

## Doğrudan Yabancı Yatırımların ve Ekonomik Büyümenin Karbondioksit Emisyonu Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği

### The Impact of Foreign Direct Investment and Economic Growth on Carbon Dioxide Emissions: The Case of Türkiye

Mulla Veli ABLAY  <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Rektörlük, UZEM Birimi, Osmaniye, Türkiye. [mullaveliablay@osmaniye.edu.tr](mailto:mullaveliablay@osmaniye.edu.tr)

MAKALE BİLGİSİ	ÖZET
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Karbon Emisyonu Doğrudan Yabancı Yatırım Ekonomik Gelişme Bayesyen Regresyon ARDL Modeli	<b>Amaç</b> – Bu çalışmanın temel amacı, doğrudan yabancı yatırımların ve ekonomik gelişmenin karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisini incelemektir. Doğrudan yabancı yatırımlardaki kapasite artışı ve ekonomik gelişmenin hız kazanması, özellikle sanayi ve enerji üretimi olmak üzere üretim sektörlerinde önemli bir büyüme sağlamıştır. Söz konusu gelişmeler, karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) emisyonlarının değişim dinamikleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. <b>Yöntem</b> – Araştırma, 1970-2023 yılları arasında Türkiye verilerinin Bayesyen yaklaşım ve Otoregresif Dağıtılmış Gecikmeli (ARDL) yöntemi ile analizine dayanmaktadır. Bayesyen yöntemde, belirsiz önsel bilgilerin kullanıldığı Bayesyen çoklu doğrusal regresyon analizi WinBUGS programı aracılığıyla gerçekleştirilmiş ve 2000000 örneklem türetilmiştir. Değişkenlerin kısa ve uzun dönem etkilerini belirlemek ve karşılaştırmalı değerlendirme yapmak amacıyla ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılmıştır. <b>Bulgular</b> – ARDL analizi, değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünlüşme ilişkisi bulunduğuna işaret etmekte ve ekonomik büyümenin kısa dönemde karbon emisyonlarını artırıcı bir etki sergilediğini göstermektedir. Bayesyen regresyon sonuçları ise değişken katsayılarının genel olarak pozitif yönlü bir eğilim taşıdığını ve model tahminlerinin istikrarlı bir yapıda olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, doğrudan yabancı yatırımların ve ekonomik gelişmenin Türkiye’de çevresel sürdürülebilirlik üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. <b>Tartışma</b> – Araştırma bulguları, Türkiye’de ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar ve karbondioksit emisyonları arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, çevresel etkilerin ekonomik kalkınma ve doğrudan yabancı yatırım sürecinde dikkate alınması ve sürdürülebilirlik ilkesinin politikalara entegre edilmesinin gerekliliğini göstermektedir.
<b>Makale Kategorisi:</b> Araştırma Makalesi	
ARTICLE INFO	ABSTRACT
<b>Keywords:</b> Carbon Emissions Foreign Direct Investment Economic Development Bayesian Regression ARDL Model	<b>Purpose</b> – The primary objective of this study is to examine the impact of foreign direct investment and economic development on carbon dioxide emissions. The increase in the capacity of foreign direct investment and the acceleration of economic development have led to significant growth in the production sectors, particularly in industry and energy production. These developments play a decisive role in the dynamics of changes in carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) emissions. <b>Design/methodology/approach</b> – The study is based on the analysis of Türkiye’s data for the period 1970–2023 using the Bayesian approach and the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) method. In the Bayesian approach, Bayesian multiple linear regression analysis with uncertain prior information was conducted using the WinBUGS program, generating 2000000 samples. The ARDL bounds testing approach was employed to determine the short- and long-run effects of the variables and to provide a comparative evaluation. <b>Results</b> – The ARDL analysis indicates the presence of a long-run cointegration relationship among the variables and shows that economic growth exerts an increasing effect on carbon emissions in the short run. The Bayesian regression results, on the other hand, suggest that the coefficients of the variables generally exhibit a positive tendency and that the model estimates are stable. This finding shows that foreign direct investments and economic development have an important effect on environmental sustainability in Turkey. <b>Discussion</b> – The research findings reveal a significant link between economic growth, foreign direct investments, and carbon dioxide emissions in Turkey. This situation highlights the necessity of considering environmental impacts in the economic development and foreign direct investment process and integrating the principle of sustainability into policies.
Gönderilme Tarihi 5 Mayıs 2025 Revizyon Tarihi 5 Haziran 2026 Kabul Tarihi 15 Haziran 2026	
Received 5 May 2025 Revised 5 June 2026 Accepted 15 June 2026	
<b>Article Classification:</b> Research Article	

ETİK ONAY: Bu çalışmada ikincil veriler kullanılmış olup etik kurul onayı gerektirmemektedir.

#### Önerilen Atf/ Suggested Citation

Ablay, M.V. (2026). Doğrudan Yabancı Yatırımların ve Ekonomik Büyümenin Karbondioksit Emisyonu Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği. İşletme Araştırmaları Dergisi, 18 (2), 1598-1613.

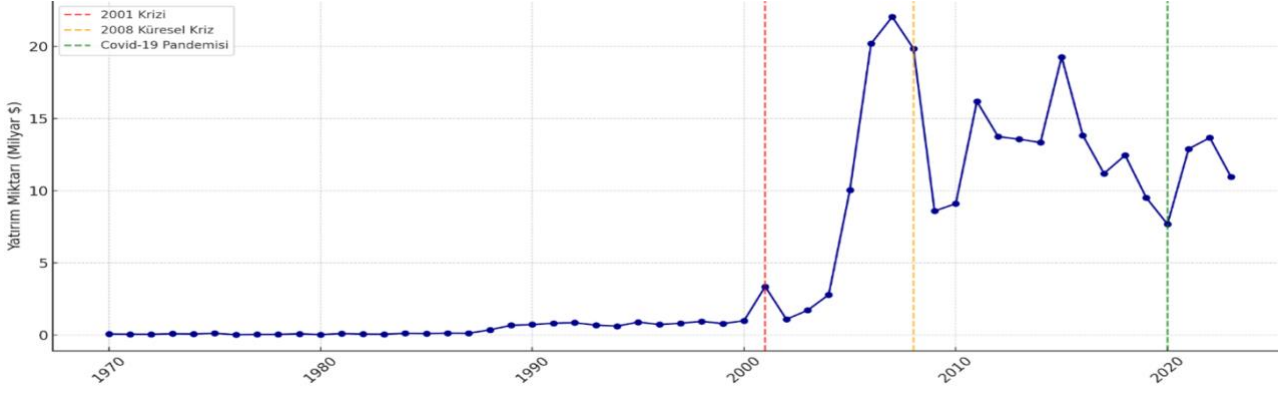
## 1. Giriş

Karbon emisyonları, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin başlıca nedenlerinden biri olup, ekonomik ve demografik faktörlerden etkilenmektedir. Kömür, doğal gaz ve petrol gibi fosil yakıtların yakılması, çimento, çelik ve kimyasal sanayi ürünlerinin üretilmesi, ulaşım araçlarında kullanılan yakıtlar tüketilmesi ve ormansızlaşmayla birlikte karbondioksit atmosferde biriken karbondioksit, küresel sıcaklık artışına neden olarak iklim değişikliğini tetiklemektedir. Bu süreç; kuraklık, sel ve aşırı hava olayları gibi iklimsel etkilerin yanı sıra okyanus asitlenmesine yol açmakta ve tüm bu gelişmeler halk sağlığı üzerinde de önemli olumsuz etkiler doğurmaktadır (Levy ve Patz, 2024: 33–44).

Doğrudan yabancı yatırımlar ve ekonomik gelişmenin karbon emisyonu üzerindeki etkileri beraberinde akademik tartışmaları da getirmiştir. Bu tartışmaların dayandığı temel teoremler Kirlilik Cenneti Hipotezi ve Çevresel Kuznets Eğrisidir. Kirlilik cenneti hipotezi, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki çevre düzenine dikkat çekmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin gelişen ülkelere göre daha fazla çevre kirliliğine sebep olduğu vurgulanmıştır (Cole, 2004; 73). Ek olarak çevre kirliletiçi endüstriye geçiş yapan ülkeler arasında, çevre düzenlemelerinde sıkı bir uygulama yapan ülkelere doğru bir kayma olduğuda söylenebilir. Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC), ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi açıklayan önemli bir teorik yaklaşımdır. Bu yaklaşıma göre, gelir düzeyi artan ekonomilerde başlangıç aşamasında çevresel bozulma artış göstermekte; ancak gelir belirli bir eşik seviyesine ulaştıktan sonra çevresel bozulma azalma eğilimine girmektedir. Dolayısıyla, ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasında ters U şeklinde bir ilişkinin varlığı öne sürülmektedir (Alam, 2024;10). Her iki teorik yaklaşım birlikte değerlendirildiğinde, doğrudan yabancı yatırımlar ile ekonomik büyümenin çevresel bozulma üzerindeki etkisinin ülke gelişmişlik düzeyine bağlı olarak farklılaştığı görülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde, çevre düzenlemelerinin zayıf olduğu alanlara yönelen doğrudan yabancı yatırımların, Kirlilik Cenneti Hipotezi çerçevesinde çevresel bozulmaya neden olarak karbon emisyonlarının artmasına yol açabildiği ifade edilebilir. Bu süreçte çevresel baskının artması, Çevresel Kuznets Eğrisi ile de uyumlu olup çevresel bozulmaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Buna karşılık, gelişmiş ülkelerde gelir düzeyinin yüksekliği, teknolojik gelişim ve çevre politikalarının etkinliği dikkate alındığında, söz konusu ilişkinin tersine dönerek çevresel bozulmanın azalması mümkün olabilmektedir.

Ülkelerde, ekonomik büyüme, sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı, yatırım, küreselleşme, nüfusa bağlı olarak konut ve alt yapıya duyulan ihtiyaçların artması vb. sebeplerden dolayı karbon emisyonunun artmasını tetiklemektedir (Ateş vd., 2024: 89). Artan sanayileşme ve kentleşme, bireysel ve endüstriyel enerji ihtiyacını yüksek seviyelere çekerek fosil yakıt tüketimini artırmıştır (Çetin vd., 2018: 2; Koçak ve Şarkgüneşi, 2018: 791; Pata, 2018: 7741). Bunun sonucunda, sera gazı emisyonları da paralel bir artış göstermiştir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde doğrudan yabancı yatırımlar ve ekonomik gelişmişlik düzeyi, karbon salınımının temel belirleyicileri arasında yer almaktadır. Zira son yıllarda artan enerji talebi, hem ekonomik büyümeyi hem de doğrudan yabancı yatırımları teşvik etmekte ve bu durum karbon emisyonları üzerinde önemli bir etki yaratmaktadır.

Doğrudan yabancı yatırımların (DYY), ev sahibi ülkelerin ekonomi politikası, teknoloji düzeyi ve yatırım konusundaki düzenlemelerine bağlı olarak karbon emisyonlarında artış veya azalış gözlemlenebilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde, gerekli enerji ihtiyacının karşılanması için doğrudan yabancı yatırımların çimento, çelik gibi enerji yoğun sektörler veya karbon salınımının fazla olduğu fosil yakıtların kullanıldığı alanlara yapılmaktadır. Bu durumda karbon emisyonunun artmasına sebebiyet verebilmektedir. Ancak gelişmiş ülkelerde yapılan doğrudan yabancı yatırımların karbon emisyonunu azalttığı durumlarda gözlemlenmektedir. Çevre dostu teknolojiler ve yenilenebilir enerji kullanımı, düşük karbon teknolojileri içeren enerji verimliliği yüksek üretim parçaları gibi yatırımlar karbon salınımını azaltacaktır. Buradan hareketle yapılan yatırımların sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda yapılması karbon emisyonlarının azaltılmasında kritik rol oynamaktadır (Hanif vd., 2019: 498). Türkiye de enerji alanında yapılan yatırımlar son yıllarda özellikle rüzgâr ve güneş enerjilerine olsada mevcut durumda enerji üretim kapasitesinin çoğunluğunu kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar oluşturmaktadır.



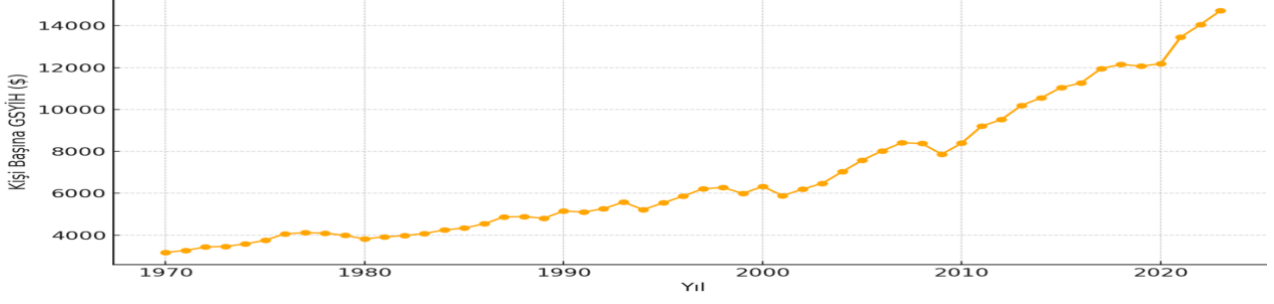
Şekil 1. Türkiye'ye Gelen Doğrudan Yabancı Yatırımlar (1970-2023)

Kaynak. The World Bank

Şekil 1'de Türkiye'nin doğrudan yabancı yatırımların zaman içerisindeki hareketi gözlemlenmektedir. DYY'nin belli dönemlerde artış yaşadığı yine belli dönemlerde düşüşe geçtiği gözlemlenmektedir. 1970-1999 döneminde yatırım ilgisinin 10- 940 milyon aralığında sınırlı olduğu ve ortalama 334.067 milyon dolar seviyesinde kaldığı gözlemlenmiştir. 2000-2007 döneminde DYY'de sürekli bir artış gözlemlenmektedir. Bu durum 2001 krizi sonrası yapısal reform ve AB üyelik sürecinin başlaması ile birlikte artış göstermiştir. 2007 yılında rekor seviye olan 22.047 milyar dolar seviyesini görmüştür. 2008-2019 döneminde tüm dünyayı etkileyen 2008 küresel krizinin etkileri ile düşüş başlamış daha sonra toparlanma gözlemlense de DYY de ciddi dalgalanmaların olduğu Şekil 1'den gözlemlenmektedir. 2020-2023 döneminde 2020 de pandemi etkisiyle sert bir düşüş yaşanmış ve 2021'den itibaren tekrar bir toparlanma söz konusu olsada 2023 de tekrar bir düşüş gözlemlenmektedir.

GSYİH, ülkelerin ekonomik gelişmişliğinin, refah seviyesinin ve üretkenliğinin temel göstergelerindedir (Doğan ve Türkekul, 2016: 1203). Bu verilerin zaman içinde artış göstermesi, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde üretim kapasitesinin ve kişi başına düşen gelir seviyesinin yükseldiğini işaretler. Bu artış, ekonomik büyümenin sürdürülebilirliğini desteklemekte ve ülkenin uluslararası yatırımcılar nezdindeki çekiciliğini artırmaktadır. Ekonomik gelişme, enerji talebindeki artışla birlikte karbon emisyonlarında da bir yükselişi tetikleyebilir. Türkiye'de sanayi, ulaşım ve enerji sektörleri ekonomik kalkınmanın temel taşları olup, bu alanlardaki enerji tüketimi ve karbon salınımı oldukça yüksektir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme aşamasında sanayileşmede hızlanma ve üretimde gerçekleşen artışlar ilk etapta fosil yakıtlara dayalı enerji tüketimini artırma eğilimindedir. Enerji kaynaklarının rolü değiştikçe özellikle yenilenebilir enerjiye geçişler hızlandıkça karbon emisyonu artışında düşüşler olacaktır. Bu açıdan bakıldığında, ekonomik gelişme aynı zamanda daha verimli ve temiz enerji teknolojilerine yatırım yapma potansiyelini de beraberinde getirmektedir (Bulut ve Muratoğlu, 2018: 240; Khan vd., 2019: 1100; Pejović vd., 2021: 2775-2776; Acheampong vd., 2022: 1-2).

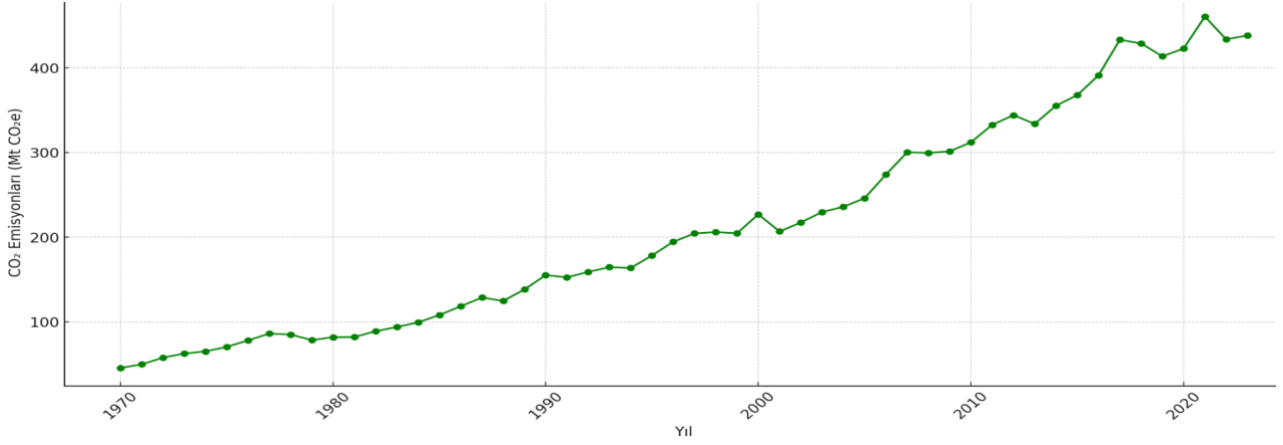
Şekil 2 incelendiğinde Türkiye kişi başına düşen GSYİH miktarının yıllar geçtikçe arttığı gözlemlenmektedir. 1970'li yıllarda 3176.009 dolar seviyesinde olan değerler 2023 yılına gelindiğinde 14713,567 dolar seviyesini görmüştür. 1970-1990 döneminde durağan bir büyüme olduğu gözlemlenmektedir. 1990-2010 döneminde özellikle 2000 yılından sonra istikrarlı bir artış söz konusu olmuş ve 2007 de bu dönemin en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Ancak 2008 krizi sonrası 2009 yılında kısa dönemli bir düşüş yaşanmıştır. 2010-2023 döneminde 2008 krizi sonrası hızlı bir artış ve toparlanma söz konusudur. Bu dönem artışın en hızlı olduğu dönem olmuştur. Bu dönemde yaşanan pandemiye rağmen 2020 yılı ve sonrasında kişi başı GSYİH hızlı bir şekilde artmaya devam etmiştir.



Şekil 2. Kişi Başına düşen GSYİH (1970-2023)

**Kaynak.** The World Bank

Karbon emisyonunu azaltma yöntemleri arasında, yenilenebilir enerji kullanımını arttırma, elektrikli araçlar gibi sürdürülebilir ulaşımaya teşvik, ormanı koruma ve ağaç dikme, geri dönüşüm ve sürdürülebilir tüketim gibi olgular sayılabilir. Ek olarak karbon salınımını azaltmak için bireysel ve toplumsal olarak farkındalığın artırılması sağlanmalıdır. Çevre güvence altına alınmalı ve çevreyi geliştirici faaliyetler gerçekleştirilmelidir (Akyol ve Mete, 2021: 573; Kumcu ve Özyörük, 2023: 388).

Şekil 3. Türkiye CO<sub>2</sub> Emisyonu (1970-2023)

**Kaynak.** The World Bank

Şekil 3 incelendiğinde Türkiye'nin 1970-2023 yılları arasında CO<sub>2</sub> emisyonu devamlı artış göstermektedir. 45.449 Mt CO<sub>2</sub>e olan karbon emisyonu 460,655 Mt CO<sub>2</sub>e seviyelerine ulaşmıştır. 1970-1990 döneminde 45.449-155.158 Mt CO<sub>2</sub>e aralığında değerler almış ve görece düşük seviyede artış göstermiştir. 1990-2000 döneminde bir önceki döneme oranla artış hızını biraz arttırarak 227,046 Mt CO<sub>2</sub>e seviyesine çıkmıştır. 2000-2017 döneminde en hızlı artışın olduğu dönem olup 433,178 Mt CO<sub>2</sub>e seviyesine kadar çıkmıştır. 2017-2023 döneminde 413,637- 460,655 Mt CO<sub>2</sub>e aralığında dalgalı bir durum içerisinde hareket ettiği gözlemlenmektedir. Bu dönemde de her ne kadar dalgalı bir hareket etme potansiyeli olsada veriler oldukça yüksektir.

Çalışmada, 1970-2023 yılları arasında Türkiye verilerini kullanarak doğrudan yabancı yatırımların ve ekonomik gelişmenin karbondioksit emisyonlarına etkisini araştırmak için ARDL modeli ve Bayesyen çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. ARDL yönteminde R programı kullanılarak gerçekleştirilirken, Bayesyen regresyon analizleri WinBUGS yazılımı aracılığıyla yürütülmüştür. Çalışma da aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

Doğrudan yabancı yatırımlar ile karbon emisyonu arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?

Ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?

Kullanılan yöntemler açısından elde edilen sonuçlar arasında farklılıklar bulunmakta mıdır?

Değişkenler arasında kısa ve uzun dönemli bir ilişki var mıdır?

Bu sorulara cevap aramak için aşağıdaki hipotezleri test edilmiştir.

H1: Doğrudan yabancı yatırımlar ile karbon emisyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki bulunmaktadır.

H2: Ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki bulunmaktadır.

H3: Değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır.

H4: Bayesyen regresyon ve ARDL yöntemlerinden elde edilen bulgular arasında farklılık yoktur.

Çalışma, mevcut literatüre çeşitli yönlerden katkı sunmayı amaçlamaktadır. Öncelikle uzun zaman serisi kullanımı doğrudan yabancı yatırımlar, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkinin uzun dönem dinamiklerini incelemektedir. İkinci olarak çalışmada hem ARDL hemde Bayesyen yöntem birlikte kullanılarak yöntemsel karşılaştırma yapılmıştır. Üçüncü olarak, literatürde bu alanda Bayesyen yaklaşımın sınırlı sayıda çalışmada kullanıldığı dikkate alındığında, bu çalışmanın söz konusu boşluğu doldurması beklenmektedir. Bu çerçevede çalışma hem veri kapsamı hem yöntemsel yaklaşımı hem de ülke odaklı analizi ile literatüre özgün ve tamamlayıcı bir katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde bu alanda yapılan literatür araştırmasına, üçüncü bölümünde kullanılan model ve metodolojiye, dördüncü bölümünde elde edilen bulgulara ve beşinci bölümde ise sonuç ve öneriler kısmına yer verilmiştir.

## 2. Literatür Taraması

Doğrudan yabancı yatırımlar, ekonomik gelişme ve karbondioksit emisyonları arasındaki ilişkiyi araştıran oldukça fazla ekonometrik çalışma mevcuttur. Ancak bu çalışmalarda bulunan sonuçlar farklılık göstermektedir. Bu farklılıkta kullanılan yöntemin veya veri aralığının etkili olduğu düşünülmektedir. Türkiye verileri kullanılarak yapılan çalışmalarda da bu farklılıklar mevcuttur. Farklı ülkeler ve ülke gruplarında karbondioksit emisyonlarını etkileyen faktörler incelenirken literatürde çok sayıda değişkenin kullanıldığı görülmektedir. Bu değişkenler arasında özellikle doğrudan yabancı yatırımlar ve ekonomik gelişme göstergelerinin sıklıkla tercih edildiği dikkat çekmektedir. Ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar ve karbon emisyonları arasındaki ilişkinin incelenmesinde, çevresel bozulma bağlamında en çok tartışılan teorik yaklaşımlar arasında Kirlilik Cenneti Hipotezi ve Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezleri öne çıkmaktadır.

Kaika ve Zervas, (2013) çalışmalarında Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) kavramını ayrıntılı bir şekilde incelemiş ve EKC modelinin olası nedenlerini incelemişlerdir. Çalışmada, karbon emisyonu ve EKC arasındaki ilişkiyi araştıran birçok makale incelenmiş ve bu kavrama yönelik eleştiriler tartışılmıştır.

Kılıçarslan ve Dumrul (2017) çalışmalarında, 1974-2013 yılları arasında Türkiye verilerini kullanarak karbondioksit emisyonu ile doğrudan yabancı yatırım arasındaki ilişkiyi vektör hata düzeltme modeli ve Johansen Eşbütünleşme testi ile analiz etmişlerdir. Çalışmada doğrudan yabancı yatırımların karbondioksit emisyonunu uzun dönemde pozitif olarak etkilediği bulunmuştur. Ayrıca Türkiye için Kirlilik Cenneti hipotezinin doğru olduğunu göstermişlerdir.

Akçay ve Karasoy (2018) çalışmalarında, 1974 ile 2012 yılları arasında Türkiye verilerinden yararlanarak doğrudan yabancı yatırımlar ile karbondioksit salımı arasındaki ilişkiyi araştırmak için eş-bütünleşme, birim kök ve vektör hata düzeltme nedensellik testlerini kullanmışlardır. Çalışmada karbondioksit emisyonu ile doğrudan yabancı yatırım arasında uzun vadede, zayıf ve negatif yönde bir nedensellik ilişkisi olduğu bulunmuştur.

Salahuddin vd. (2018) çalışmalarında, 1980 ile 2013 yılları arasında Kuveyt verilerini kullanarak ekonomik büyümenin, elektrik tüketiminin, doğrudan yabancı yatırımların ve finansal gelişimin karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisini Granger nedensellik ve ARDL sınır testi ile araştırmışlardır. Çalışmada ekonomik büyümenin, elektrik tüketiminin ve doğrudan yabancı yatırımların hem kısa hem de uzun vadede CO2 emisyonlarını artırdığı bulunmuştur.

Ehigiamusoe ve Lean (2019) çalışmalarında, 122 ülkenin verileri kullanarak ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve finansal gelişmenin karbon emisyonları üzerindeki etkilerini panel veri analizi ile incelemişler. Çalışmada ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve finansal gelişmenin karbon emisyonları üzerinde olumsuz etkileri olduğu bulunmuştur. Ayrıca yüksek gelir ve finansal gelişme seviyelerinin karbondioksit emisyonlarını azalttığı, düşük gelir ve finansal gelişme seviyelerinin ise karbondioksit emisyonlarını artırdığı tespit edilmiştir.

Haug ve Ucal (2019) çalışmalarında, 1974 ile 2014 yılları arasında Türkiye verilerini kullanarak karbondioksit emisyonları ile doğrudan yabancı yatırımlar arasındaki ilişkiyi ARDL ve NARDL modelleri ile araştırmışlardır. Çalışmada uzun süreli doğrudan yabancı yatırımın kişi başına düşen karbondioksit emisyonları üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Ayrıca ihracattaki azalışlar ile ithalattaki artışların kişi başına karbondioksit emisyonunu artırdığı gözlemlenmiştir.

Jiang ve Ma (2019) çalışmalarında, 155 ülkenin verileri kullanarak finansal gelişme ile karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi genelleştirilmiş momentler yöntemini (GMM) ile analiz etmişlerdir. Çalışmada finansal gelişmenin karbon emisyonlarını önemli ölçüde artırdığı bulunmuştur. Finansal gelişmenin, gelişmekte olan ülkelerde karbon emisyonlarını artırdığı, ancak gelişmiş ülkelerdeki etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Kurt vd. (2019) çalışmalarında, 1974 ile 2014 yılları arasında Türkiye verilerini kullanarak doğrudan yabancı yatırımların karbon emisyonuna olan etkisini ARDL sınır testi ile araştırmışlardır. Çalışmada doğrudan yabancı yatırımların ve enerji tüketiminin karbon emisyonunu artırdığı, kişi başına GSYH'nin karbon emisyonunu azalttığı bulunmuştur.

Benli (2020) çalışmasında, 1974 ile 2014 yılları arasında Türkiye verilerini kullanarak karbon emisyonu, doğrudan yabancı yatırımlar, enerji tüketimi, ticaret hacmi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi nedensellikler Yönlendirilmiş Döngüsüz Graflar (DAGs) metodu ile analiz etmiştir. Çalışmada ticaret hacminin ve ekonomik büyümenin karbon emisyonları üzerinde doğrudan pozitif yönlü, doğrudan yabancı yatırımların ise karbon emisyonlarını dolaylı pozitif yönlü etkilediği bulunmuştur.

Rafique vd. (2020) çalışmalarında, 1990-2017 yılları arasında BRICS üye ülkelerinin verilerini kullanarak doğrudan yabancı yatırımın, finansal gelişmenin ve teknolojik yeniliğin karbon emisyonu üzerindeki etkisini Dumitrescu ve Hurlin panel nedensellik testi ve AMG tahmincisi ile analiz etmişlerdir. Çalışmada doğrudan yabancı yatırım, teknolojik yenilik ve finansal gelişmenin karbondioksit emisyonu ile uzun vadeli anlamlı ve negatif bir ilişkiye sahip olduğu, ekonomik büyüme, ticaret açıklığı, kentleşme ve enerji kullanımının karbon emisyonu ile anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişkiye sahip olduğu bulunmuştur. Finansal gelişme, ekonomik büyüme, ticaret açıklığı, kentleşme, enerji kullanımı ve karbondioksit emisyonu arasında uzun vadeli çift yönlü nedensellik olduğunu bulunurken, doğrudan yabancı yatırım ve karbon emisyonu arasında tek yönlü nedensellik bulunmuştur.

Benzerrouk vd. (2021) çalışmalarında 1980-2016 döneminde 31 gelişmiş ve 100 gelişmekte olan ülke verilerini kullanarak ticaret açıklığı ile çevresel bozulma arasındaki ilişki GMM yöntemi ile araştırmışlardır. Çalışmada, gelişmekte olan ülkelerde Kirlilik Cenneti hipotezinin, gelişmiş ülkelerde ise Kirlilik Halosu hipotezinin geçerli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin gelişmiş ülkeler için doğrulandığı, ancak gelişmekte olan ülkeler için geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Abid vd. (2022) çalışmalarında, 1990-2019 yılları arasında G8 üye ülkelerinin verilerini kullanarak teknolojik yeniliğin, finansal gelişmenin, doğrudan yabancı yatırımın, enerji kullanımının ve kentleşmenin karbon emisyonu üzerindeki etkisini Westerlund panel eşbütünleşme testi, panel birim kök testi ve FMOLS tahmincisi ile analiz etmişlerdir. Çalışmada doğrudan yabancı yatırım, teknolojik yenilik ve finansal gelişme ile karbondioksit emisyonu arasında uzun vadeli anlamlı ve negatif bir ilişki bulunmuştur. Ekonomik büyüme, ticaret açıklığı, kentleşme, finansal gelişme, karbondioksit emisyonu ve enerji kullanımı arasında uzun vadeli çift yönlü bir nedensellik bulunmuşken, doğrudan yabancı yatırım ve karbon emisyonu arasında tek yönlü nedensellik bulunmuştur.

Şahin ve Ünal (2023) çalışmalarında, 1990 ile 2020 yılları arasında Türkiye verilerini kullanarak ekonomik büyümenin, finansal gelişme ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişkiyi Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillipp-Perron (PP) ve Zivot-Andrews birim kök testleri ve Hacker, Hatemi-J Bootstrap nedensellik testleri ile

analiz etmişlerdir. Çalışmada karbondioksit salınımının ekonomik büyüme ve finansal gelişme bağlamında herhangi bir etkiye sahip olmadığı sonucuna varılmıştır.

Deng vd. (2024) çalışmalarında, 2000-2019 yılları arasında 33 gelişmiş ve 42 gelişmekte olan ülkelerin verilerini kullanarak yenilenebilir enerji tüketimi, yeşil teknoloji inovasyonu ve doğrudan yabancı yatırımın karbon emisyonu üzerindeki etkisini OLS, iki yönlü sabit etki, rastgele etki, sabit etki çoğaltılmış modelleri, GMM ve araçsal değişken yaklaşımı ile analiz etmişlerdir. Çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonu yoğunluğu üzerinde azaltım etkisi, gelişmekte olan ülkelere gelişmiş ülkelere kıyasla daha fazla olduğu, yeşil teknoloji inovasyonunun uygulanması gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere karbon emisyonu yoğunluğunun azalmasını sağladığı bulunmuştur. Doğrudan yabancı yatırımın fakir ülkelere karbon emisyonu yoğunluğu üzerinde Kirlilik Cenneti etkisi olduğu, ancak zengin ülkelere Kirlilik Halo etkisi olmadığı bulunmuştur.

Gök vd. (2024) çalışmalarında 1997-2022 döneminde 124 ülke verisini kullanarak doğrudan yabancı yatırımlar ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi GMM yöntemi ile analiz etmişlerdir. Çalışmada kirlilik cenneti hipotezini sağladığı ve ters U şeklinde bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca çevresel bozulmanın doğrudan yabancı yatırımları caydırdığına dikkat çekmişlerdir.

Mngumi vd. (2024) çalışmalarında, 1990-2021 yılları arasında BRICS üye ülkelerinin verilerini kullanarak doğrudan yabancı yatırımın, teknolojik inovasyon ve ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi Dumitrescu ve Hurlin panel nedensellik testi ve AMG tahmincisi ile analiz etmişlerdir. Çalışmada finansal gelişimi, teknolojik inovasyonu ve doğrudan yabancı yatırımının karbondioksit emisyonu ile uzun vadeli anlamlı ve negatif bir ilişkiye sahip olduğu, ekonomik büyüme, teknolojik yenilik, sanayileşme ve enerji kullanımının karbon emisyonu ile anlamlı ve pozitif bir ilişkiye sahip olduğu bulunmuştur. Ekonomik büyüme, Dijital ekonomik büyüme, Finansal verimlilik, karbondioksit emisyonu, Sanayileşme, Teknolojik Yenilik, Yabancı doğrudan yatırım ve Enflasyon arasında uzun vadeli çift yönlü nedensellik olduğunu bulunurken, doğrudan yabancı yatırım ve karbon emisyonu arasında tek yönlü nedensellik bulunmuştur.

Tang vd. (2024) çalışmalarında, 2007 ile 2019 yılları arasında Çin verilerini kullanarak doğrudan yabancı yatırımların ekonomik büyümenin, ticaretin çevresel bozulma üzerindeki eşik etkisini panel veri ile analiz etmişlerdir. Çalışmada, ekonomik büyüme ve ticaretin karbondioksit emisyonları üzerinde tek bir eşik etkisine sahip olduğu, ancak doğrudan yabancı yatırımın istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir.

Koçak, (2025) çalışmasında 1995-2022 döneminde D8 ülkelere ait doğrudan yabancı yatırım verilerini kullanarak Çevresel Kuznets Eğrisi, Kirlilik Halosu ve Kirlilik Cenneti hipotezlerini test etmek için FMOLS uzun vadeli yöntemini kullanmıştır. Elde edilen ampirik bulgular, Çevresel Kuznets Eğrisi ve Kirlilik Halosu hipotezlerinin geçerliliğini desteklemeyen, Kirlilik Cenneti hipotezinin geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

### 3. Veri Seti, Model ve Metodoloji

#### 3.1. Veri Seti

Türkiye'deki doğrudan yabancı yatırımın ve ekonomik gelişmenin karbon emisyonu üzerindeki etkisini incelemek için ARDL yöntemi ve Bayesyen regresyon analizi tercih edilmiştir. Çalışmanın veri setini 1970-2023 yıllarını kapsayan doğrudan yabancı yatırım (DYY), ekonomik gelişme (EG) ve karbon emisyonu (KE) değişkenleri oluşturmaktadır. GSYH, ekonomik gelişmeyi gösteren en önemli ölçüt olduğu için tercih edilmiştir. Karbondioksit emisyonu, tarım, enerji, atık ve sanayi sektörlerinden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonlarının yıllık olarak belirlenip LULUCF sektörü hariç tutularak ve IPCC'nin GWP faktörleri kullanılarak karbondioksit eşdeğerine dönüştürülmektedir. GSYİH, yerleşik üreticilerin yarattığı toplam katma değer, ürünlere dahil edilmeyen vergilerin eklenip sübvansiyonların çıkarılması ile hesaplanmış ve 2015 sabit ABD doları cinsindedir. Öz sermaye akışları, IMF'nin ödemeler dengesi verilerine dayanmaktadır. DYY verileri, UNCTAD ve resmi kaynaklardan alınan verilerle Dünya Bankası tahminleriyle desteklenip cari ABD doları cinsindedir (The World Bank, 2025). Veri seti, Dünya Bankası resmi veri sitesinden elde edilmiştir. Dünya bankasında, karbon emisyonu ile ilgili en geniş aralık 1970-2023 yıllarını kapsadığından çalışmada bu aralık tercih edilmiştir.

**3.2. ARDL Modeli**

Değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkileri belirlemek amacı ile ARDL modeli kullanılmıştır. Değişkenlerin durağanlık düzeyi I(0) ve I(1) olduğunda kullanılabilen ARDL modeli eşbütünleşme ilişkisini tespit edebilmektedir (Çetin, Kapak, 2021: 409). Bu çalışmada kurulan genel ARDL modeli aşağıdaki gibidir:

$$LKE_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i LKE_{t-i} + \sum_{j=1}^q \beta_j LEG_{t-j} + \sum_{k=1}^r \gamma_k LKE_{t-k} + \varepsilon_t \tag{1}$$

Bu modelde bağımlı değişken karbon emisyonu (KE) olarak tanımlanmış olup, bağımsız değişkenler ekonomik gelişme (EG) ve doğrudan yabancı yatırımlar (DYY) ile temsil edilmektedir. Hata terimi ise  $\varepsilon$  ile gösterilmektedir. p, q, r sırasıyla değişkenlere ait optimum gecikme uzunluklarını göstermektedir.

**3.3. Bayesyen Regresyon Analizi**

$\theta$  parametresi bilinen rastgele bir değişken ve  $y$  gözlem verileri için benzerlik fonksiyonu  $f(y|\theta)$  ile gösterilmek üzere;  $\theta$  parametresi için yoğunluk fonksiyonu,

$$h(\theta, y) = f(y|\theta).g(\theta) = g(\theta|y).f(y) \tag{1}$$

olup, (1) eşitliği

$$g(\theta|y) = \frac{f(y|\theta).g(\theta)}{f(y)} = \frac{f(y|\theta).g(\theta)}{\int f(y|\theta).g(\theta)d\theta} \tag{2}$$

şeklinde düzenlenerek Bayes teoremi elde edilir. (2) eşitliğinde  $g(\theta|y)$ ,  $\theta$  parametresi için sonsal dağılımı ve  $f(y) = \int f(y|\theta).g(\theta)d\theta$  eşitliği Bayesyen yaklaşım için normalleştirme sabitini göstermektedir. (2) eşitliğinde normalleştirme sabitinin 1 olan değeri yerine yazılırsa (3) eşitliği elde edilir (Judge vd., 1986: 99).

$$g(\theta|y) \propto f(y|\theta).g(\theta) \tag{3}$$

$\theta$  için benzerlik fonksiyonu  $f(y|\theta)$ , matematiksel olarak olabilirlik fonksiyonu  $\ell(\theta|y)$  ile aynı olup eşitlik (3)'te yerine yazılırsa (4) eşitliği elde edilir. (4) eşitliğindeki ' $\alpha$ ' sembolü orantılı olduğunu göstermektedir (Greenberg, 2013: 14).

$$g(\theta|y) \propto \ell(\theta|y).g(\theta) \tag{4}$$

eşitlik (4)'te verilen ifade sözel olarak,

$$\text{sonsal dağılım} \propto \text{olabilirlik fonksiyonu} \times \text{önsel dağılım}$$

şeklinde ifade edilir.  $e \sim N(0, \delta^2 I)$  olan (4) eşitliğine  $y = x\beta + e$  doğrusal model uygulandığında,

$$g(\beta, \sigma | y) \propto \ell(\beta, \sigma | y).g(\beta, \sigma) \tag{5}$$

$$\ell(\beta, \sigma | y) = (2\pi\sigma^2)^{-T/2} \exp\left[-\frac{(y-x\beta)'(y-x\beta)}{2\sigma^2}\right]$$

$$=(2\pi)^{-T/2} \sigma^{-T} \exp\left[-\frac{(y-x\beta)'(y-x\beta)}{2\sigma^2}\right] \tag{6}$$

(6) eşitliğinde  $b = (x'x)^{-1}x'y$ ,  $\hat{\sigma}^2 = -\frac{(y-xb)'(y-xb)}{v}$ ,  $v = T - K$  değerlerini yerine yazarsak,

$$\ell(\beta, \sigma | y) = \sigma^{-T} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [v\hat{\sigma}^2 + (\beta - b)'x'x(\beta - b)]\right\} \tag{7}$$

olabilirlik fonksiyonu elde edilir.

**3.2.1. Bilgi Vermeyen Önsel Dağılım ile Sonsal Dağılımın Elde Edilmesi**

Bilgi vermeyen önsel dağılım için  $\beta$  ve  $\sigma$  parametreleri için

$$g(\beta, \sigma | y) \propto \delta^{-1} \tag{8}$$

orantılı ifadesi kullanılmaktadır.  $\beta, \sigma$  parametrelerinin bağımsızlık varsayımı altında eşiti

$$g(\beta, \sigma) = g(\beta)g(\sigma) \propto \delta^{-1}, -\infty < \beta < \infty, 0 < \sigma < \infty \tag{9}$$

şeklinde olup  $g(\beta)$  sabit kabul edilirse  $g(\sigma) \propto \sigma^{-1}$  olur (Judge vd., 1986:101).

Burada,  $\int_{-\infty}^{\infty} g(\beta)d\beta = \infty$ ,  $\int_0^{\infty} g(\sigma)d\sigma = \infty$  olduğundan (7) ve (8) eşitliği, (5) eşitliğinde yerine yazılıp düzenlenirse sonsal dağılım,

$$\begin{aligned} g(\beta, \sigma | y) &\propto \ell(\beta, \sigma | y) \cdot g(\beta, \sigma) \\ &\propto \sigma^{-(T+1)} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [v\hat{\sigma}^2 + (\beta - b)'x'x(\beta - b)]\right\} \end{aligned} \quad (10)$$

elde edilir. Eşitlik (10)'u tekrardan düzenlersek,

$$g(\beta, \sigma | y) = g(\beta | \sigma, y) \cdot g(\sigma | y) \quad (11)$$

$$g(\beta | \sigma, y) = (2\pi)^{-K/2} \sigma^{-K} |x'x|^{1/2} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [(\beta - b)'x'x(\beta - b)]\right\} \quad (12)$$

ve

$$g(\sigma | y) = \frac{2}{\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)} \left(\frac{v\hat{\sigma}^2}{2}\right)^{v/2} \frac{1}{\sigma^{v+1}} \exp\left(-\frac{v\hat{\sigma}^2}{2\sigma^2}\right) \quad (13)$$

eşitlik (13) ile verilen marjinal sonsal yoğunluk fonksiyonu  $v$  ve  $\hat{\sigma}^2$  parametreleri ile ters çevrilmiş bir gama dağılımıdır.  $\sigma$  bilinmediği için (12) eşitliği tekrar  $\beta$  parametresine göre düzenlenip,  $\sigma$  parametresine göre integrali alınır,

$$\begin{aligned} g(\beta | y) &= \int_0^\infty g(\beta, \sigma | y) d\sigma \\ &= \int_0^\infty g(\beta | \sigma, y) \cdot g(\sigma | y) d\sigma \\ &\propto \int_0^\infty \sigma^{-(T+1)} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [v\hat{\sigma}^2 + (\beta - b)'x'x(\beta - b)]\right\} d\sigma \\ &\propto \left[1 + \frac{1}{v}(\beta - b)' \frac{x'x}{\hat{\sigma}^2} (\beta - b)\right]^{-(K+v)/2} \end{aligned} \quad (14)$$

elde edilir (Judge vd., 1986:104).

### 3.2.2. Model

Türkiye'de ekonomik gelişme ve doğrudan yabancı yatırımların karbon emisyonları üzerindeki etkisini incelemek amacıyla çoklu Bayesyen regresyon yöntemi kullanılmış, veriler logaritmik dönüşüme tabi tutularak Eşitlik (15) kapsamında analize dâhil edilmiştir. Model aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$LKE_t = \beta_1 + \beta_2 * LEG_t + \beta_3 * LDYY_t + \varepsilon_t \quad (15)$$

Bu modelde bağımlı değişken karbon emisyonu (KE) olarak tanımlanmış olup, bağımsız değişkenler ekonomik gelişme (EG) ve doğrudan yabancı yatırımlar (DYY) ile temsil edilmektedir. Hata terimi ise  $\varepsilon$  ile gösterilmektedir.

## 4. Ampirik Sonuçlar

### 4.1. ARDL Analizi

Zaman serilerinin durağan olup olmadığını belirlemek için Phillips-Perron (PP) birim kök testi uygulanmış ve aşağıda tablo ile verilmiştir.

**Tablo 1.** Phillips-Perron Durağanlık Testi Sonuçları

Değişken	PP	Kritik Değer(%5)
LKE	-2.5336	-3.4952
LEG	-2.4165	-3.4952
LDYY	-4.1383	-3.4952

Tablo 1 ile PP test sonuçları verilmiştir. PP test istatistiği (Z-tau) değeri kritik değerden mutlak değerce küçük olup durağan değildir. Serileri durağan hale getirmek için değişkenlerin birinci farkları alınmış ve elde edilen değerler Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Birinci Farkları Alınmış Değişkenlerin Phillips-Perron Durağanlık Testi Sonuçları

Değişken	PP	Kritik Değer (%5)
d(LKE)	-6.8783	-2.9178
d(LEG)	-7.9025	-2.9178
d(LDYY)	-11.2862	-2.9178

Tablo 2 incelendiğinde PP test istatistik değerlerinin %5 anlamlılık düzeyinde kritik değerden mutlak değerce büyük olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumda birinci farkları alındığında değişkenlerin durağan hale geldiği gözlemlenmiştir.

**Tablo 3.** ARDL Modeli Kısa Dönem Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-değeri	p-değeri
Sabit	-0.279990	0.546037	-0.513	0.6105
KE(-1)	0.889347	0.063041	14.108	0.000000
EG	0.722839	0.138848	5.206	0.00000418
EG(-1)	-0.688527	0.153762	-4.478	0.0000479
DYY	-0.006208	0.009183	-0.676	0.5024
DYY(-1)	0.021362	0.008986	2.377	0.0216

Tablo 3 incelendiğinde kısa dönem ARDL test sonuçları modelin oldukça güçlü bir açıklama gücüne sahip olduğunu göstermektedir. Değişkenlerin karbon emisyonu üzerindeki etkileri cari dönemde EG pozitif ve güçlü bir etki, DYY anlamsız iken bir dönem gecikmeli dönemde EG negatif ve anlamlı, DYY pozitif ve anlamlıdır. Ayrıca bağımlı değişken KE nin bir dönem gecikmeli değeri oldukça yüksek ve anlamlıdır.

**Tablo 4.** Diğer İstatistikler

$R^2$	Ayarlanmış $R^2$	F	p-değeri
0.9967	0.9963	2831	0.000

Tablo 4 değerleri incelendiğinde  $R^2$  değerinin 0.9967 olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum modelin yüksek düzeyde açıklayıcılığa sahip olduğunu göstermektedir.  $R^2$  değeri, modelin bağımsız değişkenleri ile bağımlı değişkeni arasındaki ilişkileri güçlü biçimde yansıttığını göstermektedir. Ayrıca model üzerinde yapılan test değerlerinin tutarlı sonuçlar vermesi elde edilen bulguların geçerliliğini desteklemektedir.

**Tablo 5.** ARDL Modeli Uzun Dönem Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-değeri	p-değeri
Sabit	-2.530353	3.676560	-0.688	0.4947
EG	0.310092	0.377491	0.821	0.4155
DYY	0.136953	0.084507	1.621	0.1118

Tablo 5 incelendiğinde uzun dönem ARDL test sonuçlarında bağımsız değişkenlerin katsayıları pozitif ancak p değerinin yüksek olması istatistiksel olarak anlamsız olduğunu göstermektedir. Buradan hareketle ARDL test sonuçlarına göre kısa dönemin uzun dönem dinamiklerine göre daha baskın olduğu gözlemlenmektedir.

**Tablo 6.** Bounds Test Sonuçları

F	p-değeri
4.8078	0.04995

Tablo 5 incelendiğinde Bounds test sonuçlarına göre değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisine işaret etmektedir. Uzun dönem katsayılarının istatistiksel anlamlılık düzeylerinin sınırlı kalmasına rağmen, modelin genel yapısı ve sınır testi sonuçları birlikte değerlendirildiğinde değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı desteklenmektedir. Bu durum, kısa dönem dönem dinamiklerinin daha baskın olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda, modelin genel yapısı ve kullanılan yöntem dikkate alındığında, ARDL yaklaşımının söz konusu veri seti için uygun bir modelleme çerçevesi sunduğu değerlendirilmektedir.

**Tablo 7.** Diagnostik Test Sonuçları

Test İstatistiği	Değer	p-değeri
Durbin-Watson	2.1718	0.6038
Breusch-Pagan	3.2063	0.6682
Jarque-Bera	0.4401	0.8025

Tablo 7 incelendiğinde, Durbin–Watson istatistiği modelde otokorelasyon sorununun bulunmadığını; Breusch–Pagan testi sonuçları değişen varyans probleminin olmadığını; Jarque–Bera testi ise hata terimlerinin normal dağılım varsayımını sağladığını göstermektedir.

**Tablo 8. Robust Test Sonuçları**

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-değeri	p-değeri
Sabit	-0.279990	0.411168	-0.681	0.4992
KE(-1)	0.889347	0.043557	20.418	0.000000
EG	0.722839	0.094615	7.640	0.00000000088
EG(-1)	-0.688527	0.116867	-5.892	0.0000003926
DYY	-0.006208	0.007350	-0.845	0.4026
DYY(-1)	0.021362	0.009987	2.139	0.03767

Tablo 8 incelendiğinde Robust (Newey-West) test sonuçlarında EG değişkeninin anlamlı, DYY'nin gecikmeli değerinin anlamlı olduğu gözlemlenmektedir.

#### 4.2. Çoklu Doğrusal Bayesyen Regresyon Analizi

Çalışmada kullanılan WinBUGS programı, Monte Carlo zincirlerini kullanarak Bayes teoremi çerçeve olasılık dağılımlarını tahmin etmektedir. Simülasyona dayalı bu tahminde elde edilen verilerin gerçek değere oldukça yakın olması, R programı gibi diğer programlarla birlikte kullanılabilmesi gibi durumlardan dolayı etkin kullanılmaktadır.

Markov zincirlerinin başlangıç değerlerinden bağımsız hale getirilmesini sağlamak amacıyla ilk 1000-5000 aralığında zincir yanmasına izin verilir (Hahn, 2014:100). Çalışmada ilk 1000 adım yanma olarak alınıp Markov zincirlerinin 1001. Adımdan itibaren sonsal dağılımı aramaya başlaması sağlanmıştır. MC hatasının 0.5'ten küçük olması dikkate alınarak 2 000 000 zincir üretilmiştir.

Parametreler hakkında güçlü bir ön bilgi bulunmadığı ve subjektif önsel seçimlerin sonuçları etkilemesini önlemek amacıyla, Bayesyen analizde bilgi vermeyen (non-informative / diffuse) önsel dağılım kullanılmıştır. Bu tercih, veriye dayalı çıkarımı ön plana çıkaran ve özellikle makroekonomik zaman serisi analizlerinde yaygın olarak kullanılan standart bir yaklaşımdır.

Parametreleri temsil eden güçlü bir önsel bilgi bulunmaması ve öznel önsel seçimlerin sonuçlar üzerindeki etkisini en aza indirmek amacıyla Bayesyen analizde bilgi vermeyen önsel dağılım tercih edilmiştir. Makroekonomik zaman serisi analizlerinde yaygın olarak kullanılan bu yaklaşım sayesinde, veriye dayalı çıkarımın ön plana çıkarılması amaçlanmıştır. Programın kesinlik ile çalışmasından dolayı varyans yerine kesinlik tercih edilmiş ve kesinlik için gama dağılımı kullanılmıştır. Önsel dağılıma ait değişkenlerin katsayı ve kesinlik değerleri aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Hahn, 2014:95).

$b[j] \sim \text{dnorm}(0, 0.001)$

$\text{tau} \sim \text{dgamma}(0.001, 0.001)$

Bu değerler Türkiye verilerinin önsel dağılımına ait veriler olup WinBUGS programında veriler yazılıp gerekli işlemler yapıldığında Türkiye sonsal dağılım verileri elde edilmiştir. Bu değerler tablo ve şekil olarak aşağıda verilmiş ve yorumları yapılmıştır.

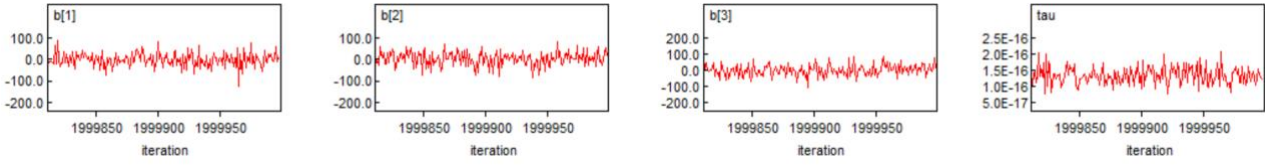
**Tablo 9. Tanımlayıcı İstatistik Tablosu**

Para- metre	Ortalama	Standart Sapma	MC Hata	%2.5	Medyan	%97.5	Başlan- gıç	Örnek- lem
b [1]	0.03936	31.62	0.02168	-61.97	0.03733	62.07	1001	1999000
b [2]	0.001535	31.64	0.02289	-62.01	0.02943	61.91	1001	1999000
b [3]	0.01077	31.61	0.02298	-61.91	0.02895	61.92	1001	1999000
tau	1.33E-16	1.0E-10	7.07E-	8.77E-17	1.31E-16	1.88E-16	1001	1999000

14

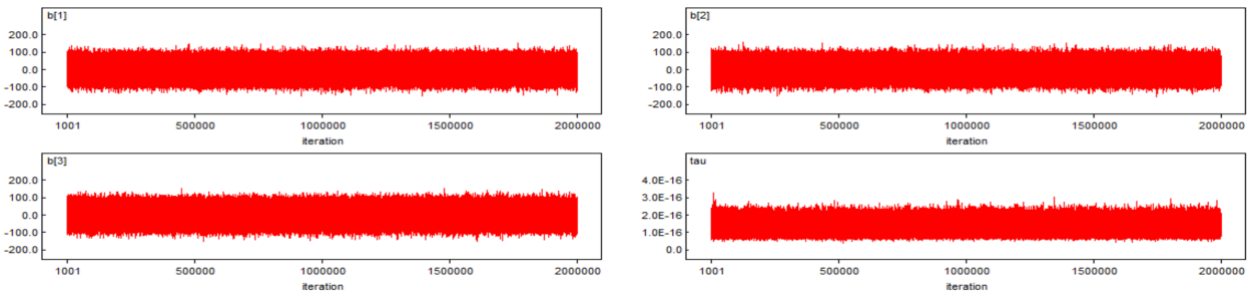
Tablo 9 incelendiğinde MC hatasının 0.05'ten küçük olması, modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Analiz sonuçları, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde pozitif yönlü bir etkiye

sahip olabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca güven aralıklarının nispeten geniş olması, uzun dönemli belirsizlik yapısıyla ilişkilendirilebilir. Tablo 9 verileri bütüncül olarak değerlendirildiğinde, parametre tahminlerinin yönsel olarak tutarlı bir yapı sergilediği görülmektedir.



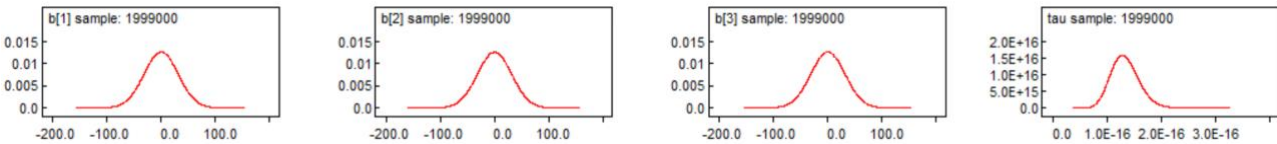
Şekil 4. İz Çizim

Şekil 4 incelendiğinde sonsal dağılımın son 200 iterasyonda Markov zincirlerinin belirli bir aralıkta dalgalandığı gözlemlenmektedir. Dalgalanmalar arama hızının durağan olmadığını göstermekle birlikte istenen seviyede makul düzeyde ilerlemektedir. Ayrıca, zincirler arasında belirgin sıçramaların gözlenmemesi, örnekleme sürecinin sonsal dağılımın elde edilmesinde istikrarlı ve kararlı bir yapı sergilediğini göstermektedir.



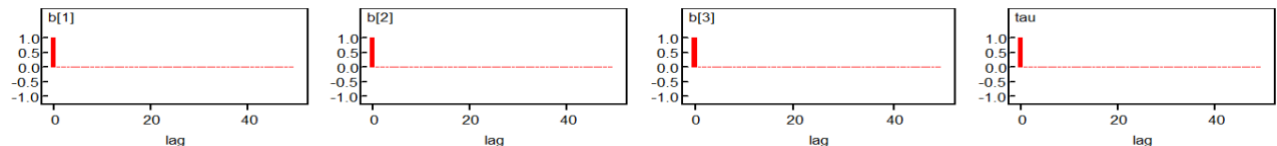
Şekil 5. Çoklu Zincir İzleme Hareket Grafiği; 1001-2000000

Şekil 5 incelendiğinde, ilk 1000 iterasyonun yanma dönemi (burn-in) olarak ayrıldığı ve sonsal dağılıma ait çoklu zincir izleme grafiğinde 1001. iterasyondan 2000000. iterasyona kadar olan zincir hareketlerinin sunulduğu görülmektedir. Sonsal dağılımda b [1] parametresinin (-61.67, 62.07) aralığında 0.03936, b [2] parametresinin (-62.01, 61.91) aralığında 0.001535 ve b [3] parametresinin (-61.91, 61.92) aralığında 0.01077 değerine yakın noktalarda değer ürettiği gözlemlenmektedir. Ayrıca bu süreçte sonsal dağılımın tutarlı bir şekilde yakınsadığı ve tüm zincirlerin iyi karıştığı Şekil 5'ten anlaşılmaktadır.



Şekil 6. Kernel Yoğunluk Çizimi

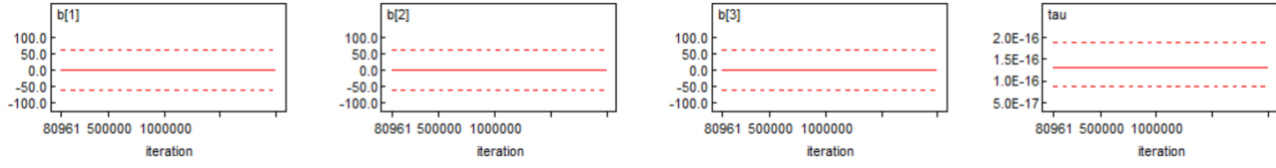
Şekil 6 incelendiğinde, kernel yoğunluk tahminlerine göre parametrelerin yaklaşık olarak normal dağılım sergilediği, kesinlik parametresinin ise sağa çarpık bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu bulgular, sonsal dağılımın belirli bir merkezi değer etrafında yoğunlaştığını ve modelin tahmin performansının dağılım özellikleri bakımından tutarlı ve istikrarlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 7. Otokorelasyon Çizimi

Şekil 7'de, parametrelerin ve kesinliğin otokorelasyon değerlerinin sıfır olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, her bir adımdan bir sonraki adıma geçişteki otokorelasyonu inceleyen Markov zincirlerinin birbirinden bağımsız olarak türetilmiş olduğunu göstermektedir. Otokorelasyonun bir değerinden başlaması, sıfırcı gecikmede her serinin kendisiyle olan korelasyonunun hesaplanmasından kaynaklanmaktadır. Teorik olarak, otokorelasyonun sıfıra yaklaşması beklenmektedir. Bu bağlamda, elde edilen bulgular zincirlerin iyi bir

karışım sergilediğini, örnekleme sürecinin etkin olduğunu ve Markov zincirleri arasında anlamlı bir bağımlılık bulunmadığını ortaya koymaktadır.



Şekil 8. Çalışan Nicelikler Grafiği

Şekil 8 incelendiğinde çalışan nicelikler grafiğinde parametrelerin durağan olup beklenen değere yakınsadığı gözlemlenmektedir. Markov zincirleri arasındaki tutarlılık tespit edilirken, çalışanlar nicelikler grafiği belli bir değer boyunca durağan olup yakınsaması veya çok küçük sapmalar sonucunda belli değere yakınsaması beklenmektedir (Hahn, 2014: 158). Sonsal dağılım parametrelerinden b [1] 0.03936, b [2] 0.001535, b [3] 0.01077 ve kesinlik ise  $1.33E-16$  değerine yakınsadığı Şekil 8'den gözlenmektedir.

## 5. Sonuç ve Tartışma

Çalışmada, Türkiye'nin doğrudan yabancı yatırımının ve ekonomik gelişmesinin karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisi ARDL testi ve Bayesyen regresyon analizi ile incelenmiştir. Çalışmada ekonometrik analiz kapsamında ARDL testi için R programı, Bayesyen analizler için ise WinBUGS yazılımı kullanılmıştır.

Çalışmada Bayesyen yaklaşım belirsiz özsel dağılım kullanılıp WinBUGS programı yardımıyla ilk 1000 adımın yanmasına izin verilerek 2000000 örneklem türetilmiştir. Modeldeki diğer değişken sabit tutulduğunda EG değişkenindeki artış ile KE değişkeni arasında pozitif yönlü bir ilişki gözlemlenmiştir. Benzer şekilde DYY değişkeni ile KE değişkeni arasında da pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. ARDL test sonucunda elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde, ekonomik büyümenin kısa dönemde karbon emisyonlarını artırdığı, ancak gecikmeli etkisinin azaltıcı yönde ortaya çıktığı görülmektedir. Bu durum, çevresel etkilerin zaman içerisinde farklılaşabileceğini ve ekonomide dengeleyici mekanizmaların devreye girebildiğini göstermektedir. Doğrudan yabancı yatırımların ise cari dönemde anlamlı bir etkisi bulunmazken, gecikmeli olarak çevresel bozulmayı artırdığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, özellikle gelişmekte olan ülkelerde yabancı yatırımların çevresel etkilerinin zamanla ortaya çıktığını ve bu bağlamda Kirlilik Cenneti Hipotezi ile uyumlu bulgular sunduğunu göstermektedir. Öte yandan, ekonomik büyümenin kısa dönemde artırıcı, sonraki dönemde ise azaltıcı etkisi, ters-U şeklinde bir ilişkiye işaret ederek Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini kısmen desteklemektedir. Bununla birlikte uzun dönem katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olmaması, söz konusu ilişkinin daha çok kısa dönem dinamikler üzerinden şekillendiğini ortaya koymaktadır. Modelin eşbütünleşme ilişkisini doğrulaması ve tüm tanısıl testlerden başarıyla geçmesi ise elde edilen sonuçların ekonometrik açıdan güvenilir olduğunu göstermektedir.

ARDL ve Bayesyen yaklaşımlardan elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde, her iki yöntemde de karbon emisyonları ile ekonomik gelişme arasında pozitif yönlü bir ilişkinin var olduğu ve doğrudan yabancı yatırımların karbon emisyonlarını artırıcı etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bayesyen yaklaşımın parametrelerin olasılıksal yapısını ve genel eğilimini yansıtmaya, ARDL yaklaşımının ise ilişkilerin zaman boyutundaki dinamik yapısını incelemesine bağlı olarak, iki yöntem arasında temel bazı farklılıklar ortaya çıkmıştır. Nitekim ARDL modelinde ekonomik büyümenin kısa dönemde artırıcı, gecikmeli dönemde ise azaltıcı bir etkiye sahip olduğu tespit edilirken, Bayesyen yaklaşımda değişkenler arasında pozitif yönlü bir ilişkinin bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca, her iki yöntemin birlikte kullanılması, elde edilen bulguların daha kapsamlı ve sağlam bir çerçevede değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Çalışmada kullanılan değişkenlerden, doğrudan yabancı yatırımının karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisi (Kılıçarslan ve Dumrul, 2017; Kurt vd., 2019; Benli, 2020) çalışmaları ile, ekonomik gelişmesinin karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisini (Salahuddin vd., 2018; Jiang ve Ma, 2019; Rafique vd., 2020) çalışmaları ile benzerlik göstermektedir. Literatürdeki (Haug ve Ucal, 2019; Tang vd., 2024) çalışmalarda ise doğrudan yabancı yatırımın istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu farklılıklar ülkelerin gelişmişlik düzeylerine, yatırım ve çevre politikalarına ve kullanılan enerji kaynaklarının yapısına göre değişkenlik gösterebilmektedir.

Gelecek çalışmalarda, Türkiye'nin BRICS, G7, OECD ve AB ülkeleri ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmesi önerilmektedir. Bu süreçte karbondioksit emisyonu ile doğrudan yabancı yatırımların ve ekonomik gelişme arasındaki ilişkiyi analiz etmek için, belirli eşik değerlerini dikkate alarak değişkenlerin durumunun ve etkisinin farklılaşma durumunu ortaya koyan panel eşik değer regresyonu, doğrudan ve dolaylı etkileri ayrıştırarak analiz etmek için Panel Veri Yapısal Eşitlik Modeli, doğrusal olmayan ilişkilerin analizinde yüksek öngörü gücünü kullanabilen Random Forest, XGBoost, SVR vb. gibi Makine Öğrenmesi Yöntemleri tercih edilebilir.

Türkiye'de ekonomik büyüme ve doğrudan yabancı yatırımlar, karbon emisyonlarının önemli belirleyicileri arasındadır. Sürdürülebilir bir enerji politikası benimsemek, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek ve enerji verimliliğini arttırmak, karbon emisyonlarını azaltmanın en etkili yollarındandır. Ayrıca, çevresel bilincin artması ve yeşil ekonomiye geçiş sürecinin desteklenmesi de karbon salınımını kontrol altına almak için kritik adımlar olacaktır.

Ekolojik dengenin korunması aşamasında, devletler yenilenebilir enerji yatırımlarını desteklemeli ve teşvik etmelidir. Bu aşamada, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın 2035 hedefleri doğrultusunda yenilenebilir enerjiye yönelik lisanslama süreçleri ile yatırım izinlerinin hızlandırılması gerekmektedir. Ayrıca, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülen Enerji Kimlik Belgesi sistemi ile KOSGEB ve TÜBİTAK tarafından sağlanan yeşil dönüşüm ve enerji verimliliği desteklerinin kesintisiz biçimde sürdürülmesi ve uzun vadeli devlet politikası haline getirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, karbon vergisi uygulamaları ile emisyon verimliliğini arttırmaya yönelik mevcut düzenlemelerin etkinliğinin korunması, yeşil teknoloji geliştirme süreçlerinin teşvik edilmesinin sürdürülmesi ve yenilenebilir enerji verimliliğini arttırmaya yönelik politika araçlarının istikrarlı biçimde uygulanmaya devam edilmesi önem arz etmektedir. Bu amaçla ISO 50001 başta olmak üzere ISO 14001 ve ISO 14064 gibi yönetim sistemlerinin sanayi tesisleri, kamu kurumları ve büyük ölçekli ticari işletmelerde yaygınlaştırılması için teşvik edilmelidir. Türkiye'nin gelecekte daha düşük karbon salınımına sahip bir enerji yapısına kavuşması için yenilikçi politikaların devamlılığının sağlanması ve uzun vadeli stratejiler geliştirilmesi önem taşımaktadır.

Çalışmanın sınırlılıkları, veri setinin çeyreklik veya aylık gibi daha yüksek frekanslı veriler yerine yıllık verilerle sınırlı olması ve çalışmanın yalnızca Türkiye örneği ile sınırlandırılmış olmasıdır.

## Kaynaklar

- Abid, A., Mehmood, U., Tariq, S., & Haq, Z.U. (2022). The effect of technological innovation, FDI, and financial development on CO<sub>2</sub> emission: Evidence from the G8 countries. *Environ Sci Pollut Res*, 29(8), 11654-11662. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15993-x>.
- Acheampong, A. O., Dzator, J., Dzator, M., & Salim, R. (2022). Unveiling the effect of transport infrastructure and technological innovation on economic growth, energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions. *Technological Forecasting and Social Change*, 182, 121843. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121843>
- Akçay, S., & Karasoy, A. (2018). Doğrudan yabancı yatırımlar ve karbondioksit emisyonu ilişkisi: Türkiye örneği. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 73(2), 501-526. [https://doi.org/10.1501/SBFder\\_0000002507](https://doi.org/10.1501/SBFder_0000002507)
- Akyol, M., & Mete, E. (2021). Çevresel teknolojik inovasyonların CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkisi: OECD ülkeleri örneği. *İstanbul İktisat Dergisi*, 71(2), 569-590. <https://doi.org/10.26650/ISTJECON2021-935480>
- Alam, F. (2024). Environmental Kuznets Curve and sustainable development in OECD countries: A panel data analysis. *European Journal of Development Studies*, 4(6), 9-15. <https://doi.org/10.24018/ejdevelop.2024.4.6.392>
- Ateş, M.H., Çakan, C.D., & Kurtoğlu, S. (2024). Yüksek karbon emisyonuna sahip Avrupa ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi ve finansal gelişmenin karbon emisyonları üzerindeki etkisi. *Ekonomi Maliye İşletme Dergisi*, 7(2), 87-109. <https://doi.org/10.46737/emid.1484274>
- Benli, M. (2020). Türkiye'de doğrudan yabancı yatırımlar, karbon emisyonu ve iktisadi büyüme: Veriye dayalı bir analiz. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 6(1), 35-59. <https://doi.org/10.20979/ueyd.617746>

- Benzerrouk, Z., Abid, M. & Sekrafi, H. (2021). Pollution haven or halo effect? A comparative analysis of developing and developed countries, *Energy Reports*, 7, 4862-4871, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.07.076>
- Bulut, Ü., & Muratoğlu, G. (2018). Renewable energy in Turkey: Great potential, low but increasing utilization, and an empirical analysis on renewable energy-growth Nexus. *Energy Policy*, 123, 240-250. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.057>
- Chen, Y., Wang, Z., & Zhong, Z. (2019). CO2 emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China. *Renewable Energy*, 131, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.047>
- 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., Ecevit, E., & Yücel, A.G. (2018). Structural breaks, urbanization and CO2 emissions: Evidence from Turkey. *Journal of Applied Economics and Business Research*, 8(2), 122-139. <https://www.researchgate.net/publication/333405826>
- Çetin, M., Kapçak, S. (2021). Türkiye’de ithalat odaklı büyüme hipotezi. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26, 401-416. <https://izlik.org/JA42PY56HX>
- Deng, W., Meng, T., Kharuddin, S., Ashhari, Z.M., & Zhou, J. (2024). The impact of renewable energy consumption, green technology innovation, and FDI on carbon emission intensity: Evidence from developed and developing countries. *Journal of Cleaner Production*, 483,144310. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144310>
- Doğan, E., & Türkekul, B. (2016). CO2 emissions, real output, energy consumption, trade, urbanization and financial development: testing the EKC hypothesis for the USA. *Environ Sci Pollut Res*, 23(2), 1203–1213. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5323-8>
- Ehigiamusoe, K. U., & Lean, H. H. (2019). Effects of energy consumption, economic growth, and financial development on carbon emissions: evidence from heterogeneous income groups. *Environmental Science and Pollution Research International*, 26(22), 22611–22624. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05309-5>
- Gök A, Ashraf A, Jasinska E. (2024). The role of carbon emissions on inward foreign direct investment: A nonlinear dynamic panel data analysis. *Sustainability*, 16(13), 5550. <https://doi.org/10.3390/su16135550>
- Greenberg, E. (2013). *Introduction to Bayesian econometrics* (2nd ed.). New York. Cambridge University Press.
- Hanif, I., Raza, S.M.F., Gago-de-Santos, P., & Abbas, Q. (2019). Fossil fuels, foreign direct investment, and economic growth have triggered CO2 emissions in emerging Asian Economies: Some empirical evidence. *Energy*, 171, 493-501. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.011>
- Hahn, E. D. (2014). *Bayesian methods for management and business: Pragmatic solutions for real problems*. Canada. John Wiley & Sons Inc.
- Haug, A. A. & Ucal, M. (2019). The role of trade and FDI for CO2 emissions in Turkey: Nonlinear relationships. *Energy Economics*, 81, 297-307. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.04.006>
- Jiang, C., & Ma, X. (2019). The impact of financial development on carbon emissions: A global perspective. *Sustainability*, 11(19), 5241. <https://doi.org/10.3390/su11195241>.
- Judge, G. G., Griffiths, W. E., Hill, R. C., Lütkepohl, H., & Lee, T. C. (1986). *The theory and practice of econometrics* (2nd ed.). ABD. John Wiley & Sons, Inc.
- Kaika, D. & Zervas, E. (2013). The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory – part a: Concept, causes and the CO2 emissions case, *Energy Policy*, 62, 1392-1402. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.131>
- Khan, S., Peng, Z., & Li, Y. (2019). Energy consumption, environmental degradation, economic growth and financial development in globe: Dynamic simultaneous equations panel analysis. *Energy Reports*, 5,1089-1102. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.08.004>

- Kılıçarslan, Z., & Dumrul, Y. (2017). Foreign direct investments and CO<sub>2</sub> emissions relationship: The case of Turkey. *Business and Economics Research Journal (BERJ)*, 4 (8), 647-660. <https://doi.org/10.20409/berj.2017.73>
- Koçak, E. (2025). Foreign direct investment and environmental impacts in D8 countries: Analysis of the Pollution Haven, Pollution Halo and Environmental Kuznets Curve Hypotheses. *International Journal of Economics and Innovation*, 11(1), 121-138. <https://doi.org/10.20979/ueyd.1643272>
- Koçak, E., & Şarkgüneşi, A. (2018). The impact of foreign direct investment on CO<sub>2</sub> emissions in Turkey: New evidence from cointegration and bootstrap causality analysis. *Environmental science and pollution research international*, 25(1), 790–804. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0468-2>
- Kumcu, S., & Özyörük, B. (2023). Sürdürülebilir yeşil bir kalkınma için salınan karbonun yakalanması, depolanması ve kullanımına yönelik bir araştırma. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2), 386-394. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1145904>
- Kurt, Ü., Kılıç, C., & Özekicioğlu, H. (2019). Doğrudan yabancı yatırımların CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkisi: Türkiye için ARDL sınır testi yaklaşımı. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 22 (1), 213-224. <https://doi.org/10.29249/selcuksbmyd.487139>
- Levy, B.S., & Patz, J.A., (eds). (2024). *Climate Change and Public Health* (2nd ed.). New York. Oxford University Press.
- Miettinen, J., Hooijer, A., Vernimmen, R., Liew, S.C., & Page, S.E. (2017). From carbon sink to carbon source: Extensive peat oxidation in insular Southeast Asia since 1990. *Environmental Research Letter*, 12(2), 024014. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5b6f>
- Mngumi, F., Huang, L., Xiuli, G., & Ayub, B. (2024). Financial efficiency and CO<sub>2</sub> emission in BRICS. Dose digital economy development matter?. *Heliyon*, 10(2), e24321. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24321>
- Pata, U.K. (2018). The effect of urbanization and industrialization on carbon emissions in Turkey: Evidence from ARDL bounds testing procedure. *Environ Sci Pollut Res*, 25, 7740–7747. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1088-6>
- Pejović, B., Karadžić, V., Dragasević, Z., & Backović, T. (2021). Economic growth, energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in the countries of The European Union and The Western Balkans. *Energy Reports*, 7, 2775-2783. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.05.011>
- Rafique, M. Z., Li, Y., Larik, A. R., & Monaheng, M. P. (2020). The effects of FDI, technological innovation, and financial development on CO<sub>2</sub> emissions: evidence from the BRICS countries. *Environmental science and pollution research international*, 27(19), 23899–23913. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08715-2>
- Salahuddin, M., Alam, K., Ozturk, I., & Sohag, K. (2018). The effects of electricity consumption, economic growth, financial development and foreign direct investment on CO<sub>2</sub> emissions in Kuwait. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(2), 2002-2010. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.009>
- Şahin, C., & Ünal, S. (2023). Karbon salınımının, ekonomik büyüme ve finansal gelişme ile ilişkisi: Türkiye örneği. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 15(29), 367-376. <https://doi.org/10.20990/kilisiibfakademik.1317807>
- Tang, C., Rosland, A., Yasmeen, R., & Long, Y. (2024). The threshold analysis of economic growth, FDI and trade on environment pollution in China using provincial panel data. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 25071–25090. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03670-7>
- The World Bank. (2025). World Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (Erişim Tarihi:11.03.2025)