International Journal of Current Social Science

| cusos.cumhuriyet.edu.tr | Founded: 2022 Available online Publisher: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Examining the Impact of Eco-Innovations on Environmental Degradation in G7 Countries Using the MMQR Method

***Ayşegül Mahiroğulları*[1,a,*], *Mustafa Necati Çoban*[2,b]**

[1] *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi*
[2] *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi*
**Corresponding author*

Research Article

History

Received: 15/10/2025
Accepted: 15/11/2025

ABSTRACT

Abstract

The rapid escalation of global environmental challenges necessitates concerted efforts to achieve sustainable growth. In this context, eco-innovation, defined as an environmentally friendly form of innovation aimed at minimizing environmental harm, has emerged as a critical concept in the literature. This study investigates the impact of eco-innovation on environmental degradation in G-7 countries. Employing the Method of Moments Quantile Regression (MMQR), the analysis incorporates data on carbon dioxide emissions, technological innovation, green growth, financial development index, and natural resource rents. The findings reveal a consistent negative relationship between technological innovation and carbon dioxide emissions across all quantile levels. These findings indicate that carbon emissions decrease as eco-innovations increase in G-7 countries.

Keywords: Eco-innovation, Environmental Degradation, The Method of Moments Quantile Regression, G-7

G-7 Ülkelerinde Eko-inovasyonların Çevresel Bozulmaya Etkisinin MMQR Yöntemi ile İncelenmesi[1]

Süreç

Geliş: 15/10/2025
Kabul: 15/11/2025

ÖZ

Küresel çevre sorunlarının hızla artış göstermesi, sürdürülebilir büyümeyi sağlamak için ortak çabaları gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda eko-inovasyon, çevresel zararı minimuma indirmeyi amaçlayan çevre dostu bir inovasyon türü olarak literatürde yer almaktadır. Bu çalışmada G-7 ülkelerinde eko-inovasyonların çevresel bozulmaya etkisi araştırılmaktadır. Momentler Kantil Regresyon Yöntemi (MMQR)'nin kullanıldığı çalışmada karbondioksit emisyonu, teknolojik inovasyon, yeşil büyüme, finansal gelişme endeksi ve doğal kaynak rantı verileri analize dahil edilmektedir. Elde edilen bulgulara göre teknolojik inovasyonlar ile karbondioksit emisyonları arasında tüm kantil düzeyleri için negatif yönlü bir ilişki tespit edilmektedir. Bu bulgular, G-7 ülkelerinde eko-inovasyonlar arttıkça karbon emisyonlarının azaldığını işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Eko-inovasyon, Çevresel Bozulma, Momentler Kantil Regresyon Yöntemi, G-7

Copyright

This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

[a] *aysegulonar@cumhuriyet.edu.tr* *https://orcid.org/0000-0003-2135-3019* | [b] *necati.coban@gop.edu.tr* *https://orcid.org/0000-0003-2839-4403*

How to Cite: Mahiroğulları A, Çoban MN (2025) Examining the impact of eco-innovations on environmental degradation in G7 countries using the MMQR method, International Journal of Current Social Science, 4(2): 94-101

[1] Bu çalışma birinci yazarın Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde hazırladığı "Eko-inovasyonların Karbondioksit Emisyonlarına Etkisi: G-7 Ülkelerinde Bir Uygulama" başlıklı yayımlanmamış doktora tezinden türetilmiştir.

Giriş

Son yıllarda çevresel bozulma ve iklim değişikliği dünya gündeminin öncelikli konuları arasında yer almaktadır. (Çoban ve diğerleri, 2025: 1). Özellikle dünya nüfusunun 1970'ten itibaren 3 milyardan fazla artış göstermesi, doğal kaynakların hızla tükenmesine ve çevrenin önemli maliyetler yüklenmesine neden olmaktadır. 2050 yılına kadar 2 milyar insana daha kaynak sağlamak ve beraberinde yaşam standartlarını iyileştirmek, tüm hayatın bağlı olduğu bu doğal varlıkları yönetme ve onarma becerisini zorlamakta; gelecek nesillerin gelişimini baltalamaktadır (OECD, 2012: 19). Nitekim 1987 Brundtland Raporu'ndan bu yana eko-inovasyonlar, yani ekolojik ve sosyal yönlerin ürünlere, süreçlere ve organizasyon yapılarına entegrasyonu önemli bir tartışma konusu halini almaktadır (Klewitz ve Hansen, 2014: 57).

Bu doğrultuda sanayi toplumlarının "sürdürülebilir kalkınma"yı çevre politikalarının temel sloganı haline getirdiği; çevrenin artık ekonomik büyümeye feda edilmemesi aksine, çevre ile iktisadi büyümenin uzlaştırılması felsefesinin benimsendiği anlaşılmaktadır. Şüphesiz bunu başarmak dar görüşlü düzeltici politikalarla mümkün görünmemektedir. Ekonomik aktörlerin davranışlarını kesin olarak değiştirmeyi amaçlayan uzun vadeli önleyici tedbirlerle birlikte ileriye dönük planlama yapmak gerekmektedir. Çevre kirliliğinin niteliği ve kapsamı, kirleticilerin kimliği, bilimsel bilginin geçerliliği ve dolayısıyla uygulanması gereken çözümler konusunda küresel bir işbirliği yürütülmelidir (Aggeri, 1999: 706).

Günümüzde çevreye ilişkin problemlerin giderilmesinde, uluslararası alanda örgütlenmelere ve yasal düzenlemelere daha çok ihtiyaç duyulmaktadır (Kılıç, 2001: 131). Özellikle çevresel bozulmanın kritik sebeplerinden biri olan sera gazı emisyonlarına dair Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (TİKA, 2024: 53), Kyoto Protokolü (Doğan ve Tüzer, 2011: 164), Paris İklim Değişikliği Sözleşmesi (Karakaya, 2016: 2-3) ve Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı (Claeys ve diğerleri, 2019: 2) önemli girişimler olarak kabul edilmektedir. Bu girişimlerin ortak özellikleri; sera gazı emisyonlarının azaltılması, gelecek dönemlere ilişkin emisyon hedeflerinin belirlenmesi, bu hususta ülkelere görece sorumluluklar yüklenmesi ve küresel düzeyde katılımla gerçekleşmiş olmaları şeklinde sıralanabilir.

Ekonomik büyüme ile çevre koruma arasında denge kurulmasında eko-inovasyonlar; kirliliği tespit eden, ölçen ve arıtan, kaynağında önleyen ve nihai ürünün minimum çevresel etkiye sahip bir ömre sahip olmasını sağlayan çevre teknolojilerini geliştirerek merkezi bir rol üstlenmektedir (Demirel ve Kesidou, 2011: 1546). Porter ve Van der Linde (1995), iyi tasarlanmış çevresel bir düzenleyici çerçevenin üretime ve ekonomik faaliyete zarar vermeyeceğini, aksine kazan-kazan durumunu tetikleyebileceğini öne sürmektedir. Bu doğrultuda eko-inovasyonu içselleştirme başarısı gösteren tüm organizasyonlar; üretimin çevre üzerindeki olumsuz etkisini azaltırken yeni üretim yöntemleri ve süreçleri keşfetmekte, atıklar ve bunlarla ilişkili maliyetler ile enerji ve materyal kullanımını azaltabilmektedir. Böylece hem iktisadi hem de çevresel performans iyileşmekte; bir taraftan çevreyi korurken diğer taraftan üretim yapmak ve gelir elde etmek birlikte mümkün olabilmektedir (Guerroud, 2021: 2).

Literatürde eko-inovasyonlar ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi inceleyen çeşitli çalışmalar mevcuttur. Ancak doğrudan teknolojik inovasyonlar ile karbon emisyonlarını dikkate alan ve önemli çevre bileşenleri olan yeşil büyüme ile doğal kaynak rantı verilerini de analizlere dâhil eden çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır. Ayrıca finansal sistemin büyüklüğünde, verimliliğinde ve istikrarında meydana gelen ilerlemeler olarak nitelendirilen finansal gelişme; daha çok kaynak kullanımı gerektireceği ve çevresel baskılara yol açabileceği düşüncesi ile modele dâhil edilmektedir. Bu durum çalışmanın özgün yanını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda çalışma G-7 ülkelerinde eko-inovasyonların çevresel bozulma üzerindeki etkisini zengin bir içerikle araştırmaktadır. Nitekim çalışmanın akışı giriş bölümünü takiben sırası ile eko-inovasyon ile ilgili kavramsal çerçeve, literatür taraması, kullanılan yöntem, elde edilen bulgular ve sonuç bölümlerinden oluşmaktadır.

Kavramsal Çerçeve

İnovasyonun özel bir türü olan eko-inovasyon, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirliğin kesişim kümesinde yer alan yenilikçi bir yaklaşımdır (Ekins, 2010: 269). İlk kez Fussler ve James (1996) tarafından ele alınan eko-inovasyon; müşteri ve iş değeri sağlayan aynı zamanda çevresel etkileri önemli ölçüde azaltan yeni ürünler, süreçler veya hizmetler geliştirme süreci şeklinde nitelendirilmektedir (Kuo ve Smith, 2018: 208). Ardından Rennings (2000) eko-inovasyonu, çevresel yüklerin azaltılmasına veya çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına katkıda bulunan fikirlerin, çalışma biçimlerinin, ürünlerin ve süreçlerin geliştirilmesi, uygulanması veya tanıtımının sağlanması şeklinde ele almaktadır (2000: 322). Kemp ve Pearson ise bir organizasyon için yeni olan ve yaşam döngüsü boyunca çevresel riskin, kirliliğin ve kaynak kullanımının olumsuz etkileri alternatiflerine kıyasla daha az olması ile sonuçlanan bir ürün, üretim süreci, hizmet veya yönetim ya da iş yönteminin üretimi, benimsenmesi veya kullanılması olarak açıklamaktadır (2007: 7).

Huppes ve diğerleri (2008) eko-inovasyonu, toplumun hem ekonomik performansını hem de çevresel performansını iyileştiren iktisadi faaliyetlerindeki bir değişim olarak tanımlamaktadır (2008: 29). James ise eko-inovasyonu, müşteriye ve işletmeye değer sağlayan fakat çevresel etkileri önemli ölçüde azaltan yeni ürünler ve süreçler şeklinde ele almaktadır (Kemp ve Foxon, 2007: 2). Fondevila ve diğerleri (2019) eko-inovasyonu, çevre verimliliğini hedefleyen ve çevresel iyileştirme yoluyla rekabet gücünü artırma arayışından türetilen bir inovasyon türü olarak nitelendirmektedir (2019: 75).

Eko-inovasyon Eylem Planı'nda eko-inovasyon, "çevre üzerindeki etkilerin azaltılması, çevresel baskılara karşı dayanıklılığın artırılması veya doğal kaynakların daha verimli ve sorumlu bir şekilde kullanılması yoluyla sürdürülebilir kalkınma hedefine doğru önemli ve kanıtlanabilir ilerlemeyi sağlayan her türlü inovasyon" şeklinde ifade edilmektedir (EC, 2011: 2). Eko-inovasyon Gözlemevi (EIO) ise doğal kaynakların (malzemeler, enerji, su ve toprak dâhil) kullanımını ve yaşam döngüsü boyunca zararlı maddelerin salınımını azaltan yeni veya önemli ölçüde iyileştirilmiş

herhangi bir ürün (mal veya hizmet), süreç, organizasyonel değişiklik veya pazarlama çözümünün piyasaya sürülmesi (EIO, 2012: 2) şeklinde bir eko-inovasyon tanımı yapmaktadır.

Görüldüğü üzere alan yazında eko-inovasyon yaklaşımları heterojenlik içermekte (Pichlak ve Szromek, 2021: 2) araştırmacıların ortak bir tanım üzerinde uzlaşamadıkları görülmektedir. Bu bağlamda eko-inovasyon tanımlarının sınıflandırılabilmesi için Schiederig ve diğerleri (2012) altı önemli husus ortaya koymaktadır:

(1). İnovasyon Nesnesi: Ürün, süreç, hizmet ve yöntem,

(2). Pazar Odaklılık: Tüketicinin ihtiyacını karşılamak / Pazarda rekabetçi olmak,

(3). Çevresellik: Çevre üzerindeki olumsuz etkiyi azaltmak,

(4). Yaşam Döngüsü: Materyal akışını azaltmak,

(5). Niyet / Dürtü: Ekolojik veya ekonomik gerekçeler,

(6). Yeni İnovasyon: Yeşil standartlar belirleme (2012: 182).

İlk iki husus oldukça genel olup; neredeyse tüm eko-inovasyon tanımları için geçerlilik arz etmektedir. Üçüncü hususa atıf yapan tanımlar alternatif çözümlerin kullanımına göre eko-inovasyon ile olumsuz çevresel etkilerin azaltılabileceğini vurgulamaktadır. Dördüncü husus Kemp ve Pearson ile EIO raporlarıyla örneklenebilir. Beşinci husus inovasyonu üretmek ve uygulamak için ekonomik veya ekolojik dürtüyü kastederken; son husus algılanan inovasyon düzeyi ile ilgilidir (Pichlak ve Szromek, 2021: 3). Nihayetinde eko-inovasyon, ekonomilerin çevre üzerindeki etkisini minimuma indirme, ekonomik fayda ve rekabet avantajı sağlama amacıyla tüketim ve üretim kalıplarındaki değişimi teşvik eden; çevresel riski azaltan, kirliliği ve kaynak kullanımını en aza indiren daha temiz teknolojileri, ürünleri ve hizmetleri içinde barındıran (Sáez-Martínez ve diğerleri, 2015: 1) stratejiler bütünüdür.

Eko-inovasyonun aldığı "eko" ön eki, çevresel avantajların elde edilmesi noktasında zengin ve geniş bir içeriğe sahip olduğunun göstergesidir (Steward, 2006: 234). Bu yönüyle geleneksel inovasyon anlayışından farkını ortaya koyan eko-inovasyon, Oslo Kılavuzu'na göre eko-ürün, eko-süreç, eko-pazarlama ve eko-örgütsel inovasyon olmak üzere dört sınıfa ayrılmaktadır (OECD ve Eurostat, 2005: 20). Eko-ürün inovasyonu, ürünün çevre üzerindeki etkisini en aza indirecek şekilde üretilmesini veya yeni ve önemli ölçüde iyileştirilmiş her türlü ürünü ifade etmektedir (Reid ve Miedzinski, 2008: 4). Eko-süreç inovasyonu, mevcut üretim süreçlerinin iyileştirilmesini veya çevre üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması için üretim hattına yeni süreçlerin eklenmesini içermektedir (Cheng ve diğerleri, 2014: 84). Eko-pazarlama inovasyonu, eko-ürün ya da hizmetlerin pazardaki çevresel başarısını; eko-örgütsel inovasyon ise yönetimin eko-inovasyona olan bakış açısını yansıtmaktadır (Yurdakul, 2020: 23). Ürün ve süreçlerdeki eko-inovasyon büyük ölçüde teknolojik gelişmelere; pazarlama, organizasyon ve kurumlardaki eko-inovasyon ise daha çok teknolojik olmayan değişimlere dayanmaktadır (OECD, 2009: 14).

Eko-inovasyon, iklim değişikliği ve enerji güvenliği de dâhil olmak üzere güncel zorluklara verilen yanıtın önemli bir parçası olarak görülmektedir (Ekins ve Salmons 2010: 5). Bu fikrin yanı sıra eko-inovasyonun içselleştirilme isteği; kirliliği önlemek ve kontrolünü sağlamak, doğada oluşan kirliliği temizlemeye yönelik teknolojiler geliştirmek, çevre dostu ürünler tasarlamak, üretim hattında çevresel optimizasyon sağlamak, atık yönetimini mümkün kılmak gibi gerekçelere de dayanabilmektedir (Ziółkowski, 2013: 155). Buradan hareketle eko-inovasyon; eko-verimlilik, eko-tasarım ve sürdürülebilir inovasyonla bağlantısının bulunması; çevre kalitesini olumsuz şekilde etkilemeden kurumsal değer yaratması; ekolojik iyileşmeyi destekleyerek sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunan ürünlerin ve süreçlerin geliştirilmesi (Obobisa, 2023: 2) açısından büyük önem taşımaktadır.

Literatür Taraması

Eko-inovasyon, organizasyon için yeni olan bir ürün, üretim süreci, hizmet ya da yönetim anlayışı veya iş yöntemlerinin üretimi, özümsenmesi veya kullanılması ile yaşam döngüsü boyunca çevresel riskin, kirliliğin ve kullanılan kaynakların olumsuz etkilerinin azaltılması demektir. Başarılı bir eko-inovasyon programı geliştirmek ve bunu üretim sürdürülebilirliğinin önemli bir bileşeni haline getirmek gittikçe daha önemli hale gelmektedir (Al-Hanakta ve diğerleri, 2023: 1-2). Bu nedenle çevre dostu eko-inovasyon uygulamalarının sürdürülebilir kalkınmaya yönelik değeri, bilim insanları tarafından yoğun bir şekilde araştırılmaktadır (Ch'ng ve diğerleri, 2021: 1). Bu bağlamda incelenen yayınlar kronolojik olarak aşağıda yer almaktadır.

Carrio´n-Flores ve Innes (2009), çalışmalarında 1989 – 2004 dönemi için ABD'de faaliyet gösteren 127 imalat işletmesinin; çevresel patent sayısı, sermaye yoğunluğu, toplam satış düzeyi, çalışan sayısı ve emisyon düzeyi verilerini kullanmışlardır. IV – GMM Yöntemi'nin tercih edildiği araştırma bulgularına göre, çevresel inovasyonların karbon emisyonlarındaki azalmanın önemli bir itici gücü olduğu; tersine, sıkılaştırılmış kirlilik hedeflerinin ise çevresel yeniliği tetiklediği sonuçları elde edilmiştir.

Shahbaz ve diğerleri (2013), araştırmalarında Türkiye'nin 1970 – 2010 dönemi karbon emisyonu, enerji yoğunluğu, ekonomik büyüme ve küreselleşme verilerini incelemişlerdir. Zivot – Andrews Birim Kök Testi, ARDL Testi ve VECM Granger Nedensellik Testi'nin kullanıldığı çalışmadan Çevresel Kuznets Eğrisi'ni destekler nitelikte sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre Türkiye'de kişi başına reel GSYİH'deki bir artışın karbon emisyonlarını azaltacağı; enerji yoğunluğu ile karbon emisyonları arasında ise çift yönlü bir nedenselliğin bulunduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Leitão (2013), Portekiz, İspanya, Yunanistan ve İrlanda üzerinde yürüttüğü çalışmasında ilgili ülkelerin 1980 – 2010 dönemine ilişkin karbon emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve küreselleşme verilerini kullanmıştır. ADF – Fischer Ki Kare Regresyon Testi bulgularına göre Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerliliği doğrulanmıştır. Ayrıca enerji tüketimi ile karbon emisyonları arasında pozitif bir korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Shafiei ve Salim (2014), araştırmalarında 1980 – 2011 dönemi için STIRPAT Modeli kullanarak yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu azalttığı ve aynı zamanda yenilenemez enerji kullanımının ise karbon salınımını artırdığı sonuçlarına ulaşmışlardır. OECD Ülkeleri'nin incelendiği bu çalışmada ayrıca kentleşme ile karbon emisyonu arasında Çevresel Kuznets Eğrisi'nin varlığı desteklenmiştir.

Şeker ve Çetin (2015), Türkiye'yi ele aldıkları çalışmalarında enerji tüketimi, ekonomik büyüme, nüfus ve CO2 emisyonu değişkenlerini 1961 – 2010 dönemini dikkate alarak kullanmışlardır. ARDL, Johansen – Juselius Eşbütünleşme ve VECM Granger Nedensellik Testleri'nin kullanıldığı araştırmada, seriler arasında eşbütünleşme bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Çevresel Kuznets Eğrisi'nin Türkiye için uygun olduğu; nüfus artışı ile karbon salınımı arasında uzun dönemli pozitif bir ilişki bulunduğu ve karbon emisyonlarıyla ilgili tüm bağımsız değişkenlerin uzun vadeli bir nedensel ilişki içinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ertuğrul ve diğerleri (2016), çalışmalarında 1971 – 2011 dönemi için en çok karbon salınımına sahip ve gelişmekte olan 10 ülkeyi incelemişlerdir. Zivot – Andrews Birim Kök ve VECM Granger Nedensellik Testleri'nin uygulandığı araştırmadan elde edilen ampirik sonuçlara göre analize dahil edilen değişkenlerin Tayland, Türkiye, Hindistan, Brezilya, Çin, Endonezya ve Kore için eşbütünleşik olduğu; reel gelir, enerji tüketimi ve ticari açıklığın uzun dönemde karbon emisyonlarının ana belirleyicileri olduğu ve Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi'nin Türkiye, Hindistan, Çin ve Kore için doğrulandığı görülmüştür.

Bujari ve Martìnez (2016), çalışmalarında 1996 – 2008 dönemi için Latin Amerika'da bulunan 12 ülkede teknolojik yeniliğin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM)'nin kullanıldığı araştırmadan elde edilen temel bulgudan; patentlere ve yüksek teknoloji ürünlerinin ihracatına yapılan yatırımın, çoğu Latin Amerika Ülkesi'nde toplam faktör verimliliğini ve kişi başına düşen GSYİH'yi artırmak için önemli olduğu sonucu elde edilmiştir.

Chen ve diğerleri (2017), araştırmalarında Çin'in 30 eyaleti için 2000 – 2014 yılları arasındaki verilerini kullanarak endeks sistemi oluşturmuş ve Panel Veri Analizi'den faydalanmışlardır. Çalışmalarında gözlem dönemi boyunca eko-inovasyon seviyelerinin genel olarak önemli ölçüde arttığı; ancak eko-inovasyon endeksinin bölgeler arası karşılaştırmada, doğudan batıya doğru gittikçe azalan bariz bir dağılım modeli oluşturduğu sonuçlarına ulaşmışlardır.

Bal (2019), çalışmasında Marmara Bölgesi'nde kimya sektöründe faaliyette bulunan 159 tane işletmeye anket yaparak elde edilen verilere Çoklu Regresyon Yöntemi uygulamıştır. Araştırma sonuçlarına göre çevresel-yönetim inovasyonunun uluslararası rekabet edebilirliği olumsuz yönde etkilediği; çevresel-süreç ve çevresel-ürün inovasyonunun uluslararası rekabet edebilirlikle nötr ilişkiye sahip olduğu bulgularını elde etmiştir.

Khan ve diğerleri (2020), G-7 ülkelerini inceledikleri çalışmalarında 1990 – 2017 dönemi için Panel Eşbütünleşme Analizi'nden faydalanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre CO2 emisyonları, dış ticaret, gelir, çevresel yenilik ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında istikrarlı uzun vadeli bir ilişki doğrulanmıştır. Uzun vadede ithalatın ve gelirin, tüketime dayalı karbon emisyonlarını artırdığı; yine uzun vadede ihracatın, çevresel yeniliklerin ve yenilenebilir enerji tüketiminin, tüketime dayalı CO2 emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olduğu sonuçları tespit edilmiştir.

Ali ve diğerleri (2021), çalışmalarında en çok karbon salınımına sahip 10 ülkenin 1990 – 2017 dönemine ait çevresel yenilik, dış ticaret, GSYİH, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO2 emisyonu verilerini kullanmışlardır. ARDL, Westerlund Eşbütünleşme ve Dumitrescu – Hurlin Nedensellik Analizleri'nin kullanıldığı araştırmadan elde edilen bulgulara göre değişkenler arasında uzun vadeli ilişki doğrulanmıştır. Ayrıca ihracatta, yenilenebilir enerji tüketiminde ve eko-inovasyonda oluşan bir artışın CO2 emisyonunu azalttığı; ithalatta ve GSYİH'de oluşan bir artışın ise CO2 emisyonunu artırdığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Shobande ve Ogbeifun (2021), bu çalışmada finansal kalkınma ve enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirliği etkileyip etkilemediğini araştırmıştır. OECD ülkelerinin 1980 – 2019 dönemi için Arellano – Bover ve Blundell – Bond Dinamik Panel Veri Analizi'nin kullanıldığı araştırmanın sonuçları, finansal gelişmenin CO2 emisyonunu azalttığını ve OECD ülkelerinde çevre kalitesini artırdığını ortaya koymuştur.

He ve diğerleri (2021), araştırmalarında Çin, Finlandiya ve Malezya'nın 1985 – 2014 dönemine ait çevre vergisi, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO2 emisyonu verilerine Granger Nedensellik ve Panel ARDL Yöntemi uygulamışlardır. Çevresel Kuznets Eğrisi ve çevre vergisinin çifte kazanç hipotezine dayanan çalışmalarında, CO2 emisyonlarının hacmi ile GSYİH arasında N şeklinde bir ilişki bulunduğu; çevre vergisinin çifte kazanç etkisinin uzun vadede her üç ülkede de var olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır.

Assi ve diğerleri (2021), çalışmalarında ASEAN ülkelerinin 1998 – 2018 dönemine ait yenilenebilir enerji tüketimi, finansal gelişme, çevresel kirlilik, inovasyon, ekonomik özgürlük ve büyüme verilerini incelemişlerdir. Panel ARDL analizi ve nedensellik testinin kullanıldığı araştırmanın sonuçlarına göre finansal gelişmenin yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı; ancak çevresel kirlilik ve ekonomik özgürlük ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında negatif yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca inovasyon ve ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki bulunduğu sonucu elde edilmiştir.

Shan ve diğerleri (2021), araştırmalarında Türkiye'nin 1990 – 2018 dönemi için yeşil teknoloji inovasyonu, enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, nüfus, kişi başına düşen GSYİH ve CO2 emisyonu değişkenlerini kullanmışlardır. Granger Nedensellik ve Panel ARDL

Analizi'nin uygulandığı çalışmanın sonuçları kullanılan değişkenler arasında eşbütünleşme olduğunu doğrulamıştır. Yazarlar ayrıca yeşil teknoloji inovasyonu ile yenilenebilir enerji kullanımının karbon emisyonlarını azalttığı; enerji tüketimi, nüfus ve kişi başına düşen gelirin karbon emisyonlarını artırdığı sonuçlarına ulaşmışlardır.

You ve diğerleri (2022), ABD'nin 1991Q1 – 2018Q4 dönemini araştırdıkları çalışmalarında En Küçük Kareler Yöntemi ve Regresyon Yöntemi'nden faydalanmışlardır. Yerel çevresel yenilik, ticari açıklık, yenilenebilir enerji tüketimi, kişi başına düşen GSYİH, çevre ile ilgili teknoloji geliştirme (ICERTD) ve CO2 emisyonu değişkenlerinin kullanıldığı araştırmada, uzun vadede değişkenler arasında eşbütünleşme olduğu görülmüştür. Ayrıca ICERTD, yerel çevresel yenilik ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerinin uzun vadede CO2 emisyonlarını düşürmede faydalı olduğu; ticari açıklık ve kişi başına düşen GSYİH verilerinin ise CO2 emisyonları ile pozitif yönde bir ilişkiye sahip olduğu sonuçları elde edilmiştir.

Qoyash ve Eren (2022), çalışmalarında Türkiye'nin 1990 – 2019 dönemi yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemez enerji tüketimi, ekonomik büyüme, teknolojik inovasyon, ticaret, doğrudan yabancı yatırımlar ve CO2 emisyonu değişkenlerine Dinamik ARDL Simülasyon Yöntemi kullanmışlardır. Elde edilen bulgulardan, yenilenemez enerji tüketimi ile teknolojik inovasyonun karbon emisyonunu pozitif; yenilenebilir enerji tüketiminin ise karbon emisyonunu negatif ancak istatistiksel olarak anlamsız şekilde etkilediği sonuçlarına ulaşmışlardır.

Abbas ve diğerleri (2022), araştırmalarında BRICS ülkelerinin 1990 – 2020 dönemi verilerini kullanmışlardır. İkinci Nesil Panel Birim Kök Testi ve Eşbütünleşme Yöntemi'nin kullanıldığı çalışmada, yenilenebilir enerji gelişimi, piyasa düzenlemesi, çevre ile ilgili inovasyonlar ve CO2 emisyonu değişkenleri dikkate alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda yenilenebilir enerji gelişiminin, çevre ile ilgili inovasyonların ve piyasaya dayalı çevresel düzenleme politikalarının CO2 emisyonlarının azaltılmasında önemli pozitif bir rol oynadığı doğrulanmıştır.

Hafeez ve diğerleri (2022), çalışmalarında 1995 – 2020 dönemi için Çin, Hindistan, Rusya ve Japonya'nın da dahil edildiği Asya ülkelerinde eko-inovasyon, finansal verimlilik, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO2 emisyonu değişkenlerini dikkate almışlardır. ARDL Yöntemi'nin kullanıldığı araştırmada, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO2 emisyonu için ayrı iki model kurulmuştur. Eko-inovasyonların uzun vadede yenilenebilir enerji modelinde pozitif, CO2 emisyon modelinde ise negatif düzeyde anlamlı olduğu; finansal gelişme tahminlerinin hem yenilenebilir enerji tüketimi hem de CO2 emisyon modellerinde anlamsız olduğu tespit edilmiştir.

Khattak ve Ahmad (2022), OECD ülkelerinin 1990 – 2018 dönemini dikkate aldıkları çalışmalarında doğrudan yabancı yatırım, kişi başına düşen GSYİH, yenilenebilir enerji kullanan yeşil ve sürdürülebilir teknolojilerdeki inovasyon, CO2 emisyonu değişkenlerini kullanmışlardır. Eşbütünleşme Analizi'nin kullanıldığı araştırmada değişkenler arasında uzun vadede eşbütünleşme ilişkisi doğrulanmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketimi, yeşil ve sürdürülebilir teknolojilerdeki inovasyonlara yönelik olumlu şoklar ile CO2 emisyonu arasında önemli negatif bağlantı olduğu; kişi başına düşen GSYİH ile yeşil ve sürdürülebilir teknolojilerdeki inovasyonlara yönelik olumsuz şokların CO2 emisyonlarına katkıda bulunduğu sonuçları elde edilmiştir.

Abid ve diğerleri (2022), araştırmalarında G-8 ülkelerinin 1990 – 2019 dönemine ait teknolojik inovasyon, finansal gelişme, doğrudan yabancı yatırım, enerji tüketimi, kentleşme ve CO2 emisyonu değişkenlerini dikkate almışlardır. FMOLS Analizi'nin kullanıldığı çalışmanın bulguları, panel içinde güçlü bir yatay kesit bağımlılığı olduğunu ortaya koymuştur. Analize göre G-8 ülkelerinde doğrudan yabancı yatırım, finansal gelişme ve teknolojik inovasyon arasında CO2 emisyonu ile istatistiksel olarak anlamlı, uzun vadeli ve negatif bir ilişki; ekonomik büyüme, finansal gelişme, kentleşme, ticari açıklık, CO2 emisyonu ve enerji kullanımı arasında ise uzun vadeli çift yönlü bir nedensellik sonuçlarına ulaşılmıştır.

Udeagha ve Ngepah (2023), çalışmalarında BRICS ülkelerinde 1970 – 2020 dönemi için mali yerelleşme, çevresel teknolojik inovasyon, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO2 emisyonu değişkenlerini AMG Yöntemi kullanarak araştırmışlardır. Yazarlar çevreyle ilgili teknolojik inovasyonların ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirliği iyileştirdiği; mali yerelleşmenin ve ekonomik büyümenin artan çevresel bozulmaya önemli ölçüde katkı sağladığı sonuçlarına ulaşmışlardır.

Obobisa (2023), Panel Veri Analizi'ni kullandığı araştırmasında OECD ülkelerinin 1990 – 2019 dönemi teknoloji inovasyonu, yenilenebilir enerji tüketimi, ticari açıklık, beşeri sermaye endeksi, kişi başına düşen GSYİH ve CO2 emisyonu değişkenlerini kullanmıştır. Çalışma bulguları eko-inovasyonun, yenilenebilir enerji tüketiminin ve beşeri sermayenin CO2 emisyonu üzerinde olumsuz; ticari açıklığın ve ekonomik büyümenin ise olumlu etkisi bulunduğunu göstermiştir. Nedensellik testinin sonuçları ise eko-inovasyon, yenilenebilir enerji tüketimi, beşeri sermaye, ticari açıklık ve CO2 arasında çift yönlü nedensellik olduğunu açıklamıştır.

Kirikkaleli ve diğerleri (2023), 1970 – 2019 dönemi küreselleşme, GSYİH, GSYİH'nin karbon yoğunluğu, patentler ve CO2 emisyonu değişkenlerini Danimarka özelinde incelemişlerdir. Doğrusal Olmayan ARDL, Fourier ARDL ve Dinamik OLS Yöntemleri'nin kullanıldığı çalışma, eşbütünleşme testlerinden elde edilen sonuçlara göre CO2 emisyonu, küreselleşme, patentler ve GSYİH ile karbon yoğunluğu arasında uzun vadeli önemli bir ilişkinin varlığını ortaya koymuştur. Ayrıca ampirik sonuçlar, yalnızca çevresel inovasyonlara ilişkin patentlerdeki pozitif şokun CO2 emisyonu üzerinde negatif ve önemli bir etkiye sahip olduğunu, GSYİH'deki pozitif ve negatif şokların ve GSYİH'nin karbon yoğunluğunun ise CO2 emisyonunu önemli ölçüde artırdığını göstermiştir.

Avunduk ve İçen (2023), araştırmalarında AB ülkelerinin 2013 – 2022 dönemi eko-inovasyon performansı, ekonomik büyüme ve eko-inovasyon endeksi değişkenlerini kullanmışlardır. Panel Veri Analizi'nin kullanıldığı çalışmadan elde edilen sonuçlara göre AB ülkelerinde eko-inovasyonlarda meydana gelen bir artışın ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediği ve özellikle son 10 yıllık periyotta AB üyesi ülkelerin ekonomik refahında yükselme etkisi yarattığı sonuçları elde edilmiştir.

Manjang ve diğerleri (2023), çalışmalarında G-7 ülkelerinin çevresel teknolojiler, çevre vergileri, enerji tüketimi, doğal kaynaklar ve sera gazı emisyonları değişkenlerinden faydalanmışlardır. 1994 – 2020 döneminin dikkate alındığı araştırmada İkinci Nesil Kök Panel Yöntemleri kullanılmıştır. Yazarlar çevresel teknolojilerin, çevre vergilerinin ve yenilenebilir enerjinin uzun vadede çevre kalitesini koruduğu; ancak enerji tüketiminin sera gazı emisyonu seviyelerini artırdığı sonuçlarına ulaşmışlardır.

Amara ve Qiao (2023), çalışmalarında 54 Afrika ülkesinin 2010 – 2019 dönemi eko-inovasyon, ekonomik büyüme, uluslararası iş birliği ve CO2 emisyonu değişkenlerine Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) uygulamışlardır. Bu çalışmada, değişkenler arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiş; ekonomik büyümenin yeşil büyüme üzerinde güçlü ve pozitif etkisi bulunduğu sonuçları elde edilmiştir. Ayrıca ekonomik büyümenin itici faktörleri ile yeşil büyüme arasında üç yönlü aracılık etkisi bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Aliani ve diğerleri (2024), araştırmalarında G7 ülkeleri için eko-inovasyon ve yenilenebilir enerjinin karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. 2000-2019 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışmada OLS modeli kullanılmıştır. Bulgular eko-inovasyonun ve yenilenebilir enerjinin, karbondioksit emisyonlarının azaltılmasına yol açtığını ortaya koymuştur.

Çoban ve diğerleri (2025), çalışmalarında küresel değer zincirlerine katılım, teknolojik eko-inovasyon, doğal kaynak rantı, GSYİH ve nüfus artışı değişkenlerinin AB-14 ülkelerinde çevrenin bozulma üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırmada çevresel bozulma göstergesi olarak karbon emisyonları ve ekolojik ayak izi kullanılmıştır. 2007-2021 yıllarının dikkate alındığı çalışmada MMQR yaklaşımı kullanılmıştır. Ampirik bulgular; küresel değer zincirine katılımın karbon emisyonlarında ve ekolojik ayak izinde azalmaya yol açtığını; teknolojik eko-inovasyonun karbon emisyonlarını ve ekolojik ayak izini azalttığını göstermiştir.

Veri Seti ve Yöntem

Çalışmada ekonometrik analize dahil edilmek üzere G-7 ülkelerinin verileri dikkate alınmaktadır. Bu bağlamda Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, Fransa, İtalya, Japonya ve Kanada değişkenleri analiz edilen ülkeleri oluşturmaktadır. 1990 – 2020 döneminin incelendiği çalışmada ilgili ülkelerin karbondioksit emisyonu verileri bağımlı değişken; teknolojik inovasyon, yeşil büyüme, finansal gelişme endeksi ve doğal kaynak rantı verileri ise bağımsız değişkenler olarak yer almaktadır.

Değişkenlerin tanımlayıcı bilgileri ve temin edildiği veri tabanları aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı Bilgiler

Değişken	Değişkenlerle İlgili Detay	Değişkenin Kısaltması	Kaynak
Teknolojik İnovasyon	Patent Sayısı (Kişi Başına)	ECOIN	OECD
Yeşil Büyüme	Yeşil Büyüme Endeksi	GG	Stjepanovic vd. (2022)
Finansal Gelişme	Finansal Gelişme Endeksi	FD	IMF
Doğal Kaynak Rantı	Toplam Doğal Kaynak Rantlarının GSYİH'ye % Oranı	NRR	Dünya Bankası
Karbondioksit Emisyonu	Kişi Başına Metrik Ton	CO2	Dünya Bankası

Teknolojik inovasyon değişkeni; kişi başına düşen patent sayıları ile temsil edilmekte ve eko-inovasyon göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bu veriler OECD veri tabanından temin edilmektedir. Yeşil büyüme değişkeni; yeşil büyüme endeksi göstergesinden oluşmakta ve Stjepanovic vd. (2022)'nin çalışmasında G-7 ülkeleri filtrelenerek çalışmaya dahil edilmektedir. Finansal gelişme değişkeni; IMF'nin veri tabanında yer alan finansal gelişme endeksi göstergesi ile temsil edilmektedir. Doğal kaynak rantı değişkeni olarak ilgili ülkelerin toplam doğal kaynak rantlarının GSYİH'leri içindeki yüzdesel oranı cinsinden çalışmada yer almakta ve veriler Dünya Bankası veri tabanından alınmaktadır. Son olarak karbondioksit emisyonu değişkeni çevresel bozulmanın göstergesi olarak kullanılmakta ve çalışmanın tek bağımlı değişkeni konumunda bulunmaktadır. Modelde kullanılan değişkenlerden sadece yeşil büyüme değişkeninin logaritması alınmakta; diğer değişkenler aslını korumaktadır.

1.1. Ekonometrik Model

Panel veriler, aynı kesit birimlerin zaman içinde gözlendiği; yani değerlerin hem mekân hem de zaman boyutunun dikkate alındığı verilerdir (Gujarati ve Porter, 2014: 591). Panel verilerin kullanıldığı regresyon modelleri ise panel veri analizi olarak adlandırılmaktadır (Tarı, 2015:

475). Panel veri analizleri; heterojenliği kontrol etme, daha fazla sayıda değişkenle çalışabilme, dinamik ilişkileri kolaylıkla inceleme, zaman ve mekan etkilerini birleştirme, karmaşıklığı azaltma gibi avantajlara sahiptir (Baltagi, 2014: 6-8). Bu nedenle sahip olduğu avantajlar göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmada yeni nesil panel veri yöntemlerinden Momentler Kantil Regresyon (MMQR) Testi kullanılmaktadır.

Klasik bir panel veri modeli aşağıdaki gibi kurulabilmektedir:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{it}X_{it} + u_{it}$$

Verilen denklemde Y bağımlı değişkeni, X bağımsız değişken(ler)i, α sabit parametreyi, β eğim parametresini, u hata terimini, i birim sayısını (1,…….n), t ise zaman aralığını (1,……..t) ifade etmektedir.

Bu çalışmaya ait ekonometrik model ise aşağıdaki gibidir:

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 ECOIN_{it} + \beta_2 GG_{it} + \beta_3 FD_{it} + \beta_4 NRR_{it} + \epsilon_{it}$$

Kurulan modelde teknolojik inovasyonların karbon emisyonları üzerindeki etkisi sınanmaktadır. Ayrıca diğer bağımsız değişkenler olan yeşil büyüme, finansal gelişme ve doğal kaynak rantı değişkenlerinin de karbon emisyonu üzerindeki etkileri test edilmektedir.

1.2. Varyans Şişirme Faktörü (VIF) Testi

VIF testi, bir modelde yer alan bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin düzeyini ortaya koymaktadır. Bir bağımsız değişkenin, diğer bağımsız değişkenlerle yüksek düzeyde korelasyona sahip olması, modelde çoklu doğrusal bağlantı sorununa yol açmaktadır. Bu durum tahminlerin güvenilirliğini ve doğruluğunu olumsuz yönde etkiler (Kinay, 2025: 67).

İkiden fazla bağımsız değişkenin yer aldığı modellerde VIF değeri:

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

şeklinde formülüze edilir. Burada R_j j'inci bağımsız değişkenin diğer bağımsız değişkenlerle olan belirlilik katsayısını ifade etmektedir. VIF değerinin yüksek çıkması, çoklu doğrusal bağlantı olduğunu göstermektedir. Özellikle 5'ten yüksek VIF değeri bulguları, çoklu doğrusal bağlantı probleminin varlığına işaret etmekte (Tarı, 2015: 161-162); kurulan modelde bağımsız değişkenlerin birbirlerini yüksek oranda etkileyebildiklerini göstermektedir.

1.3. Yatay Kesit Bağımlılığı Testi

Panel veri modellerinde kesitler arası bağımlılığın bulunması hata olasılığını artırmaktadır. Bu durum son yıllarda kesitler arasında yüksek entegrasyonun olması ile açıklanmaktadır. Özellikle mikro iktisadi uygulamalarda bireylerin; yaygın şoklara ya da gözlemlenmeyen yaygın faktörlere benzer şekilde tepki verme eğilimi, sosyal normları, kolektif hareket etme isteği gibi sebepler bu durumun gerekçesi olarak gösterilebilmektedir (Hoyos ve Sarafidis, 2006: 482). Bu nedenle analize geçmeden önce seriler arası yatay kesit bağımlılığının sınanması gerekmektedir.

Yatay kesit bağımlılığı için kullanılması gereken testler, zaman ve kesit boyutu büyüklüklerine göre belirlenmektedir. Modelde zaman boyutu yatay kesit boyutundan büyük ise (T>N) Breusch-Pagan (1980) Lagrange Multiplier (LM) testi; her ikisi de büyük ise Pesaran (2004) Cross-Section Dependence (CD) testi kullanılabilir (Göçer ve diğerleri, 2012: 456). Bu çalışmada 7 ülkenin 31 yıllık verileri analiz edilmektedir. T>N olduğundan dolayı Breusch-Pagan (1980) LM testinin kullanılması uygundur. Ayrıca değişkenlerde birimler arası korelasyonu görebilmek ve yatay kesit bağımlılığı araştırmasını güçlendirebilmek amacıyla Pesaran (2004) CD testinden de istifade edilmektedir.

Breusch-Pagan (1980) LM testinin istatistiksel gösterimi:

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

şeklindedir. Eşitlikte $\hat{\rho}_{ij}^2$, i. ve j. birimlerinin katsayıları arasındaki korelasyon katsayısını ifade etmekte ve aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Pesaran, 2004: 4):

$$\hat{\rho}_{ij} = \frac{\Sigma_{t=1}^{T}\epsilon_{it}\epsilon_{jt}}{(\Sigma_{t=1}^{T}\epsilon_{it}^2)^{\frac{1}{2}}(\Sigma_{t=1}^{T}\epsilon_{jt}^2)^{\frac{1}{2}}}$$

Pesaran (2004) tarafından önerilen yatay kesit bağımlılığına ait eşitlik ise:

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

şeklinde ifade edilmekte ve N ile T sonsuza giderken panelde yatay kesitin bulunmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Breusch-Pagan LM testi N büyük ve T sonlu olduğunda önemli boyut bozulmaları sergileyebilmektedir. Bu durum, deneysel uygulamalarda sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Çünkü LM istatistiği sonlu T için doğru şekilde merkezlenememekte ve N büyük olduğunda sapmanın kötüleşme olasılığı artmaktadır. Pesaran (2004) ise bu duruma alternatif olarak CD Testi'ni önermektedir.

Pesaran (2004) CD testine ait denklem (Hoyos ve Sarafidis, 2006: 485).

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

olarak ifade edilmektedir.

1.4. Homojenite Testi

Panel eşbütünleşme analizinden önce bu analizden güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi için eşbütünleşme denkleminde yer alan eğim katsayısının homojenliğine bakılmaktadır (Küçükaksoy ve Akalın, 2017: 27). Bu doğrultuda Swamy (1970) çalışmasında eşbütünleşme denklemlerindeki eğim katsayılarının homojenliğini ortaya koymakta, ardından Pesaran ve Yamagata (2008), Swamy Testi'ni üst seviyeye çıkararak literatürün bilgisine sunmaktadır (Gövdeli, 2018: 80). Nitekim bu çalışmada Pesaran ve Yamagata (2008) Homojenlik Testi'nden faydalanılmaktadır.

Panel veri modellerinde eğim katsayılarının birimlere göre homojen olup olmaması homojenlik testleri ile araştırılmaktadır. Homojenlik testleri, Pesaran ve Yamagata'nın (2008) çalışmalarında önerdiği delta testleri

kullanılarak analize dahil edilmektedir (Kılıç ve Beşer, 2018: 376). Delta testleri büyük örneklemler ve küçük örneklemler için iki farklı test istatistiği sunmaktadır.

Büyük örneklemler için istatistik:

$$\widetilde{\Delta} = \sqrt{N}\frac{(N^{-1}\tilde{S} - k)}{\sqrt{2k}}$$

Küçük örneklemler için istatistik:

$$\widetilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N}\left(\frac{N^{-1}\tilde{S} - E(\tilde{z}_{iT})}{\sqrt{Var(\tilde{z}_{iT})}}\right)$$

şeklindedir (Pesaran ve Yamagata, 2008: 57). Denklemlerde yer alan N; kesit sayısını, S; Swamy test istatistiğini, k; açıklayıcı değişken sayısını, E ve Var parantezleri ise sırasıyla beklenen değer ve varyansı ifade etmektedir (Demir, 2019: 85).

1.5. Panel Birim Kök Testi

Ekonometrik uygulamalarda serilerin durağanlığı, özellikle zaman serisi içeren çalışmalar için sıklıkla araştırılan bir durumdur. Çünkü durağan olmayan serilerde, değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmamasına rağmen gerçekte var olmayan bir ilişki ile karşılaşılabilmektedir. Sahte regresyon olarak adlandırılan ve engellenmesi gereken bu sorunun çözümü için durağanlık testlerinin yapılması gerekir. Gerçekleştirilen durağanlık testleri ile durağan olmayan seriler tespit edildiğinde, fark alma işlemi ile bu seriler durağan hale getirilmektedir (Demir ve Görür, 2020: 22).

Panel veriler zaman serilerini içerdiği için analiz sonuçlarının güvenilir olması amacıyla serilerde durağanlığın incelenmesi gerekmektedir. Serilerde birimler arası korelasyon yoksa birinci kuşak birim kök testleri, birimler arası korelasyon varsa ikinci kuşak birim kök testleri kullanılır (Mete, 2021: 1488). Bu çalışmada Breusch-Pagan LM testi ve Pesaran CD testi bulguları, birimler arası korelasyonun olduğunu göstermektedir. Bu nedenle ikinci kuşak birim kök testlerinden Pesaran (2007) CIPS Birim Kök Testi ile araştırmaya devam edilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

Pesaran (2007) CIPS Birim Kök Testi, panel verilerin bir bütün olarak durağanlığını sınamaktadır. Test sonucunda ulaşılan bulgulardan, incelemesi yapılan ülkelerin durağan oldukları seviyeler tespit edilebilmektedir (Han, 2022: 807).

CIPS Birim Kök Testi istatistiği (Pesaran, 2007: 276):

$$CIPS(N,T) = t - bar = N^{-1}\sum_{i=1}^{N} t_i(N,T)$$

şeklinde formülize edilmektedir.

1.6. Panel Eşbütünleşme Testi

Fark alma yöntemi ile durağanlaşan serilerde, uzun dönem dengesi bakımından birtakım önemli bilgiler kaybolabilmektedir. Özellikle birinci farkların alınması ile yapılan analizlerde aslında var olan uzun dönemli ilişkilerin ortadan kaldırılabilmesi mümkündür. Bu problemin giderilebilmesi için eşbütünleşme analizi yapılması önerilmektedir. Eşbütünleşme, değişkenler arasındaki uzun dönemli dengenin sağlanıp sağlanamadığını test eden ve söz konusu ilişkiyi doğrudan tahminlemeyi sağlayan bir yöntem olarak nitelendirilmektedir (Demir ve Görür, 2020: 24). Bu çalışmada da analize dahil edilen değişkenlerin birinci farkında durağan olmaları dikkate alınarak uzun dönemli ilişkinin tespiti için Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi'nden faydalanılmaktadır.

Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi, Pedroni (2004)'nin testi gibi kalıntı temelli testlere göre daha iyi ve kesin tahminleme yapabilen bir testtir. Westerlund test prosedürü, eşbütünleşmenin yokluk hipotezini sınamak için G_a, G_t, P_a ve P_t olmak üzere dört tane panel eşbütünleşme istatistiği raporlamaktadır. G_a ve G_t istatistikleri en az bir birim için değişkenler arası eşbütünleşme ilişkisini doğrularken; P_a ve P_t istatistiği tüm panel için değişkenler arası eşbütünleşme ilişkisini ortaya koymaktadır. Bu istatistikler, panel birimlerine uygulanan hata düzeltme modellerinden elde edilmektedir (Turan ve diğerleri, 2018: 146). Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi esasında Banerjee ve diğerleri (1998)'nin zaman serileri için geliştirdikleri eşbütünleşme testinin panel veriler için genişletilmiş halini yansıtmaktadır.

Test istatistiği (Keskin ve Aksoy, 2019: 8):

$$\Delta y_{it} = \delta_i' d_t + \alpha_i y_{i,t-1} + \lambda_i' x_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p_i}\alpha_{ij}\Delta\bar{y}_{i,t-j} + \sum_{j=-q_i}^{p_j}\gamma_{ij}\Delta x_{i,t-j} + \epsilon_{it}$$

şeklinde gösterilir. Bu testte tüm serilerin aynı derecede ve birinci farkı alındığında durağan olduğu varsayılmaktadır. Burada $\lambda_i' = -\alpha\beta_i'$ olarak nitelendirilmekte; $\alpha_i < 0$ ise değişkenlerin uzun dönemde eşbütünleşik olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

1.7. Momentler Kantil Regresyon (MMQR) Testi

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin incelenmesinin ardından uzun dönem katsayı tahminine geçilmektedir. Uzun dönem katsayı tahmini için Machado ve Silva (2019) tarafından önerilen Momentler Kantil Regresyon Yaklaşımı (MMQR) kullanılmaktadır. Bu yöntem; koşullu heterojenlik altında kovaryans etkilerinin belirlenmesi, bağımsız değişkenlerde içsel özelliklerin mantıklı bir şekilde varlığına işaret etmesi, bireysel etkilerin panel veri modelini bozduğu durumlarda bile güvenilir olması, doğrusal olmayan modellerde dahi sağlam tahminler sunması ve konum ile ölçek işlevlerine sahip olması nedeniyle tercih edilmektedir (Hacıimamoğlu, 2022: 113-114). Yaklaşımın bu üstünlükleri tahminlerin daha güçlü, daha esnek ve daha kapsamlı olmasını sağlamaktadır.

Konum ile ölçek varyasyonu çerçevesinde bağımlı değişkenin koşullu kantilleri $Q_y(\tau|X_{it})$ aşağıdaki gibi tahminlenmektedir:

$$Y_{it} = \alpha_i + X_{it}'\beta + (\delta_i + Z_{it}'\gamma)U_{it}$$

Eşitlikte yer alan $P\{\delta_i + Z_{it}'\gamma > 0\} = 1$ ifadesi olasılık değerini; $(\alpha, \beta', \delta, \gamma')'$ ifadesinde yer alan semboller tahmin edilecek parametreleri; $(\alpha_i, \delta_i), i = 1, \dots, n$ birey i'ye ait sabit etkileri; Z değeri ise X kovaryant vektörünü açıklamaktadır (Çıtak, 2025: 1326-1327).

1.8. Driscoll-Kraay Testi

Panel veri modellerinde, kesit birimler çoğunlukla rastgele örneklenmez. Bu durum mekânsal bağımlılık adı verilen önemli bir soruna neden olmaktadır. Örneğin;

belirli periyotta gözlemlenen kesitsel birimlerin; ülkelerin ya da endüstrilerin kasıtlı olarak seçilmesi makroekonomi, bölgesel bilim ya da uluslararası ekonomi uygulamalarında mekânsal korelasyonlara neden olmakta ve bu birimlerin hem gözlemlenebilir hem de gözlemlenemeyen ortak bozulmalara maruz kalma olasılığı yükselmektedir (Driscoll ve Kraay, 1998: 549). Bu nedenle başta mekânsal bağımlılık olmak üzere panel veri modellerinde yine sıklıkla karşılaşılan otokorelasyon ve değişen varyans problemlerinin üstesinden gelebilmek için güçlü bir tahmincinin kullanılması gerekmektedir (Beylik ve diğerleri, 2022: 5). Nitekim bu çalışmada söz konusu sorunları bertaraf edebilmek amacıyla Driscoll-Kraay tahmincisi kullanılmaktadır.

Bulgular

Bu çalışmada 1990 – 2020 dönemi için G-7 ülkelerinde eko-inovasyonların karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. MMQR yaklaşımının kullanıldığı çalışmada ilk olarak kullanılan değişkenlerin istatistiksel bilgileri paylaşılmaktadır. Tablo 2'de veri setine ait istatistiksel bilgiler yer almaktadır.

Tablo 2: *Veri Setine Ait İstatistiksel Bilgiler*

Değişken	Gözlem Sayısı	Ortalama	St. Hata	Minimum	Maximum	Jarque-Bera	Olasılık Değeri
CO2	217	10.47655	4.483572	3.953682	20.4698	20.68	0.0000
ECOIN	217	23.73911	19.34048	2.526245	83.08435	38.57	0.0000
LNGG	217	28.626	.8146319	27.05855	30.69044	9.99	0.0068
FD	217	0.750173	0.1343574	0.3537526	0.955775	16.80	0.0002
NRR	217	0.6416469	1.007687	0.0124887	5.564819	93.47	0.0000

Tablo 2'de bağımlı ve bağımsız değişkenlerin temel betimleyici istatistikleri raporlanmaktadır. Kullanılan veriler yıllık olarak dikkate alınmaktadır. Sadece yeşil büyüme verisinin logaritması alınmakta, tüm gözlem sayılarında 217'ye ulaşıldığı görülmektedir. Dolayısıyla panel, dengeli bir panel olma özelliği göstermektedir.

Tablo 3'te bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı probleminin olup olmadığını değerlendiren VIF testi sonuçları paylaşılmaktadır.

Tablo 3: *VIF Testi Sonuçları*

Değişkenler	VIF	1/VIF
FD	1.71	0.586369
LNGG	1.26	0.791786
ECOIN	1.31	0.762541
NRR	1.30	0.770527
Ortalama VIF Değeri	1.47	-

Tablo 3'ten elde edilen VIF bulguları her bir bağımsız değişken için 5'ten küçüktür. Bu durum bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı probleminin olmadığını göstermektedir.

Kurulan modelde yatay kesit bağımlılığının bulunup bulunmadığı Breusch-Pagan LM Testi ve Pesaran CD Testi kullanılarak araştırılmaktadır. Tablo 4'te her iki teste ait bulgulara yer verilmektedir.

Tablo 4: *Yatay Kesit Bağımlılığı Testi Sonuçları*

Breusch-Pagan LM Testi		
Chi2(21)	183.495	
Pr	0.0000	
	Pesaran CD Testi	
Değişkenler	**CD Testi**	**Olasılık Değeri**
CO2	15.76	0.000
ECOIN	24.656	0.000

LNGG	21.48	0.000
FD	21.702	0.000
NRR	6.81	0.000

Tablo 4'te birimler arası korelasyonu açıklayan testler raporlanmaktadır. Tablodan elde edilen bulgulara göre yapılan her iki teste ait olasılık değerlerinin kritik değer olan 0.05'ten küçük olduğu görülmektedir. Bu durum birimler arası korelasyonun olmadığını savunan yokluk hipotezinin reddedileceği anlamına gelir. Dolayısıyla kurulan modelde birimler arası kesit bağımlılığının bulunduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Eşbütünleşme denklemindeki eğim katsayısının homojen olup olmadığını tespit etmek amacıyla uygulanan Pesaran ve Yamagata Homojenlik Testi sonuçları Tablo 5'te sunulmaktadır.

Tablo 5: *Pesaran ve Yamagata (2008) Homojenlik Testi Sonuçları*

Pesaran ve Yamagata (2008) Homojenlik Testi		
Test	**Value**	**Olasılık Değeri**
$\tilde{\Delta}$	15.456	0.000
$\tilde{\Delta}_{adj}$	17.211	0.000

Tablo 5'ten elde edilen sonuçlara göre eğim katsayısının homojen olduğunu savunan yokluk hipotezi reddedilmektedir. Bu durum eğim katsayısının heterojenliğine işaret etmektedir.

Çalışmada birimler arası korelasyon, Breusch-Pagan LM ve Pesaran CD Testleri ile sınanmakta ve birimler arası korelasyonun olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu nedenle ikinci kuşak birim kök testlerinden Pesaran (2007) CIPS Birim Kök Testi ile araştırmaya devam edilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir. Teste ait sonuçlar Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6: *Pesaran (2007) CIPS Birim Kök Testi Sonuçları*

Değişkenler	Pesaran CIPS Birim Kök Testi	
	Düzeyde	**Birinci Farkında**
CO2	-1.510	-3.134***
ECOIN	-2.069	-2.878***
LNGG	-2.150	-3.371***
FD	-1.582	-3.180***
NRR	-0.836	-2.694***

Tablo 6'dan elde edilen bulgulara göre değişkenlerin düzeyde durağan olmadığı; ancak, birinci farkları alındığında durağan olduğu görülmektedir.

Durağan serilerde uzun dönem eşbütünleşme ilişkisini sınamak amacıyla Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi'nden istifade edilmekte, elde edilen sonuçlar Tablo 7'de paylaşılmaktadır.

Tablo 7: *Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları*

İstatistikler	Test Değeri	Z Değeri	Olasılık Değeri
G_t	-3.664	-4.335	0.000
G_a	-15.536	-2.104	0.018
P_t	-9.427	-4.065	0.000
P_a	-14.839	-3.158	0.001

Tablo 7'de ifade edilen Westerlund Eşbütünleşme Testi bulgularına göre değişkenlerin uzun dönemde eşbütünleşik olduğu görülmektedir.

Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunduğu sonucuna ulaşıldıktan sonra uzun dönem katsayı tahmini için MMQR Testi kullanılmaktadır. Test sonuçları Tablo 8'de raporlanmaktadır.

Tablo 8: *MMQR Testi Sonuçları*

Kantiller	Değişkenler			
	ECOIN	LNGG	FD	NRR
0.10	-0.0167919	-3.283625***	4.386621***	0.8625975***
0.20	-0.0192613**	-3.014764***	4.287115***	0.7334848***
0.30	-0.0217154***	-2.747554***	4.188221***	0.6051648***
0.40	-0.0232873***	-2.576408***	4.12488***	0.5229769***
0.50	-0.0249159***	-2.39909***	4.059255***	0.4378249***
0.60	-0.0258399***	-2.298486***	4.022021***	0.3895127**
0.70	-0.0270408***	-2.167728***	3.973628***	0.3267199**
0.80	-0.0282358***	-2.037616***	3.925473***	0.2642374*
0.90	-0.0299268***	-1.853504***	3.857333***	0.1758228

(Not: *, %10 önem düzeyinde istatistiksel anlamlılığı; **, %5 önem düzeyinde istatistiksel anlamlılığı; ***, %1 önem düzeyinde istatistiksel anlamlılığı işaret etmektedir.)

Tablo 8'den elde edilen bulgular, farklı kantil düzeylerinde her bir bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Buradan hareketle teknolojik inovasyonlar ile karbon emisyonları arasında tüm kantil düzeyleri için istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Yeşil büyüme ile karbon emisyonları arasında da benzer şekilde tüm kantil düzeyleri için ilişkinin yönü negatiftir. Ayrıca bu bulgular istatistiksel olarak anlamlıdır. Finansal gelişme endeksi ile karbon emisyonları arasındaki ilişki ise tüm kantil düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitiftir. Son olarak doğal kaynak ranti ile karbon emisyonları arasındaki ilişki düşük ve orta kantil düzeyleri için istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönlüdür.

Panel veri modellerinde karşılaşılan mekânsal bağımlılık, otokorelasyon ve değişen varyans sorunlarını bertaraf etmek için Driscoll-Kraay Testi kullanılmakta olup sonuçlar Tablo 9'da yer almaktadır.

Tablo 9: *Driscoll-Kraay Testi Sonuçları*

Değişkenler	Driscoll-Kraay Testi			
	Katsayı	DK Standart Hatalar	T Değeri	Olasılık Değeri
ECOIN	-0.0239674	0.0102806	-2.33	0.027**
LNGG	-2.502365	0.5479496	-4.57	0.000***
FD	4.097477	0.8870084	4.62	0.000***
NRR	0.48742	0.1854619	2.63	0.013**

(Not: *, %10 önem düzeyinde istatistiksel anlamlılığı; **, %5 önem düzeyinde istatistiksel anlamlılığı; ***, %1 önem düzeyinde istatistiksel anlamlılığı işaret etmektedir.)

Tablo 9'dan elde edilen bulgulara göre teknolojik inovasyonlar ile karbon emisyonları arasında %5 önem düzeyinde negatif yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Teknolojik inovasyonlarda meydana gelen bir birimlik artış karbon emisyonlarını 0.0239674 birim azaltmaktadır. Yeşil büyüme ile karbon emisyonları arasında da negatif yönlü bir ilişki bulunmakla birlikte bu bulgu %1 önem düzeyinde anlamlıdır. Yeşil büyümede meydana gelen bir birimlik artış karbon emisyonlarını 2.502365 birim azaltmaktadır. Finansal gelişme endeksi ile karbon emisyonları arasındaki ilişki ise %1 önem düzeyinde anlamlı olup pozitif yönlüdür. Finansal gelişme düzeyi bir birim arttıkça karbon emisyonları 4.097477 birim artış göstermektedir. Son olarak doğal kaynak rantı ile karbon emisyonları arasındaki ilişkinin yönü de pozitiftir. %5 önem seviyesinde anlamlı olan bu bulgu; doğal kaynak rantında meydana gelen bir birimlik artışın karbon emisyonlarında 0.48742 birim artışa yol açacağını göstermektedir.

Sonuç ve Öneriler

Çevre, ekonomik büyüme hedefi uğruna uzun yıllar ihmal edilen bir üretim faktörüdür. Şüphesiz bu durumun temel sebebi çevrenin kendini yenileyebilme özelliğine duyulan güvenden kaynaklanmaktadır. Ancak giderek şiddetlenen çevresel bozulma, doğanın büyüsünün kaybolmasına neden olmaktadır. Bu doğrultuda iktisadi faaliyetlerden kaynaklı çevresel

bozulmanın önlenmesinde, çevre dostu uygulamaların önemi gün geçtikçe artmaktadır. Nitekim eko-inovasyon; çevre üzerindeki tehditleri asgari seviyeye çeken özel bir inovasyon türü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada eko-inovasyonların çevresel bozulma üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. G-7 ülkeleri özelinde yürütülen çalışmada, yeni nesil panel veri yöntemlerinden MMQR yaklaşımı kullanılmaktadır. Kurulan modelde eko-inovasyonu teknolojik inovasyonlar; çevresel bozulmayı ise karbondioksit emisyonları temsil etmektedir. Ayrıca G-7 ülkelerinin yeşil büyüme, finansal gelişme ve doğal kaynak rantı verileri de ekonometrik modele dahil edilmektedir.

Yapılan ön testlerin ardından değişkenlerin uzun dönemde eşbütünleşik oldukları sonucuna ulaşılmaktadır. Uzun dönemli ilişkinin araştırılmasının ardından uzun dönem katsayı tahminlemesi için MMQR yöntemi kullanılmaktadır. Elde edilen bulgulara göre tüm kantil düzeylerinde eko-inovasyonlar ile karbondioksit emisyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde bir ilişki tespit edilmektedir. Bu bulgu literatürün geneliyle uyumluluk göstermektedir. Ayrıca yeşil büyüme ile karbon emisyonları arasında da negatif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı sonuçlara ulaşılmaktadır. Finansal gelişme endeksi ile karbon emisyonları arasındaki ilişki ise tüm kantil düzeylerinde pozitif yönlüdür. Benzer şekilde doğal kaynak rantı ile karbon emisyonları arasında tüm kantil düzeylerinde pozitif yönlü bir ilişki mevcuttur. Tahminlerin gücünü artırmak amacıyla uygulanan Driscoll-Kraay testi de MMQR testini doğrulamaktadır.

Çevresel bozulmanın siyasi sınır tanımaması aslında tüm ülkelerin çevresel bozulma ile mücadelede sorumluluk taşımasını gerektirmektedir. Bu doğrultuda başta G-7 ülkeleri olmak üzere tüm ülkelerin teknolojik inovasyon kapasitelerini artırmaları, çevre dostu üretim sistemlerini geliştirmeleri, tüketici davranışlarını sürdürülebilirlik ekseninde geliştirici politikalar izlemeleri ve yerelden küresele sürekli işbirliği içinde olmaları gerekmektedir. Ayrıca mali açıdan yetersiz ve Ar-Ge yönünden tecrübesiz ülkelere de gerekli finansal ve teknolojik transferin sağlanması önemli görülmektedir. Bu bağlamda güçlü iktisadi yapıları ile G-7 ülkeleri; çevresel sürdürülebilirliği bir standart haline getirmeli, düşük emisyonlu altyapı tesisleri inşa etmeli, özel sektörü enerji tasarrufu konusunda teşvik ederek çevre kalitesini artırıcı yönde politikalar izlemelidir.

Kaynakça

Abbas, S., Gui, P., Chen, A. ve Ali, N. (2022). The Effect of Renewable Energy Development, Market Regulation, and Environmental Innovation on CO2 Emissions in BRICS Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 59483-59501.

Abid, A., Mehmood, U., Tariq, S. ve Haq, Z. U. (2022). The Effect of Technological Innovation, FDI, and Financial Development on CO2 Emission: Evidence from the G8 Countries. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(8), 11654-11662.

Aggeri, F. (1999). Environmental Policies and Innovation: A Knowledge-Based Perspective on Cooperative Approaches. *Research Policy*, 28, 699-717.

Al-Hanakta, R., Hossain, M. B., Pataki, L. ve Dunay, A. (2023). Eco-innovation Influence on Business Performance in Jordanian Micro, Small and Medium Enterprises Operating in the Food Processing Sector. *Plos One*, 18(2), 1-23.

Ali, S., Dogan, E., Chen, F. ve Khan, Z. (2021). International Trade and Environmental Performance in Top Ten-Emitters Countries: The Role of Eco-innovation and Renewable Energy Consumption. *Sustainable Development*, 29, 378-387.

Aliani, K., Borgi, H., Alessa, N., Hamza, F. ve Albitar, K. (2024). The Impact of Green Innovation and Renewable Energy on CO2 Emissions in G7 Nations. *Heliyon*, 10(10), 1-15.

Amara, D. B. ve Qiao, J. (2023). From Economic Growth to Inclusive Green Growth: How Do Carbon Emissions, Eco-innovation and International Collaboration Develop Economic Growth and Tackle Climate Change?. *Journal of Cleaner Production*, 425, 138986.

Assi, A. F., Isiksal, A. Z. ve Tursoy, T. (2021). Renewable Energy Consumption, Financial Development, Environmental Pollution, and Innovations in the ASEAN+ 3 Group: Evidence from (P-ARDL) Model. *Renewable Energy*, 165, 689-700.

Avunduk, Z. B. ve İçen, H. (2023). Eko-inovasyon Performansının Ekonomik Büyümeye Etkisi: Avrupa Birliği Ülkeleri Üzerine Panel Veri Analizi. *Verimlilik Dergisi*, 57(4), 657-670.

Bal, E. (2019). *Çevresel İnovasyon Faaliyetlerinin İşletmelerin Uluslararası Rekabetçiliğine Etkisi: Marmara Bölgesi Kimya Sektörü Örneği.* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme (İktisat) Anabilim Dalı, İstanbul.

Baltagi, B. H. (2014). *Econometric Analysis of Panel Data* (5. Baskı). John Wiley & Sons.

Beylik, U., Cirakli, U., Cetin, M., Ecevit, E. ve Senol, O. (2022). The Relationship between Health Expenditure Indicators and Economic Growth in OECD Countries: A Driscoll-Kraay Approach. *Frontiers in Public Health*, 10, 1-12.

Bujari, A. A. ve Martìnez, F. V. (2016). Technological Innovation and Economic Growth in Latin America. *Revista Mexicana de Economìa y Finanzas*, 11(2), 77-89.

Carrio´n-Flores, C. E. ve Innes, R. (2009). Environmental Innovation and Environmental Performance. *Journal of Environmental Economics and Management*, 59, 27-42.

Chen, J., Cheng, J. ve Dai, S. (2017). Regional Eco-innovation in China: An Analysis of Eco-innovation Levels and Influencing Factors. *Journal of Cleaner Production*, 153, 1-14.

Cheng, C. C. J., Yang, C. L. ve Sheu, C. (2014). The Link between Eco-innovation and Business Performance: A Taiwanese Industry Context. *Journal of Cleaner Production*, 64, 81-90.

Ch'ng, P. C., Cheah, J. ve Amran, A. (2021). Eco-innovation Practices and Sustainable Business Performance: The Moderating Effect of Market Turbulence in the Malaysian Technology Industry. *Journal of Cleaner Production*, 283, 124556, 1-11.

Claeys, G., Tagliapietra, S. ve Zachmann, G. (2019). *How to Make the European Green Deal Work*. Bruegel Policy Contribution.

Çıtak, F. (2025). G-7 Ekonomilerinde Çevresel Teknolojinin Belirleyicileri: Finansallaşma, Politika Sıklığı ve Sürdürülebilir Kalkınmanın Rolü. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 15(3), 1320-1339.

Çoban, M. N., Biçen, Ö. F., Nassani, A. A. ve Anser, M. K. (2025). Exploring the Effects of Global Value Chain Participation, Technological Eco-innovation and Natural Resource Rents on Environmental Quality in the EU-14. *Scientific Reports*, 15, 17572.

Demir, C. (2019). Dışa Açılma ve Kamu Harcamaları: OECD Ülkeleri için Panel Veri Analizi. *Kırklareli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 80-96.

Demir, Y. ve Görür, Ç. (2020). OECD Ülkelerine Ait Çeşitli Enerji Tüketimleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Panel Eşbütünleşme Analizi ile İncelenmesi. *Ekoist: Journal of Econometrics and Statistics*, 32, 15-33.

Demirel, P. ve Kesidou, E. (2011). Stimulating Different Types of Eco-innovation in The UK: Government Policies and Firm Motivations. *Ecological Economics*, 70, 1546-1557.

Doğan, S. ve Tüzer, M. (2011). Küresel İklim Değişikliği ile Mücadele: Genel Yaklaşımlar ve Uluslararası Çabalar. *Istanbul Journal of Sociological Studies*, 44, 157-194.

Driscoll, J. C. ve Kraay, A. C. (1998). Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Panel Data. *The Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549-560.

EC (2011). *Innovation for a sustainable Future - The Eco-innovation Action Plan (Eco-AP).* European Commission.

EIO (2012). *Paving the Way to A Green Economy through Eco-innovation*. Annual Report 2012, European Commission.

Ekins, P. (2010). Eco-innovation for Environmental Sustainability: Concepts, Progress and Policies. *International Economics and Economic Policy*, 7, 267-290.

Ekins, P. ve Salmons, R. (2010). *Environmental and Eco Innovation: Concepts, Evidence and Policies - Joint Meetings of Tax and Environment Experts*. OECD Publishing.

Ertuğrul, H. M., Çetin, M., Şeker, F. ve Doğan, E. (2016). The Impact of Trade Openness on Global Carbon Dioxide Emissions: Evidence from the Top Ten Emitters Among Developing Countries. *Ecological Indicators*, 67, 543-555.

Fondevila, M. M., Moneva, J. M. ve Scarpellini, S. (2019). Environmental Disclosure and Eco-innovation Interrelation. The case of Spanish Firms. *Revista de Contabilidad Spanish Accounting Review,* 22(1), 73-87.

Göçer, İ., Mercan, M. ve Hotunluoğlu, H. (2012). Seçilmiş OECD Ülkelerinde Cari İşlemler Açığının Sürdürülebilirliği: Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Çoklu Yapısal Kırılmalı Panel Veri Analizi. *Maliye Dergisi*, 163, 449-467.

Gövdeli, T. (2018). *Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Panel Veri Analizi.* (Doktora Tezi), Gaziantep Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Gaziantep.

Guerroud, Y. (2021). *Three Essays on Eco-innovation at the Firm Level: The French Case.* (Doktora Tezi), Université Côte d'Azur, Economics and Finance, Fransa.

Greene, W. H. (2016). *Ekonometrik Çözümleme* (7. Baskı). (Ü. Şenesen, Çev.). Palme Yayıncılık. (Orijinal çalışma 2012'de yayımlanmıştır).

Hacıimamoğlu, T. (2022). Güneş Enerjisi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Güneş Enerjisi Üretiminde Önde İlk Beş Ülke İçin Panel Kantil Regresyon Analizi. H. Ayaydın ve A. Pilatin (Ed.), *İktisadi ve İdari Bilimlerde Güncel Gelişme ve Trendler* içinde (s. 107-124). Gazi Kitabevi.

Hafeez, M., Rehman, S. U., Faisal, C. M. N., Yang, J., Ullah, S., Kaium, M. A. ve Malik, M.Y. (2022). Financial Efficiency and Its Impact on Renewable Energy Demand and CO2 Emissions: Do Eco-Innovations Matter for Highly Polluted Asian Economies?. *Sustainability,* 14, 10950, 1-12.

Han, A. (2022). E7 Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin İncelenmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 18(3), 797-814.

He, P., Ya, Q., Chengfeng, L., Yuan, Y. ve Xiao, C. (2021). Nexus Between Environmental Tax, Economic Growth, Energy Consumption, and Carbon Dioxide Emissions: Evidence from China, Finland, and Malaysia Based on a Panel-ARDL Approach. *Emerging Markets Finance and Trade,* 57 (3), 698-712.

Hoyos, R. E. ve Sarafidis, V. (2006). Testing for Cross-Sectional Dependence in Panel-Data Models. *The Stata Journal*, 6(4), 482-496.

Huppes, G., Kleijn, R., Huele, R., Ekins, P., Shaw, B., Esdeerrs, M. ve Schaltegger, S. (2008). Measuring Eco-innovation: Framework and Typology of Indicators Based on Causal Chains. *Final Report of the Ecodrive Project.*

Karakaya, E. (2016). Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-12.

Kemp, R. ve Foxon, T. (2007). Typology of Eco-innovation. *UM Merit*, 5(1), 1-25.

Kemp, R. ve Pearson, P. (2007). Final Report MEI Project about Measuring Eco-innovation. *UM Merit*, 10(2), 1-120.

Keskin, H. İ. ve Aksoy, E. (2019). OECD ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Gelir Artışı ve İşgücüne Katılım Arasındaki İlişki: Panel Eşbütünleşme Analizi. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 54(1), 1-20.

Khan, Z., Ali, S., Umar, M. Kirikkaleli, D. ve Jiao, Z. (2020). Consumption-Based Carbon Emissions and International Trade in G7 Countries: The Role of Environmental Innovation and Renewable Energy. *Science of the Total Environment*, 730, 1-10.

Khattak, S. I. ve Ahmad, M. (2022). The Cyclical Impact of Innovation in Green and Sustainable Technologies on Carbon Dioxide Emissions in OECD Economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 33809-33825.

Kılıç, N. Ö. ve Beşer, M. (2018). Sağlık Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri: Merkezi ve Doğu Avrupa (CEEC) Ülkeleri Üzerine Panel Veri Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(2), 373-382.

Kılıç, S. (2001). Uluslararası Çevre Hukukunun Gelişimi Üzerine Bir İnceleme. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2(2), 131-149.

Kinay, N. (2025). *Makroekonomik Değişkenlerin BIST 100 ve BIST Sınai Endeksi Üzerindeki Etkileri: Zaman Serisi Analizi.* (Yüksek Lisans Tezi), Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Finans ve Bankacılık Anabilim Dalı, Bankacılık ve Finans Programı, Ankara.

Kirikkaleli, D., Abbasi, K. R. ve Oyebanji, M. O. (2023). The Asymmetric and Long-Run Effect of Environmental Innovation and CO2 Intensity of GDP on Consumption-Based CO2 Emissions in Denmark. *Environmental Science and Pollution Research,* 30, 50110-50124.

Klewitz, J. ve Hansen, E. G. (2014). Sustainability-Oriented Innovation of SMEs: A Systematic Review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 57-75.

Kuo, T. C. ve Smith, S. (2018). A Systematic Review of Technologies Involving Eco-innovation for Enterprises Moving Towards Sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 192, 207-220.

Küçükaksoy, İ. ve Akalın, G. (2017). Fisher Hipotezi'nin Panel Veri Analizi ile Test Edilmesi: OECD Ülkeleri Uygulaması. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 35(1), 19-40.

Leitão, N. C. (2013). The Environmental Kuznets Curve and Globalization: The Empirical Evidence for Portugal, Spain, Greece and Ireland. *Energy Economics Letters*, 1(1), 15-23.

Manjang, M., Hao, X. ve Husnain, M. A. (2023). Examining the Impact of Environmental Technologies, Environmental Taxes, Energy Consumption, and Natural Resources on GHG Emissions in G-7 Economies. *Springer,* 30, 106611-106624.

Mete, E. (2021). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: G7 Ülkeleri Örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(4), 1481-1495.

Obobisa, E. S. (2023). An Econometric Study of Eco-innovation, Clean Energy, and Trade Openness Toward Carbon Neutrality and Sustainable Development in OECD Countries. *Sustainable Development*, 1–25.

OECD (2009). *Sustainable Manufacturing and Eco-innovation: Framework, Practices and Measurement.* Synthesis Report.

OECD (2012). *OECD Environmental Outlook to 2050*. OECD Publishing.

OECD ve Eurostat (2005). *Oslo Kılavuzu: Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması İçin İlkeler* (3. Baskı). TÜBİTAK Yayınları.

Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. *The Institute for the Study of Labor Discussion Paper Series*, 1240, 1-42.

Pesaran, M. H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265-312.

Pesaran, M. H. ve Yamagata, T. (2008). Testing Slope Homogeneity in Large Panels. *Journal of Econometrics*, 142, 50-93.

Pichlak, M. ve Szromek, A.R. (2021). Eco-Innovation, Sustainability and Business Model Innovation by Open Innovation Dynamics. *Journal of Open Innovation: Technology Market and Complexity*, 7, 149.

Qoyash, F. K. ve Eren, M. (2022). Türkiye'de Teknolojik İnovasyon ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Çevre Kirliliği Üzerine Etkisi. *Ardahan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(2), 110-118.

Reid, A. ve Miedzinski, M. (2008). Eco-innovation. *Final Report for Sectoral Innovation Watch.*

Rennings, K. (2000). Redefining Innovation - Eco-innovation Research and the Contribution from Ecological Economics. *Ecological Economics*, 32(2), 319-332.

Sáez-Martínez, F. J., Ferrari, G. ve Mondéjar-Jiménez, J. (2015). Eco-innovation: Trends and Approaches for a Field of Study. *Innovation: Management, Policy & Practice,* 17(1), 1-5.

Schiederig, T., Tietze, F. ve Herstatt, C. (2012). Green Innovation in Technology and Innovation Management–An Exploratory Literature Review. *R&D Management*, *42*(2), 180-192.

Shafiei, S. ve Salim, R. A. (2014). Non-Renewable and Renewable Energy Consumption and CO2 Emissions in OECD Countries: A Comparative Analysis. *Energy Policy*, 66, 547-556.

Shahbaz, M., Ozturk, I., Afza, T. ve Ali, A. (2013). Revisiting the Environmental Kuznets Curve in a Global Economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 494-502.

Shan, S., Yılmaz – Genç, S., Kamran, H. W. ve Dinca, G. (2021). Role of Green Technology Innovation and Renewable Energy in Carbon Neutrality: A Sustainable Investigation from Turkey. *Journal of Environmental Management*, 294, 113004.

Shobande, O. A. ve Ogbeifun, L. (2021). The Criticality of Financial Development and Energy Consumption for Environmental Sustainability in OECD Countries: Evidence from Dynamic Panel Analysis. *International Journal of Sustainable Development &World Ecology,* 29(2), 153-163.

Steward, F. (2006). Eco-innovation – Environmental Benefits, Economic Growth and Job Creation. Henrik Saxe ve Clemen Rasmussen (Ed.), *Green Roads to Growth* içinde (233-242). Environmental Assessment Institute.

Stjepanovic, S., Tomic, D. ve Skare, M. (2022). A New Database on Green GDP; 1970-2019: A Framework for Assessing the Green Economy. *Oeconomia Copernicana*, 13(4), 949-975.

Şeker, F. ve Çetin, M. (2015). Düşük Karbonlu Yeşil Büyüme ve Karbondioksit Salınımının Temel Belirleyicileri: Türkiye Uygulaması. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(8), 22-41.

Tarı, R. (2015). *Ekonometri* (11. Baskı). Umuttepe Yayınları.

TİKA (2024). *Kalkınma İşbirliği: Tanımlar, Kavramlar ve Gündemler* (1. Baskı). Türkiye Diyanet Vakfı Yayın Matbaacılık.

Turan, T., Karakaş, M. ve Özer, H. A. (2018). Askeri Harcamalar ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi. *Maliye Dergisi*, 175, 140-153.

Udeagha, M. C. ve Ngepah, N. (2023). Striving Towards Environmental Sustainability in the BRICS Economies: the Combined Influence of Fiscal Decentralization and Environmental Innovation. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology,* 30 (2), 111-125.

You, C., Khattak, S. I. ve Ahmad, M. (2022). Do International Collaborations in Environmental-Related Technology Development in the U.S. Pay of in Combating Carbon Dioxide Emissions? Role of Domestic Environmental Innovation, Renewable Energy Consumption, and Trade Openness. *Environmental Science and Pollution Research,* 29, 19693-19713.

Yurdakul, M. (2020). İşletmelerde Sürdürülebilirliğin Sağlanmasında Eko-İnovasyon Uygulamaları: Bir Model Önerisi. *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 1, 15-33.

Ziółkowski, B. (2013). The World Trends in Eco-innovation Assessment. *Modern Management Review*, 18(1), 153-162.