hem Model (1) hem de Model (2) için uzun dönemde negatif finansal gelişme şoklarının sera gazı salınımı üzerindeki etkisinin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu tahmin edilmektedir. Yani, finansal gelişmede meydana gelen %1 birimlik negatif bir şok sera gazı salınımını Model (1) ve Model (2) için sırasıyla %0.186 ve %0.350 artırmaktadır. Bu sonuçlar, Türkiye'nin finansal gelişmesindeki olumlu gelişmelerin çevre kirliliği üzerinde anlamlı bir etkiye neden olmadığı ve finansal gelişmedeki olumsuz gelişmelerin ise çevre kalitesini kötüleştirdiği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, Türk finans sektörünün ekonomik birimlere kredi ve destek paketleri sunarken yatırımların ve/veya ihtiyaçların çevreci olup olmaması konusunda bir ayırım yapmadığı sonucuna varılmaktadır. Türkiye'de finans sektörünün ve finansal yapının kırılganlıkları en aza indirilerek sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamında finansal kurumların daha etkili ve kaliteli hale getirilmesi gerekmektedir. Gill vd. (2023) tarafından Pakistan için NARDL yaklaşımını kullanarak 1980-2018 dönemini kapsayan verilerle finansal gelişmeye yönelik pozitif şokların ekolojik ayak izi üzerinde istatistiksel olarak anlamsız olduğu ama negatif finansal gelişme şoklarının ekolojik ayak izi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı pozitif bir etkisinin varlığını kanıtlandığı uzun dönemli bulgularla bu çalışmanın tahmin sonuçları benzerdir. Patel ve Mehta (2023), Hindistan için 1971-2019 dönemini dikkate alarak NARDL yöntemi vasıtasıyla finansal gelişmeye yönelik pozitif ve negatif şokların CO₂ emisyonları üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğunu buldukları uzun dönemli sonuçlarla bu çalışmanın tahmin çıktıları uyumlu değildir. Ayrıca Hindistan'da 1965-2020 dönemi için NARDL tekniğini kullanarak pozitif finansal gelişme

şoklarının uzun dönemde CO₂ emisyonunu artırdığını tespit eden Subhan vd. (2023)'nin tahminleriyle bu çalışmanın sonuçları farklılık göstermektedir.

Model (1) ve (2)'de sera gazı salınımının açıklayıcıları arasına endüstriyel katma değer eklenmektedir. Tablo 6'da sunulan bulgular, iki tahmin modelinde de endüstriyel katma değere yönelik uzun dönemli pozitif bir şokun sera gazı salınımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı negatif bir etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle, Türkiye'nin endüstriyel katma değerinde meydana gelen %1 birimlik pozitif bir gelişme sera gazı salınımını Model (1) ve Model (2) için sırasıyla %0.366 ve %0.592 azaltmaktadır. Dolayısıyla Türkiye ekonomisinde endüstriyel katma değerli üretimin artması çevre kirliliğini azaltarak çevresel kalitenin iyileşmesine destek olmaktadır. Diğer taraftan, negatif endüstriyel katma değer şoklarının sera gazı salınımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmadığı saptanmaktadır. Endüstrileşme ve sera gazı salınımı arasındaki ilişkiye yönelik bu bulgular, Türkiye'de çevre kalitesini iyileştirmek için katma değerli endüstriyel üretimin artmasına daha fazla önem verilmesi gerektiğinin altını çizmektedir. Bu çalışmanın ampirik sonuçları, Elfaki vd. (2022) tarafından ASEAN+3'ü kapsayan 8 ülke için 1994-2018 dönemine ilişkin verilerle PMG-ARDL yöntemini kullanarak uzun dönemde endüstrileşmenin CO₂ emisyonunu azalttığı şeklinde ortaya koyulan bulgularla örtüşmektedir. Fakat literatürdeki çalışmalardan Çin için Liu ve Bae (2018), APEC ülkeleri için Wang vd. (2020), Türkiye için Destek (2021), BRI ülkeleri için Hussain ve Zhou (2022), Sahra Altı Afrika ülkeleri için Amoah vd. (2024) tarafından endüstrileşmenin çevre kirliliğini artırdığı şeklinde tespit edilen sonuçlarla ulaşılan tahmin bulguları uyumlu değildir.

Son olarak, Model (2)'ye sera gazı salınımının açıklayıcılarına nüfus artışı değişkeni dahil edilerek Model (1) genişletilmektedir. Bir toplumun nüfus yapısı eğitilmiş ve çevresel hassasiyeti yüksek hale geldikçe kişi başına düşen sera gazı salınımının azalması kaçınılmazdır. Fakat bu çalışmanın ampirik bulguları, uzun dönemde nüfus artışına yönelik pozitif bir şokun sera gazı salınımını %5 anlamlılık düzeyinde artırdığını ortaya koymaktadır. Burada, nüfus artışıdaki %1'lik pozitif bir gelişmenin sera gazı salınımını %0.174 artırdığı göze çarpmaktadır. Yani, Türkiye'nin nüfusundaki artış kişi başına düşen sera gazı salınımının yükselmesine neden olmaktadır. Bu durum, Türkiye'deki bireylerin çevreci davranışlarının gelişmediği anlamına gelmektedir. Diğer taraftan, negatif nüfus artışı şoklarının sera gazı salınımı üzerindeki etkisinin ise istatistiksel olarak anlamsız olduğu Tablo 6'da görülmektedir. Nüfus artışı – sera gazı salınımı ilişkisine yönelik tüm bu bulgular, Türkiye'nin nüfusunun artmasıyla birlikte çevre kalitesinin bozulduğunu işaret etmektedir. Bu durum, ülke nüfusunun artmasıyla daha fazla kaynağa gereksinim duyulması sonucu doğurarak üretim ve tüketim kalemlerinde bir büyümeye neden olmaktadır. Dolayısıyla sürdürülebilir üretim ve tüketim davranışlarının daha zayıf olduğu toplumlarda nüfus artışı çevresel kalitenin bozulmasına sebep olabilmektedir. Hanif vd. (2019) tarafından gelişmekte olan Asya ülkeleri için 1990-2015 dönemini kapsayan verilerle iki aşamalı sistem GMM tekniğini kullanarak nüfus artışının CO₂ emisyonuna katkı sağladığı ve dolayısıyla çevre kalitesini kötüleştirdiği şeklinde tespit edilen tahmin sonucuyla bu çalışmanın bulgusu uyumludur. Khan vd. (2021) tarafından ABD'de 1971-2016 dönemi için nüfus artışının ekolojik ayak izi ve CO₂ emisyonu üzerinde pozitif bir etkisi olduğu tespit edilen sonuçlarla bu çalışmanın bulguları tutarlıdır. Ayrıca bu çalışmada nüfus artışı ve çevre kirliliği arasındaki tespit edilen pozitif korelasyon sonucu, nüfusun yoğun olduğu 5 Afrika ülkesi için Dimnwobi vd. (2021) tarafından ulaşılan analiz bulgularıyla benzer niteliktedir.

Ampirik analiz bir sonraki aşamasında, NARDL tekniği kullanılarak kısa dönem katsayı tahminleri hesaplanmaktadır. Bu çalışmada, kısa dönemli bulgulara çok fazla odaklanılmadığı için burada ayrıntılı şekilde açıklanmamaktadır. Tablo 7'de, Model (1) ve Model (2) için NARDL yaklaşımından üretilen kısa dönem katsayı tahminleri sadece bilgi sahibi olunması adına sunulmaktadır.

| Değişkenler | Model (1) | | | Model (2) | | |
|----------------------------|-----------|---------------|-------|-----------|---------------|-------|
| | Katsayı | F-istatistiği | P > F | Katsayı | F-istatistiği | P > F |
| <i>lnEGLO</i> ⁺ | 0.433** | 5.414 | 0.029 | 0.545*** | 10.27 | 0.005 |
| <i>lnEGLO</i> ⁻ | -0.323 | 1.591 | 0.219 | -0.283 | 1.531 | 0.232 |
| <i>lnGDP</i> ⁺ | 0.633*** | 16.32 | 0.000 | 0.816*** | 22.45 | 0.000 |
| <i>lnGDP</i> ⁻ | -1.120* | 4.227 | 0.051 | -1.822*** | 9.202 | 0.007 |
| <i>lnFD</i> ⁺ | 0.109 | 2.792 | 0.108 | -0.011 | .01888 | 0.892 |
| <i>lnFD</i> ⁻ | 0.186* | 3.562 | 0.071 | 0.350*** | 9.442 | 0.007 |
| <i>lnIND</i> ⁺ | -0.366** | 5.677 | 0.025 | -0.592*** | 11.81 | 0.003 |
| <i>lnIND</i> ⁻ | -0.482 | 1.432 | 0.243 | -0.363 | 1.044 | 0.320 |
| <i>lnPOP</i> ⁺ | ... | ... | ... | 0.174** | 4.445 | 0.049 |
| <i>lnPOP</i> ⁻ | ... | ... | ... | -0.136 | 2.509 | 0.131 |

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyindeki anlamlılığı simgelemektedir.

Tablo 6. NARDL Uzun Dönem Katsayı Sonuçları (Bağımlı Değişken: *lnGHG*)

| $\Delta \ln GHG$ | Model (1) | | | | | Model (2) | | | | |
|---------------------------|-------------|-----------|--------|-------|---|-------------|-----------|--------|-------|---|
| | Katsayı | Std. Hata | t-ist. | P > | t | Katsayı | Std. Hata | t-ist. | P > | t |
| $\ln GHG_{t-1}$ | -0.84935*** | 0.19311 | -4.40 | 0.000 | | -0.97106*** | 0.21725 | -4.47 | 0.000 | |
| $\ln EGLO^+_{t-1}$ | 0.36808*** | 0.12955 | 2.84 | 0.009 | | 0.52928*** | 0.14242 | 3.72 | 0.002 | |
| $\ln EGLO^-_{t-1}$ | 0.27464 | 0.21541 | 1.27 | 0.215 | | 0.27479 | 0.21701 | 1.27 | 0.222 | |
| $\ln GDP^+_{t-1}$ | 0.53758*** | 0.16508 | 3.26 | 0.003 | | 0.79266*** | 0.21188 | 3.74 | 0.001 | |
| $\ln GDP^-_{t-1}$ | 0.95108** | 0.45723 | 2.08 | 0.048 | | 1.76976** | 0.62684 | 2.82 | 0.011 | |
| $\ln FD^+_{t-1}$ | 0.09263 | 0.05422 | 1.71 | 0.100 | | -0.01024 | 0.07514 | -0.14 | 0.893 | |
| $\ln FD^-_{t-1}$ | -0.15808** | 0.07147 | -2.21 | 0.037 | | -0.33966*** | 0.10115 | -3.36 | 0.004 | |
| $\ln IND^+_{t-1}$ | -0.31079** | 0.11418 | -2.72 | 0.012 | | -0.57484*** | 0.15110 | -3.80 | 0.001 | |
| $\ln IND^-_{t-1}$ | 0.40918 | 0.30779 | 1.33 | 0.196 | | 0.35291 | 0.31653 | 1.11 | 0.280 | |
| $\ln POP^+_{t-1}$ | ... | ... | ... | ... | | 0.16904* | 0.08214 | 2.06 | 0.054 | |
| $\ln POP^-_{t-1}$ | ... | ... | ... | ... | | 0.13166 | 0.08128 | 1.62 | 0.123 | |
| $\Delta \ln GHG_{t-1}$ | 0.07273 | 0.17559 | 0.41 | 0.682 | | 0.31582 | 0.22018 | 1.43 | 0.169 | |
| $\Delta \ln EGLO^+_t$ | 0.16224 | 0.20114 | 0.81 | 0.428 | | 0.66178** | 0.26222 | 2.52 | 0.021 | |
| $\Delta \ln EGLO^+_{t-1}$ | -0.00225 | 0.18053 | -0.01 | 0.990 | | 0.11520 | 0.18749 | 0.61 | 0.547 | |
| $\Delta \ln EGLO^-_t$ | -0.16238 | 0.20410 | -0.80 | 0.434 | | -0.34141 | 0.21087 | -1.62 | 0.123 | |
| $\Delta \ln EGLO^-_{t-1}$ | -0.34461 | 0.21783 | -1.58 | 0.127 | | -0.44369* | 0.21616 | -2.05 | 0.055 | |
| $\Delta \ln GDP^+_t$ | 0.44612** | 0.18707 | 2.38 | 0.025 | | 0.31386 | 0.24138 | 1.30 | 0.210 | |
| $\Delta \ln GDP^+_{t-1}$ | -0.42818* | 0.21550 | -1.99 | 0.058 | | -0.48816** | 0.22855 | -2.14 | 0.047 | |
| $\Delta \ln GDP^-_t$ | 0.88513** | 0.37498 | 2.36 | 0.027 | | 1.68295*** | 0.51675 | 3.26 | 0.004 | |
| $\Delta \ln GDP^-_{t-1}$ | 0.10161 | 0.43948 | 0.23 | 0.819 | | -0.08610 | 0.42455 | -0.20 | 0.842 | |
| $\Delta \ln FD^+_t$ | -0.04203 | 0.09165 | -0.46 | 0.651 | | -0.02342 | 0.09617 | -0.24 | 0.810 | |
| $\Delta \ln FD^+_{t-1}$ | 0.06224 | 0.07693 | 0.81 | 0.426 | | 0.10474 | 0.08035 | 1.30 | 0.209 | |
| $\Delta \ln FD^-_t$ | 0.04595 | 0.05527 | 0.83 | 0.414 | | -0.02651 | 0.06330 | -0.42 | 0.680 | |
| $\Delta \ln FD^-_{t-1}$ | 0.13994* | 0.07302 | 1.92 | 0.067 | | 0.15742* | 0.07789 | 2.02 | 0.058 | |
| $\Delta \ln IND^+_t$ | 0.10441 | 0.12064 | 0.87 | 0.395 | | -0.00734 | 0.12421 | -0.06 | 0.954 | |
| $\Delta \ln IND^+_{t-1}$ | 0.48909*** | 0.15303 | 3.20 | 0.004 | | 0.59541*** | 0.15327 | 3.88 | 0.001 | |
| $\Delta \ln IND^-_t$ | -0.02979 | 0.23070 | -0.13 | 0.898 | | -0.05148 | 0.22675 | -0.23 | 0.823 | |
| $\Delta \ln IND^-_{t-1}$ | -0.39226 | 0.23649 | -1.66 | 0.110 | | -0.25855 | 0.24091 | -1.07 | 0.297 | |
| $\Delta \ln POP^+_t$ | ... | ... | ... | ... | | -0.03475 | 0.06479 | -0.54 | 0.598 | |
| $\Delta \ln POP^+_{t-1}$ | ... | ... | ... | ... | | 0.00266 | 0.01958 | 0.14 | 0.894 | |
| $\Delta \ln POP^-_t$ | ... | ... | ... | ... | | -0.01156 | 0.01581 | -0.73 | 0.474 | |
| $\Delta \ln POP^-_{t-1}$ | ... | ... | ... | ... | | -0.16302* | 0.08477 | -1.92 | 0.070 | |
| Sabit | 0.88743*** | 0.20131 | 4.41 | 0.000 | | 0.98500*** | 0.22248 | 4.43 | 0.000 | |

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyindeki anlamlılığı simgelemektedir.

Tablo 7. NARDL Kısa Dönem Katsayı Sonuçları

Analiz sürecinin bir diğer adımında, modellerde yer verilen açıklayıcı değişkenler ile sera gazı salınımı arasındaki kısa ve uzun dönemli asimetriten tespit edilmektedir. Bu kapsamda, Tablo 8’de ekonomik küreselleşme, ekonomik büyüme, finansal gelişme, endüstriyel katma değer, nüfus artışı ile sera gazı salınımı arasındaki kısa ve uzun dönem asimetriten sunulmaktadır. Tahmin sonuçları, Model (1) ve Model (2) için hem kısa hem de uzun dönemde asimetriten varlığını kanıtlamaktadır. Bu durum, modellerde yer verilen bağımsız değişkenlerle sera gazı salınımı arasında asimetrik bir analiz yapılmasının tutarlı olduğunu göstermektedir.

| | Uzun Dönem Asimetri | | | | Kısa Dönem Asimetri | | | |
|---------------------|---------------------|-------|---------------|-------|---------------------|-------|---------------|-------|
| | Model (1) | | Model (2) | | Model (1) | | Model (2) | |
| | F-istatistiği | P>F | F-istatistiği | P>F | F-istatistiği | P>F | F-istatistiği | P>F |
| $W_{LR}^{\ln EGLO}$ | 0.1525 | 0.700 | 1.004 | 0.330 | ... | ... | ... | ... |
| $W_{SR}^{\ln EGLO}$ | ... | ... | ... | ... | 1.613 | 0.216 | 6.574** | 0.020 |
| $W_{LR}^{\ln GDP}$ | 0.6399 | 0.432 | 2.448 | 0.135 | ... | ... | ... | ... |
| $W_{SR}^{\ln GDP}$ | ... | ... | ... | ... | 1.663 | 0.210 | 3.674* | 0.071 |
| $W_{LR}^{\ln FD}$ | 4.484** | 0.045 | 6.641** | 0.019 | ... | ... | ... | ... |
| $W_{SR}^{\ln FD}$ | ... | ... | ... | ... | 1.945 | 0.176 | 0.1668 | 0.688 |
| $W_{LR}^{\ln IND}$ | 3.636* | 0.069 | 5.423** | 0.032 | ... | ... | ... | ... |
| $W_{SR}^{\ln IND}$ | ... | ... | ... | ... | 4.611** | 0.042 | 3.952* | 0.062 |
| $W_{LR}^{\ln POP}$ | ... | ... | 1.773 | 0.200 | ... | ... | ... | ... |
| $W_{SR}^{\ln POP}$ | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 2.372 | 0.141 |

Not: LR ve SR sırasıyla uzun dönemi ve kısa dönemi işaret etmektedir. ** ve * sırasıyla %5 ve %10 düzeyindeki anlamlılığı simgelemektedir.

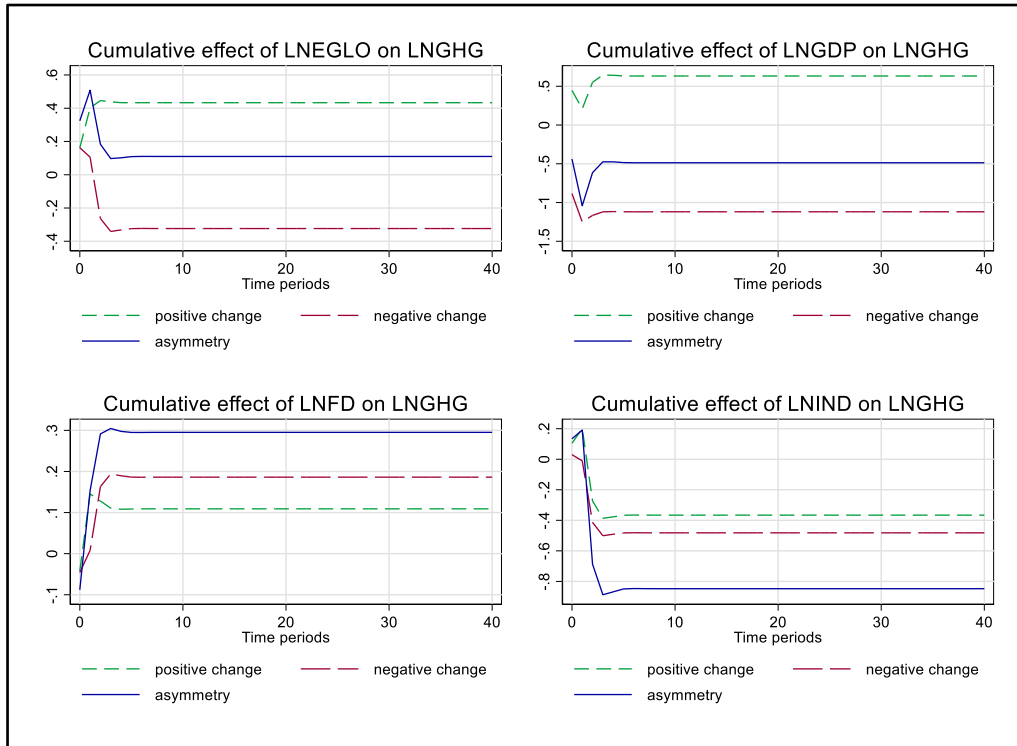
Tablo 8. NARDL Kısa ve Uzun Dönem Asimetriten

Tablo 9’da NARDL yaklaşımından modellere ilişkin elde edilen tanısal test sonuçları verilmektedir. Burada, Model (1) ve Model (2) için bulunan R^2 değerinin sırasıyla 0.8552 ve 0.9070 olduğu dikkat çekmektedir. R^2 değerinin oldukça yüksek olması, tahmin modellerinde yer verilen açıklayıcı değişkenlerin sera gazı salınımını açıklama gücünün oldukça fazla olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca Model (1)’de yer alan bağımsız değişkenlere nüfus artışının da ilave edilmesiyle oluşturulan Model (2)’nin R^2 değeri daha yüksek çıkmaktadır. Bu durum, bağımsız değişken sayısının artmasıyla modelin açıklama gücünün arttığını ifade etmektedir. Model (1) ve Model (2) için hesaplanan RMSE değerinin oldukça küçük olması, her iki modelin de iyi uyumunun olduğunu ispatlar niteliktedir. Ek olarak; diğer tanısal testler, Model (1) ve Model (2)’de heteroskedastisite, otokorelasyon ve herhangi bir model kurulum probleminin bulunmadığını ve hata terimlerinin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Tüm bu tanısal test sonuçları, her iki modelin de tutarlı bulgular ürettiğini ve tahminlerde varsayımsal bir hatanın yer almadığını kanıtlamaktadır.

| | Model (1) | | Model (2) | |
|--|------------|-------------|------------|-------------|
| | İstatistik | p -değeri | İstatistik | p -değeri |
| F | 5.45*** | 0.0000 | 5.49*** | 0.0002 |
| R^2 | 0.8552 | | 0.9070 | |
| Adj R^2 | 0.6984 | | 0.7418 | |
| RMSE | 0.02064 | | 0.0191 | |
| Portmanteau testi (23. gecikmeye kadar) (chi2) | 23.36 | 0.4397 | 17.66 | 0.7754 |
| Breusch/Pagan heteroskedasticity testi (chi2) | 0.4247 | 0.5146 | 2.181 | 0.1397 |
| Ramsey RESET testi (F) | 0.3532 | 0.7873 | 0.3606 | 0.7823 |
| Jarque-Bera normallik testi (chi2) | 0.08805 | 0.9569 | 0.9772 | 0.6135 |

Not: ***, %1 düzeyindeki anlamlılığı simgelemektedir.

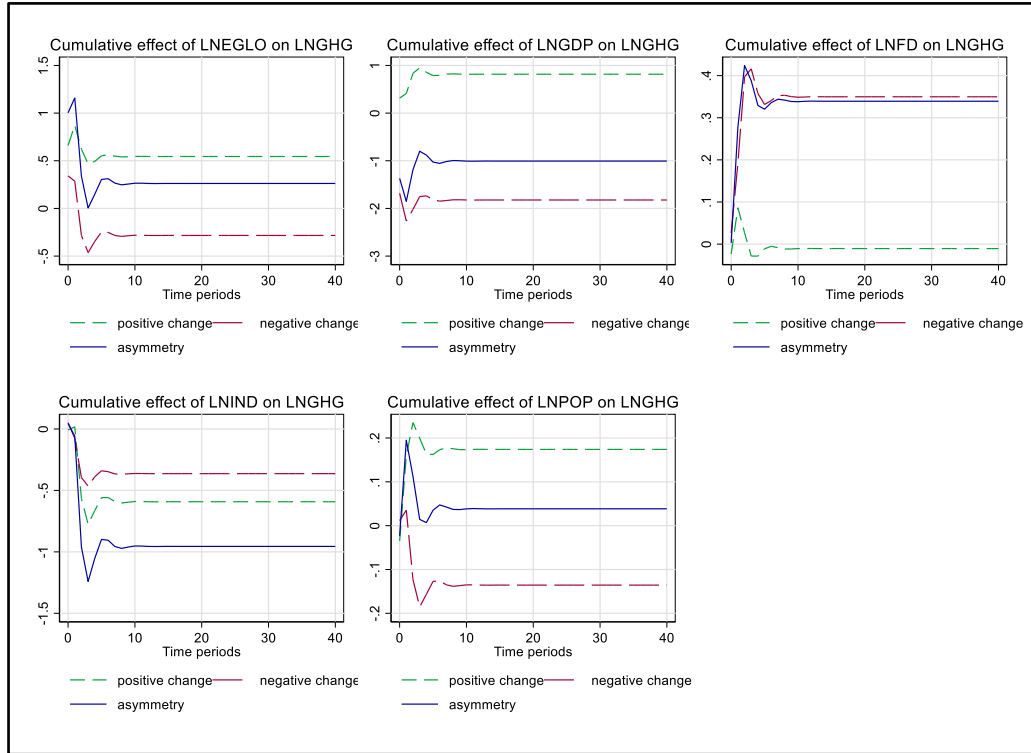
Tablo 9. NARDL Modellerine İlişkin Tanısal Testler



Şekil 1. Model (1) için Dinamik Çarpanlar

Model (1) ve (2)’de dikkate alınan bağımsız değişkenlerin sera gazı salınımı üzerindeki dinamik etkilerini tespit etmek amacıyla uygulanan dinamik çarpan analizi tahmin sürecinin son aşamasını oluşturmaktadır. NARDL tekniğinden yararlanarak elde edilen dinamik çarpanlar; ekonomik küreselleşme, ekonomik büyüme, finansal gelişme, endüstriyel katma değer ve nüfus artışına yönelik pozitif ve negatif birim şoklara karşı sera gazı salınımlarının tepkisini ortaya koymaktadır. Model (1) ve Model (2)’ye ilişkin dinamik çarpan analizi sonuçları sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2’de sunulmaktadır. Ekonomik küreselleşmenin pozitif birim şoklarına karşı sera gazı salınımının tepkisi pozitif yönde iken ekonomik küreselleşmenin negatif birim şoklarına karşı sera gazı salınımının tepkisi negatif yöndedir. Ekonomik küreselleşmeye yönelik pozitif ve negatif birim şoklara karşı sera gazı salınımının sırasıyla pozitif ve negatif bir şekilde tepki göstererek ayarlanmasının yanında tüm tahmin ufukları için asimetri eğrisi pozitif bir seyir izlemektedir. Ekonomik büyümeye yönelik pozitif birim şoka karşı sera gazı

salınımları ilk yıllarda küçük bir azalma yaşasa da pozitif bir tepki göstermektedir. Ekonomik büyümeye yönelik bir birim negatif değişikliğe ise sera gazı salınımlarının tepkisi negatiftir. Ayrıca ekonomik büyümenin pozitif birim şoklarına göre negatif birim şoklarının sera gazı salınımı üzerindeki ayarlama etkisi daha fazladır ve asimetri eğrisi tüm tahmin dönemlerinde negatif bir eğilim sergilemektedir. Finansal gelişmenin negatif birim şoklarına karşı sera gazı salınımlarının tepkisi belirgin şekilde pozitifdir ve asimetri eğrisi daha büyük bir pozitif seyir göstermesine rağmen negatif birim değişikliklerle benzer bir görünüme sahiptir. Endüstriyel katma değere yönelik birim pozitif ve negatif şoklar sera gazı salınımlarını negatif bir şekilde etkileyerek asimetri eğrisini tüm tahmin dönemleri için önemli ölçüde negatif hale getirmektedir. Pozitif nüfus artışı birim şoklarına sera gazı salınımlarının tepkisi pozitif yönde iken, nüfus artışına yönelik negatif değişikliklere karşı sera gazı salınımlarının tepkisi negatiftir. Ayrıca pozitif nüfus artışı birim şoklarına benzer bir görünüme sahip olan asimetri eğrisi, tüm tahmin dönemleri için pozitif bölgede yer almaktadır. Dinamik çarpan analizinden elde edilen tüm bu sonuçlar, uzun dönem katsayı tahmin bulgularıyla örtüşmektedir.



Şekil 2. Model (2) için Dinamik Çarpanlar

4 Sonuç ve Öneriler

Çevre kirliliğinin göstergelerinden sera gazı salınımlarının makroekonomik belirleyicilerinin iyi bir şekilde araştırılması sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamında büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye’de 1970-2022 dönemi için NARDL yaklaşımını kullanarak ekonomik küreselleşmenin sera gazı salınımları üzerindeki etkisini analiz etmektir. Ekonomik küreselleşme – sera gazı salınımları ilişkisine odaklanan tahmin modellerine ilave açıklayıcı değişken olarak ekonomik büyüme, finansal gelişme, endüstrileşme ve nüfus artışı dahil edilmektedir. Bu çalışmanın bulguları; ilk olarak, tahmin modellerinde yer verilen değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını kanıtlayan asimetrik eşbütünleşmenin olduğunu göstermektedir. İkinci olarak çalışmanın temel motivasyon bulgusu, Türkiye için ekonomik küreselleşmeye yönelik uzun dönemli pozitif şokların sera gazı salınımlarını tetiklediğini işaret eden tahmin sonucudur. Bu sonuç, Türkiye ekonomisi için Kirlilik Halesi Hipotezinden ziyade Kirlilik Cenneti Hipotezinin önerileriyle uyumlu gözükmektedir. Üçüncü analiz bulgusu, pozitif ekonomik büyüme şoklarının sera gazı salınımlarını artırdığını göstermekteyken negatif ekonomik büyüme şoklarının sera gazı salınımlarını azalttığını işaret etmektedir. Dördüncüsü, Türkiye’nin finansal gelişmesine yönelik uzun dönemli negatif şoklar sera gazı salınımlarını artırarak çevresel kaliteyi kötüleştirdiği ortaya koyulmaktadır. Beşincisi, pozitif endüstriyel katma değer şokları sera gazı salınımlarını azaltarak çevresel kaliteyi iyileştirdiği tespit edilmektedir. Altıncısı, nüfus artışına yönelik pozitif bir şokun sera gazı salınımları üzerinde pozitif bir etkisi olduğu saptanmakta ve dolayısıyla bu sonuç nüfus artışıdaki gelişmelerin çevresel bozukluğa neden olduğu anlamına gelmektedir. Son olarak, çalışmada NARDL yöntemi vasıtasıyla dinamik çarpan analizi yürütülmekte ve buradan elde edilen bulgularının uzun dönem katsayı tahminleriyle uyumlu sonuçlar ürettiği kanıtlanmaktadır.

Yukarıda açıklanan tüm bulgular, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi için ekonomik entegrasyon sürecinde politika yapıcılara yol gösterici önemli önerilerin sunulmasına imkan tanımaktadır. Özellikle, Türkiye'de ekonomik küreselleşme sürecinin sera gazı salınımlarını artırarak çevresel kaliteyi bozduğuna yönelik elde edilen tahmin bulgusu çeşitli çevresel düzenlemeleri zorunlu kılmaktadır. Türkiye'de kompozisyon etkisi dikkate alındığında, ekonomik küreselleşme açısından elde edilen ampirik sonuç karşılaştırmalı üstünlük açısından uzmanlaşmanın kirlilik yoğun sektörlerle kaydığını göstermektedir. Dolayısıyla bu durum, Türkiye'de uluslararası rekabet koşullarını değiştirmeye yönelik stratejik ticaret politikası gibi adımların atılmasını ve sıkılaştırıcı çevresel önlemlerin uygulanmasını gerektirmektedir. Bu kapsamda, Türkiye ekonomisinde dış ticaret ve doğrudan yabancı yatırımların gerçekleşmesi sürecinde kirliliğin yoğun olduğu mal/hizmet ticareti ve yatırımlar için ilave gümrük tarifesine, karbon fiyatlamasına ve ekonomik/hukuki açıdan caydırıcı düzenlemelere ihtiyaç olduğu gündeme gelmektedir. Diğer taraftan, Türkiye ekonomisinde çevresel kalitenin iyileşmesi amacıyla dış ticaret ve doğrudan yabancı yatırımların gerçekleşmesi sürecinde teknik etkinin hız kazanabilmesi de dikkate alınarak yenilikçi/teknolojik ve kirliliğin yoğun olmadığı ürün ticaretinin gelişimi, yeşil sermaye akışı ve temiz sektörlerle yönelik vergi indirimleri, ve yenilenebilir enerji kaynaklarının ticareti ve yatırımı için sübvansiyon ve tarife garantileri uygulanması gereklidir. Yani, Türkiye'nin politika yapıcıları, ekonomik küreselleşmenin en önemli bileşenlerinden biri olan ticari dışa açıklığı yeşil veya çevreci dış ticaret politikası araçlarıyla düzenlemelidir. Ayrıca politika yapıcılar, ekonomik küreselleşme sürecinin daha sürdürülebilir olabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik doğrudan yabancı yatırımlara tarife garantileri, yer tahsisi, araştırma ofisi ve vergi indirimleri sağlamalıdır. Ekonomik küreselleşmenin çevre kalitesini desteklemesi için politika yapıcılar tarafından finansal kurumların etkinliğini artıracak önlemler alınmalı, hane halkına yeşil veya çevreci eğitimler zorunlu tutulmalı, girdileri verimli kullanabilecek şekilde katma değerli üretime odaklanılmalı, kurumsal kalitenin artması için düzenlemeler yapılmalı, üretim ve tüketim sürecinde daha çevreci bir yapıda olabilmek için ekonomik birimlere yönelik sadece ekonomik düzenlemeler değil aynı zamanda sosyal düzenlemelere de yer verilmeli, bütün eğitim düzeylerine uygun şekilde müfredatlara sürdürülebilir kalkınma perspektifinde eklemeler yapılmalı, çevresel yasalar oluşturulmalı/revize edilmeli, çevresel teknolojilerin gelişimine katkı sağlayabilecek doğrudan yabancı yatırımlar özendirilmelidir.

Bu çalışmanın bazı eksik yönleri mevcuttur. Örneğin, NARDL tahmin modellerinde yapısal kırılma tarihleri dikkate alınmamaktadır. Ayrıca sera gazı salınıminin alt göstergelerinin tamamı analize dahil edilmemiştir. Çalışmanın temel odağı Türkiye olduğu için başka bir ülke veya ülkeler analiz edilmemiştir. Dolayısıyla bu çalışma, gelecekte bu konuyu inceleyecek olan araştırmacılara çeşitli perspektiflerden yol gösterici önemli fikirler sunarak ilham kaynağı olabilecektir. Gelecekteki çalışmalar, sera gazı salınımlarını oluşturan bütün bileşenleri bağımlı değişken olarak dikkate alarak çevre kirliliğinin temel itici parametrelerini daha kapsamlı inceleyebilir. Gelecekteki çalışmalar ayrıca ekonomik küreselleşme – sera gazı salınımları ilişkisinin incelendiği tahmin modellerine farklı açıklayıcı değişkenler ekleyerek analiz edebilir. Gelecekteki araştırmacılar, yapısal kırılmalı NARDL analizi gerçekleştirebilir. Dahası gelecekteki çalışmalar, farklı ülke gruplarını içeren örneklemeler için panel tahmin teknikleri uygulayarak bu konuyu araştırabilir.

Kaynakça

- Adebayo, T.S., Oladipupo, S.D., Rjoub, H., Kirikkaleli, D., Adeshola, I., 2023. "Asymmetric effect of structural change and renewable energy consumption on carbon emissions: designing an SDG framework for Turkey", *Environment, Development and Sustainability*, **25**, 528-556. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02065-w>.
- Ahmed, Z., Ahmad, M., Rjoub, H., Kalugina, O.A., Hussain, N., 2022. "Economic growth, renewable energy consumption, and ecological footprint: Exploring the role of environmental regulations and democracy in sustainable development", *Sustainable Development*, **30(4)**, 595-605. <https://doi.org/10.1002/sd.2251>.
- Alam, M.S., Duraisamy, P., Siddik, A.B., Murshed, M., Mahmood, H., Palanisamy, M., Kirikkaleli, D., 2023. "The impacts of globalization, renewable energy, and agriculture on CO₂ emissions in India: Contextual evidence using a novel composite carbon emission-related atmospheric quality index", *Gondwana Research*, **119**, 384-401. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.04.005>.
- Al-Malki, A., Abid, M., Sekrafi, H., Alnor, N.H.A., 2024. "Does globalization matter for environmental sustainability? New evidence from the QARDL approach", *Cogent Economics & Finance*, **12(1)**, 2306767. <https://doi.org/10.1080/23322039.2024.2306767>.
- Amoah, J.O., Alagidede, I.P., Sare, Y.A., 2024. "Industrialization and carbon emission nexus in Sub-Saharan Africa. The moderating role of trade openness", *Cogent Economics & Finance*, **12(1)**, 2360803. <https://doi.org/10.1080/23322039.2024.2360803>.
- Awosusi, A.A., Ozdeser, H., Seraj, M., Abbas, S., 2023. "Can green resource productivity, renewable energy, and economic globalization drive the pursuit of carbon neutrality in the top energy transition economies?"

- International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, **30(7)**, 745-759. <https://doi.org/10.1080/13504509.2023.2192007>.
- Baek, J., Cho, Y., Koo, W.W., 2009. "The environmental consequences of globalization: A country-specific time-series analysis", *Ecological Economics*, **68(8-9)**, 2255-2264. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.02.021>.
 - Balsalobre-Lorente, D., Gokmenoglu, K.K., Taspinar, N., Cantos-Cantos, J.M., 2019. "An approach to the pollution haven and pollution halo hypotheses in MINT countries", *Environmental Science and Pollution Research*, **26**, 23010-23026. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05446-x>.
 - Banerjee, A., Dolado, J., Mestre, R., 1998. "Error-correction Mechanism Tests for Cointegration in a Single-equation Framework", *Journal of Time Series Analysis*, **19(3)**, 267-283. <https://doi.org/10.1111/1467-9892.00091>.
 - Bekun, F.V., Ozturk, I., 2025. "Economic globalization and ecological impact in emerging economies in the post-COP21 agreement: A panel econometrics approach", *Natural Resources Forum*, **49(1)**, 637-655. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12408>.
 - Cetin, M., Ozturk, I., Sarigul, S.S., Murshed, M., Kilavuz, E., 2025. "Nexus between technological innovation and environmental pollution in selected OECD countries", *Natural Resources Forum*, **49(1)**, 841-862. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12458>.
 - Cole, M.A., Elliott, R.J.R., 2003. "Determining the trade-environment composition effect: the role of capital, labor and environmental regulations", *Journal of Environmental Economics and Management*, **46(3)**, 363-383. [https://doi.org/10.1016/S0095-0696\(03\)00021-4](https://doi.org/10.1016/S0095-0696(03)00021-4).
 - Cole, M.A., 2004. "Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages", *Ecological Economics*, **48(1)**, 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.09.007>.
 - Çetin, M., Saygın, S., Demir, H., 2020. "Tarım Sektörünün Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Eşbütünlük ve Nedensellik Analizi", *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, **17(3)**, 329-345. <https://doi.org/10.33462/jotaf.678764>.
 - Destek, M.A., 2021. "Deindustrialization, reindustrialization and environmental degradation: Evidence from ecological footprint of Turkey", *Journal of Cleaner Production*, **296**, 126612. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126612>.
 - Dickey, D.A., Fuller, W.A., 1981. "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Econometrica*, **49(4)**, 1057-1072. <https://doi.org/10.2307/1912517>.
 - Dimnwobi, S.K., Ekiesiobi, C., Madichie, C.V., Asongu, S.A., 2021. "Population dynamics and environmental quality in Africa", *Science of The Total Environment*, **797**, 149172. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149172>.
 - Dreher, A., 2006. "Does globalization affect growth? Evidence from a new index of globalization", *Applied Economics*, **38(10)**, 1091-1110. <https://doi.org/10.1080/00036840500392078>.
 - Dumrul, Y., Bilgili, F., Dumrul, C., Kılıçarslan, Z., Rahman, M.N., 2023. "The impacts of renewable energy production, economic growth, and economic globalization on CO₂ emissions: evidence from Fourier ADL cointegration and Fourier-Granger causality test for Turkey", *Environmental Science and Pollution Research*, **30**, 94138-94153. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28800-6>.
 - Elfaki, K.E., Khan, Z., Kirikkaleli, D., Khan, N., 2022. "On the nexus between industrialization and carbon emissions: evidence from ASEAN + 3 economies", *Environmental Science and Pollution Research*, **29**, 31476-31485. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18560-0>.
 - Elliott, G., Rothenberg, T.J., Stock, J.H., 1996. "Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root", *Econometrica*, **64(4)**, 813-836. <https://doi.org/10.2307/2171846>.
 - Farooq, S., Ozturk, I., Majeed, M.T., Akram, R., 2022. "Globalization and CO₂ emissions in the presence of EKC: A global panel data analysis", *Gondwana Research*, **106**, 367-378. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2022.02.002>.
 - Gill, A.R., Riaz, R., Ali, M., 2023. "The asymmetric impact of financial development on ecological footprint in Pakistan", *Environmental Science and Pollution Research*, **30**, 30755-30765. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24384-9>.
 - Grossman, G.M., Krueger, A.B., 1991. "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", National Bureau of Economic Research, Working Paper No. 3914, NBER, Cambridge, MA.
 - Grossman, G.M., Krueger, A.B., 1995. "Economic growth and the Environment", *The Quarterly Journal of Economics*, **110(2)**, 353-377. <https://doi.org/10.2307/2118443>.

- Gygli, S., Haelg, F., Potrafke, N., Sturm, J.-E., 2019. "The KOF Globalisation Index – revisited", *The Review of International Organizations*, **14**(3), 543-574. <https://doi.org/10.1007/s11558-019-09344-2>.
- Hanif, I., Aziz, B., Chaudhry, I.S., 2019. "Carbon emissions across the spectrum of renewable and nonrenewable energy use in developing economies of Asia", *Renewable Energy*, **143**, 586-595. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.032>.
- Hondroyannis, G., Papapetrou, E., Tsalaporta, P., 2025. "Environmental degradation and inflation in high-income countries", *Economic Change and Restructuring*, **58**, 3. <https://doi.org/10.1007/s10644-024-09840-5>.
- Hussain, J., Zhou, K., 2022. "Globalization, industrialization, and urbanization in Belt and Road Initiative countries: implications for environmental sustainability and energy demand", *Environmental Science and Pollution Research*, **29**, 80549-80567. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21520-3>.
- Hussain, M., Dogan, E., 2021. "The role of institutional quality and environment-related technologies in environmental degradation for BRICS", *Journal of Cleaner Production*, **304**, 127059. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127059>.
- Jahanger, A., Yang, B., Huang, W.-C., Murshed, M., Usman, M., Radulescu, M., 2023. "Dynamic linkages between globalization, human capital, and carbon dioxide emissions: empirical evidence from developing economies", *Environment, Development and Sustainability*, **25**, 9307-9335. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02437-w>.
- Karaduman, C., 2022. "The effects of economic globalization and productivity on environmental quality: evidence from newly industrialized countries", *Environmental Science and Pollution Research*, **29**, 639-652. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15717-1>.
- Khan, I., Hou, F., Le, H.P., 2021. "The impact of natural resources, energy consumption, and population growth on environmental quality: Fresh evidence from the United States of America", *Science of The Total Environment*, **754**, 142222. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142222>.
- Khan, M., Ozturk, I., 2021. "Examining the direct and indirect effects of financial development on CO₂ emissions for 88 developing countries", *Journal of Environmental Management*, **293**, 112812. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112812>.
- KOF Swiss Economic Institute, 2024. KOF Globalisation Index 2024. Erişim: <https://kof.ethz.ch/en/forecasts-and-indicators/indicators/kof-globalisation-index.html>, Erişim Tarihi: 13.03.2025.
- Li, R., Wang, Q., Li, I., 2023. "Does renewable energy reduce per capita carbon emissions and per capita ecological footprint? New evidence from 130 countries", *Energy Strategy Reviews*, **49**, 101121. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101121>.
- Liu, X., Bae, J., 2018. "Urbanization and industrialization impact of CO₂ emissions in China", *Journal of Cleaner Production*, **172**, 178-186. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.156>.
- Majeed, A., Wang, L., Zhang, X., Muniba, Kirikkaleli, D., 2021. "Modeling the dynamic links among natural resources, economic globalization, disaggregated energy consumption, and environmental quality: Fresh evidence from GCC economies", *Resources Policy*, **73**, 102204. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102204>.
- Muhammad, B., Khan, S., 2021. "Understanding the relationship between natural resources, renewable energy consumption, economic factors, globalization and CO₂ emissions in developed and developing countries", *Natural Resources Forum*, **45**(2), 138-156. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12220>.
- Murshed, M., Rashid, S., Ulucak, R., Dagar, V., Rehman, A., Alvarado, R., Nathaniel, S.P., 2022. "Mitigating energy production-based carbon dioxide emissions in Argentina: the roles of renewable energy and economic globalization", *Environmental Science and Pollution Research*, **29**, 16939-16958. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16867-y>.
- Ng, S., Perron, P., 2001. "LAG Length Selection and the Construction of Unit Root Tests with Good Size and Power", *Econometrica*, **69**(6), 1519-1554. <https://doi.org/10.1111/1468-0262.00256>.
- Opoku, E.E.O., Dogah, K.E., Aluko, O.A., 2022. "The contribution of human development towards environmental sustainability", *Energy Economics*, **106**, 105782. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105782>.
- Ozturk, S., Cetin, M., Demir, H., 2022. "Income inequality and CO₂ emissions: nonlinear evidence from Turkey", *Environment, Development and Sustainability*, **24**, 11911-11928. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01922-y>.

- Patel, N., Mehta, D., 2023. “The asymmetry effect of industrialization, financial development and globalization on CO₂ emissions in India”, *International Journal of Thermofluids*, **20**, 100397. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2023.100397>.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., Smith, R.J., 2001. “Bounds testing approaches to the analysis of level relationships”, *Journal of Applied Econometrics*, **16(3)**, 289-326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>.
- Raihan, A., Tuspekova, A., 2022. “The nexus between economic growth, renewable energy use, agricultural land expansion, and carbon emissions: New insights from Peru”, *Energy Nexus*, **6**, 100067. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100067>.
- Rehman, M.A., Sabir, S.A., Bukhari, A.A.A., Sharif, A., 2023. “Do globalization and human capital an opportunity or threat to environmental sustainability? Evidence from emerging countries”, *Journal of Cleaner Production*, **418**, 138028. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138028>.
- Shabir, M., 2024. “Does Financial Inclusion Promote Environmental Sustainability: Analyzing the Role of Technological Innovation and Economic Globalization”, *Journal of the Knowledge Economy*, **15**, 19-46. <https://doi.org/10.1007/s13132-022-01035-5>.
- Shin, Y., Yu, B., Greenwood-Nimmo, M., 2014. Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework. In: Sickles, R.C., Horrace, W.C. (eds.) Festschrift in Honor of Peter Schmidt. Springer, New York, NY, 281-314. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8008-3_9.
- Shokoohi, Z., Dehbidi, N.K., Tarazkar, M.H., 2022. “Energy intensity, economic growth and environmental quality in populous Middle East countries”, *Energy*, **239**, 122164. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122164>.
- Subhan, M., Irfan, M., Ahmad, G., Alam, W., Zameer, M.N., 2023. “Modelling the asymmetric effects of renewable and nonrenewable energy consumption and financial development on CO₂ emissions in India: Empirical findings from the NARDL and Wavelet Coherence Approach”, *Environmental Science and Pollution Research*, **30**, 82264-82285. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28060-4>.
- Sun, X., Ali, A., Liu, Y., Zhang, T., Chen, Y., 2023. “Links among population aging, economic globalization, per capita CO₂ emission, and economic growth, evidence from East Asian countries”, *Environmental Science and Pollution Research*, **30**, 92107-92122. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28723-2>.
- Udemba, E.N., Yalçıntaş, S., 2021. “Interacting force of foreign direct invest (FDI), natural resource and economic growth in determining environmental performance: A nonlinear autoregressive distributed lag (NARDL) approach”, *Resources Policy*, **73**, 102168. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102168>.
- Wang, W.-Z., Liu, L.-C., Liao, H., Wei, Y.-M., 2021. “Impacts of urbanization on carbon emissions: An empirical analysis from OECD countries”, *Energy Policy*, **151**, 112171. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112171>.
- Wang, Z., Rasool, Y., Zhang, B., Ahmed, Z., Wang, B., 2020. “Dynamic linkage among industrialisation, urbanisation, and CO₂ emissions in APEC realms: Evidence based on DSUR estimation”, *Structural Change and Economic Dynamics*, **52**, 382-389. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2019.12.001>.
- WDI, 2025. World development indicators database. Erişim: <https://data.worldbank.org>, Erişim Tarihi: 13.03.2025.
- Yang, X., Li, N., Mu, H., Pang, J., Zhao, H., Ahmad, M., 2021. “Study on the long-term impact of economic globalization and population aging on CO₂ emissions in OECD countries”, *Science of The Total Environment*, **787**, 147625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147625>.
- Zafar, M.W., Saleem, M.M., Destek, M.A., Caglar, A.E., 2022. “The dynamic linkage between remittances, export diversification, education, renewable energy consumption, economic growth, and CO₂ emissions in top remittance-receiving countries”, *Sustainable Development*, **30(1)**, 165-175. <https://doi.org/10.1002/sd.2236>.
- Zarsky, L., 1999. Havens, halos and spaghetti: untangling the evidence about foreign direct investment and the environment. In *Foreign Direct Investment and the Environment*, Paris: OECD, 47-74.
- Zhou, H., Awosusi, A.A., Dagar, V., Zhu, G., Abbas, S., 2023. “Unleashing the asymmetric effect of natural resources abundance on carbon emissions in regional comprehensive economic partnership: What role do economic globalization and disaggregating energy play?”, *Resources Policy*, **85**, 103914. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103914>.
- Zugravu-Soilita, N., 2017. “How does Foreign Direct Investment Affect Pollution? Toward a Better Understanding of the Direct and Conditional Effects”, *Environmental and Resource Economics*, **66**, 293-338. <https://doi.org/10.1007/s10640-015-9950-9>.