



Araştırma Makalesi / Research Article

Karbon Emisyonlarının Belirleyicileri: Seçilmiş Avrupa Birliği Ülkeleri için Mekânsal Bulgular*

Burcu Berke¹, Gül Huyugüzel Kışla²

Öz

Dünyada giderek artan iklim değişikliğinin temel nedenlerinden biri "karbon emisyonlarının yükselmesi"dir. Literatürde karbon emisyonlarının geleneksel belirleyicilerinin yaygın olarak araştırılmasına karşın, finansal gelişme, yenilenebilir enerji ve gelir eşitsizliğinin bu emisyonlarda yaratabileceği olası etkiler daha az tartışılmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın temel amacı 1991-2018 döneminde seçilmiş Avrupa Birliği ülkeleri için karbon emisyonlarının belirleyicilerini mekânsal panel veri yöntemini kullanarak araştırmaktır. Çalışmada diğer kontrol değişkenlerinin (kentleşme ve büyüme) etkileri kontrol edildikten sonra gelir eşitsizliği ve finansal gelişme arttıkça karbon emisyonları artarken, yenilenebilir enerji tüketimi arttıkça bu emisyonların azaldığı veya çevresel kalitenin iyileştiği sonucuna varılmaktadır. Ayrıca, büyüme oranı arttıkça karbon emisyonlarının belli bir eşik değere kadar artıp daha sonra azalacağı fikrine dayanan "çevresel Kuznets eğrisi" hipotezinin de geçerli olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, seçilmiş Avrupa Birliği ülkeleri için karbon emisyonlarının yanı sıra iklim değişikliklerinin azaltılabilmesinin yenilenebilir enerjiyi destekleyecek politikalara bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, karbon yoğun kömürden düşük karbonlu gaz veya fosil yakıttan nükleer enerji veya yenilenebilir enerji doğru kaymalar, toplam küresel emisyonlarının düzeyini azaltabilir.

Anahtar Kelimeler: Karbon Emisyonu, Yenilenebilir Enerji, Finansal Gelişme, Mekânsal Analiz, Avrupa Birliği.

Determinants of Carbon Emissions: Spatial Findings for Selected European Union Countries

Abstract

One of the main reasons for the increasing climate change in the world is the "increase of carbon emissions". Although the traditional determinants of carbon emissions are widely researched in the literature, the possible effects of financial development, renewable energy and income inequality on these emissions are less discussed. In this context, the main purpose of the study is to investigate the determinants of carbon emissions for selected European Union countries in the period of 1991-2018 using the spatial panel data method. In the study, after controlling for the effects of other control variables (urbanization and growth), it is concluded that carbon emissions increase as income inequality and financial development increase, while these emissions decrease or environmental quality improves as renewable energy consumption increases. In addition, the "environmental Kuznets curve" hypothesis, which is based on the idea that carbon emissions will increase up to a certain threshold value and then decrease as the growth rate increases, seems to be valid. These results reveal that the reduction of climate change as well as carbon emissions for selected European Union countries depends on policies that will support renewable energy. Thus, shifts from carbon-intensive coal to low-carbon gas, or from fossil fuels to nuclear or renewable energy can reduce the level of overall global emissions.

Keywords: Carbon Emission, Renewable Energy, Financial Development, Spatial Analysis, European Union.

* Bu çalışma 13-15 Mayıs, 2022 tarihleri arasında gerçekleştirilen Econ Anadolu2022 adlı konferansta sözlü olarak sunulmuştur.

¹ Sorumlu Yazar (Corresponding Author), Doç. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, burcuberke@ohu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-3987-3592>

² Doç. Dr., Ege Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, gul.kisla@ege.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-0901-2038>

Atıf/Cite as: Berke, B., Huyugüzel Kışla, G. (2023). Karbon emisyonlarının belirleyicileri: Seçilmiş Avrupa Birliği ülkeleri için mekânsal bulgular. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 41 (3), 388-409.

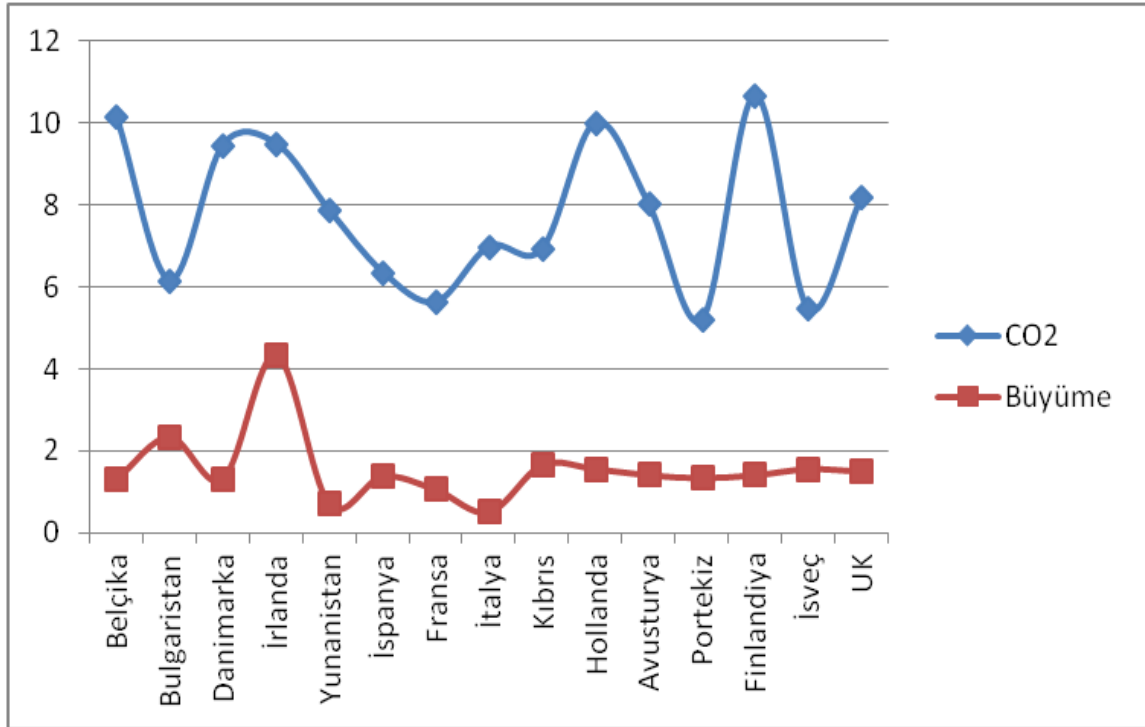
GİRİŞ

Sürdürülebilir kalkınmada “iklim değişikliği” (climate change) en zorlu çevresel sorunların başında gelirken, dünyada artan küresel ısınma (global warming) ve sera gazı emisyonlarının (GHG) miktarları insanlığı giderek tehdit etmektedir. Bu kapsamda dünyada “düşük karbonlu bir geleceğe geçiş” (veya decarbonization) süreci önemli olup 2005 yılında yürürlüğe girerek dünya çapında karbon emisyonlarını azaltmayı hedefleyen “Kyoto protokolü” ve dünyadaki en büyük karbon emisyon ticaret sistemi olan “European Union Emissions Trading System” (EU-ETS) sonrası küresel ısınma konusuna olan ilgi artmıştır. Bu sistem ülkelere karbon emisyonlarının (CO₂) yumuşatılması ve yönetilmesi için teşvikler sağlamaktadır. Hükümetler artan GHG emisyonlarının yarattığı olumsuz çevresel etkileri azaltmak için yenilenebilir veya temiz enerji sektörünü teşvik etmektedirler (Baek, 2016; Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2021; Kanwal ve Khan, 2021; Mo vd., 2021).

2015’de 196 katılımcı tarafından ortak biçimde düşük karbonlu ekonomiye geçişte uzlaşmayı amaçlayan “Paris Antlaşması”, 2050 ve 2100 arasında global ısınmanın veya atmosferdeki antropojenik kaynaklı sera gazı yoğunlaşmasının azaltılması ve iklim değişikliğinin stabilize edilmesini kapsamaktadır. Burada sanayi öncesi dönemdeki gibi sıcaklık düzeyinin minimum 1.5°C veya maksimum 2°C şeklinde sınırlandırılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda 2030 yılına kadar “sürdürülebilir veya temiz enerjiye” geçiş ve 2050 yılına kadar “net sıfır karbon emisyonu” hedeflenmektedir (Chevallier vd., 2019; United Nations, 2021; Tian vd., 2021). Kyoto protokolü ve Paris anlaşması “iklim yönetişimi” veya yenilenebilir olmayan enerjinin yenilenebilir veya temiz enerjiye dönüşümü için önemlidir. Ayrıca, bu anlaşmalar global olarak düşük karbonlu enerjiye geçişi de desteklemektedir (Tian vd., 2021). IPCC (2021)’in son raporunda iklim değişikliğinin gelecekte artacağı ve böylece, sera gazı emisyonlarında sürdürülebilir azalmaların olması gerektiği vurgulanmaktadır.

Dünyada iklim değişikliğine verilen önemin artmasıyla birlikte, ekosistemdeki dengesizliği çözmek için ülkeler alternatif yollar aramaktadırlar. Bu koşullarda Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması kapsamında CO₂ emisyonları ile ilgili taahhütler önemlidir. Bunların yanı sıra en büyük uluslararası karbon piyasası olan ve zaman boyunca karbon salınımlarını (allowances) sınırlandırarak çeşitli aşamalardan oluşan EU-ETS de önemlidir. Bir diğer ifadeyle, Avrupa Birliği (AB) enerji ve diğer karbon yoğun endüstriler tarafından yapılan CO₂ emisyonlarını azaltmak için dört farklı aşamalardan oluşan (2005-2007, 2008-2012, 2013-2020 ve 2021-2030) dünyadaki en büyük EU-ETS’yi oluşturmuştur (Boutaba, 2009; European Union, 2022). AB ülkeleri sera gazı emisyonlarını (GHG) 1990 yılındaki düzeylerine kıyasla 2030 yılına kadar en az %55 azaltmayı ve yenilenebilir enerjinin payını da olabildiğince arttırmayı hedeflemişlerdir. Dolayısıyla, karbon emisyonlarının düzeyini azaltmak için olası bir neden enerji karşısında yenilenebilir kaynaklarının payını ve enerji verimliliğini arttırmaktır (Doğan ve Şeker, 2016; https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/revision-phase-4-2021-2030_en).

Şekil 1: 1991-2018 Döneminde Seçilmiş AB Ülkeleri Başına Düşen Ortalama Karbon Emisyonu (CO₂) ve Ortalama Kişi Başına Büyüme Oranının (GROWTH) Seyri



Kaynak: Yazarlar tarafından World Development Indicators (WDI) veri tabanı kullanılarak hesaplanmıştır.

Grafik 1’de her bir ülke için çalışmada kullanılan değişkenlerin ortalama değerleri verilmektedir. Detayları ek 1’de verilmekle birlikte, seçilmiş on beş AB ülkesinin her biri için ortalama karbon emisyonları değerlerine bakıldığında bu değerlerin beş ve on arasında değiştiği ve ülke spesifik olarak ise *Finlandiya* en yüksek değere sahip iken, *Portekiz*’in ise en küçük ortalama değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer yandan, kişi başına büyüme oranının her bir ülke için seyrine bakıldığında en yüksek değer *İrlanda*’ya ait iken, en küçük değer ise *İtalya*’dadır. Genel olarak bakıldığında karbon emisyonları ve kişi başına büyümenin birlikte hareket etmekte birlikte, birbirlerinden uzaklaşarak belli ölçüde ayrıştıkları (*decoupling*) gözlenmektedir. Bu koşullarda seçilmiş AB ülkelerinin 2050 yılına kadar net sıfır karbon hedefine ulaşmaları olası görünmektedir.

Çalışmanın temel amacı 1991-2018 döneminde veri setinin elde edilebilirliğine bağlı olarak seçilmiş on beş Avrupa Birliği (AB) ülkeleri (Belçika, Bulgaristan, Danimarka, İrlanda, Yunanistan, İspanya, Fransa, İtalya, Kıbrıs, İngiltere, Hollanda, Avusturya, Portekiz, Finlandiya ve İsveç) için karbon emisyonlarının belirleyicilerini mekânsal panel veri yöntemini kullanarak araştırmaktır. Mevcut literatürden farklı olarak bu ülke grubu için çevresel Kuznets eğrisinin var olup olmadığının araştırılmasının yanı sıra yenilenebilir enerji, kentleşme, finansal gelişme ve gelir eşitsizliğinin karbon emisyonlarında yaratabileceği olası etkiler de birlikte ortaya konulmaktadır. Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak uygulanacak olan mekânsal panel veri yöntemi ile ülkeler arasındaki mekânsal bağımlılığın varlığı dikkate alınarak literatüre bu yönden bir katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Çünkü, ekonomik analizlerde mekânsal korelasyonun ihmal edilmesi sapmalı sonuçlara neden olabilmektedir. Ayrıca, çalışmamız

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma hedeflerinden amaç 7 “Erişilebilir ve Temiz Enerji (Affordable and Clean Energy)” (enerji etkinliği, elektrik ve temiz su kaynaklarına erişimi içeren) ve amaç 13 “İklim Eylemi (Climate Action)” (iklim değişikliği ve global ısınmanın azaltılmasını içeren) ile uyumludur (United Nations, 2020). Çalışmanın takip eden kısmında seçilmiş bir yazın incelemesinin yanı sıra veri seti, model, yöntem ile ampirik sonuçlara yer verilecek ve çalışma politika önerileri ve sonuç ile tamamlanacaktır.

1. SEÇİLMİŞ YAZIN İNCELEMESİ

Kişi başına gelir ve eşitsizlik arasındaki ters U şeklinden bir ilişkinin veya “geleneksel Kuznets eğrisi”nin ilk olarak Kuznets (1955) tarafından geliştirilmesinin ardından bu hipotez Grossman ve Krueger (1995) tarafından çevresel kirlilik ve ekonomik büyüme ilişkisine uyarlanarak “Çevresel Kuznets Eğrisi” (ÇKE) geliştirilmiştir. Bu hipoteze göre ülkeler kalkındıkça çevresel kirlilik (veya tahribat) ilk başta artarken, belli bir eşik noktasının ardından gelir düzeyleri arttıkça bu kirlilik de azalmaya başlayıp çevresel kalite iyileştiğinden, çevresel kirlilik ve gelir ilişkisi de “ters U şekli”nden bir eğri ile ifade edilmektedir (Agais ve Chapman, 1999).

Çevresel kirlilik veya karbon emisyonlarının belirleyicilerini inceleyen seçilmiş ampirik çalışmalara bakıldığında bu çalışmada Heerink vd. (2001), Coondoo ve Dinda (2002), Ang (2007), Tamazian vd. (2009), Menyah ve Walde-Rufael (2010), Jalil ve Feridun (2011), Zhang (2011), Iwata vd. (2012), Baek ve Gweisah (2013), Shahbaz vd. (2013a,b), Öztürk ve Acaravcı (2013), Zhang ve Zhao (2014, 2016), Al-Mulali ve Öztürk (2015), Baek (2016), Doğan ve Şeker (2016), Behera ve Dosh (2017), Bekhet vd. (2017), Nasreen vd. (2017), Shahzad vd. (2017), Odhiambo (2020), Vallajas ve Lastuka (2020), Burki ve Tahir (2022), Li vd. (2022), Nikwatoch (2022), Rai ve Rowot (2022) ve Suki vd. (2022)’nin çalışmaları dikkate alınacak ve ardından mekânsal ekonometri kapsamında bu hipotezi test eden seçilmiş çalışmalar (Balado-Naves vd. (2018), You ve Lv (2018), Liu ve Song (2020), Ren vd. (2020) ve Bai vd. (2022) sunulacaktır.

Enerji tüketimi ve gelir eşitsizliğinin çevresel kirliliği etkileyebileceği fikrinden hareket eden Heerink vd. (2001), hanehalklarının gelirleri arttıkça tüketim ve üretim kalıplarını değiştirebildiklerinden fosil yakıttan daha modern enerji kaynaklarına kayabildiklerini belirtmişlerdir. Zenginden yoksula doğru gelirin yeniden dağıtılması veya transfer edilmesinin çevresel kirliliği azalttığını veya gelir eşitsizliğinin çevresel kirliliği belirleyen önemli bir faktör olduğunu dile getirmişlerdir. Gelir ve karbon emisyon arasındaki çift yönlü nedensellikleri araştıran Coondoo ve Dinda (2002) 1960-1990 döneminde 88 ülke için gelir ve çevresel kirlilik düzeyleri arasındaki ters U şeklinden bir ilişkinin varlığını incelemişlerdir. Sanayileşme, dış açıklık ve petrol fiyatlarının etkileri kontrol edildikten sonra, Kuzey Amerika, Batı ve Doğu Avrupa gibi gelişmiş ülke grupları için nedenselliğin karbon emisyonundan gelire doğru olduğunu bulurlarken, merkezi, Güney Amerika ve diğer ülke grupları için ise nedensellik gelirden karbon emisyonlarına doğru çıkmıştır. Son olarak, Asya (Japonya hariç) ve Afrika ile bir bütün olarak dünya gibi ülke grupları için nedensellik çift yönlüdür. Japonya için ise gelir ve emisyon arasında herhangi bir nedensellik yoktur. Benzer olarak, Ang (2007) 1960-2000 döneminde Fransa için kirlilik emisyonları, enerji tüketimi ve çıktı düzeyi arasındaki dinamik nedensellik ilişkisini analiz etmiştir. Sonuçlar uzun dönemde ekonomik büyümenin enerji tüketimi ve kirlilik üzerinde bir nedensellik etkisi olduğunu göstermiştir.

Tamazian vd. (2009) 1992-2004 döneminde BRIC (Brezilya, Rusya, Hindistan ve Çin) ülkeleri için finansal gelişmenin çevresel kirliliğe etkilerini inceledikleri çalışmalarında, ÇKE hipotezinin geçerli olmasıyla birlikte, ekonomik büyüme ve finansal gelişmenin veya doğrudan

yabancı yatırımların çevresel kirliliği azalttığını bulmuşlardır. Menyah ve Walde-Rufael (2010) 1960-2007 döneminde ABD için karbon emisyonları, yenilenebilir ve nükleer enerji tüketimi ile reel GSYİH arasındaki nedensellik ilişkisini incelemişlerdir. Nükleer enerji tüketiminden karbon emisyonlarına tek yönlü bir nedensellik mevcut iken, yenilenebilir enerjiden bu emisyonlara giden herhangi bir nedensellik olmamasına karşın, karbon emisyonlarından bu türden bir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik çıkmıştır. Sonuçlar, yenilenebilir enerjiden farklı olarak nükleer enerjinin karbon emisyonlarını azaltabileceğini ortaya koymaktadır. Finansal gelişme arttıkça finansman maliyetlerinin düşerek çevreyle dost projelere daha fazla kaynak ayrılabilmesi fikrinden hareket eden Jalil ve Feridun (2011), 1953-2006 döneminde Çin için finansal gelişme, dışa açıklık, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin çevresel kirlilik veya karbon emisyonlarına etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında, ÇKE hipotezini doğrulamakla birlikte, diğer kontrol değişkenlerinin etkileri kontrol edildikten sonra finansal gelişmenin çevresel kirliliği azalttığı sonucuna varırlarken, enerji tüketimi, dışa açıklık ve ekonomik büyümedeki artışlar ise çevresel kirliliği arttırmaktadır. Pao ve Tsai (2011) 1980-2007 (Rusya için 1992-2007) döneminde BRIC ülkeleri için enerji tüketimi, ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırımlar (FDI) veya finansal gelişmenin çevresel kirliliğe etkilerini araştırarak ÇKE hipotezini (karbon emisyonlarının düzeyinin ilk başta gelirle birlikte arttığını ve daha sonra istikrarlı olup düştüğünü) desteklemişlerdir. Ayrıca, FDI ve CO2 arasında çift yönlü nedensellik mevcut olup hem kirlilik sığınağı hem de ölçek etkilerinin geçerli olduğunu göstermiştir. Ayrıca, enerji tüketimi ve büyümenin artması karbon emisyonlarını arttırmaktadır.

Zhang (2011) 1994-2009 döneminde Çin için finansal gelişmenin veya doğrudan yabancı yatırımlar ve çeşitli finansal göstergeler ile büyümenin karbon emisyonlarına etkilerini araştırdığı çalışmasında, bu değişkenler ile karbon emisyonları arasında eşbütünleşik bir ilişki olduğunu ve ölçek, etkinlik ve finansal aracı etkilerinin varlığını veya finansal gelişmenin karbon emisyonlarını arttırdığını ortaya koymuştur. Iwata vd. (2012) 1960-2013 döneminde 11 OECD ülkesi için karbon emisyonlarının belirleyicileri ve ÇKE hipotezini araştırdıkları çalışmalarında, enerji tüketiminin karbon emisyonlarını arttırırken, sonuçlar karma olmakla birlikte genelde nükleer enerjinin (ve bundan çıkan elektrik tüketiminin) ise bu emisyonları azalttığını bulmuşlardır. Ayrıca, ÇKE hipotezinin ilgili ülkelerde geçerli olduğunu belirtmişlerdir.

Baek ve Gweisah (2013) 1967-2008 döneminde ABD için büyüme, eşitsizlik ve çevre ilişkilerini araştırdıkları çalışmalarında, gelir eşitsizliği azaldıkça çevresel kalitenin arttığı sonucuna ulaşarak "politik ekonomi argümanını" veya bu eşitsizlik ve karbon emisyonu arasındaki pozitif ilişkiyi ve ekonomik büyümenin çevresel kaliteyi iyileştirirken, enerji tüketiminin ise çevresel kirliliği arttırdığı fikrini desteklemişlerdir. Shahbaz vd. (2013a) 1965-2008 döneminde Güney Afrika için finansal gelişme, büyüme, kömür tüketimi ve dışa açıklığın çevresel performansa etkilerini inceledikleri çalışmalarında, ekonomik büyüme ve kömür tüketimindeki bir artışın karbon emisyonlarını arttırıp çevresel kirliliğe katkı sağlarken, dışa açıklık ve finansal gelişmenin ise onu azalttığını veya bir diğer ifadeyle çevresel kaliteyi iyileştirdiğini bulmuşlardır. Ayrıca, bu ülke için ÇKE hipotezinin varlığını da doğrulamışlardır.

Shahbaz vd. (2013b) 1975Q1-2011Q4 döneminde Endonezya için ekonomik büyüme, enerji tüketimi, finansal gelişme, dışa açıklık ve karbon emisyonları arasındaki ilişkileri inceledikleri çalışmalarında, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin karbon emisyonlarını arttırırken, finansal gelişme ve dışa açıklığın ise bu emisyonları azalttığını veya çevresel kaliteye katkı sağladığını bulmuşlardır. Öztürk ve Acaravcı (2013) 1960-2007 döneminde Türkiye için finansal gelişme, dışa açıklık, büyüme, enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasındaki ilişkileri

inceledikleri çalışmalarında, ÇKE hipotezini doğrulamakla birlikte, dışa açıklık ve enerji tüketimindeki artışların karbon emisyonlarını arttırırken, finansal gelişmenin ise bu emisyonlarda hiçbir anlamlı etkisinin olmadığını bulmuşlardır.

Çevresel kirliliğin sadece gelir artışına değil gelir eşitsizliğine de bağlı olduğunu savunan Zhang ve Zhao (2014), 1995-2010 döneminde Çin için bölgesel düzeyde 28 il için gelir ve eşitsizliğin karbon emisyonlarına etkilerini araştırmışlardır. Gelir eşitsizliği düştüğünde karbon emisyonlarının da azaldığını bulurlarken, sanayileşme ve enerji yoğunluğunun anlamsız olmakla birlikte karbon emisyonlarını arttırdığını, ancak kentleşmenin ise bu emisyonları azalttığını tespit etmişler ve N şeklinden bir ÇKE hipotezini desteklemişlerdir. Ekolojik ayak izinin çevresel kirliliğin daha iyi bir göstergesi olduğu fikrinden hareket eden Al-Mulali ve Öztürk (2015), 1996-2012 döneminde MENA bölgesinde çevresel kirliliğin belirleyicilerini inceledikleri çalışmalarında, uzun dönemde enerji tüketimi, kentleşme, dışa açıklık ve sanayileşmenin çevresel kirliliği arttırırken, politik istikrarın ise bunu azalttığını bulmuşlardır. Baek (2016) 1960-2010 döneminde ABD için nükleer ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonlarına etkilerini araştırdığı çalışmasında, bunlardan nükleer enerji tüketiminin hem kısa hem de uzun dönemde karbon emisyonlarını azaltırken, yenilenebilir enerji tüketiminin ise sadece kısa dönemde bu emisyonları azalttığını bulmuş ve N şeklinden bir eğrinin varlığını tespit etmiştir. Sonuçlar bu ülke için fosil yakıttan nükleer ve yenilenebilir enerjilere kaymanın karbon emisyonlarının azalmasını desteklediğini ortaya koymuştur.

Doğan ve Şeker (2016) 1980-2012 döneminde AB için uzun dönemde yenilenebilir enerji ve dışa açıklığın karbon emisyonlarını azaltırken, yenilenebilir olmayan enerjinin ise fosil yakıtlar üzerinden bu emisyonları arttırarak ÇKE hipotezini desteklediğini bulmuşlardır. Bir başka çalışmalarında Zhang ve Zhou (2016) 1995-2010 döneminde Çin için iller bazında bir STIRPAT modeli üzerinden doğrudan yabancı yatırımların karbon emisyonlarına etkilerini inceleyerek diğer kontrol değişkenleri (nüfus, kişi başına GSYİH, teknoloji, sanayi yapısı ve kentleşme) kontrol edildikten sonra FDI'nın bu emisyonları azaltmaya katkı sağladığını bulmuşlardır. Behera ve Dosh (2017) 1980-2012 döneminde yüksek, düşük ve orta gelirli olarak ülkeleri sınıflandırarak Güney ve Güneydoğu Asya (SSEA) bölgesinde 17 ülkenin kentleşme, enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırım ve karbon emisyonları ilişkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında belirtilen ülke gruplarında doğrudan yabancı yatırım, kentleşme ve enerji tüketiminin karbon emisyonlarını arttırdığını bulmuşlardır.

Bekhet vd. (2017) 1980-2011 döneminde GCC ülkeleri için büyüme, finansal gelişme ve enerji tüketiminin karbon emisyonuna etkilerini araştırmışlardır. Bulgular belirtilen değişkenlerin karbon emisyonlarında anlamlı etkiler yarattığını ve en önemlisinin finansal gelişme olduğunu ortaya koymuştur. Etkin bir finansal sektörün büyüme ve etkinliği arttırarak çevreyle dost teknolojilerde yatırımları teşvik ettiği ve böylece, çevresel koşulları iyileştirdiği fikrinden hareket eden Nasreen vd. (2017), 1980-2012 döneminde Güney Doğu Asya ülkelerinde ÇKE hipotezini doğrulamakla birlikte finansal istikrar endeksindeki bir artışın karbon emisyonlarını düşürerek çevresel kaliteyi iyileştirirken, diğer değişkenlerdeki (enerji tüketimi ve nüfus yoğunluğu) artışların ise çevresel kirliliği arttırdığını ortaya koymuşlardır.

Shahzad vd. (2017) 1971-2011 döneminde Pakistan için enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasında ters U şeklinden bir ilişkinin varlığını ortaya koyarlarken, eşik değer aşıldıktan sonra ölçek (serbest ticaretin ticaret hacmini arttırıp çıktığı da arttırdığı ve çevresel kirlilik yarattığı durum) ve kompozisyon etkilerinin (ülkelerin çevresel kirlilik yaratan kirlilik yoğun endüstrileri çektikleri durum) teknolojik etkiye baskın gelmesi nedeniyle dış ticaret

arttığından karbon emisyonlarının azalmasına katkı sağlayan teknoloji iyileşebileceğinden enerji tüketiminin düştüğünü belirtmişlerdir. Diğer yandan, kısa ve uzun dönemlerde dışa açıklık ve finansal gelişmedeki artışların karbon emisyonlarını arttırırken, karbon emisyonu ve enerji tüketimi arasındaki doğrusal olmayan bir ilişkiyi doğrulamaktadır.

Odhiambo (2020) 2004-2014 döneminde 39 Sahra-Altı Afrika (SSA) ülkeler için üç farklı gelir eşitsizliği (gini katsayısı, Atkinson endeksi ve palma oranı) verisi kullanarak diğer kontrol değişkenlerinin (bilgi ve iletişim göstergesi-ICT ve regülasyon kalitesinin) etkileri kontrol edildikten sonra bu ülke grubunda finansal gelişmenin karbon emisyonlarını azalttığını ve bunun sürdürülebilmesinin ise her bir gelir eşitsizliği göstergesi için belli bir eşik değerin aşılmasına bağlamıştır. ICT'deki artış karbon emisyonlarını arttırırken, regülasyon kalitesindeki artışın ise bu emisyonları azalttığı bulmuştur. Vallajas ve Lastuka (2020) 1961-2010 döneminde 68 ülke için gelir eşitsizliği ve karbon emisyonları arasında anlamlı bir ilişki olduğunu tespit etmişler ve bu ilişkinin düşük-orta gelirli ülkeler için negatif olduğunu, ancak belli bir eşik değer sonrasında pozitif olmaya başladığını bulmuşlardır. Sağlam bir finansal sistemin yaratılmasının karbon emisyonlarının azaltılması ve daha yüksek bir ekonomik büyüme için önemli olduğu fikrinden hareket eden Burki ve Tahir (2022), 2001-2020 döneminde ASEAN ülkeleri için enerji tüketimi, dışa açıklık, finansal gelişme ve ekonomik büyümenin çevresel kirliliğe etkilerini incelemişlerdir. ÇKE ilişkisinin geçerliliğini göstermekle birlikte, bu bölge için ters U şekli yerine N şeklinden bir ilişkiye (yani, büyümenin başlangıçta çevresel bozulmayı arttırdığını, daha sonra öncesinde azalıp ardından tekrar arttırdığına veya büyümenin kübik değerinin önemine) dikkati çekmişlerdir. Bunun yanı sıra artan enerji tüketimi, dışa açıklık ve finansal gelişmenin çevresel kirliliği pozitif yönde etkilediğini bulmuşlardır.

Hem ekonomik büyüme ve çevre ilişkisini hem de kirlilik sığınağı hipotezini araştıran Li vd. (2022), 1995-2017 döneminde 89 kuşak ve yol projesi kapsamındaki ülkeler için ters U şeklinden ÇKE ilişkisinin geçerli olduğunu bulmuşlardır. Bunun yanı sıra doğrudan yabancı yatırımları modele dahil ederek, bunun çevre kalitesinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ancak alt bölge spesifik (Avrupa, Latin Amerika, Asya ve Pasifik, Sahra-altı Afrika ve MENA-Orta Doğu ve Kuzey Afrika) sonuçların karma olduğuna dikkati çekerek lokal düzeyde sürdürülebilir kalkınma politikalarına ihtiyaç olduğunu söylemişlerdir. ÇKE hipotezi bir taraftan tüm bölgeler için doğrulanırken, doğrudan yabancı yatırım ve kentleşmedeki artışların karbon emisyonlarını arttırarak çevresel kirliliğe katkı sağladığını bulmuşlardır.

Karbon emisyonlarındaki artışın temel gıda üretimini azaltacağını vurgulayan Nikwato (2022), özellikle Grossman-Krueger etkisini veya ekonomideki sektörel kaymaları analiz etmek için tarım, sanayi ve hizmetlerde katma değerlere yer verdiği çalışmasında 1990-2014 döneminde 14 Batı Afrika ülkeleri için karbon emisyonları ve ekonomik büyüme ilişkisini araştırmıştır. Her iki modelden çıkan sonuçların ters U şeklinden bir ÇKE hipotezini desteklediğini belirtmiştir. Diğer yandan, imalat sanayi sektörlerinin ticaret hacmini arttırmasına karşın çevresel bozulmaya yaratacak kadar büyük olmadığını savunmuştur. Bunlara ek olarak uzun dönemde tarım, hizmetler ve yenilenebilir enerjinin çevresel kaliteyi arttırabileceğini veya sadece bu enerjinin kullanımı nedeniyle temiz bir ekonomi şeklinde çevreyle dost olduğunu (ölçek etkisi) ortaya koyarken, dışa açıklığın ise karbon emisyonlarını arttırdığını bulmuştur. Sonuç olarak, bu ülke grubu için imalat, sanayi ve ticaret gibi ekonomik aktivitelerin çevresel kaliteyi azalttığını doğrulamıştır.

Diğer çalışmalardan farklı olarak gelir eşitsizliğinin çevresel kaliteye etkilerinin ihmal edildiğini ileri süren Rai ve Rowot (2022), 1996-2016 döneminde BRICS için gelir, teknolojik

inovasyon, gelir eşitsizliği ve sanayileşmenin çevresel kaliteye etkilerini incelemişlerdir. Bu ülke grubu için ÇKE geçerli olmakla birlikte, sanayileşme (kalkınma sürecinde tarımdan sanayi toplumuna dönüşümün) doğal kaynakların tükenmesi üzerinden çevresel kirlilik veya karbon emisyonlarında bir artış yarattığı bulunurken, gelir eşitsizliği de bu ülkeler için sosyal, ekonomik ve çevresel problemler oluşturabildiğinden gelir dağılımının eşit olmamasının bireylerin çevresel kaygılarını veya duyarlılıklarını azaltıp karbon emisyonlarını veya çevresel kirliliği arttırabildiği sonucuna varılmıştır. Doğal kaynakların kullanımının ekonomileri gelişmeye zorlamasına karşın, ekolojik kaynakların aşırı tüketiminin ise çevreye baskı yapıp iklim şoku yaratabileceği fikrinden hareket eden Suki vd. (2022), 1980-2018 döneminde Malezya için yenilenebilir enerji ve teknolojik inovasyonların ekolojik ayak izi ve karbon emisyonlarına etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında, bu ülke için uzun dönemde ÇKE hipotezinin geçerli olmasının yanı sıra yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın ve teknolojik inovasyonun çevresel bozulma düzeyinin veya karbon emisyonunun azalmasına katkı sağladığını göstermişlerdir.

Literatürdeki farklı metodolojilerle sınanan çevresel Kuznets eğrisi son yıllarda mekânsal veri analizleriyle de test edilmektedir. Bu kapsamda Balado-Naves vd. (2018), You ve Lv (2018), Liu ve Song (2020), Ren vd. (2020) ve Bai vd. (2022) ilgili yazındaki yerini almıştır. Balado-Naves vd. (2018)'nin 173 ülkeyi kapsayan çalışmasında çevresel Kuznets eğrisi 1990-2014 yılları için analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre karbon emisyonları ve kişi başına gelir arasındaki ters U ilişkisi Avrupa, Asya ve tüm dünya için geçerlidir. Karbon emisyonlarının açıklanmasında yenilenebilir enerji tüketimi, hizmet sektörüne ait katma değer ve enerji yoğunluğu kullanılmıştır. Mekânsal Durbin modelinin kullanıldığı tahminlemelerde komşu ülkelerin enerji yoğunluğunun kişi başına karbon emisyonlarını artırdığı sonucuna varılmıştır. You ve Lv (2018), 83 ülkeyi dikkate alarak ekonomik küreselleşmenin karbon emisyonlarındaki mekânsal etkilerini incelemişlerdir. Tahminleme sonuçları dikkate alınan ülkeler arasında karbon emisyonları açısından mekânsal korelasyonun varlığını desteklemektedir. Buna ilaveten, gelir düzeyi ile karbon emisyonları arasında ters U şeklinde çevresel Kuznets eğrisinin var olduğu ve küreselleşmenin negatif dolaylı etkilerinin pozitif doğrudan etkilerini bertaraf ettiği, bu durumun da çevre kalitesini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Liu ve Song (2020), 2007-2016 yılları için Çin'in bölgelerini dikkate alan çalışmalarında finansal gelişme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi mekânsal Durbin modeli ile analiz etmişlerdir. Bu amaçla, finansal gelişmenin yanı sıra tahminlemelerde nüfus, kentleşme oranı, ekonomik büyüme, sanayi yapısı, patent başvuruları, doğrudan dış yatırımlar ve enerji yoğunluğu kullanılmıştır. Doğrudan etkilere göre finansal gelişme, nüfus ve enerji yoğunluğu emisyonları pozitif yönde etkilerken, sanayi yapısı emisyonları negatif yönde etkilemektedir. Bununla birlikte nüfus, finansal gelişme ve doğrudan yabancı yatırımların mekânsal olarak yayılma etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Dinamik mekânsal panel modelini dikkate alan Ren vd. (2020), 26 AB ülkesi için 1990-2015 yıllarını kapsayan mekânsal Durbin hata modeli tahminlemiştir. Elde edilen tahminleme sonuçlarına göre ülkeler arasında karbon emisyonları açısından pozitif bir mekânsal yayılma mevcut olup ekonomik büyümenin karbon emisyonlarına etkisi pozitif iken, ekonomik büyümenin mekânsal etkisi ise negatif çıkmıştır. Yenilenebilir enerjinin mekânsal etkisi anlamlı bulunmamıştır, ancak, doğal gazın karbon emisyonları üzerindeki etkisi pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Çin'in az gelişmiş bölgelerinin dikkate alındığı bir başka çalışmada ise Bai vd. (2022) yenilenebilir enerjinin karbon emisyonları üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında 2000-2017 döneminde Çin'in 21 bölgesi için mekânsal yayılma etkileri mekânsal Durbin modeli ile analiz edilmiştir. Bulgular yenilenebilir enerjinin yerel ölçekte karbon emisyonlarının azaltılmasında etkili olduğunu göstermiştir. Diğer yandan, komşu bölgelerdeki yenilenebilir enerji tüketiminin

emisyonlara etkisi pozitif çıkmıştır, bu durum komşu bölgelerdeki yenilenebilir enerji tüketiminin diğer bölgelerin karbon emisyonları açısından iyileştirici nitelikte olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca, kentleşme, sanayileşme, fiziki sermaye gibi diğer kontrol değişkenlerinin yerel nitelikte ve komşu bölgelerdeki etkisi ise farklılaşmaktadır.

2. VERİ SETİ, MODEL, BEKLENEN İŞARETLER, YÖNTEM VE AMPİRİK SONUÇLAR

2.1. Veri Seti ve Model

Bu çalışmanın temel amacı, diğer kontrol değişkenlerinin (X_{it} , kentleşme oranı, gelir eşitsizliği, finansal gelişme ve yenilenebilir enerji) etkileri kontrol edildikten sonra çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin seçilmiş AB ülkeleri için 1991-2018 döneminde geçerli olup olmadığını mekânsal panel veri analizi kullanarak araştırmaktır. Detayları ek 1’de verilmekle birlikte, çalışmada kullanılan veri setine bakıldığında finansal gelişmişlik endeksi *IFS*’den, gelir eşitsizliğini temsil etmek için kullanılan gini katsayısı *SWIID*’den ve kalan seriler ise *WDI* veri tabanından alınmıştır. Bu kapsamda çalışmada aşağıdaki model tahmin edilmektedir:

$$CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 growth_{it} + \beta_2 growth_{it}^2 + \beta_3 renewable_{it} + \beta_4 urban_{it} + \beta_5 inequality_{it} + \beta_6 finance_{it} + u_{it}$$

(3.1)

Burada literatürde sera gazı emisyonları etkisine katkı sağladığı için en yaygın çevresel kirlilik göstergesi olarak *CO2* kişi başına karbondioksit emisyonları kullanılmaktadır. Diğer yandan, *growth*, kişi başına reel GSYİH’nin büyüme oranını ve *growth2* bu büyüme oranının karesini, *renewable*, yenilenebilir enerji tüketimini, *urban*, kentleşme oranını, *inequality*, gini katsayısı ile ölçülen gelir eşitsizliğini ve *finance* ise finansal gelişmeyi temsil etmek üzere kullanılan finansal gelişme endeksini göstermektedir. Modelde *i* ülkeyi ve *t* ise zaman dönemini temsil etmektedir. Modelde ÇKE’nin geçerli olması için büyüme oranının düzeyinin karbon emisyonunu pozitif yönde etkilemesi beklenirken, büyüme oranının karesinin ise bu emisyonu negatif yönde etkilemesi beklenmektedir. Diğer yandan, yenilenebilir enerji tüketimi arttıkça karbon emisyonlarının azalması öngörülürken, kentleşme oranındaki artışların ise bu emisyonlar üzerinde ele alınan gelişmiş ülkeler açısından pozitif veya negatif yönde etkilemesi öngörülmektedir. Ayrıca, gelir eşitsizliği arttıkça karbon emisyonlarının da artması tahmin edilirken, finansal gelişmenin ise bu emisyonlar üzerindeki net etkisi değişkenlik gösterebilmektedir (Boyce, 1994; Grossman ve Krueger, 1995; Agais ve Chapman, 1999; Coondoo ve Dinda, 2002; Cole, 2004; Tamazian vd., 2009; Öztürk ve Acaravcı, 2013; Shahbaz vd., 2013a; Zhang ve Zhao, 2014; Nasreen vd., 2017; Odhiambo, 2020; Vallajas ve Lastuka, 2020; Nikwatoh, 2022; Rai ve Rowot, 2022; Suki, 2022; Li vd., 2022).

2.2. Beklenen İşaretler

Çevresel Kuznets eğrisi: Ekonomik büyümenin erken aşamalarında çevresel kirlilik artarken yüksek gelir düzeylerinde ise belli bir eşik noktasının ardından bu kirlilik azalmaktadır. Çünkü, gelirdeki artışla birlikte karbon emisyonunun gelir esnekliği sıfıra düşerken belli bir eşik değer sonrasındaki gelir düzeylerinde ise bu emisyon negatif olmaya başlamaktadır. Bir anlamda “daha yüksek refah düzeylerinde daha temiz bir çevre için bir tercih söz konusudur”. Başka bir açıdan, ÇKE hipotezi kapsamında ekonomik kalkınma temiz bir tarımsal ekonomiden kirli bir sanayileşmiş ekonomiye geçmekte ve sonuçta temiz bir hizmet ekonomisi ile sona

ermektedir. Eşik noktasında bu kalkınmanın çevresel kirliliğe etkisi nötrdür. Bir diğer alternatif açıklama ise bir ülkenin geliştikçe fosil yakıt yerine daha az emisyonu sahip olan alternatif enerji kaynaklarıyla ikame edilebildiğinde gelir ve karbon emisyonları arasında negatif bir ilişki oluşabilmesidir. Son olarak bu kapsamda ölçek, teknik ve kompozisyon etkilerinden bahsedilebilir. (i) *Ölçek etkisinde* ülkelerin dışa açılmaları ve daha çok büyümelerinin daha fazla enerji tüketimi ve kirliliğe yol açmasıdır. (ii) *Teknik etkide* ülkeler arasında dış ticaret sonucu teknoloji yayılımı olmakta ve malların üretiminde çevreyle dost teknolojilerin benimsenmesiyle karbon emisyonları azalıp çevresel kalite oluşabilmektedir. (iii) *Kompozisyon etkisinde* ise ülkeler dışa açılıp karşılaştırmalı üstünlüğe sahip oldukları mallarda uzmanlaşmaları sonucu ekonominin kompozisyonunun değişmesi söz konusudur. Burada ülkelerin ürettikleri malların enerji yoğun kirlenen sektörler olup olmadığına bağlı olarak daha yüksek veya daha düşük kirlilik oluşabilmektedir. Net etki ise hangisinin baskın olduğuna bağlıdır (Grossman ve Krueger, 1995; Agais ve Chapman, 1999; Coondoo ve Dinda, 2002; Cole, 2004; Doğan ve Şeker, 2016; Nikwatoh, 2022).

Yenilenebilir Enerji: Ekonomik büyüme ve karbon emisyonlarının giderek arttığı bir dünyada, ülkelerin yenilenebilir enerji kullanımına yönelerek bu emisyonları azaltması ve çevresel korumayı amaçlayan çeşitli uluslararası anlaşmalar benimsenmeleri söz konusudur. Arz yönünden yenilenebilir enerji üretim ve tüketimi konu alıp işgücü ve sermayenin önemini vurgularken, talep yönünden ise çıktı ve maliyetler keşfedilip tüketim ve enerji talebi önemlidir. İlkinde ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji arasında pozitif bir ilişki mevcut iken, diğerinde ise her ikisi arasındaki uzun dönemli ilişki vurgulanmaktadır. Sonuçta yenilenebilir enerji tüketimi arttıkça karbon emisyonlarının azalması beklenmektedir (Nikwatoh, 2022; Suki, 2022).

Kentleşme: Bu oran kalkınmada önemli olup çevresel koşulları da etkileyerek enerji yoğun endüstrilerde genişlemeler yaratabilir. Bunun yanı sıra insanların çevreye duyarlı olmalarını da sağlayarak çevresel kaliteyi iyileştirebilmektedir (Li vd., 2022). Dolayısıyla, kentleşme oranının düşük gelirli ülkelerde çevresel kirliliği arttırması beklenirken, bu oran yüksek gelirli ülkelerde ise çevresel kaliteyi yükseltebilmektedir (Shahbaz vd., 2013a).

Gelir Eşitsizliği: Çevresel mallara olan talep daha esnek olup, yüksek gelir düzeylerinde çevreyle dost malların tüketiminin artması beklendiğinden gelir eşitsizliği arttıkça çevresel kirlilik artabilmektedir (Zhang ve Zhao, 2014). Bir diğer ifadeyle, “eşitsizlik arttıkça nispeten yoksul insanlar çevresel maliyetlere ilişkin daha az erişime sahip olabildiklerinden bu insanlar için kirlilik maliyetlidir”. Böylece, gelir eşitsizliği insanların çevresel kaygılarını da azalttığından çevresel kirlilik artmaktadır (Boyce, 1994). Bu kapsamda (i) *politik ekonomi argümanına* göre gelir eşitsizliği politik gücün dağılımı üzerinden dolaylı olarak çevresel kirliliği etkilemektedir. Gelir eşitliğinin sağlanması daha fazla vatandaşa daha çok politik güç verdiğinden, bu durum çevresel kalite için taleplerin daha fazla olması demektir. (ii) *Tüketim teorisine* göre ise gelir eşitsizliği tüketimdeki değişimler üzerinden çevresel kirlilik düzeyini etkilemektedir. Bu eşitsizlik arttıkça karbon emisyonları azalmaktadır (Vallajas ve Lastuka, 2020).

Finansal Gelişme: Finansal gelişmenin karbon emisyonlarına etkisine ilişkin iki farklı fikir vardır: (i) İlkinde finansal gelişme büyüme ve doğrudan yabancı yatırımlar üzerinden karbon emisyonlarını azaltmaktadır. Bir diğer ifadeyle, finansal gelişme doğrudan yabancı yatırımlar üzerinden yeşil teknolojilerin transferine yol açıp daha yüksek temiz enerji veya araştırma ve geliştirme yatırımı yaratarak ekonomik büyümeyi arttırmaktadır. Sonuçta, iyi gelişmiş bir finansal sistem firmaların likidite risklerini azaltıp teknolojik gelişme için gerekli fonları

sağlamalarına imkan tanımaktadır. Sonuçta, karbon emisyonlarını azaltan çevreyle dost teknoloji yaratarak çevresel kirlilik azalmakta veya çevresel kalite artmaktadır (Tamazian vd., 2009; Nasreen vd., 2017; Odhiambo, 2020). (ii) İkincisinde ise finansal sektör yeterince olgun değil iken hem kredi verenler ajanlar hem de yatırımcıların tek amacı herhangi bir maliyette karını maksimize etmek olacağından çevresel kaliteye yeterince önem vermezler ve bu türden bir finansal sektör çevresel kirliliğe katkı sağlamaktadır. Sonuç olarak, finansal sektörün gelişme derecesine bağlı olarak karbon emisyonlarını veya çevresel kirliliği pozitif veya negatif yönde etkilemesi bekleneneğinden beklenen işareti belirsizdir (Shahbaz vd., 2013a; Öztürk ve Acaravcı, 2013).

2.3. Ekonometrik Yöntem ve Ampirik Sonuçlar

Waldo Tobler (1970)'in temel coğrafya yasasına göre coğrafi olarak her şey birbiriyle alakalıdır ancak, yakın şeylerin birbirini etkilemesi daha olasıdır. Bu yasa ekonomi biliminde de ülkelerin ya da bölgelerin birbirlerini etkilediği gerçeğini yansıtmaktadır. Dolayısıyla, literatürde yapılacak olan ekonomik analizlerde ülkelerin birbirlerini etkilediği gerçeği altında birtakım güncel ekonometrik yöntemlerden faydalanılmaya başlanmıştır. Bu süreçte mekânsal modellerin özellikle bölgesel ekonomi ve çevre ekonomisinde kullanılmaya başlandığı söylenebilir (Anselin, 2001; Maddison, 2006; Paez vd. 2009). İlgili yazında mekânsal yatay kesit modellerinin uygulanmasının yanı sıra mekânsal panel veri analizlerine de yer verilmektedir (Anselin vd. 2008; Lesage ve Pace, 2009; Elhorst, 2014). Mekânsal modellerin çıkış noktasını bölgelerin ya da ülkelerin birbirlerini etkileme süreçleri ya da mekânsal bağımlılığın bir sonucu olarak gelişen mekânsal etkinin var olup olmadığının sorgulanması oluşturmaktadır. En küçük kareler (EKK) yönteminin aksine mekânsal panel veri modellerinde maksimum olabilirlik (ML) yöntemi kullanılmaktadır. Mekânsal bağımlılığın söz konusu olması halinde komşu bölge ya da ülkeler arasındaki bağlantıyı göstermek için ağırlık matrisinden yararlanılmaktadır. Buna göre ağırlık matrisi şu şekilde gösterilebilmektedir:

$$W = \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & \dots & w_{1N} \\ w_{21} & 0 & \dots & w_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{N1} & w_{N2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Buna göre, 1. bölge ile 1. bölge arasındaki komşuluk "0" iken, 1. bölge ile 2. bölge arasındaki komşuluk w_{12} olarak gösterilmektedir. Matrisin diyagonalı her zaman için "0" değerini almaktadır. Çalışmada ülkeler arasındaki etkileşimin tespiti için coğrafi uzaklık dikkate alınacak olup ülkelerin enlem ve boylam değeri yoluyla öklid uzaklığı hesaplanmaktadır. Enlem ve boylam değerleri *CEPII* (Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales) veri tabanından alınmıştır.

Matlab programı yardımı ile mekânsal panel veri analizi yapılırken ilk olarak statik panel veri modelleri tahminlenmekte ve olabilirlik oranı (LR-likelihood ratio) testi uygulanmaktadır. Bu test ile sabit etkili modelin seçilip seçilmeyeceği üzerine bir karara varılmaktadır. Ayrıca, artıklara uygulanan Lagrange çarpanı (LM-lagrange multiplier) testleri ile panel veri modelinin mekânsal panel veri modeli olarak seçilip seçilmeyeceği kararı verilmektedir. LM testleri mekânsal gecikme modeli ve mekânsal hata modelinin tercih edilmesinde kilit nokta olarak

karşımıza çıkmaktadır. LM testleri ve dayanıklı LM testleri her iki modeli de destekliyor ise Wald testi ve/veya LR testi ile modellerden hangisinin daha uygun olduğuna karar verilmektedir. Çalışmada yapılan mekânsal diagnostik testler sonucunda mekânsal Durbin modeli (SDM) tahminlenmekte ve mekânsal Durbin modelinden mekânsal gecikme modeli ya da mekânsal hata modeline geçilmektedir. Buna göre mekânsal gecikme modeli şu şekilde gösterilebilmektedir:

$$CO_{2it} = \beta_0 + \rho \sum_i^N w_{ij} CO_{2it} + \beta_1 growth_{it} + \beta_2 growth_{it}^2 + \beta_3 renewable_{it} + \beta_4 urban_{it} + \beta_5 inequality_{it} + \beta_6 finance_{it} + u_{it} \quad (3.3)$$

Diğer yandan, mekânsal etki hata terimlerinde de gözlenebilir. Bir ülkedeki hata terimine gelen şok, mekânsal sistem içerisinde diğer komşulara da yansımaktadır. Mekânsal hata modellerinin gösterimi ise şu şekildedir:

$$CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 growth_{it} + \beta_2 growth_{it}^2 + \beta_3 renewable_{it} + \beta_4 urban_{it} + \beta_5 inequality_{it} + \beta_6 finance_{it} + u_{it}$$
$$u_{it} = \lambda \sum_{j=1}^N w_{ij} u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3.4)$$

Mekânsal gecikme modelinin mekânsal olarak bağımsız değişkenlerle uzatılmış versiyonu ise mekânsal Durbin modeli (SDM) olarak adlandırılmakta ve modele ilişkin gösterimi şu şekildedir:

$$CO_{2it} = \beta_0 + \rho \sum_i^N w_{ij} CO_{2it} + \beta_1 growth_{it} + \beta_2 growth_{it}^2 + \beta_3 renewable_{it} + \beta_4 urban_{it} + \beta_5 inequality_{it} + \beta_6 finance_{it} + \sum_{j=1}^N w_{ij} X_{jt} \theta + u_{it} \quad (3.5)$$

Mekânsal modellerde ilk olarak modeller panel EKK yöntemi ile tahmin edilmektedir. Buna göre havuzlanmış ve sabit etkili EKK yöntemi ile elde edilen sonuçlar tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1: Mekânsal Etkilerin Olmadığı Panel Modellerin Havuzlanmış EKK Ve Sabit Etkili EKK Modeline Ait Tahmin Sonuçları

Değişken	Havuzlanmış EKK Katsayı	Sabit etkili EKK Katsayı
Sabit katsayı	19.28***	-
$growth_{it}$	0.26	0.572090***
$growth^2_{it}$	-0.09	-0.266141**
$renewable_{it}$	-0.08***	-0.213053***
$urban_{it}$	-0.002	-0.027447**
$gini_{it}$	-35.16***	9.228917***
$finance_{it}$	0.32	2.291707***
R ²	0.47	0.70
DW	2.07	2.154
LM Testi -mekânsal gecikme	0.05	17.87***
Robust LM Test- mekânsal gecikme	2.71*	3.14*
LM Testi-mekânsal hata	2.27	21.38***
Robust LM Test- mekânsal hata	4.93**	6.64***
LR testi	774.93***	

Not: “***, **, ve *” % 1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Tablo 1’deki sonuçlara bakıldığında LR testine göre ilgili katsayı %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğundan sabit etkili EKK yönteminin seçilmesi gerektiğini desteklemektedir. Bu modelin sonuçları büyümenin düzeyinin pozitif olmasına karşın, onun karesinin negatif işaretli çıkması nedeniyle ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Bir anlamda ÇKE hipotezi kapsamında kişi başına gelir büyümesinin katsayısı ölçek etkisi nedeniyle pozitif iken, onun karesinin katsayısı ise kompozisyon etkisi nedeniyle negatiftir. Böylece, seçilmiş AB ülkeleri için ters U şeklinden bir ÇKE hipotezinin varlığı söz konusudur. Bir diğer ifadeyle, ekonomi büyüdükçe sektörel yapısı da değişebildiğinden zamanla çevresel kirliliği azaltmak için daha temiz veya yenilenebilir enerji tüketimi artabilmektedir. Ayrıca, gelir düzeyleri arttıkça çevresel kalitedeki iyileşmelere olan talep ve çevreyle dost teknolojilere yatırımlar için elde edilebilir kaynaklar artmaktadır.

Avrupa Birliği gelişmiş bir ülke grubu olduğundan (Bulgaristan hariç) imalat bazlı sanayiden hizmet bazlı ekonomilere dönüşümü daha rahattır. Yenilenebilir enerji ve kentleşme oranındaki artışlar karbon emisyonlarını azaltırken, tam tersi gelir eşitsizliği ve finansal gelişme arttıkça karbon emisyonlarının da arttığı görülmektedir. Bunlardan yenilenebilir enerji açısından bakıldığında bu ülke grubunun çevreyle dost araştırma-geliştirme yatırımlarının daha hızlı arttığı ve dolayısıyla, yenilenebilir veya temiz enerjide yatırımlarında yüksek olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca, bilindiği gibi dünyada ülkeler karbon emisyonlarını yumuşatmayı

veya sıfır karbon hedefine ulaşmayı planlamaktadır. Gelişmiş ülkelerin araştırma ve geliştirmeye daha fazla yatırım yapmaları gerekmektedir (Li vd., 2022).

Politik ekonomi argümanı açısından bakıldığında gelirin yeniden dağılımı çevresel kaliteye olan talebi de etkilemektedir. Çünkü, daha eşit bir gelir dağılımı çevresel kalitenin gerektirdiği yatırımların uzun dönemli perspektifi için önemli olan sosyal harmoniye katkı sağlayabilmektedir (Vallajas ve Lastuka, 2020). Finansal gelişme arttıkça karbon emisyonlarının artması da bu seçilmiş AB ülke grupları için hala finans sektörünün çevresel kaliteye katkı sağlayacak düzeyde olmadığını göstermektedir (Shahbaz vd., 2013a; Öztürk ve Acaravcı, 2013).

Tablo 1'deki LM testleri ve dirençli (robust) LM testleri sonuçlarına göre seçilmiş AB ülkeleri arasında CO₂ emisyonu açısından bir mekânsal bağıllık bulunmaktadır. Bu nedenle çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin mekânsal panel modelleriyle yürütülmesi gerekmektedir. Tablo 2'te ise mekânsal gecikme modeli (SAR) ve mekânsal Durbin modeline (SDM) ilişkin tahminleme sonuçları yer almaktadır.

Tablo 2: Mekânsal Gecikme ve Mekânsal Durbin Modeli Tahminleme Sonuçları

Değişken	Mekânsal gecikme modeli		Mekânsal Durbin modeli			
	Katsayı (X)	Katsayı (X)	Katsayı (W*X)	Doğrudan etki	Dolaylı etki	Toplam etki
$growth_{it}$	0.48***	0.55***	0.91	0.60***	1.68	2.28**
$growth^2_{it}$	-0.22**	-0.25***	-0.46	-0.28***	-0.84	-1.13**
$renewable_{it}$	-0.17***	-0.21***	0.20***	-0.21***	0.19***	-0.01
$urban_{it}$	-0.003	-0.04***	-0.29***	-0.06***	-0.47***	-0.54***
$gini_{it}$	7.83***	4.38*	-23.86**	3.36	-33.26**	-29.89*
$finance_{it}$	2.04***	1.28**	4.38***	1.50	7.27***	8.78***
R^2	0.92	0.93				
$log\ olabilirlilik$	-376.38	-339.57				
ρ	0.24***	0.34***				
$Wald\ testi$	-	80.13***				
$H_0: Mekânsal\ gecikme$						
$H_1: Mekânsal\ Durbin$						
$Wald\ testi$	-	60.23***				
$H_0: Mekânsal\ hata$						
$H_1: Mekânsal\ Durbin$						

Not: ***, **, ve *, 1%, 5%, ve 10% anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Tablo 2'de SAR ve SDM modeli sonuçlarına bakıldığında, Wald testlerinin sonuçları SDM modelinin SAR ve SEM modellerine tercih edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. SDM modelinin katsayıları yorumlandığında Tablo 1'deki sabit etkili EKK modeli sonuçları ile benzer olduğu görülmektedir. Seçilmiş AB ülkeleri için SDM modelinin sonuçlarına bakıldığında katsayı

olarak ÇKE kapsamında büyümenin düzeyi ve karesinin sırasıyla pozitif ve negatif olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, bu ülke grubu için ÇKE hipotezi geçerlidir. Yenilenebilir enerjideki bir birimlik artışlar, karbon emisyonlarını -0.21 azaltmaktadır. Bu sonuç Baek (2016), Doğan ve Şeker (2016), Nikwatoh (2022) ve Suki vd. (2022) ile uyumludur.

Çalışmada kentleşme oranındaki bir birimlik artış ise -0.04 kadar karbon emisyonlarını azaltmaktadır. Diğer yandan, bu ülke grubu için gelir eşitsizliğindeki bir birim artışın karbon emisyonlarını 4.38 arttırdığı görülür ve bu sonuç, Heerink vd. (2001) ve Vallajas ve Lastuka (2020) ile uyumsuz iken, Baek ve Gweisah (2013), Zhang ve Zhao (2014), Rai ve Rowot (2022) ile uyumlu çıkmıştır. Son olarak, finansal gelişmenin karbon emisyonlarına olan etkilerine bakıldığında, finansal gelişmedeki bir birimlik artış, karbon emisyonlarını 1.28 arttırmaktadır. Bu sonuç Tamazian vd. (2009), Jalil ve Feridun (2011), Shahbaz vd. (2013a,b), Nasreen vd. (2017), Odhiambo (2020) ile uyumsuz iken, Zhang (2011), Shahzad vd. (2017), Burki ve Tahir (2022) ile uyum sağlamaktadır.

Tablo 2’te 2. sütundaki nokta tahminleri ile 4. sütundaki doğrudan etkiler arasındaki farklılık geri besleme etkisine bağlı olarak gelişmektedir (Seldadyo, 2010). Buna göre dikkate alınan bağımsız değişkenin etkisi bahsi geçen ülkeden komşu ülkelere ve oradan tekrar ülkenin kendisine geçmesinden kaynaklanmaktadır. Diğer yandan, diğer ülkelere ait kontrol değişkenlerine bakıldığında yenilenebilir enerji ve finansal gelişmenin dolaylı etkisinin istatistiksel olarak pozitif ve anlamlı olduğu gözlemlenmekle birlikte, kentleşme oranı ve gelir eşitsizliğinin karbon emisyonlarını negatif yönde etkilediği belirlenmiştir. Dolaylı etkilerin istatistiksel olarak anlamlı bulunması ülkeler arasındaki mekânsal yayılma etkilerinin varlığını destekler niteliktedir. Özellikle yenilenebilir enerjinin doğrudan etkilerinin pozitif, dolaylı etkilerinin negatif çıkması Bai vd. (2022)’nin çalışması ile uyumludur.

3. POLİTİKA ÖNERİLERİ VE SONUÇ

Dünyada küresel ısınmayı azaltmak için sadece büyümenin azaltılması yeterli olmayıp aynı zamanda çevresel kirliliğin veya sera gazı emisyonlarının azaltılarak da önlenmesi gerekir. Bu noktada önemli olan şey “fosil yakıtlara alternatif enerji kaynaklarının bulunması”dır. Bu koşullarda yenilenebilir enerji kaynaklarının (hidro, rüzgar, solar, biomass ve jeotermal) yanı sıra nükleer enerji kaynaklarının enerji güvenliği, enerji verimliliği ve iklim değişikliği gibi sorunlara bazı çözümler üretebildiğine inanılır. Dünyada özellikle gelişmiş ülkelerin –ABD gibi- küresel ısınma ve artan enerji güvenliği stratejisinin bir parçası olarak, ithal edilen petrole olan bağımlılıklarını azaltmak için sadece nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yaptıkları ve enerji güvenliği konusunu ön planda tuttıkları da görülür. Bu türden enerji kaynaklarını kullanmanın bir avantajı, Kyoto protokolünün bir sonucu olarak daha fazla baskıcı olması veya bir anlamda küresel ısınmanın azaltılması için karbon emisyonlarında önemli azalmalar olması gerekir (Menyah ve Wolde-Rufael, 2010).

Seçilmiş AB ülkeleri için 1991-2018 döneminde karbon emisyonlarının belirleyicilerinin mekânsal panel veri kullanılarak araştırıldığı bu çalışmada, diğer kontrol değişkenlerinin (kentleşme ve büyüme) etkileri kontrol edildikten sonra gelir eşitsizliği ve finansal gelişme arttıkça karbon emisyonlarının artarken, yenilenebilir enerji tüketimi arttıkça bu emisyonların azaldığı veya çevresel kalitenin iyileştiği sonucuna varılmaktadır. Kentleşme oranının ise bu ülke grubu yüksek gelirli olduğundan çevresel kirliliğin azalmasına katkı sağladığı görülür. Ayrıca, büyüme oranı arttıkça karbon emisyonlarının belli bir eşik değere kadar artıp daha sonra azalacağı fikrine dayanan “çevresel Kuznets eğrisi” hipotezinin de geçerli olduğu

bulunmaktadır. Bu sonuçlar, seçilmiş AB ülkeleri için karbon emisyonlarının yanı sıra iklim değişikliğinin azaltılabilmesinin yenilenebilir enerjiyi destekleyecek politikalara bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, “karbon yoğun kömürden düşük karbonlu gaz veya fosil yakıttan nükleer enerji veya yenilenebilir enerjiye doğru kaymalar, toplam küresel emisyonların düzeyini azaltabilir” (Bekhet vd., 2017).

Çalışmamız daha temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel kaliteye zarar vermeksizin ekonomik büyümeyi canlandırabileceğini ve çevresel kirliliği azaltarak kalitesini arttırabileceğini de ortaya koymuştur (Burki ve Tahir, 2022). Dolayısıyla, seçilmiş AB ülkeleri karbon emisyonlarının daha düşük düzeyleri için yenilenebilir olmayan enerjinin payını azaltmalı ve yenilenebilir enerjinin payını ise arttırmaya devam etmelidir. Yenilenebilir olmayan enerji tüketimi miktarını azaltmak için politikalar GSYİH’ya zarar vermeksizin uygulanmalıdır. Ülkelerin yenilenebilir enerjiye göre daha düşük maliyette yenilenebilir olmayan kaynaklardan enerji üretmeleri veri iken, AB nispeten daha ucuz yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimini desteklemelidir. AB ülkeleri enerji dışı yoğun ve çevreyle dost mallar üretiminde uzmanlaşmaya devam etmelidirler. Ayrıca, firmalara katı çevresel regülasyonlar uygulamalıdır (Doğan ve Şeker, 2016). Diğer yandan, tüm ülkelerin Paris Anlaşması altında küresel sıcaklık artışını 1.5-2°C ile sınırlamayı taahhüt ederlerken, dünyanın bu sıcaklık amacını başarabilmesi ve ekonominin düşük karbonlu bir ekonomiye geçebilmesi için finansal sistem gerekli olan temiz enerji ve teknolojideki yatırımları hızlandırmalı ve desteklemelidir. Kısaca, küresel ısınmanın belirtilen seviyelerde sınırlandırılması mümkündür, ancak bunun olabilmesi için ekonomik ve sosyal sistemlerde büyük değişimler gerekli olduğundan finansal piyasalar bu değişimlerde önemli roller üstlenmektedir (Gianfrate ve Peri, 2019).

Seçilmiş AB ülkeleri için yapılan bu çalışmada gelir eşitsizliği ve finansal gelişme arttıkça çevresel kirlilik de arttığından uzun dönemde bu ülkelerin çevresel bozulma ile uğraşmak için uygun önlemler almaları veya bu kapsamda daha fazla bütçe ayırmaları gerekebileceği de ortaya konulmuştur. Bu durum belirtilen ülkeleri daha fazla kamu harcaması yapmaya veya borçlanmaya zorlayarak (bir anlamda kemer sıkma politikası uygulayarak) mali yüklerini arttırabilecektir. Bu koşullarda ampirik bulgular bu ülke grubunun daha fazla yenilenebilir enerji sektörüne yatırım yapmasının gerektiğini ve böylece uzun dönemde çevresel bozulmayla uğraşmak için mali yüklerinin büyük ölçüde azalabileceğini bir kez daha ortaya koymaktadır (Nikwato, 2022). Finansal gelişmenin yanı sıra seçilmiş AB ülkeleri örneğine bakıldığında çevresel kirliliğin azaltılması için azalan enerji yoğunluğu, artan enerji etkinliği ve verimliliğinin yanı sıra artan daha temiz veya yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi politikaların da keşfedilmesi gerektiği görülmektedir (Öztürk ve Acaravcı, 2013). Çalışmanın bulguları, bu ülke grubu için çevresel kirliliğin olumsuz etkilerinin minimize edilmesinde kapsamlı finansal, ekonomik ve enerji etkinliği politikalarının önemine işaret etmektedir (Nasreen, 2017). Ayrıca, bu seçilmiş AB ülkeleri grubu için çevresel kirliliği iyileştirmek için fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının konulması ve sanayi sektöründe düşük veya sıfır karbonlu teknolojilerin gelişiminin yanı sıra eşit bir gelir dağılımı politikası izlenmesi de çevresel kaliteyi arttırabilecektir (Rai ve Rowot, 2022).

YAZAR BEYANI

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Etik Kurul Onayı

Bu araştırma etik kurul izni gerektiren analizleri kapsamadığı için etik kurul onayı gerekmemektedir.

Yazar Katkıları

Burcu Berke: Katkı oranı %60

Gül Huyugüzel Kışla: Katkı oranı %40

Çıkar Çatışması

Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Al-Mulali, U., & Öztürk, I. (2015). The effect of energy consumption, urbanisation, trade openness, industrial output, and the political stability on the environmental degradation in the MENA (Middle East and North Africa) region. *Energy*, 84, 382-389. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.004>
- Agais, J., & Chapman, D. (1999). A Dynamic approach to the environmental kuznets curve hypothesis. *Ecological Economics*, 28, 267-277. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00040-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00040-8)
- Ang, J. B. (2007). CO2 emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*, 35, 4772-4778. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.03.032>
- Anselin J. B. (2001). Spatial Effects in Econometric Practice in Environmental and Resource Economics. *American Journal of Agricultural Economics*, 83(3), 705-710.
- Anselin, L., Gallo, J. L., & Jayet, H. (2008). Spatial Panel Econometrics, içinde *The Econometrics of Panel Data*, (ed.) Laszlo Matyas ve Patrick Sevestre, Springer.
- Baek, J., & Gweisah, G. (2013). Income inequality harm the environment: Empirical evidence from the United States. *Energy Policy*, 62, 1434-1437. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.097>
- Baek, J. (2016). Do nuclear and renewable energy improve the environment? Empirical evidence from the United States. *Ecological Indicators*, 66, 352-356. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.059>

- Bai, J., Li, S., Kang, Q., Wang, N., Guo, K., Wang, J., & Cheng, J. (2021). Spatial Spillover Effects of Renewable Energy on Carbon Emissions in Less-developed Areas of China. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17053-w>
- Balado-Naves, R., Baños-Pino, J. F., & Mayor, M. (2018). Do countries influence neighbouring pollution? A spatial analysis of the EKC for CO2 emissions. *Energy Policy*, 123, 266-279. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.059>
- Boutaba, M. A. (2009). Dynamic linkages among European carbon markets. *Economics Bulletin*, 29(2), 499-511.
- Behera, S. R., & Dosh, D.P. (2017). The effect of urbanization, energy consumption and foreign direct investment on the carbon dioxide emission in the SSEA (South and Southeast Asian) Region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 96-106. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.201>
- Bekhet, H. A., Matar, A., & Yasmin, T. (2017). CO2 Emissions, energy consumption, economic growth, and financial development in GCC countries: Dynamic simultaneous equation models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 117-132. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.089>
- Boyce, J. K. (1994). Inequality as a cause of environmental degradation. *Ecological Economics*, 11, 169-178. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(94\)90198-8](https://doi.org/10.1016/0921-8009(94)90198-8)
- Burki, U., & Tahir, M. (2022). Determinants of environmental degradation evidenced based insights from ASEAN economies. *Journal of Environmental Management*, 306, 114506, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114506>
- Coondoo, D., & Dinda, S. (2002). Causality between income and emission: A country group-specific econometric analysis. *Ecological Economics*, 40, 351-367. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00280-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00280-4)
- Chevallier, J., Nguyen, D., & Reboredo, J. C. (2019). A Conditional dependence approach to CO2-energy price relationship. *Energy Economics*, 81, 812-821. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.05.010>
- Cole, M. A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: Examining the linkages. *Ecological Economics*, 48, 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.09.007>
- Doğan, E., & Şeker, F. (2016). Determinants of CO2 emissions in the European Union: The role of renewable and non-renewable energy. *Renewable Energy*, 94, 429-439. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.078>
- Elhorst, J. P. (2012). Dynamic spatial panels: models, methods, and inferences. *Journal of Geographical Systems*. 14(1), 5-28. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-40340-8_4
- European Union (2022). 16.10.2022 tarihinde https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/revision-phase-4-2021-2030_en adresinden erişilmiştir).

- Heerink, N., Mulatu, A., & Bulte, E. (2001). Income inequality and the environment: aggregation bias in environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 38, 359-367. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00171-9](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00171-9)
- Gianfrate, G., & Peri, M. (2019). The green advantage: explaining the convenience of issuing green bonds. *Journal of Cleaner Production*, 219, 127-135. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.022>
- Grossmann, G. M., & Krueger, A.B. (1995). Economic growth and the environment. *Quarterly Journal of Economics*, 110, 353-377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). Climate change 2021: The physical science basis", Sixth Report, Summary for policymakers, October, Switzerland.
- Iwata, H., Okada, K., & Samreth, S. (2012). Empirical study on the determinants of CO2 emissions: Evidence from OECD countries. *Applied Economics*, 44(27), 3513-3519. <https://doi.org/10.1080/00036846.2011.577023>
- Jalil, A., & Feridun, M. (2011). The impact of growth, energy and financial development on the environment in China: A cointegration analysis. *Energy Economics*, 33, 284-291. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.10.003>
- Jorgenson, A., Schor, J., & Huang, X. (2017). Income inequality and carbon emissions in the United States: A state-level analysis, 1997-2012. *Ecological Economics*, 134, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.12.016>
- Kanwal, M., & Khan, H. (2021). Does carbon asset add value to clean energy market? evidence from EU. *Green Finance*, 3(4), 495-507. <https://doi.org/10.3934/GF.2021023>
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *American Economic Review*, 1, 1-28.
- Leitao, J., Ferreira, J., & Gonzales, E. S. (2021). Green bonds, sustainable development and environmental policy in the European Union carbon market. *Business Strategy and the Environment*, 2077-2090. <https://doi.org/10.1002/bse.2733>
- Lesage, J., & Pace, R. K. (2009). *Introduction to Spatial Econometrics*, CRC Taylor & Francis Group.
- Li, W., Qiao, Y., Li, X., & Wang, Y. (2022). Energy consumption, pollution haven hypothesis, and environmental Kuznets curve: Examining the environment-economy link in belt and road initiative countries. *Energy*, 239, 122559, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122559>
- Liu, H., & Song, Y. (2020). Financial development and carbon emissions in China since the recent world financial crisis: Evidence from a spatial-temporal analysis and a spatial Durbin model. *Science of the Total Environment*, 715, 136771. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136771>
- Maddison, D. (2006). Environmental Kuznets curves: A spatial econometric approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 51(2), 218-230. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2005.07.002>

- Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). CO2 Emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US. *Energy Policy*, 38, 2911-2915. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.024>
- Mo, B., Li, Z., & Meng, J. (2021). The Dynamics of carbon on green energy equity investment: Quantile on-quantile and quantile coherency approaches. *Environmental Science and Pollution Research*. 29, 5912–5922. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15647-y>
- Nasreen, S., Anwar, S., & Öztürk, İ. (2017). Financial stability, energy consumption and environmental quality: Evidence from South Asian Economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 1105-1122. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.021>
- Nikwatoh, L. S. (2022). Zero-pollution effect and economic development, standard and nested environmental Kuznets curve analyses for West Africa. *Environment, Development and Sustainability*, 10, 1-13. <https://doi.org/10.1007%2Fs10668-021-01921-z>
- Öztürk, İ., & Acaravcı, A. (2013). Long run and causal analysis of energy, growth, openness and financial development on carbon emissions in Turkey. *Energy Economics*, 36, 262-267. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.025>
- Odhiambo, N. M. (2020). Financial development, income inequality, and carbon emissions in Sub-Saharan African countries: Apanel data analysis. *Energy Exploration&Exploitation*, 38(5), 1914-1931. <https://doi.org/10.1177%2F0144598720941999>
- Páez, A., Gallo, J., Buliung, R. N., & Dall'erba, S. (Eds.). (2009). Progress in spatial analysis: Methods and applications. Springer Science & Business Media.
- Pao, H. J., & Tsai, C. M. (2011). Multivariate granger causality between CO2 emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India and China) Countries. *Energy*, 36, 685-393. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.041>
- Rai, S. K., & Rowot, A. (2022). Explaining the nexus between environment quality, economic development, and industrialization in BRICS nations: The role of technological innovation and income inequality. *Environmental Science and Pollution Research, January*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18181-z>
- Ren, X., Cheng, C., Wang, Z., & Yan, C. (2021). Spillover and dynamic effects of energy transition and economic growth on carbon dioxide emissions for the European Union: A dynamic spatial panel model. *Sustainable Development*, 29(1), 228-242. <https://doi.org/10.1002/sd.2144>
- Seldadyo, H., Elhorst, J. P., & De Haan, J. (2010). Geography and governance: Does space matter?. *Papers in Regional Science*, 89(3), 625-640. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2009.00273.x>
- Shahbaz, M., Tiwari, A. K., & Nasir, M. (2013a). The effects of financial development, economic growth, coal consumption and trade openness on CO2 emissions South Africa. *Energy Policy*, 61, 1452-1459. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.006>

- Shahbaz, M., Hye, O. M. A., Tiwari, A. K., & Leitao, N. C. (2013b). Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2 emissions Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 109-121. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.04.009>
- Shahzad, S. J. H., Kumar, R. R., Zakaria, M., & Hurr, M. (2017). Carbon emission, energy consumption, trade openness and financial development in Pakistan: A Revisit. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 185-192. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.042>
- Solt, F. (2009). Standardizing the World Income Inequality Database. *Social Science Quarterly*, 90(2), 231-242. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6237.2009.00614.x>
- Suki, N. M. (2022). The role of technology innovation and renewable energy in reducing environmental degradation in Malaysia: A step towards sustainable environment. *Renewable Energy*, 182, 245-253. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.007>
- Tamazian, A. J., Chousa, P., & Vadlamannati, K. C. (2009). Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: Evidence from BRIC countries. *Energy Policy*, 37, 246-253. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.025>
- Tian, J., Yu, L., Xue, R., Zhuang, S., & Shan, Y. (2021). Global low carbon energy transition in the post Covid-19 era. *Applied Energy*, 307, 118205, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118205>
- Tobler, W. R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46 (Sup 1), 234-240.
- United Nations (2020). The sustainable development goals report. 18.02.2022 tarihinde <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/> adresinden erişilmiştir.
- Vallajas, J. R., & Lastuka, A. (2020). The income inequality and carbon emissions trade-off revisited. *Energy Policy*, 139, 111302, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111302>
- You, W., & Lv, Z. (2018). Spillover effects of economic globalization on CO2 emissions: A spatial panel approach. *Energy Economics*, 73, 248-257. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.05.016>
- Zhang, Y. J. (2011). The impact of financial development on carbon emissions: An empirical analysis in China. *Energy Policy*, 39, 2197-2203. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.026>
- Zhang, C., & Zhao, X. (2014). Panel estimation for income inequality and CO2 emissions: A regional analysis in China. *Applied Energy*, 136, 382-392. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.09.048>
- Zhang, C., & Zhao, X. (2016). Does foreign direct investment lead to lower CO2 emissions? Evidence from a regional analysis in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 943-951. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.226>

Ek 1: Veri Seti

Değişken	Tanım	Kaynak
<i>Co2</i>	CO2 emissions (metric ton per capita)	(World Development Indicators-WDI)
<i>Growth</i>	GDP per capita (constant 2015 US\$)	(World Development Indicators-WDI)
<i>Renewable</i>	Renewable energy consumption (% of total final energy consumption)	(World Development Indicators-WDI)
<i>Urban</i>	Urban population (% of total population)	(World Development Indicators-WDI)
<i>Gini</i>	Estimate of Gini index (in terms of household disposable income)	Solt (2009) veya SWIID
<i>Finance</i>	Financial Development Index	International Financial Statistics- IFS)

Not: Çalışmada her bir ülke için büyüme oranı $Y_t - Y_{t-1} / Y_{t-1} * 100$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Burada Y kişi başına düşen GSYİH'yi, t cari dönemi ve $t-1$ ise bir önceki dönemi temsil etmektedir.

Ek 2: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Min	Max
<i>co2</i>	420	7.778227	2.103389	3.538009	13.92722
<i>growth</i>	420	1.567397	3.077251	-13.66883	23.99909
<i>growth2</i>	420	3.25383	6.272014	-25.46929	53.75775
<i>renewable</i>	420	14.33972	12.44143	.3348599	52.8915
<i>urban</i>	420	74.9874	11.18236	48.469	98.001
<i>gini</i>	420	.2945686	.0378881	.2041166	.3655489
<i>finance</i>	420	.7880952	.4091451	0	1

Kaynak: Yazarlar tarafından Stata 16 ekonometrik programı kullanılarak hesaplanmıştır.