

Ülkelerin Gelişmişlik Düzeyine Göre Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Kapsamında Çevresel Sürdürülebilirliğin Değerlendirilmesi: Panel Kantil Regresyon Analizi*

(Araştırma Makalesi)

Assessment of Environmental Sustainability within the Scope of United Nations Sustainable Development Goals According to the Development Level of Countries: Panel Quantile Regression Analysis

Doi: 10.29023/alanyaakademik.1537744

Çetin ÜNEN¹, Faik BİLGİLİ²

¹ Öğr. Gör. Dr., Kayseri Üniversitesi, Finans, Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, cetin.unen@kayseri.edu.tr, Orcid No: 0000-0001-9097-9088

² Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, fbilgili@erciyes.edu.tr, Orcid No: 0000-0003-4138-6897

ÖZET

Anahtar Kelimeler:

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları, Ekolojik Ayak İzi, Panel Kantil Regresyon

Makale geliş tarihi:

23.08.2024

Kabul tarihi:

19.12.2024

Bu çalışmada, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) kapsamında çevresel sürdürülebilirliğin ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma, 1990-2020 yılları arasında 60 yüksek gelirli, 106 orta gelirli ve 23 düşük gelirli ülkeden elde edilen verileri kullanarak çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik gelişmişlik arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Panel kantil regresyon analizi yöntemi kullanılarak, ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre çevresel sürdürülebilirlik performanslarındaki farklılıklar ortaya konulmuştur. Sonuçlar, ekonomik gelişmişlik ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin karmaşık olduğunu ve ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin bu ilişki üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle, düşük gelirli ülkelerde çevresel bozulmanın daha belirgin olduğu ve SKA'ların etkinliğinin bu ülkelerde sınırlı kaldığı görülmüştür. Bu bulgular, politika yapıcıların sürdürülebilir kalkınma stratejilerini gözden geçirmeleri gerektiğini ve özellikle düşük gelirli ülkelerde daha etkili çevresel koruma önlemleri alınması gerektiğini göstermektedir.

ABSTRACT

Keywords:

Sustainable Development Goals, Ecological Footprint, Panel Quantile Regression

In this study, environmental sustainability is assessed according to the development level of countries within the scope of the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). The study examines the relationship between environmental sustainability and economic development using data from 60 high-income, 106 middle-income and 23 low-income countries between 1990 and 2020. Using panel quantile regression analysis, differences in the environmental sustainability performance of countries according to their level of development are revealed. The results reveal that the relationship between economic development and environmental sustainability is complex and that the level of development of countries has a significant impact on this relationship. In particular, environmental degradation is more pronounced in low-income countries and the effectiveness of the SDGs is limited in these countries. These findings suggest that policymakers should review their sustainable development strategies and take more effective environmental protection measures, especially in low-income countries.

* Bu makale, yazar Çetin ÜNEN'in Prof. Dr. Faik BİLGİLİ danışmanlığında gerçekleştirilen "Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Kapsamında Ekonomik, Sosyal ve Çevresel Sürdürülebilirliğin Değerlendirilmesi: Gelişmişlik Düzeyine Göre Ülkelerin Analizi" başlıklı doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlik, sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı ve küresel ısınmanın neden olduğu hızlı iklim değişikliği sonucunda doğal kaynakların hızla tükenmesi ve çevresel bozulma nedeniyle 20. yüzyılın ikinci yarısından bu yana dünya çapında önem kazanmıştır (Sachs, 2015, s. 1). Çevresel sürdürülebilirlik, küresel ekonomik büyüme ve kalkınma politikalarının merkezinde yer alan kritik bir konudur. Birleşmiş Milletler (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA), çevresel sürdürülebilirliği teşvik ederek insan refahını artırmayı amaçlayan evrensel hedefler setidir (United Nations 2015). SKA'lar, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümenin çevresel etkilerini en aza indirmek ve çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik kalkınmayı dengeli bir şekilde ilerletmek için önemli bir çerçeve sunmaktadır. Bu bağlamda, ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre çevresel sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirmek, SKA'ların uygulanabilirliğini ve etkinliğini anlamak açısından önem arz etmektedir.

Sanayileşme, kentleşme ve nüfus artışına bağlı olarak küresel ısınma, toprak erozyonu ve atık kirliliğinin giderek arttığı açıkça gözlemlenmektedir. Bu durum birçok ülkede çevresel sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir. Çevresel sürdürülebilirlik, ekolojik dengeyi korumak için doğal kaynakların tükenmesinin önlenmesi anlamına gelmektedir. Çevresel bozulma sorunlarını çözmek için Eylül 2015'te yeni Evrensel Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (UN SDGs) kabul edilmiştir. Bu gündem, 2030 yılına kadar ekonomik büyümeyi, çevresel sürdürülebilirliği, sosyal sürdürülebilirliği ve gerekli değişiklikleri yaparken ekosulluğu ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Bu belge 17 temel hedef, 169 hedef gösterge ve 232 benzersiz göstergeden oluşmaktadır (United Nations 2015). Birçok ülke bu sorunu belirli bir yapısal iç kuruma devretmiş ve jeopolitik anlaşmazlıklar ve diğer öncelikler nedeniyle geride kalmıştır.

Geçtiğimiz yarım yüzyıl, eşi benzeri görülmemiş bir ekonomik büyüme ve kalkınma getirerek milyonlarca insanın yoksulluktan kurtulmasına katkıda bulunmuştur. Ancak bu başarılar, artan sera gazı emisyonları, biyolojik çeşitlilik kaybı ve doğal kaynakların tükenmesi gibi önemli çevresel sorunlar da eşlik etmiştir. Küresel refah büyük ölçüde çevre pahasına gerçekleşmiş ve sadece gelecekteki büyümeyi değil, aynı zamanda yoksulluk ve güvensizlik yoluyla insanlığın sosyal dokusunu ve refahını da tehlikeye atan tehlikeli bir durum yaratmıştır. Artan insan faaliyetleri sınırları aşmakta ve Dünya'yı güvenli çalışma alanının ötesine iterek biyojeokimyasal döngülerde, arazi kullanım sistemlerinde ve iklimde dramatik değişikliklerle karakterize edilen çevresel istikrarsızlıkları ortaya çıkarmaktadır (Campagnolo vd., 2018, ss. 1-31). En savunmasız nüfuslar, kaynaklara farklı erişim ve temel mallar için artan maliyetlerden en çok etkilenen kesimdir ve dünyanın birçok yerinde eşitsizliğin daha da kötüleşmesine neden olmaktadır. Bu etkiler, bazı ülkeler için, özellikle de en yoksul ve uyum sağlama kabiliyeti en düşük olanlar için Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına (SKA'lar) doğru ilerlemeyi ciddi şekilde tehlikeye atmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınmanın üç boyutu (ekonomik büyüme, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik) arasında bir denge kurmayı amaçlayan SKA'lar, çevre ve kalkınma konularının eş zamanlı olarak ele alınması gerektiğini ve şu anda düşük ekonomik büyüme seviyesine sahip ülkelerin bu tür çabalarda desteklenmesi gerektiğini kabul etmektedir. Ancak, SKA'ların geniş kapsamı ve çok sayıda hedef ve gösterge, farklı gelişmişlik düzeyleri için bir değerlendirme zorluğu yaratmaktadır. Engeller ve bağlam farklılıkları da dâhil olmak üzere bazı ülkeler arası değerlendirmeler yapılmıştır, ancak birçok SKA yoksul ülkeler için yeterli veriye sahip değildir ve bu da bu tür çabaların dışında kalmalarına neden olmaktadır (Lamichhane, 2019, s. 50). Ayrıca, başlangıç koşulları ile sosyal, siyasi ve çevresel bağlamlardaki farklılıklar nedeniyle kalkınma yolları ülkeler arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle, büyüme yaklaşımları ve dönüştürmeler de farklılaştırılmalıdır. Sonuç olarak, ülkelerin kalkınma düzeyleri arasında çevresel sürdürülebilirliğin (SKA'lar tarafından yönlendirilen) bir değerlendirmesine ihtiyaç vardır ve bu çalışma bu boşluğu ele almaktadır.

Bu çalışma, gelişmişlik düzeyine göre ülkelerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirmek amacıyla ekolojik ayak izi verilerini kullanarak panel kantil regresyon analizi yöntemini uygulamaktadır. Ekolojik ayak izi, bir ülkenin doğal kaynakları tüketme hızını ve çevresel etkilerini ölçen bir göstergedir (Wackernagel & Rees, 1996, ss. 9-13). Çalışmanın bağımlı değişkeni olarak seçilen ekolojik ayak izi, çeşitli bağımsız değişkenler ile ilişkilendirilecektir. Bu değişkenler şunlardır: gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH), kişi başına düşen GSYİH, karbon salınımı, elektrik tüketimi, fosil yakıtlardan (petrol, gaz ve kömür) elektrik üretimi ve doğrudan yabancı yatırımlar. Bu değişkenler, ülkelerin ekonomik faaliyetlerinin çevresel sonuçlarını ve sürdürülebilirlik politikalarının etkinliğini yansıtmaktadır.

Dolayısıyla, ülkelerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarını Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları çerçevesinde değerlendirmek, bu ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin göz önünde bulundurulmasını zorunlu kılmaktadır. Böyle bir değerlendirme, Birleşmiş Milletler tarafından ana hatlarıyla belirlenen çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma konusundaki ilerlemelerin ve karşılaşılan zorlukların karşılaştırmalı bir analizini yapma imkânı sunar. Farklı kalkınma aşamalarındaki ülkelerin incelenmesi, çevresel sürdürülebilirlik çabaları kapsamında en iyi uygulamaların tespit edilmesine ve geliştirilmesi gereken alanların belirlenmesine katkı sağlayabilir (Zhong & Wu, 2015, ss. 748-756).

Böylece 1990-2020 yılları arasında 60 yüksek, 106 orta ve 23 düşük gelir düzeyine sahip toplam 189 ülkenin verilerini kapsayan bu çalışma, çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik gelişmişlik arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Bu makale, literatürdeki çalışmaları genişleterek, ülkelerin sürdürülebilir kalkınma politikalarının etkinliğini ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma yolundaki performanslarını daha derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, çalışma sonuçlarının politika yapıcılar için önemli içgörüler sunacağı ve sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin tasarımına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Araştırma, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA'lar) çerçevesinde ekonomik kalkınmanın çeşitli aşamalarındaki ülkelerin (yüksek, orta ve düşük gelir grupları olarak kategorize edilen) çevresel sürdürülebilirlik açısından nasıl bir performans gösterdiğini anlamaya odaklanmaktadır. Bu çalışmanın birincil araştırma sorusu, ekolojik ayak izi ile ölçülen çevresel sürdürülebilirliğin farklı gelir düzeylerine sahip ülkeler arasında nasıl değişim gösterdiğini ve ekonomik büyümenin bu ilişki üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamaktadır.

Çalışmanın sonraki bölümleri şu şekilde yapılandırılmıştır: İkinci bölümde, ilgili konuya dair literatür detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Üçüncü bölümde ise çalışmada kullanılan yöntem açıklanmış ve elde edilen bulgular sunularak bu bulgular üzerinde yorumlar yapılmıştır. Dördüncü bölüm, sonuç bölümü olarak, bulgulara dayalı genel bir değerlendirme ile politika önerilerinin sunulduğu kısımdan oluşmaktadır.

2. LİTERATÜR

1990'ların başlarında, dünya çapında ulaşım kapasitesi konusundaki tartışmalar sürerken, Mathis Wackernagel ve William Rees, insanın biyosfer üzerindeki etkisini ölçmek için ekolojik ayak izi adı verilen yeni bir çevresel muhasebe yöntemini geliştirdiler. Bu metod, insan faaliyetlerinin biyosfer üzerindeki toplam etkisini belirleyerek küresel ekolojik sınırları tanımlamaya olanak tanımıştır. Ekolojik ayak izi yaklaşımı, ekolojik sistemde yer alan kaynağın talebinin ve arzının dengelenmesi için gerekli verileri nicel birimlerle ifade eder. İnsanlığın çevresel etkilerini azaltma ve doğayı koruma ihtiyacı, bu yaklaşımı evrensel bir gereklilik haline getirmiştir (Wackernagel & Galli, 2007, ss. 1-9).

Baloch vd., (2020) 2006-2017 yılları arasında 18 gelişmekte olan Asya ülkesinde yoksulluk, gelir eşitsizliği ve ekolojik ayak izi değişkenleri arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışma yürütmüşlerdir. Driscoll-Kraay (D-K) standart hata yaklaşımından elde edilen bulgular, ekolojik ayak izi açısından çevresel bozulmaya katkıda bulunan yoksul bireylerin varlığını doğrulamaktadır. Gelişmekte olan Asya ülkelerinde artan gelir eşitsizliğinin çevre üzerindeki olumsuz etkileri gözlemlenmiştir. Bu durum, gelir dağılımındaki dengesizliğin çevresel sürdürülebilirlik üzerinde zararlı bir etkiye sahip olduğunu işaret etmektedir. Özellikle gelir eşitsizliğinin artması, çevresel kaynakların etkin kullanımını engelleyebilir ve çevre kirliliğinin artmasına katkıda bulunabilir. Bu nedenle, gelir dağılımındaki adaletsizliklerin azaltılması, çevresel koruma ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Çalışmanın sonuçları, incelenen ülkeler için Driscoll-Kraay metodolojisi altında incelenen Ters U-şekilli Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezini desteklemektedir. Bu çalışma, bölgedeki politika yapıcılar için önemli politika çıkarımları sunmakta olup özellikle Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA'lar) ve Binyıl Kalkınma Hedefleri (BKÖ) bağlamında önem arz etmektedir.

Nathaniel & Adeleye (2021), çalışmalarında 1992-2016 yıllarına ait verileri kullanarak 44 seçilmiş Afrika ülkesini analiz etmişlerdir. Elde ettikleri bulgular, enerji kullanımı ve kentleşmenin çevre üzerinde olumsuz etkiler yarattığını ortaya koyarken, kişi başına düşen GSYH, finansal gelişme ve brüt sabit sermaye oluşumunun çevresel sürdürülebilirliği etkilediği sonucuna ulaşmışlardır.

Koseoglu vd., (2022) tarafından yürütülen çalışma, ilk 20 yeşil yenilikçi ülkeyi ele alarak yeşil inovasyon ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Ekolojik ayak izi, çevresel sürdürülebilirliği ölçmek için kullanılan kapsamlı bir gösterge olarak kullanılmış ve yeşil inovasyonun çevresel etkileri incelenmiştir. Çalışmada, 1993-2016 dönemine odaklanılarak yatay kesit bağımlılık testleri, panel birim kök testleri ve panel eş bütünleşme testleri uygulanmıştır. Sonuçlar, ekonomik büyümenin çevresel bozulmanın temel nedeni olduğunu göstermiş ve kentleşmenin istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığını ortaya koymuştur. Ayrıca, yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerinde düzenleyici bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Özellikle, çevreyle ilgili teknolojilerin ekolojik ayak izi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçları, ekonomik büyüme ile çevre korumasının uyumlu bir şekilde sağlanabileceğini ve yeşil inovasyona yatırım yapmanın sürdürülebilir kalkınmayı teşvik edebileceğini göstermektedir.

Alvarado vd., (2022) tarafından küreselleşme bağlamında ekolojik ayak izini inceleyen çalışmada, yüksek gelirli ülkelerde kayıt dışı ekonomilerin varlığının ekolojik ayak izi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, kayıt dışı ekonomik faaliyetlerin çevresel düzenlemelere uyum eğiliminin düşük olması ve bu faaliyetlerde genellikle daha kirlitici üretim yöntemlerinin kullanılmasıyla ilişkilendirilmektedir. Çalışmada ayrıca, kayıt dışı ekonominin uzun vadede kentsel nüfusu ve küreselleşmeyi çevresel düzenlemeleri teşvik eden araçlar olarak kullanma potansiyeline sahip olduğu öne sürülmüştür. Bununla birlikte, kentsel nüfusun artışı, artan tüketim ve üretim yoluyla ekolojik ayak izini büyütmektedir. Elde edilen bulgular, ekonomik faaliyetlerin çevresel

etkilerini değerlendirirken kayıt dışı ekonomilerin ve küreselleşmenin etkilerinin dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Kazemzadeh vd., (2023) tarafından yürütülen araştırmada, STIRPAT modeli kullanılarak 2000-2016 yılları arasında kantil panel regresyon yöntemiyle ekonomik karmaşıklık, doğurganlık oranı ve Bilgi ve İletişim Teknolojisinin (BİT) gelişmekte olan ülkelerin ekolojik ayak izi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma bulguları, ekonomik karmaşıklığın ekolojik ayak izi üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu etkinin özellikle 0.75 ve 0.90 dilimlerinde daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Ekonomik karmaşıklığın artmasıyla, ülkeler daha karmaşık ve sofistike ürünler üretmeye başlamakta, bu da üretim sürecinde daha fazla enerji ve kaynak kullanımına yol açarak ekolojik ayak izini artırmaktadır. Öte yandan, doğurganlık oranının tüm dilimlerde ekolojik ayak izi üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu etkinin özellikle orta dilimde daha belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Doğurganlık oranındaki artış, nüfusun artmasına ve dolayısıyla daha fazla kaynak tüketimi ile atık üretimine neden olarak ekolojik ayak izini artırmaktadır. Çalışma bulguları, ekonomik faaliyetlerin ve nüfus dinamiklerinin çevresel etkilerinin daha derinlemesine anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

Bilgili vd., (2023), tarafından gerçekleştirilen araştırmanın temel katkısı, Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA) bölgesindeki doğal kaynak rantlarının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini ayrıntılı bir şekilde incelemesidir. Önceki literatür, genellikle doğal kaynak rantlarının genel etkilerini ele alırken, bu çalışma, orman, maden ve petrol gibi farklı kaynak türlerinin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki özgül etkilerine odaklanmıştır. Bu kapsamda, çeşitli kantil seviyelerinde uzun dönemli etkileri değerlendirmek amacıyla momentlere dayalı yenilikçi bir kantil yöntem kullanılmıştır. Kantil regresyonundan elde edilen bulgular, orman rantlarının çevresel kaliteyi artırdığını, buna karşın petrol ve maden rantlarının çevresel koşulları olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, ekonomik büyümenin ve fosil yakıt kullanımının karbondioksit emisyonlarını artırdığı, yenilenebilir enerji kaynaklarının ise çevresel sorunları azaltma potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, MENA bölgesinde sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılabilmesi için politika yapıcılara önemli bilgiler sunmaktadır.

Kuşkaya vd., (2023), tarafından yapılan çalışmada, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin çevresel bozulma ile mücadele ederken sürdürülebilirliği sağlama çabaları temel bir zorluk olarak ele alınmıştır. Çalışmada, CO₂ emisyonları çevresel bozulmanın bir göstergesi olarak kabul edilmekte ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir engel olarak değerlendirilmektedir. Güneş enerjisi kullanımının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerine ilişkin araştırmalar, literatürde geniş bir yer bulmaktadır. Bu bağlamda, ABD’de güneş enerjisi tüketimi ile toplam enerji kaynaklı CO₂ emisyonları arasındaki ilişki, sürekli dalgalı dönüşümü metodolojisi kullanılarak incelenmiştir. 1990:1-2022:6 dönemine ait verilerle gerçekleştirilen analizlerde, Morlet dalgalı analiz gibi gelişmiş zaman-frekans analiz yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen ampirik bulgular, güneş enerjisi tüketiminin ABD’de CO₂ emisyonlarını azaltabileceğini öne sürmekte ve bu etkinin özellikle düşük frekanslarda ve belirli zaman dilimlerinde daha belirgin olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmanın sonuçları, güneş enerjisi kullanımının artırılmasının küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelede etkili bir strateji olabileceğini vurgulamaktadır. Bu bulgular hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin enerji ve çevre politikalarının şekillendirilmesinde önemli bir rehber niteliğindedir.

3. YÖNTEM VE BULGULAR

Panel veri setleri, aynı kesit birimler için birden fazla zaman periyodunu içeren veri setleridir. Bu veri setleri, ekonomik ve sosyal bilimlerde sıkça kullanılan, hem kesitsel (cross-sectional) hem de zaman serisi (time-series) boyutlarını bir araya getirir. Panel veri analizi, verilerdeki heterojenlikleri kontrol etme yeteneği ile bilinir ve zaman içinde değişimleri inceleme fırsatı sunar (Hsiao, 2007, ss. 3-6). Bu özellikler, özellikle ülkeler arasındaki farklılıkları ve dinamik değişimleri analiz etmek için idealdir.

Kantil regresyonu, en küçük kareler yöntemine alternatif olarak 1978 yılında Koenker ve Bassett tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem, tahmin hatalarının karelerinin toplamını en aza indirmek yerine, hata terimlerinin mutlak değerlerinin toplamını en aza indirmeye odaklanır. Bu sayede, özellikle asimetri içeren ve aykırı değerlerden etkilenen veriler için daha robust tahminler elde etmeyi mümkün kılar. Kantil regresyonunun en önemli özelliklerinden biri, bağımlı değişkenin farklı kantillerinin tahminine imkân sağlamasıdır. Bu özellik, araştırmacıların veri setinin farklı bölgelerindeki ilişkiyi inceleyebilmesine ve modelin tüm veri dağılımına uyumunu daha iyi değerlendirebilmesine olanak tanır (Koenker & Bassett, 1978, ss. 45-48).

Normal dağılıma sahip olmayan ve aşırı değerler içeren verilerde, en küçük kareler yönteminin tahminleri tutarsız olabilir. Bu durumda, kantil regresyon yöntemi tercih edilir çünkü aşırı değerlere daha az duyarlıdır. Kantil regresyon, uç değerlere karşı dayanıklılığı ve normal olmayan verilerle daha güvenilir tahminler sunma yeteneği ile öne çıkar. Bu nedenle, özellikle normal dağılıma uymayan verilerle çalışırken tercih edilen bir yöntemdir.

Kantil regresyon modeli:

$$Y_t = X_t' B + u_t \quad (1)$$

Bu denklem aşağıda verilen denklem sayesinde minimizasyon hesaplamasına tabi tutularak tahmini gerçekleştirilir.

$$\min_{\beta \in R} \left[\sum_{t \in \{t: Y_t \geq X_t' \beta\}} \theta |Y_t - X_t' \beta| + \sum_{t \in \{t: Y_t < X_t' \beta\}} (1 - \theta) |Y_t - X_t' \beta| \right] \quad (2)$$

Yukarıdaki denklemde yer alan θ değeri 0 ve 1 arasında değerler alabilirken ayrıca farklı kantil düzeylerini gösterir.

Koenker (2004) tarafından geliştirilen kantil regresyon yöntemi, panel verilerine uygulanarak literatüre önemli bir katkı sağlamıştır. Daha sonraki dönemlerde Powell (2016), tarafından literatüre kazandırılan toplamsal olmayan sabit etkili panel kantil tahmin yöntemi, toplamsal sabit etkiler modeline alternatif bir yaklaşım sunmuştur. Bu yöntem, bağımlı değişkenin dağılımı hakkında bilgi içerirken, hata terimleriyle ayrılan toplamsal sabit etkileri de hesaba katmaktadır. Böylece, açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki heterojen etkileri daha net bir şekilde gözlemlenebilmektedir. Ancak, toplamsal sabit etkiler kantil modelinde $(Y_{it} - a_i) / X_{it}$ dağılımı kullanıldığında, $(Y_{it} - a_i)$ değişkeninin en küçük değerlerinin, incelenen (Y_{it}) değişkeninin en yüksek değerlerinden daha büyük olabileceği durumlar ortaya çıkabilir. Bu durum, bağımlı değişkenin dağılımının doğru bir şekilde belirlenmesini engelleyerek, mevcut heterojenliğin tespit edilmesinde zorluklar yaratabilir. Modelde, bağımlı değişkenin her bir gözlem birimi için açıklanmasında kullanılan bağımsız değişkenlere oranlanmasıyla elde edilen (Y_{it} / X_{it}) oranının dağılımı incelenmektedir. Bu yaklaşım, araştırmacılara bağımlı değişkenin farklı değerlerindeki etkileri daha açık bir şekilde anlama imkânı sunmaktadır. Dolayısıyla, toplamsal olmayan sabit etkiler modeli, panel verilerindeki heterojen etkileri belirlemek ve analiz etmek için güçlü bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Aşağıda toplamsal olmayan sabit etkiler panel kantil regresyon modeli gösterilmektedir.

$$Y_{it} = X_{it}' \beta(U_{it}^*) \quad (3)$$

Denklemde, i kesit birimleri ve t ise zamanı ifade eder. Sabit etkileri içeren ve tahmin edilen bir ifade olan $U_{it}^* = f(a_i + U_{it})$, Powell (2016) tarafından QRPD (Panel Verileri için Kantil Regresyonu) olarak adlandırılmıştır. Y_{it} değişkeninin farklı kantillerdeki değerlerine ulaşmak için, fonksiyonun koşullu olasılığı hesaplanır. Bu hesaplama, belirli bir kantilde Y_{it} değişkeninin değerini elde etmeyi amaçlar (Powell, 2016, ss. 1-28).

Powell (2016) tarafından geliştirilen QRPD yaklaşımı, enflasyon ve işgücü piyasası gibi alanlarda sıklıkla karşılaşılan düşük gözlem sayısı sorununa rağmen tutarlı ve asimptotik olarak normal tahminler sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, araç değişkenlerin varlığında ve toplamsal sabit etkilerin kontrolü gerekli durumlarda dahi etkin sonuçlar vermektedir. Sonuç olarak, QRPD özellikle sınırlı veri durumlarında güvenilir tahminler üretmesi nedeniyle ekonometrik analizlerde değerli bir araç olarak kabul edilmektedir.

Çalışmada kullanılan tüm değişkenler, Dünya Bankası, UNDP ve Küresel Ayak İzi Ağı veri tabanlarından elde edilen veri setlerinden oluşmaktadır. Analizde, 1990-2020 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Böylece ülkeler gelişmişlik düzeylerine göre düşük, orta ve yüksek gelirli olarak ayrılmıştır. Bu sınıflandırma, Dünya Bankası'nın 2019 yılı gelir tahminlerine göre yapılmıştır. Çalışmada sürdürülebilirliğin çevresel etkilerini ölçmek için çevresel endekslerden ekolojik ayak izi tercih edilmiştir.

3.1. Çevresel Boyut ile Sürdürülebilir Kalkınmanın Analiz Edilmesi İçin Kullanılacak Model

$$\ln EA_{it} = \beta_0 + \beta'_{\theta K} X_{K,i,t} + z_{\theta i,t} \quad (4)$$

Model 1'de, $\ln EA_{it}$ terimi, t yılında i . ülkedeki ekolojik ayak izi endeksini ifade eder. $\beta'_{\theta K}$; ise sürdürülebilirliğin ekonomik göstergesi ile ilişkilendirilen her bir kantile denk gelen tahmin edilmiş parametre vektörünü temsil eder. $X_{K,i,t}$; ise sürdürülebilirliğin ekonomik göstergesi ile ilişkilendirilecek olan logaritması alınmış bağımsız değişkenlerdir. Son olarak, $z_{\theta i,t}$; hata terimi vektörünü ifade eder.

Panel kantil regresyon modeli, tahminlerin temel varsayımlarının karşılanmadığı durumlarda, en küçük kareler modeline kıyasla daha doğru ve etkili sonuçlar sağlamaktadır. Bu nedenle, araştırmada farklı kantil düzeylerinde tahminler yapmak için Panel Kantil Regresyon Modeli kullanılmıştır. Çalışmada kullanılacak bağımsız ve bağımlı değişkenler ise tablo 1'de ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 1. Çalışmada Yer Alan Değişkenler

Değişken	Kısaltma
Ekolojik Ayak İzi	Lneco_ayak_izi
GSYİH	LnGDP
Kişi Başı GSYİH	Lnkb_GDP

Karbon Salınımı	LnCo2
Elektrik Tüketimi	lnelek_tüket
Elektrik Üretimi (Petrol-Gaz-Kömür)	lnelek_uret_oil
Doğrudan Yabancı Yatırımlar	lndog_yab_yat

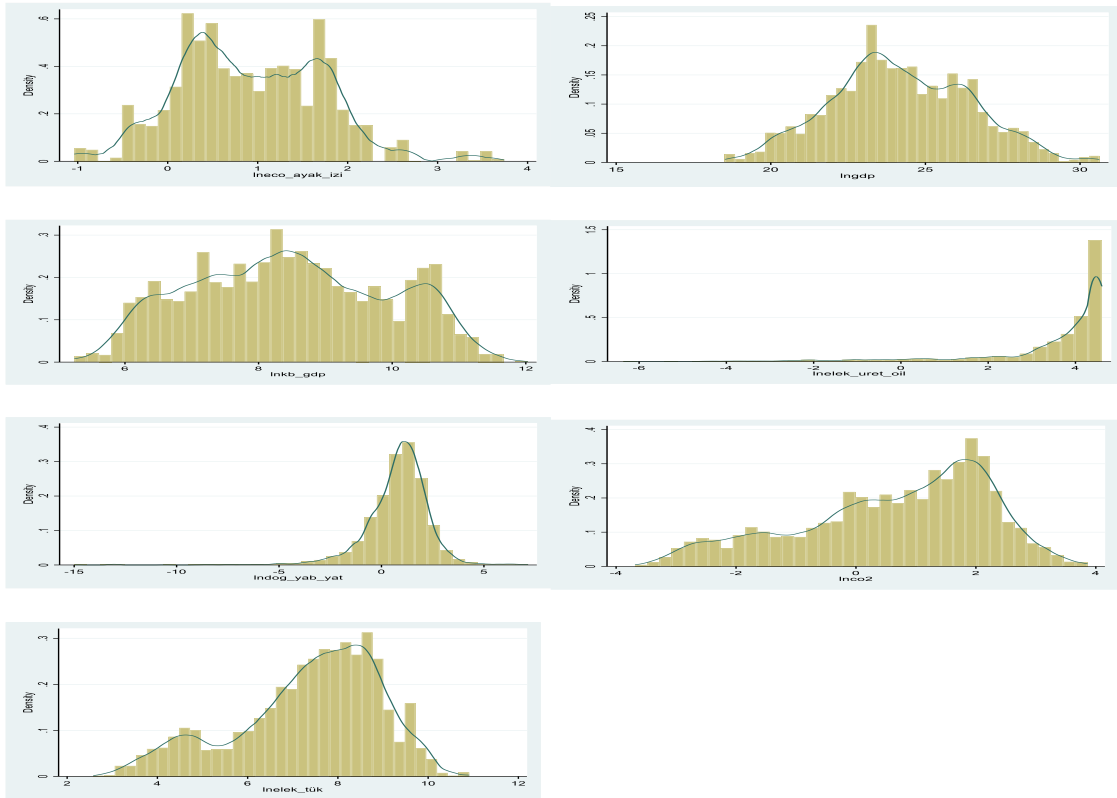
3.2. Panel Kantil Regresyon Sonuçları

Aşırı değerlerin ve normal olmayan hata terimlerinin varlığında, en küçük kareler tahmincileri önyargılı ve tutarsız hale gelebilir. Bu tür durumlarda, kantil regresyon tahmincileri daha sağlam ve güvenilir sonuçlar sağlayabilmektedir. Kantil regresyon, farklı dağılım varsayımları altında tutarlı tahminler üretebilme özelliği nedeniyle tercih edilmektedir. Gerçek verilerin dağılım özelliklerini değerlendirmek amacıyla tanımlayıcı istatistikler ve kernel yoğunluk fonksiyonları gibi yöntemler kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler, veri setinin ortalama, medyan ve standart sapma gibi temel özelliklerini özetlerken, kernel yoğunluk fonksiyonları verilerin dağılımını görsel olarak göstermektedir. Bu yöntemler, verilerin normal dağılımdan sapma gösterip göstermediğini belirlemek için kullanılmıştır. Çalışmada analiz edilen tüm değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler tablo 2’de detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 2. Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişkenler	Mean	Max	Min	Variance	Çarpıklık	Basıklık
lneco ayak izi	0,919	3,741	-1,039	0,648	0,257	2,964
lngdp	24,195	30,623	18,516	5,029	0,11	2,652
lnkb gdp	8,467	12,031	5,243	2,085	0,062	2,066
lnco2	0,629	3,864	-3,684	2,498	-0,584	2,507
lnelek tüketimi	7,35	10,911	2,579	2,531	-0,649	2,78
lnelek uret oil	3,565	4,605	-6,357	2,607	-2,571	10,132
lndog yab yat	0,801	7,157	-14,97	2,498	-1,836	15,485

Tablo 2’deki verilere göre, birçok değişkenin çarpıklık ve basıklık değerleri normal dağılım varsayımını karşılamamaktadır. Ayrıca, değişkenlere ait histogramlar ve kernel yoğunluk fonksiyonları incelendiğinde, değişkenlerin normal dağılıma uymadığı açıkça görülmektedir. Bu durum, analiz sürecinde en küçük kareler tahmin yönteminin yanı sıra, aşırı uç değerlere daha az duyarlı olan panel kantil regresyon analizinin de kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Her iki yöntemin bir arada kullanılması, daha güvenilir ve tutarlı tahminler elde etmek için daha uygun bir yaklaşım sunmaktadır. Bu nedenle, çalışmanın analizinde hem en küçük kareler tahmin yöntemi hem de panel kantil regresyon analizi birlikte kullanılarak elde edilen sonuçların daha sağlam bir temele dayandırılması hedeflenmiştir.



Şekil 1. Değişkenlerin Histogram ve Kernel Yoğunluk Fonksiyonları

Tablo 3. Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre İlişkinin Gelişmiş Ülkelerde Ekolojik Ayak İzi Üzerinden İncelenmesi

Değişkenler	Bağımlı Değişken: <i>LNEAI</i>									
	EKK	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
LNNGDP	-0,163	-0,190	-0,216	-0,240	-0,214	-0,208	-0,160	-0,129	-0,114	-0,118
	0,022	0,040	0,000	0,006-	0,001-	0,000	0,000-	0,000	0,000	1,39
	-7,31	-4,67	-1,0	36,94	114,32	1,09	1684,24	-076,27	-2623,02	-8,6
LNKB_GDP	0,000***	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,408	-0,013	0,217	0,068	0,196	0,300	0,610	0,480	0,575	0,426
	0,126	0,235	0,002	0,030	0,004	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
LNCO2	3,23	-0,06	94,99	2,24	47,63	3831,71	722,09	678,05	335,53	22,17
	0,002***	0,954	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	-0,106	-0,120	-0,279	-0,440	-0,319	-0,072	0,259	0,191	0,263	0,203
LNELEK_TÜK	0,130	0,089	0,001	0,046	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	-0,82	-1,34	243,4	-9,42	-81,42	3378,80	624,30	239,4	844,16	57,37
	0,418	0,181	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
LNELEK_URET	0,459	0,476	0,585	0,804	0,651	0,324	-0,135	-0,031	-0,141	-0,058
	0,138	0,180	0,001	0,065	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	3,31	2,64	569,03	12,31	224,41	1,1 0,000	-519,93	-51,76	-215,98	17,46
LNELEK_URET_OIL	0,002***	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	-0,156	0,081	0,164	0,148	0,174	0,110	0,017	0,004	-0,032	-0,008
	0,042	0,055	0,000	0,008	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
LNDOG_YAB_YAT	3,65	1,47	1085,76	16,91	64,05	4191,61	254,59	26,73	-541,36	-124,43
	0,001***	0,141	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	-0,000	-0,018	-0,005	-0,007	-0,003	-0,002	0,000	0,000	0,001	0,001
LNDOG_YAB_YAT	0,009	0,008	0,000	0,001	0,000	3,64	0,000	0,000	0,000	0,000
	-0,07	-2,15	-406,24	4,18	-14,52	-738,9	4,26	7,50	59,13	177,61
	0,948	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Not: Her bir hücredeki ilk satır tahmin edilen katsayıları, ikinci satır standart hataları, üçüncü satır EKK için t tablo ve PKREG için z tablo değerlerini ve son satır ilgili katsayıların olasılık değerlerini göstermektedir. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10. Eş doğrusalılık nedeniyle bazı değişkenler çıkarılmıştır.

GSYH analiz sonuçları, her gelir düzeyinde GSYH ile ekolojik ayak izi arasında negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, ekonomik büyümenin artmasıyla ekolojik ayak izinin azaldığını, yani çevresel etkinin olumlu yönde etkilendiğini göstermektedir. Özellikle gelişmiş ülkeler için bu durum, ekonomik büyümenin çevresel sürdürülebilirlikle dengelenmesi gerekliliğini vurgulamaktadır. Ayrıca, ekolojik ayak izinin düşük ve orta düzeyde olduğu ülkelerde (0,10 ve 0,60 kantil düzeyleri), ekonomik büyümede meydana gelen yüzde birlik bir artışın, ekolojik ayak izinin yüksek olduğu (0,70 ve 0,90 kantil düzeyleri) ülkelere kıyasla çok daha fazla negatif etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular, düşük ve orta düzey kantillerde yer alan ülkelerde ekonomik büyümenin çevresel etkilerinin daha belirgin olduğunu göstermektedir. Kişi başına GSYH ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki ise 0,20 ile 0,90 arasındaki tüm kantil düzeylerinde pozitifdir. Bu durum, kişi başına gelir arttıkça ekolojik ayak izinin de arttığını, dolayısıyla artan gelir seviyesinin daha fazla tüketim ve üretime yol açarak çevresel etkileri artırdığını göstermektedir. 0,60 kantil düzeyinde en yüksek pozitif katsayı tespit edilmiştir, bu da orta-yüksek gelir grubundaki ülkelerde kişi başına gelirdeki artışın ekolojik ayak izi üzerindeki etkisinin en yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Düşük ve yüksek gelir gruplarında ise katsayıların daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum, düşük gelirli ülkelerin temel ihtiyaçlarını karşılamak için daha fazla kaynak kullanma eğiliminde olmasından, yüksek gelirli ülkelerin ise çevre dostu teknolojilere ve daha sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarına sahip olmasından kaynaklanabilir.

Düşük ve orta gelir düzeyindeki ülkelerde, (özellikle 0,10 ile 0,50 kantil aralığında) karbon salınımındaki azalmanın ekolojik ayak izini düşürme eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, 0,70 ile 0,90 kantil aralığında pozitif katsayılar elde edilmiştir; bu durum, bu aralıktaki gelişmiş ülkelerin genellikle yüksek ekolojik ayak izine sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, karbon salınımındaki artışın ekolojik ayak izini artırma eğiliminde olduğunu doğrulamaktadır. Elektrik tüketimi ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki, ülkelerin ekolojik ayak izi seviyelerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Düşük ekolojik ayak izine sahip gelişmiş ülkelerde (0,10-0,30 kantiller): Elektrik tüketimindeki artış, daha fazla üretim ve tüketime yol açarak ekolojik ayak izini olumsuz etkilemektedir. Bu ülkelerde enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş gibi politikalar, ekolojik ayak izini azaltmak için önem taşımaktadır. Orta düzeyde ekolojik ayak izine sahip gelişmiş ülkelerde (0,40-0,60 kantiller): Elektrik tüketimi ile ekolojik ayak izi arasında daha güçlü bir pozitif ilişki gözlemlenmiştir. Artan elektrik tüketimi, bir yandan ekonomik kalkınmayı ve refahı desteklerken, diğer yandan çevresel kirlilik ve kaynak tüketimini artırmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için enerji kaynaklarının verimli kullanımı ve çevresel etkilerin minimize edilmesi bu ülkeler için kritik önem taşımaktadır. Yüksek ekolojik ayak izine sahip gelişmiş ülkelerde (0,70-0,90 kantiller): Elektrik tüketimindeki azalmanın ekolojik ayak izi üzerinde olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Bu ülkelerde yüksek enerji tüketimi, halihazırda önemli bir çevresel yük oluşturmaktadır. Dolayısıyla, enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş gibi politikalar, ekolojik ayak izini düşürmek için temel stratejiler olarak öne çıkmaktadır.

Daha düşük ekolojik ayak izine sahip gelişmiş ülkelerde (0,10-0,30 kantiller), fosil yakıtlardan elektrik üretimi ile ekolojik ayak izi arasında hafif bir pozitif ilişki gözlemlenmiştir. Özellikle 0,10 kantilindeki katsayı (0,081) oldukça düşük olup, bu seviyedeki ülkelerde elektrik üretiminin artışının ekolojik ayak izini çok sınırlı bir şekilde artırdığını göstermektedir. Buna karşılık, yüksek ekolojik ayak izine sahip gelişmiş ülkelerde (0,70-0,90 kantiller), fosil yakıtlardan elektrik üretimi ile ekolojik ayak izi arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Bu bulgu, daha fazla elektrik üretiminin, bu ülkelerde zaten yüksek olan ekolojik ayak izini daha da kötüleştirdiğini ortaya koymaktadır. Düşük ekolojik ayak izine sahip gelişmiş ülkelerde (0,10-0,30 kantiller), doğrudan yabancı yatırım ile ekolojik ayak izi arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Bu durum, bu ülkelerde doğrudan yabancı yatırımların ekolojik ayak izini azalttığını göstermektedir. Orta düzeyde ekolojik ayak izine sahip gelişmiş ülkelerde (0,40-0,60 kantiller), doğrudan yabancı yatırım ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki nispeten zayıf olmakla birlikte negatif yönlüdür. Bu bulgu, orta düzeydeki ülkelerde doğrudan yabancı yatırımların ekolojik ayak izini azaltma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Buna karşın, yüksek ekolojik ayak izine sahip gelişmiş ülkelerde (0,70-0,90 kantiller), doğrudan yabancı yatırım ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişki hafif pozitif yönlüdür. Bu, bu ülkelerde doğrudan yabancı yatırımların ekolojik ayak izini bir miktar artırabileceğini ifade etmektedir.

Tablo 4. Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre İlişkinin Gelişmekte Olan Ülkelerde Ekolojik Ayak İzi Üzerinden İncelenmesi

Değişkenler	EKK	Bağımlı Değişken: <i>LNEAI</i>								
		Kantiller								
		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
LNKGDP	-0,14	-0,080	-0,067	-0,105	-0,129	-0,138	-0,144	-0,153	-0,167	853495,9
	0,021	6,33e-0	1,56e-0	0,098	9,26e-0	0,000	6,01e	4,07e0	0,000	1067090
	-6,42	-1,3e+0	-4,3e+0	-1,07	-1,4e+4	-5162,3	-2,4e+	-3,8e+0	-1,2e+0	0,80
LNKB_GDP	0,000	0,000	0,000	0,284	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,424
	0,403	0,322	0,290	-0,646	0,367	0,460	0,532	0,499	0,392	-1686809
	0,070	6,24	9,37e-0	2,63	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	2112099
LNCO2	5,75	5,2	3,1e+0	-0,25	1,1e+04	369,75	7246,94	3,9e+0	2079,18	-0,80
	0,000	0,000	0,000	0,806	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,424
	-0,18	0,052	0,094	0,402	0,247	0,228	0,203	0,274	0,039	9903158
LNELEK_TÜ	0,119	0,000	0,000	0,489	0,000	0,002	0,000	0,00	0,000	1,24e+0
	-1,54	-2669,6	-3492,8	-0,82	-1502,3	-94,97	-1621,7	-4268,8	118,03	-0,8
	0,128	0,000	0,000	0,411	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,424
LNELEK_UR	0,086	0,019	0,069	1,625	0,111	0,0199	0,050	0,096	0,100	8443765
	0,147	9,33	0,000	4,194	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	1,06e+07
	0,59	2101,7	2404,55	0,39	1406,01	7,48	371,52	512,3	214,28	0,80
ET_OIL	0,560	0,000	0,000	0,698	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,424
	-0,09	-0,106	-0,084	1,421	0,006	-0,031	-0,047	-0,019	-0,036	2684309
	0,052	0,000	3,00e-0	3,844	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3361096
LNDOG_YAB	-1,72	-1,0e+0	-2,8e+0	0,37	109,44	-48,40	-2500,4	-1011,6	-770,17	0,80
	0,091	0,000	0,000	0,712	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,424
	0,032	-0,008	-0,004	0,193	0,031	0,018	0,025	0,046	0,049	990767,5
_YAT	0,019	3,16e-1	3,34e-0	0,473	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1240591
	1,69	-2,8e+1	-1,3e+0	0,41	805,6	1574,84	1118,07	4422,49	1979,14	0,80
	0,097	0,000	0,000	0,683	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,425

Not: Her bir hücredeki ilk satır tahmin edilen katsayıları, ikinci satır standart hataları, üçüncü satır EKK için t tablo ve PKREG için z tablo değerlerini ve son satır ilgili katsayıların olasılık değerlerini göstermektedir. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10. Eş doğrusallık nedeniyle bazı değişkenler çıkarılmıştır.

Sonuçlar, Ekolojik Ayak İzinin (EAİ) gelir düzeyi kantilleriyle negatif bir ilişki içerisinde olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer bir deyişle, Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) arttıkça, EAİ azalmaktadır. 0,10-0,30 kantil aralığındaki ülkelerde EAİ düşüktür, bu da bu ülkelerin çevresel ayak izlerinin nispeten sürdürülebilir olduğu anlamına gelmektedir. Bu durum, ekonomik büyüme ile çevresel performans arasında bir dengenin sağlandığına işaret edebilir ve özellikle gelişmekte olan ülkeler için önemli bir bulgu sunmaktadır. Öte yandan, 0,70-0,90 kantil aralığındaki ülkelerde EAİ yüksektir; bu, çevresel ayak izlerinin büyüdüğünü ve sürdürülebilirliğin daha zor hale geldiğini göstermektedir. Bu bulgu, bu ülkelerde ekonomik büyümenin genellikle çevresel maliyetler göz ardı edilerek veya çevresel koruma önlemlerine yeterince yatırım yapılmadan gerçekleşmiş olabileceğini düşündürmektedir. Gelir düzeyindeki artış genellikle kişi başına GSYİH'deki artış ile ilişkilendirilmekte ve bu da ekonomik büyüme ile çevresel etkiler arasında doğrudan bir bağ kurmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde düşük EAİ, genellikle daha az kaynak tüketen ve çevreye minimal etkisi olan ekonomik faaliyetlerin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Ancak, orta ve yüksek gelir düzeylerindeki ülkelerde yüksek EAİ, yoğun kaynak tüketen ve çevreye daha fazla zarar veren ekonomik faaliyetlerin varlığına işaret etmektedir. Bu bulgular, gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilir kalkınma stratejilerinde çevresel faktörleri daha fazla göz önünde bulundurmaları gerektiğini vurgulamaktadır. Karbon salınımı analizi, düşük gelir düzeyindeki ülkelerde artan karbon salınımının

genellikle EAI'ni artırdığını göstermektedir. Bu durum, çevresel performansın gelir düzeyine bağlı olarak değiştiğini ve çevresel sürdürülebilirliğin teşvik edilmesinde gelir eşitsizliğinin dikkate alınması gerektiğini öne sürmektedir. Ancak, 0,30 kantil düzeyindeki etkinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu tespit edilmiştir. 0,40 ile 0,60 kantil aralığında, orta seviyedeki EAI'ne sahip ülkelerde karbon salınımindaki artış, EAI'nin de artmasına yol açmaktadır. Benzer şekilde, 0,70 ile 0,90 kantil aralığındaki yüksek EAI'ne sahip gelişmekte olan ülkelerde de karbon salınımindaki artışın EAI üzerinde olumlu bir etkisi olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, 0,90 kantilindeki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Genel olarak, karbon salınımindaki artışın, çoğu durumda, gelişmekte olan ülkelerin EAI değerlerini yükseltme eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Elektrik tüketiminin EAI üzerindeki etkisi, ülkelerin EAI seviyelerine göre farklılık göstermektedir. En düşük ve en yüksek kantiller (0,10, 0,20 ve 0,90) dışındaki kantillerde (0,30, 0,40, 0,50, 0,60, 0,70, 0,80), elektrik tüketiminin EAI üzerinde pozitif bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Bu ülkelerde artan elektrik tüketimi, daha fazla üretim ve tüketime yol açarak EAI'ni artırmaktadır. Öte yandan, 0,10 ve 0,20 kantillerindeki düşük EAI'ne sahip ülkelerde elektrik tüketimindeki artışın EAI üzerindeki etkisi oldukça sınırlıdır. Bu durum, düşük EAI'ne sahip ülkelerin enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımını gibi sürdürülebilir kalkınma çabalarına daha fazla önem verdiğini düşündürmektedir. Bu bulgular, farklı ülkelerin EAI'ni azaltmak için farklı politikalar uygulaması gerektiğini göstermektedir. Düşük EAI'ne sahip ülkeler, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji yatırımlarına devam etmelidir. Orta ve yüksek EAI'ne sahip ülkeler ise elektrik tüketimini azaltmaya ve daha sürdürülebilir üretim ve tüketim modelleri geliştirmeye odaklanmalıdır.

Orta düzeyde Ekolojik Ayak İzine sahip ülkelerde, yani 0,40 ile 0,60 kantillerinde, elektrik tüketiminin Ekolojik Ayak İzi üzerindeki etkisi daha belirgin şekilde gözlemlenmiştir. Bu durum, bu ülkelerin elektrik tüketimlerini daha sürdürülebilir hale getirme çabalarını artırmaları gerektiğine işaret edebilir. Buna karşılık, yüksek Ekolojik Ayak İzine sahip ülkelerde, yani 0,70 ve 0,80 kantillerinde, elektrik tüketiminin Ekolojik Ayak İzi üzerindeki etkisinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, bu ülkelerin elektrik tüketimini artırmalarına rağmen Ekolojik Ayak İzini artırmadığını göstermektedir. Ancak, yüksek Ekolojik Ayak İzini düşürebilmek için bu ülkelerin ek sürdürülebilir kalkınma stratejilerini politika olarak benimsmeleri gerektiği açıktır. Fosil yakıtların kullanımının Ekolojik Ayak İzi üzerindeki genel etkisinin olumsuz olduğu bilinmekle birlikte, bu analiz farklı kantillerde farklı etkiler ortaya koymaktadır. 0,90 kantil hariç, istatistiksel olarak anlamlı olan tüm kantillerde, fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan elektrik üretiminin artışının genellikle Ekolojik Ayak İzini azalttığı görülmüştür. Bu sonuçlar, gelişmekte olan ülkelerin fosil yakıtların yerine daha sürdürülebilir enerji kaynaklarına geçiş yapma veya enerji verimliliğini artırma yönündeki çabalarını yansıtmaktadır. Ayrıca, bu ülkelerin enerji tüketimindeki artışa rağmen Ekolojik Ayak İzlerini azaltmayı başardıkları sonucuna varılabilir. Bu durum, belirli ülkelerin enerji kullanımını daha verimli hale getirme ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş gibi çeşitli sürdürülebilirlik önlemlerini benimsemelerinin bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Artan enerji talebine rağmen, bu ülkelerin çevresel etkilerini azaltma yönündeki çabaları, daha temiz ve sürdürülebilir bir enerji geleceği için önemli bir adım olarak görülmektedir. Bu bulgular, söz konusu ülkelerin çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma konusundaki kararlılıklarını ve çabalarını açıkça yansıtmaktadır.

Panel kantil regresyon sonuçları, genel olarak doğrudan yabancı yatırımlar (DYY) ile ekolojik ayak izi (EAI) arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ancak, bazı kantillerde bu ilişkinin negatif yönde değiştiği tespit edilmiştir. Özellikle, EAI seviyesinin düşük olduğu kantillerde (0,10 ve 0,20), DYY'nin EAI üzerinde negatif bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu durum, gelişmekte olan ülkelerde DYY'nin çevresel uygulamaların iyileştirilmesi ve daha sürdürülebilir teknolojilerin benimsenmesi için bir kaynak sağladığını düşündürülebilir. Buna karşılık, 0,40, 0,50, 0,60, 0,70 ve 0,80 kantil düzeylerinde, DYY ile EAI arasında pozitif bir ilişki gözlemlenmiştir. Bu bulgu, bu kantillerdeki ülkelerde DYY'nin ekonomik aktiviteyi artırarak daha yüksek bir EAI ile sonuçlandığını ifade edebilir. Dolayısıyla, DYY'nin çevresel etkileri, ülkenin gelişmişlik düzeyi ve EAI seviyesine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Tablo 5. Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevresel İlişkinin Az Gelişmiş Ülkelerde Ekolojik Ayak İzi Üzerinden İncelenmesi

Değişkenler	EKK	Bağımlı Değişken: <i>LNEAI</i> Kantiller								
		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
LNNGDP	-0,671	-0,680	-0,738	-0,838	-0,708	-0,703	-0,709	-0,759	-0,635	-1839,4
	0,080	1,19	0,006	0,024	0,006	0,002	2,79	0,029	0,001	7288,1
	-8,33	-5,7	-115,5	-33,96	-104,9	-241,2	-8,3	-25,79	-624,0	-0,25
LNKB_GDP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,801
	0,072	-0,353	-0,152	-0,518	-0,104	-0,034	0,045	-0,358	-0,030	1769,53
	0,166	8,00e	,01347	0,026	0,0168	0,015	2,79	0,072	0,002	7322,71
LNCO2	0,44	-4,4e+1	-11,29	-19,88	-6,19	-2,27	-8,3e+1	-4,97	-13,15	0,24
	0,665	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,000	0,000	0,000	0,809
	0,309	0,383	0,221	0,355	0,347	0,359	0,413	0,444	0,324	2012,3
	0,116	1,05e-	0,006	0,033	0,008	0,009	5,58e-7	0,048	0,001	8196,8

	2,67	3,6e1	31,77	10,76	40,99	38,57	7,4e+	9,11	177,97	0,25
	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,806
LNDG_YAB	-0,001	0,008	0,021	0,129	0,033	0,029	0,002	0,094	0,017	185,97
_YAT	0,0441	5,73e	0,002	0,005	0,001	0,004	0,001	0,034	0,000	701,46
	0,03	-1,4e+	7,60	22,90	19,39	6,71	-0,94	2,75	51,32	0,27
	0,974	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,791

Not: Her bir hücredeki ilk satır tahmin edilen katsayıları, ikinci satır standart hataları, üçüncü satır EKK için t tablo ve PKREG için z tablo değerlerini ve son satır ilgili katsayıların olasılık değerlerini göstermektedir. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10. Eş doğrusallık nedeniyle bazı değişkenler çıkarılmıştır.

Genel olarak, Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (LNGDP) ile Ekolojik Ayak İzi (EAİ) değişkenlerinin birbirini negatif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Bu bulgu, LNGDP'nin artışıyla birlikte EAİ'nin genellikle azaldığını göstermektedir. Bu durum, ekonomik büyümenin çevresel etkisinin bir göstergesi olabilir; zira daha yüksek LNGDP, genellikle daha verimli üretim yöntemlerinin ve sürdürülebilir teknolojilerin benimsenmesine olanak tanımaktadır. Ancak, bu ilişki tüm kantillerde tutarlı bir şekilde gözlemlenmemekte ve özellikle yüksek EAİ değerlerine sahip ülkelerde (0,70-0,90 kantil aralığı) daha belirgin hale gelmektedir. Kişi başına düşen Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GDP) ile EAİ arasında genellikle negatif bir ilişki olduğu görülmektedir. Bu bulgu, kişi başına düşen ekonomik refahın artmasıyla birlikte çevreye olan etkinin azalabileceğini işaret etmektedir. Bununla birlikte, CO₂ emisyonları ile Ekolojik Ayak İzi (EAİ) arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. CO₂ emisyonlarının artışı, genel olarak EAİ'nin de artmasına neden olmaktadır. Bu sonuç, karbon salınımının çevresel etkileri göz önüne alındığında beklenen bir bulgudur. Yüksek CO₂ emisyonlarına sahip ülkelerin genellikle daha yüksek EAİ değerlerine sahip olduğu da gözlemlenmiştir. Yabancı sermaye girişi ile EAİ arasındaki ilişki ise çoğunlukla pozitif veya sifıra yakın değerler göstermektedir. Yabancı sermaye girişinin artışı, genellikle EAİ'nin de artmasına yol açmaktadır. Bu bulgu, yabancı sermayenin yoğun kaynak tüketimi gerektiren sektörlerle yatırım yapma eğilimi göz önüne alındığında beklenen bir sonuç olarak değerlendirilebilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sürdürülebilir kalkınma anlayışı, insanlığın kaynakların sınırsız olduğu yanılgısının sorgulanmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu farkındalık, tarihin derinliklerine uzanmasına rağmen, sürdürülebilir kalkınma kavramı ilk olarak 1987'de "Ortak Geleceğimiz-Brundtland Raporu"nda tanımlanmıştır. Bu kavram, insanlığın yaşadığı ve doğanın sunduğu kaynaklarla uyumlu bir denge içinde olması gerektiğini vurgular. Kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılması, tüketimin kontrollü bir şekilde gerçekleşmesi ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarının şimdiden göz önünde bulundurulması esastır. Sürdürülebilir kalkınma, mevcut ve gelecek nesillerin refahını artırmayı hedeflerken, bu süreçte ekonomiye, çevreye ve toplumsal yapıya saygı göstermeyi de amaçlar.

Ekonomik, çevresel ve sosyal boyutları ayrı ayrı dikkate alarak politika ve stratejiler geliştirmek, her ülkenin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınmanın boyutlarının hangi Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA'lar) üzerinde etkili olduğunu belirlemek önemlidir. Ayrıca, ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarla ilgili belirlenen endeksler aracılığıyla SKA'lara ulaşmak için nasıl bir strateji izleneceği üzerine düşünülmelidir. Bu, her bir boyutun özel gereksinimlerini ve etkilerini değerlendirerek, sürdürülebilir kalkınmanın tüm yönlerini kapsayacak kapsamlı bir yaklaşımı gerektirir.

Çalışmada elde edilen bulgular, çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik gelişmişlik arasındaki ilişkinin ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre heterojenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, literatürde yer alan birçok çalışmanın sonuçları ile uyumludur ve bazı farklılıkları da içinde barındırmaktadır. Çalışma, ekonomik büyümenin düşük gelirli ülkelerde çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağladığını, ancak yüksek gelirli ülkelerde bu ilişkinin karmaşık olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi ile paralellik göstermektedir. EKC hipotezi, ekonomik büyümenin başlangıç aşamalarında çevresel bozulmayı artırdığı, ancak belirli bir gelir seviyesinin ardından çevresel kaliteyi iyileştirdiğini savunmaktadır (Grossman & Krueger, 1995, ss. 353-373). Ancak çalışmamız, bu hipotezi yalnızca düşük ve orta gelirli ülkelerde doğrularken, yüksek gelirli ülkelerdeki bulgular karmaşık ve farklı yönlerde etki göstermektedir. Yenilenebilir enerji kullanımının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki olumlu etkisi, literatürde geniş bir şekilde belgelenmiştir (Bilgili vd., 2023; Koseoglu vd., 2022). Bu çalışmada, düşük ve orta gelirli ülkelerde yenilenebilir enerji kullanımının çevresel bozulmayı azaltmada daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Ancak yüksek gelirli ülkelerde bu etkinin daha sınırlı olduğu görülmüştür. Bu farklılık, gelişmiş ülkelerin halihazırda yüksek düzeyde yenilenebilir enerji teknolojisine sahip olmasından kaynaklanabilir. Çalışmamız, karbon salınımının düşük gelirli ülkelerde çevresel bozulmayı artırdığı, ancak orta ve yüksek gelirli ülkelerde bu etkinin farklılık gösterdiğini bulmuştur. Bu bulgular, Nathaniel & Adeleye (2021) ve Campagnolo vd. (2018) gibi çalışmaların bulgularıyla uyumludur. Ancak, literatürde bazı çalışmalar karbon salınımı ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi pozitif yönde tanımlarken, çalışmamız bu ilişkinin gelir düzeyine göre farklılık gösterdiğini vurgulamaktadır. Doğrudan yabancı yatırımların çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi literatürde tartışmalı bir konudur. Alvarado vd. (2022) ve Kazemzadeh vd. (2023) gibi çalışmalar, DYY'nin çevresel bozulmaya yol açabileceğini belirtirken, çalışmamız düşük gelirli

ülkelerde DYY'nin çevresel bozulmayı azalttığını, ancak yüksek gelirli ülkelerde bu etkinin daha karmaşık olduğunu bulmuştur. Bu, yatırım türleri ve sektörlerin çevresel etkilerinin farklılık göstermesinden kaynaklanabilir. Çalışmamızda kullanılan ekolojik ayak izi göstergesi, çevresel sürdürülebilirlik performansını ölçmek için etkili bir araçtır ve literatürde sıkça kullanılmaktadır (Wackernagel & Rees, 1996; Koseoglu vd., 2022). Ancak, literatürde bazı çalışmalar ekolojik ayak izinin yalnızca bir boyutunu ele alırken, çalışmamız bu göstergenin tüm bileşenlerini kapsamış ve geniş bir perspektif sunmuştur.

Araştırmada, veri setini analiz etmek için aşırı uç değerlere karşı daha hassas sonuçlar elde etmemizi sağlayan panel kantil regresyon tahmin yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, bağımlı değişkenin farklı kantil düzeylerindeki ülkelerin çeşitli gelişmişlik seviyelerine göre bağımsız değişkenlerin etkilerini daha hassas bir şekilde belirlemeyi amaçlamaktadır. Sürdürülebilir kalkınma ile çevre arasındaki hassas ilişkinin incelenmesi için az gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler açısından farklılıkları ekolojik ayak izi üzerinden araştırmak için bu yöntem benimsenmiştir. Bu şekilde, çevresel sürdürülebilirlik ile ülkelerin gelişmişlik düzeyleri arasındaki ilişki daha derinlemesine incelenmiş ve bu ilişkinin farklı kantil seviyelerinde nasıl değiştiği daha net bir şekilde anlaşılmıştır.

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için ekolojik ayak izi gibi göstergeler, ülkelerin doğal kaynak kullanımını ve çevresel performansını değerlendirmede kritik bir rol oynamaktadır. Gelişmiş ülkeler, bu göstergelere dayalı olarak aşağıdaki politikaları benimseyebilirler:

- **Eğitim ve Kampanyalar:** Ekolojik ayak izinin tanımı, hesaplanma yöntemleri ve azaltma stratejileri hakkında eğitim programları ve kampanyalar düzenlenmelidir. Bu, bireylerin, toplulukların ve işletmelerin ekolojik ayak izlerini azaltma konusunda bilinçlenmesini sağlar.
- **Yasal Düzenlemeler:** Endüstrilerin ve bireylerin ekolojik ayak izini sınırlamak için yasal düzenlemeler yapılabilir. Bu düzenlemeler, çevresel etkiyi azaltmayı teşvik eder ve doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanımını destekler.
- **Teknoloji ve İnovasyon:** Daha az kaynak kullanarak daha fazla ürün elde etmeyi teşvik eden teknolojik çözümler ve inovasyonlar benimsenmeli ve teşvik edilmelidir. Bu, çevreye duyarlı üretim süreçlerinin ve yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesini sağlar.
- **Sürdürülebilir Tüketim:** Tüketiciler sürdürülebilir ürün ve kaynaklar konusunda farkındalık kazandırılmalı ve bu ürünleri tercih etmeleri için yönlendirilmelidir. Bu, tüketicilerin çevreye duyarlı alışkanlıklar geliştirmesine ve sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarının yaygınlaşmasına katkı sağlar.

Gelişmekte olan ülkeler, ekolojik ayak izini ilgilendiren faktörlere dikkat ederek sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmak için aşağıdaki politika ve stratejileri benimseyebilirler:

- **Sürdürülebilir Tarım:** Tarım uygulamaları sürdürülebilir tarım teknikleriyle geliştirilmeli ve bu, toprak erozyonunu ve su kirliliğini azaltarak doğal kaynakların korunmasına katkı sağlar. Bu kapsamda, organik tarım, çeşitlendirilmiş ekim alanları ve verimli su kullanımı gibi yöntemler önemlidir.
- **Yenilenebilir Enerji:** Fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımlar artırılmalıdır. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik ve biyokütle gibi temiz enerji kaynakları, çevresel etkileri azaltarak enerji ihtiyacını karşılamak için önemlidir.
- **Ormanların Korunması:** Ormanların korunması, biyoçeşitliliğin ve ekosistem hizmetlerinin devamlılığını sağlar. Bu nedenle, ağaçlandırma projeleri teşvik edilmeli ve ormansızlaşma ile mücadele edilmelidir. Ormanların yıkımının önlenmesi, iklim değişikliğiyle mücadelede de kritik bir rol oynar.
- **Etkili Atık Yönetimi:** Atık azaltma stratejileri, geri dönüşüm, kompostlama ve atık tesislerinin etkin kullanımı gibi yöntemlerle atık yönetimine odaklanmalıdır. Bu sayede atık miktarı azaltılarak çevresel etkiler en aza indirgenir ve doğal kaynakların korunması desteklenir.

Az gelişmiş ülkeler, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için ekolojik ayak izi gibi göstergeleri kullanarak stratejiler belirleyebilirler. Bu göstergeler, bir ülkenin çevresel sürdürülebilirlik performansını ve doğal kaynak kullanımını değerlendirmede kritik bir rol oynar. Bu ülkeler, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için aşağıdaki politika ve stratejileri benimseyebilirler:

- **Doğal Kaynakların Verimli Kullanımı:** Ekolojik ayak izi analizi sonuçlarına dayanarak, doğal kaynakların etkili ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını teşvik eden politikalar geliştirilmelidir.
- **Yeşil Teknolojiye Yatırım:** Yenilenebilir enerji ve çevreci teknolojilere yatırım yaparak, karbon ayak izini azaltan ve çevresel etkileri minimize eden inovasyonlar teşvik edilmelidir.
- **Çevresel Koruma ve Restorasyon:** Biyolojik çeşitliliği korumak ve habitatları restore etmek için ormanların, sulak alanların ve diğer ekosistemlerin korunması ve yeniden yapılandırılması için politikalar geliştirilmelidir.
- **Atık Azaltma ve Geri Dönüşüm:** Atık yönetimi stratejileri aracılığıyla atık miktarının azaltılması ve geri dönüşümün teşvik edilmesi, doğal kaynakların korunmasına katkı sağlar.

Panel kantil regresyon analizinin sonuçları, farklı gelir düzeyleri arasında ekonomik kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkide önemli bir heterojenlik olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, çalışma düşük gelirli ülkelerde GSYİH ile ekolojik ayak izi arasında negatif bir ilişki bulmakta ve bu ülkelerdeki ekonomik büyümenin çevresel bozulmada bir azalma ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Ancak yüksek gelirli ülkelerde bu ilişki daha karmaşıktır; ekonomik büyüme, niceliğe bağlı olarak bazen çevresel bozulmayı daha da kötüleştirmektedir. Bulgular ayrıca, düşük gelirli ülkelerde, daha yüksek ekolojik ayak izlerinin de gösterdiği gibi, daha yüksek çevresel bozulma seviyeleri nedeniyle çevresel sürdürülebilirliğin daha zor olduğunu vurgulamaktadır. Çalışma, ekonomik kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin büyük ölçüde ülkenin kalkınma düzeyine bağlı olduğu sonucuna varmaktadır. Farklı kalkınma aşamalarındaki ülkelerin karşılaştığı özel çevresel zorlukları dikkate alan özel politikaların önemini altını çizmektedir. Sonuçlar, ekonomik büyümenin bazı bağlamlarda çevresel sonuçların iyileşmesine yol açabilirken, diğerlerinde, özellikle de daha gelişmiş ülkelerde çevresel koşulları daha da kötüleştirebileceğini göstermektedir. Bu nedenle çalışma, özellikle SKA'ların etkinliğinin sınırlı olduğu düşük gelirli ülkelerde sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin yeniden değerlendirilmesini savunmaktadır. Politika yapıcılar, daha etkili sürdürülebilirlik politikaları geliştirmek için ülkelerinin kendine özgü ekonomik ve çevresel bağlamlarını göz önünde bulundurmaya teşvik edilmektedir.

EXTENDED SUMMARY

Introduction and Research Questions & Purpose

This study aims to analyze the correlation between environmental sustainability and economic development across various levels of country development. It focuses on the assessment of environmental sustainability within the scope of United Nations Sustainable Development Goals through panel quantile regression analysis. This research aims to gain insights into the performance of countries in terms of environmental sustainability, specifically within the framework of the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). It examines countries at different stages of economic development, classified into high-, middle-, and low-income groups. Examining the relationship between ecological footprint and income levels across different countries, this study seeks to shed light on the impact of economic growth on environmental sustainability.

Review of the Literature

This study's literature review delves into multiple facets of the connection between economic development and environmental sustainability. It emphasizes the ecological footprint as a crucial measure for assessing a country's environmental impact, first introduced by Wackernagel and Rees. The study also cites various works that analyze the connection between economic activities, such as energy consumption, urbanization, and income inequality, and their impact on environmental degradation. Significant attention is given to previous studies, such as the ones conducted by Baloch et al. (2020) and Nathaniel & Adeleye (2021), which delve into the examination of how poverty, income inequality, and urbanization affect the ecological footprint in developing nations.

Approach

Utilizing a panel quantile regression analysis method, this research explores the relationship between economic development and environmental sustainability across various quantiles of the ecological footprint distribution. This approach is highly effective in dealing with data that may exhibit non-normal distributions and outliers, allowing for reliable estimates across different levels of the dependent variable, specifically the ecological footprint. The study utilizes data from 189 countries spanning the years 1990 to 2020, classifying them into high, middle, and low-income groups according to World Bank classifications. The ecological footprint is the main variable of interest, while other factors such as GDP, per capita GDP, CO2 emissions, electricity consumption, electricity production from fossil fuels, and foreign direct investments are considered as independent variables.

Results and Conclusion:

There is notable variation in the connection between economic development and environmental sustainability across various income levels, as indicated by the findings of the panel quantile regression analysis. As an expert in economics, it is interesting to note that the study reveals a correlation between GDP and ecological footprint in lower-income countries. Specifically, it suggests that economic growth in these countries is linked to a decrease in environmental degradation. Nevertheless, in higher-income countries, the correlation becomes more intricate as economic growth can occasionally worsen environmental degradation, contingent on the quantile. The findings also emphasize the greater difficulty of achieving environmental sustainability in low-income countries, as they face higher levels of environmental degradation, as shown by their larger ecological footprints.

Based on the study's findings, it is clear that the connection between economic development and environmental sustainability is heavily influenced by the country's level of development. It emphasizes the significance of customized policies that consider the unique environmental obstacles encountered by nations at various points of progress. Based on the findings, it appears that economic growth has the potential to enhance environmental

outcomes in certain situations. However, it can also exacerbate environmental conditions, especially in more advanced nations. Hence, it is imperative to reassess sustainable development strategies, especially in low-income nations where the efficacy of the SDGs is constrained. It is important for policymakers to take into account the specific economic and environmental circumstances of their nations in order to create sustainability policies that are more impactful.

KAYNAKÇA

- Alvarado, R., Tillaguango, B., Murshed, M., Ochoa-Moreno, S., Rehman, A., Işık, C., & Alvarado-Espejo, J. (2022). Impact of the informal economy on the ecological footprint: The role of urban concentration and globalization. *Economic Analysis and Policy*, 75, 750-767. <https://doi.org/10.1016/J.EAP.2022.07.001>
- Baloch, M. A., Danish, Khan, S. U. D., & Ulucak, Z. Ş. (2020). Poverty and vulnerability of environmental degradation in Sub-Saharan African countries: what causes what? *Structural Change and Economic Dynamics*, 54, 143-149. <https://doi.org/10.1016/J.STRUECO.2020.04.007>
- Bilgili, F., Soykan, E., Dumrul, C., Awan, A., Önderol, S., & Khan, K. (2023). Disaggregating the impact of natural resource rents on environmental sustainability in the MENA region: A quantile regression analysis. *Resources Policy*, 85, 103825. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103825>
- Campagnolo, L., Eboli, F., Farnia, L., & Carraro, C. (2018). Supporting the UN SDGs transition: Methodology for sustainability assessment and current worldwide ranking. *Economics*, 12(1). https://doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2018-10/downloadasset/suppl/journalarticles_2018-10-sm4.pdf
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Hsiao, C. (2007). Panel data analysis-advantages and challenges. *Test*, 16(1), 1-22. <https://doi.org/10.1007/s11749-007-0046-x/metrics>
- Kazemzadeh, E., Fuinhas, J. A., Salehnia, N., & Osmani, F. (2023). The effect of economic complexity, fertility rate, and information and communication technology on ecological footprint in the emerging economies: a two-step stirpat model and panel quantile regression. *Quality and Quantity*, 57(1), 737-763. <https://doi.org/10.1007/S11135-022-01373-1>
- Koenker, R. (2004). Quantile regression for longitudinal data. *Journal of Multivariate Analysis*, 91(1), 74-89. <https://doi.org/10.1016/J.JMVA.2004.05.006>
- Koenker, R., & Bassett, G. (1978). Regression quantiles. *Econometrica*, 46(1), 33. <https://doi.org/10.2307/1913643>
- Koseoglu, A., Yucel, A. G., & Ulucak, R. (2022). Green innovation and ecological footprint relationship for a sustainable development: Evidence from top 20 green innovator countries. *Sustainable Development*, 30(5), 976-988. <https://doi.org/10.1002/sd.2294>
- Kuşkaya, S., Bilgili, F., Muğaloğlu, E., Khan, K., Hoque, M. E., & Toguç, N. (2023). The role of solar energy usage in environmental sustainability: Fresh evidence through time-frequency analyses. *Renewable Energy*, 206, 858-871. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.02.063>
- Lamichhane, S. (2019). *Benchmarking OECD Countries' sustainable development performance: A goal-specific PCA approach*. [Doctoral dissertation, The university of new haven].
- Nathaniel, S. P., & Adeleye, N. (2021). Environmental preservation amidst carbon emissions, energy consumption, and urbanization in selected african countries: Implication for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 285. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.125409>
- Powell, D. (2016). *Quantile regression with nonadditive fixed effects*. Quantile Treatment Effects. Rand Corporation, 1-28. http://works.bepress.com/david_powell/1/
- Sachs, J. D. (2015). *The age of sustainable development*. <https://doi.org/10.7312/sach17314/>
- Writer, S. (2023). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development* | Department of Economic and Social Affairs. United Nations. <https://sdgs.un.org/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development-17981>
- Wackernagel, M., & Galli, A. (2007). An overview on ecological footprint and sustainable development: a chat with Mathis Wackernagel. *International Journal of Ecodynamics*, 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.2495/eco-v2-n1-1-9>

- Wackernagel, M. & Rees, W. (1996) *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Philadelphia.
- Zhong, Y., & Wu, P. (2015). Economic sustainability, environmental sustainability and constructability indicators related to concrete- and steel-projects. *Journal of Cleaner Production*, 108, 748-756. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.095>