



Araştırma Makalesi / Research Article

## İnsani Kalkınma ile Karbonsuz Ekolojik Ayak İzi İlişkisi: Sürdürülebilir Kalkınmaya Farklı Bir Bakış Açısı

İhsan Oluç<sup>1</sup>

Öz

Bu çalışmanın amacı, Türkiye için çok boyutlu insani kalkınma endeksi, yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemez enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin karbonsuz ayak izi üzerindeki etkilerini analiz etmektir. Bu amaçla 1965-2016 dönemine ait veriler kullanılarak modifiye edilmiş insani kalkınma Kuznets eğrisi test edilmiştir. Karbonsuz ayak izinin kullanılması ile çevresel bozulmanın lokal etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan analizin güvenilir sonuçlar üretebilmesi amacıyla ilgili döneme ait Türkiye'nin yaşamış olduğu ekonomik ve sosyal dönüşümler dikkate alınarak yapısal kırılmalı metodlar kullanılmıştır. Değişkenlerin durağanlıkları Carrion-i-Silvestre yapısal kırılmalı birim kök testi (2009) ile araştırılmıştır. Gregory-Hansen yapısal kırılmalı eşbütünleşme testi (1996) ile seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi araştırılmış, Tam modifiye edilmiş en küçük kareler (FMOLS) yöntemiyle uzun ve kısa dönem katsayı tahmini yapılmıştır. Son olarak değişkenler arası nedensellik ilişkisi Hatemi-j (2012) asimetrik nedensellik testi ile araştırılmıştır. Yapılan ampirik analiz sonucunda çok boyutlu insani kalkınma ile karbonsuz ayak izi arasında "Ters U" ilişkisinin bulunduğu ve serilerin eşbütünleşik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyümenin, karbonsuz ayak izini büyütürken yenilenemez enerji tüketiminin karbonsuz ayak izini küçülttüğü ve çevresel bozulmayı azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Karbonsuz Ayak İzi, İnsani Kalkınma, Sürdürülebilir Kalkınma.

## Relationship Between Human Development and Non-Carbon Ecological Footprint: A Different Perspective To Sustainable Development

Abstract

The purpose of this research is to examine the effects of multidimensional human development index, renewable energy consumption, non-renewable energy consumption and economic growth on non-carbon ecological footprint for Turkey. The modified human development Kuznets curve was tested for this purpose using data from 1965 to 2016. With the use of non-carbon ecological footprint, it is aimed to investigate the local effects of environmental degradation. To produce reliable results, structural break methods were used, considering the economic and social transformations Turkey had experienced during the relevant period. The Carrion-i-Silvestre structural break unit root (2009) test was used to evaluate the stationarity of the variables. The cointegration relationship between the series was investigated using the Gregory-Hansen structural break cointegration test (1996), and the long and short term coefficients were estimated using the Fully Modified Least Squares (FMOLS) method. Finally, the causal relationship between the variables was explored by Hatemi-j (2012) asymmetric causality test. According to the empirical findings, there is an "Inverted U" relationship between multidimensional human development and non-carbon ecological footprint, and the series are cointegrated. It has been concluded that renewable energy consumption and economic growth contribute to the expansion of the non-carbon ecological footprint, while non-renewable energy consumption reduces the non-carbon ecological footprint and mitigates environmental degradation.

**Keywords:** Non-Carbon Ecological Footprint, Human Development, Sustainable Development.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, [ihsanoluc@mehmetakif.edu.tr](mailto:ihsanoluc@mehmetakif.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0002-5167-1862>

**Atıf/Cite as:** Oluç, İ. (2023). İnsani kalkınma ile karbonsuz ekolojik ayak izi ilişkisi: Sürdürülebilir kalkınmaya farklı bir bakış açısı. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 41 (2), 271-293.

## GİRİŞ

Sürdürülebilir kalkınma disiplini son 30 yılda insan-doğa etkileşimlerinden kaynaklanan zorlukları ele almak için ortaya konan bir alan olarak öne çıkmaktadır (Lin vd., 2018). Sürdürülebilir kalkınma, çevrenin sürdürülebilirliğini vurguladığı kadar sosyal refahın geliştirilmesinin önemini de ortaya koymaktadır (Long vd., 2020). Dolayısıyla sürdürülebilirlik disiplini ele alındığında yalnızca sürdürülebilirliği etkileyen sorunların daha iyi tanımlanmasının yanı sıra sosyal, çevresel ve ekonomik perspektiflerin de dâhil edildiği kapsamlı ve holistik bir yaklaşımla çözüm önerileri sunulmalıdır (Sala vd., 2013). Bu bakış açısından hareketle çevre sorunları özellikle son yıllarda kalkınma ve büyüme politikaları tasarımına girmiştir (Costantini ve Monni, 2008). Politika yapıcılar insani kalkınmanın en nihayetinde ekonomik büyümenin bir aracı olduğunu göz önünde bulundurmalarıdır (Ravallion, 1997). Öte taraftan insani kalkınma aynı zamanda ekonomik büyümenin temel amacıdır (Hossain ve Chen, 2021).

Birleşmiş Milletler Kalkınma programı (UNDP), 1990 yılından bu yana her yıl ülkelerin kalkınmışlık düzeyinin hesaplanmasında insani gelişme raporu adında bir rapor yayınlamakta ve ülkeler için ayrı ayrı hesaplanmış insani kalkınma endeksi değerleri bulunmaktadır (Sagar ve Najam, 1998). İnsani kalkınma endeksi temelde doğumda yaşam beklentisi, eğitim düzeyi ve kişi başına düşen geliri temel alan ve ülkelerin zaman içerisinde göstermiş oldukları gelişimi kıyas etmekte kullanılabilen oldukça basit bir parametredir (Oluç, 2015). İnsani Kalkınma Endeksi (HDI), insani kalkınmanın ölçümünde her ne kadar anlayışla karşılanırsa ve daha geniş tabanlı ölçümlere yönelik bir girişim olsa da bu endeksin yapısında bir takım eksiklikler bulunmaktadır (McGillivray ve White, 1993). Nitekim UNDP insani kalkınma endeksini “HDI insani gelişmenin gereklerinin sadece bir kısmını basitleştirerek kapsamaktadır. Eşitsizlikler, yoksulluk, insan güvenliği, yetkilendirme vb. konuları kapsamamaktadır” biçiminde tanımlamaktadır (United Nations Development Programme, 2022). Bununla birlikte mevcut eksikliklerine rağmen insani kalkınma endeksi bir çok ampirik çalışmaya konu olmuştur (Akbar vd., 2021; Bedir ve Yılmaz, 2016; Neumayer, 2001; Tüleykan ve Demirci, 2020).

Mevcut insani kalkınma endeksinde yer alan eksikliklerin giderilmesi amacıyla Dörffel ve Schuhmann (2022), Çok Boyutlu Kapsayıcılık Endeksini (Multidimensional Inclusiveness Index-MDI) geliştirmişlerdir. Dörffel ve Schuhmann (2022), gelir eşitsizliğini, sürdürülebilir kalkınmayı, emek verimliliğini ve beşeri sermayeyi temsil eden 14 farklı değişken ile kapsamlı ve kapsayıcı bir kompozit endeks oluşturmuşlar ve bu endeksi kalkınma sürecinin değerlendirilmesinde “insan merkezli” bir endeks olarak tanımlamışlardır. MDI, insani kalkınma endeksinden çok daha geniş gözlem sayısına sahiptir. İnsani kalkınma endeksi 1990 yılından itibaren veriler sunmakta iken MDI 1960 yılından başlamakta ve bu durum ülke özelinde insani kalkınmanın zaman içerisinde değişiminin takip edilmesini kolaylaştırarak ülkeler arası sıralama ve karşılaştırma imkânı tanımaktadır. Ayrıca MDI'nin çevresel duyarlılığı yansıtan değişkenleri de barındırması, insani kalkınmanın, insan kaynaklı çevresel tazyiki ne düzeyde etkilediğini araştırmaya imkân tanımaktadır. Çevresel duyarlılığın yükselmesi ise insanların çevre üzerindeki zararlı etkilerinin minimize edilmesinde oldukça etkili olabilmektedir (Kollmuss ve Agyeman, 2002; Patchen, 2006). Dolayısıyla MDI endeksinin içeriğinin zenginliğinin yanı sıra yüksek frekansa sahip olması insani kalkınma-çevresel kirlilik ilişkisinin incelenmesini kolaylaştırmaktadır.

Çevresel kirliliğin incelenmesinde karbon emisyonu, sülfür oksit ( $SO_x$ ), nitrojen oksit ( $NO_x$ ) ve ekolojik ayak izi gibi değişkenler kullanılmaktadır (Danesh vd., 2010; Sabir ve Gorus, 2019; Sinha ve Bhattacharya, 2016; Stern ve Common, 2001). Karbon emisyonu, sülfür oksit ve nitrojen oksit gibi değişkenler çevresel kirliliğin ölçümünde her ne kadar önemli değişkenler

olsalar da yapısal olarak gaz olmaları, etrafa kolayca dağılmaları ve rüzgârlarla hızlı bir şekilde çevreye yayılabilmeleri nedeniyle, sera gazı emisyonları ulusal problem olmanın ötesinde küresel bir problem haline dönüşmektedir. Bu değişkenler belirli bir alanın çevresel kirliliğini doğrudan ölçümlemekte yetersiz kalmaktadırlar. Çevresel kirliliği veya bozulmayı ölçümlemekte ekolojik ayak izi oldukça önemli ve kapsayıcı bir değişken olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla ekolojik ayak izi üzerinde gerekli değişiklikler yapılarak belirli bir alanda meydana gelen çevresel bozulmalar ve bu bozulmalara neden olan faktörler incelenebilir.

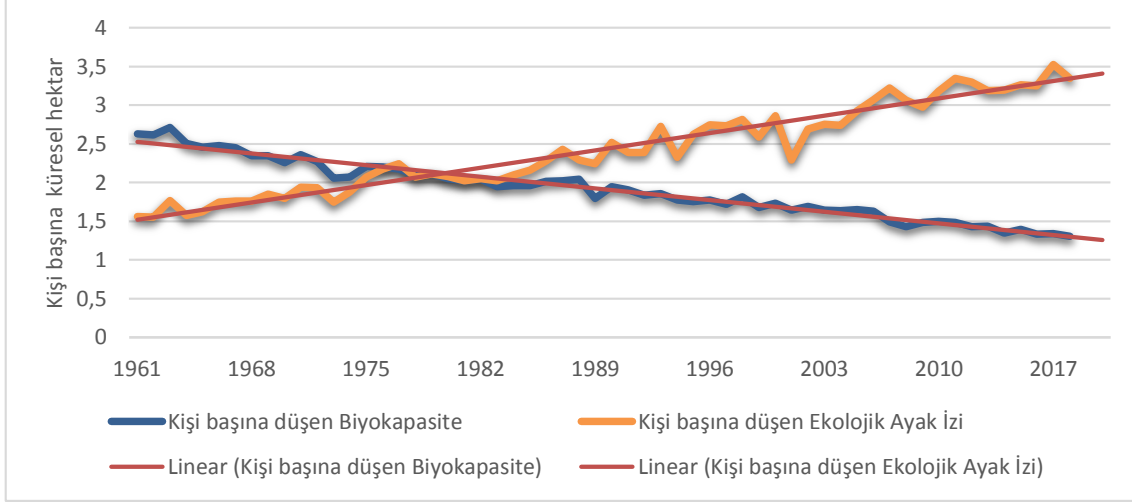
Bu amaçla, yapılan çalışmada insani kalkınmanın, ekonomik büyüme, yenilenebilir ve yenilenmez enerji tüketiminin doğa üzerindeki lokal etkileri insani kalkınma Kuznets eğrisi aracılığıyla araştırılmıştır. Yapılan çalışma literatüre çok farklı yönlerden önemli ölçüde katkı sunmaktadır. Öncelikle bu çalışma literatürde Türkiye için insani kalkınmayı temel alan Kuznets eğrisini test eden ilk çalışma özelliğini taşımaktadır. İkinci olarak insani kalkınma endeksinin aksine çok daha kapsayıcı olan ve kalkınma göstergesi olarak kullanılabilen MDI Endeksini çevre literatüründe kullanan ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır. Üçüncü olarak insani kalkınma çevresel kirlilik ilişkisini en geniş zaman aralığında ele alan ilk çalışmadır. Dördüncü olarak ulusal literatürde çevresel kirliliği inceleyen çalışmalar içerisinde örneklem konumunu da dikkate alarak karbonsuz ayak izini kullanan ilk çalışmadır. Son olarak, analizin kapsadığı dönemde Türkiye'nin yaşadığı ekonomik ve toplumsal değişimler göz önünde bulundurulmuştur. Bu nedenle yapılan analizde, değişkenlerin yapısal kırılmalarını ve asimetrik etkileşimlerini dikkate alan güncel yöntemler kullanılmıştır. Bahsi geçen her bir husus literatürde önemli boşluklar doğurmakta ve bu çalışmayla var olan bu boşluklar doldurulmaya çalışılmaktadır.

Araştırmanın teorik altyapısının oluşturulabilmesinde ekolojik ayak izi ve karbonsuz ayak izi oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle ekolojik ayak izi ve bileşenleri teorik olarak izah edilmiştir. Karbonsuz ayak izi, ekolojik ayak izinin alt başlığı olarak ele alınmış ve nasıl elde edildiği grafiksel olarak izah edildiği gibi matematiksel olarak da formülize edilmiştir. Çalışmanın giriş ve teorik kısmına müteakip ele alınan "Literatür" bölümünde benzer konularda yapılmış çalışmalar incelenerek çalışmanın teorik sınırları belirlenmiştir. Literatür kısmından sonra ele alınan "Ampirik Analiz" bölümünde, veriler hakkında çeşitli bilgiler sunulmuş ve karbonsuz ayak izi ile açıklayıcı değişkenler arasındaki olası ilişkiler ekonometrik olarak incelenmiştir. Ampirik analiz sonucunda elde edilen sonuçlar "Tartışma ve Sonuç" bölümünde tartışılmış ve değerlendirilmiştir. Son olarak, "Politika Önerileri" bölümüyle, çalışma sonuçlandırılmakta ve elde edilen çıktılar doğrultusunda politika tavsiyelerinde bulunmaktadır.

## 1. EKOLOJİK AYAK İZİ

Ekolojik ayak izinin antropojenik etkilerin gözlemlenmesinde kullanılması bir bölgede yaşayan insanların tüketim nedeniyle çevre üzerinde oluşturduğu baskıyı ölçme imkânı tanımaktadır (Danish ve Wang, 2019). Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılabilmesi için bu baskının belirli oranlarda tutulması gerekmektedir. Aksi durumda doğanın kendini yenilemesine imkân tanımadan kullanılacak kaynaklar ekolojik açığa neden olacaktır. Doğanın belirli bir alandaki antropojenik etkileri ortadan kaldırabilme yeteneğine daha açık bir ifade ile doğal kaynakların kendilerini yenileyebilme kapasitesine biyokapasite denir (Sarkodie, 2021). Bu sebeple çevresel sürdürülebilirlik ölçümlerinde ekolojik ayak izi ve biyokapasite arasındaki dengeyi takip edilmesi gerekmektedir.

**Şekil 1: Türkiye'nin Biyolojik kapasitesi ve Ekolojik Ayak İzi, 1961-2018**



Not: Şeklin oluşturulmasında kullanılan veriler “Global Footprint Network” organizasyonu internet sitesinden temin edilmiş ve yazar tarafından görselleştirilmiştir.

Şekil 1’de Türkiye için kişi başına düşen ekolojik ayak izi ve biyokapasitesi verilmiş ve trendin takibini kolaylaştırmak için doğrusallar kullanılmıştır. Türkiye’nin ekolojik ayak izi sürekli bir biçimde artarken biyokapasitesi ise sürekli bir biçimde azalmaktadır. 1980’lerin ilk yıllarında kişi başına düşen ekolojik ayak izi ve biyokapasitesinin birbirine eşitlendiği görülmektedir. Başka bir ifadeyle, Türkiye’de doğanın kendini yenileme kapasitesi ile artan çevresel tahribat arasındaki denge bu tarihten itibaren doğa aleyhine bozulmaya başlamıştır. Bu tarihlerden itibaren biyokapasite ve ekolojik ayak izi arasındaki fark yükselmiş ve Türkiye ekolojik açık veren bir ülkeye dönüşmüştür. Ekolojik açığın zaman içerisinde yükselmesi ve yükselme trendinin devam etmesi ulusal ölçekte kaynak tüketiminin sürdürülebilir olmadığını ve bu konu üzerinde dikkatle durulması gerektiğini göstermektedir.

### 1.1. Karbonsuz Ayak İzi

Ekolojik ayak izini, karbon ayak izi ve karbonsuz ayak izi biçiminde iki kısma ayırmak mümkündür. Karbon ayak izi ekolojik ayak izinin önemli bir parçası olup insan faaliyetleri nedeniyle doğrudan veya dolaylı olarak ortaya çıkan tüm karbon emisyonlarını kapsamaktadır. Karbon ayak izi, ithal edilen ürünlerin de üretim sürecinde karbon ve fosil yakıt dışı karbon salınımlarını da göstermektedir. Karbon ayak izinin hesaplanmasında belirli bir ülke içinde üretilen her ton karbon için ihtiyaç duyulan orman arazisi büyüklüğü hesaplanmakta ve bu miktar orman arazisi o ülkenin karbon ayak izini oluşturmaktadır. Karbon ayak izinin diğer ayak izlerinin aksine hesaplanabilen bir biyolojik kapasitesi bulunmamaktadır (Özsoy, 2015). Dolayısıyla ülkelerin doğal kaynaklarının sürdürülebilirliğinde ve ekosistemlerinin bozulumunda ekolojik ayak izinin de ayrıca incelenmesi gerekmektedir.

Şekil 2: Ekolojik Ayak İzi



Not: Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

Ekolojik ayak izi, Şekil 2’den de görülebileceği üzere bir bütün halinde karbon ayak izi ve karbonsuz ayak izlerini kapsamaktadır. Karbon ayak izi insanların üretim ve tüketim faaliyetleri nedeniyle atmosfere salınan ve iklim değişikliği ile ilişkilendirilebilen sera gazı emisyonlarının tamamı olarak tanımlanmaktadır (Wiedmann ve Minx, 2008). O halde karbonsuz ekolojik ayak izi insan faaliyetleri nedeniyle ortaya çıkan ve atmosfere depo edilemeyen antropojenik etkilerdir. Bu durumda karbonsuz ayak izi, ekolojik ayak izinden karbon ayak izinin çıkarılması sonucunda geriye kalan ayak izlerinin toplamı olarak nitelendirilebilir. O halde karbonsuz ayak izini şu şekilde formülize etmek mümkündür.

$$\text{Ekolojik Ayak İzi} = \text{Karbon Ayak İzi} + \text{Karbonsuz Ayak İzi} \quad (1)$$

$$\text{Karbonsuz Ayak İzi} = \text{Ekolojik Ayak İzi} - \text{Karbon Ayak İzi} \quad (2)$$

$$\text{Karbonsuz Ayak İzi} = \text{Tarım Arazisi Ayak İzi} + \text{Orman Ayak İzi} + \text{Otlak Ayak İzi} + \text{Yapılaşma Ayak İzi} + \text{Balıkçılık Ayak İzi} \quad (3)$$

Karbonsuz ayak izi takip edilerek insan faaliyetleri sonucunda tüketilen kaynakların seyrini izlemek mümkündür. Karbonsuz ayak izinde insanın doğa ile doğrudan ilişkisi gözlemlenmektedir. Örneğin tarım arazisi ayak izinin hesaplanmasında insanların tüketimi için gerekli olan gıda, yağ, kauçuk ve hayvancılık için gerekli tarım alanı, tarım arazisi ayak izini oluşturmaktadır. Hayvan yetiştiriciliği için gerekli olan mera alanları ve ormandan meraya dönüştürülen alanlar da otlak ayak izinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Orman ayak izinde ise ısınma için kullanılan odun miktarının yanı sıra kâğıt hamuru ve odun ürünleri için gerekli ormanlık alanlar orman ayak izini oluşturmaktadır. İnsanların tüketmiş olduğu deniz ürünleri ve balıkların temin edilebilmesi için gerekli deniz ve tatlı su alanının toplanması ile de balıkçılık ayak izi elde edilmektedir. Yapılaşma ayak izinin hesabında ise insanların yapmış olduğu her türlü alt ve üstyapı alanı dikkate alınmaktadır. Bu hesabın içinde konutların yanı sıra endüstriyel alanlar ve enerji santralleri de bulunmaktadır. Dolayısıyla karbonsuz ayak izi bir bütün halinde çevresel sürdürülebilirliğin mekânsal izdüşümü olarak değerlendirilebilir.

Bu sınıflandırma biçimini kullanan Omoke vd. (2020), tarım, orman, otlak, yapılaşma ve balıkçılık ayak izinin toplam değerini, karbonsuz ayak izi olarak ele almışlardır. Ekonomik faaliyetlerin, üretim yapılan lokasyonlar üzerindeki etkisinin analizinde ve üretimin çevre üzerindeki maliyetinin doğrudan ölçülmesinde karbonsuz ayak izinin kullanılmasının daha etkili olduğu söylenebilir (Aşıcı ve Acar, 2018). Dolayısıyla karbon ayak izi uluslararası toplumun bir sorunu iken karbonsuz ayak izi doğrudan bir ülkede yaşayanların problemidir. Öte yandan ekonomik büyüme ile birlikte insanın doğa üzerindeki tahribatı artabilmekte bu durum ekonomik büyüme ile birlikte ortaya çıkan negatif dışsallıkları gündeme getirmektedir. Artan negatif dışsallıklar uzun dönemde gelecek nesillerin yeterliliklerinden ödün vermek anlamına gelmektedir. Gelecek nesillerin potansiyel kaynaklarını tüketmeden bugünün ihtiyaçlarını temin edebilmek sürdürülebilir kalkınmanın önemini ve zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere tüm dünya insani kalkınmayı artırmak istemektedir. Bu hedefi yerine getirmeye çalışırken çevrenin korunması konusunda zorluklar yaşamaktadırlar. Gelişmekte olan ülkelerin ekonomik kalkınma süreci genellikle yoğun bir şekilde doğal kaynakların kullanımına dayalıdır. İnsani kalkınmışlık düzeyinin düşük olması insanlardan gelen sorumsuz sömürü ve sınırsız tüketim arzusunun neden olmakta; bu durum da çevrenin daha fazla zarar görmesine ve gelecekteki potansiyel ekonomik büyümenin tehdit edilmesine neden olabilmektedir (Pata vd., 2021). Ekonomik kalkınmanın ilk aşamalarında olmasa bile sonraki aşamalarında doğal kaynakların korunması talep edilmekte ve çevresel duyarlılığın yükseldiği görülmektedir (Kongbuamai vd., 2020). Şüphesiz ki insani duyarlılığın artmasında insani gelişmişliğin rolü de yadsınamayacak kadar büyüktür (Masud vd., 2016). İnsan doğa etkileşimi bir bütün halinde incelendiğinde ise insani kalkınma ve insanın doğa üzerindeki tazyikinin hem ayrı ayrı hem de birlikte incelenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Doğa üzerinde etkili olduğu düşünülen etkenlerin ampirik olarak test edilmesinde çeşitli modellemeler ve hipotezler bulunmaktadır. Bunlardan Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) Hipotezi, Grossman ve Krueger (1991), tarafından çevresel kirlilik ve gelir arasındaki ilişkinin modellenmesinde kullanılmış ve zaman içerisinde çevre çalışmalarında baskın bir yaklaşım haline gelmiştir (Stern, 2018). EKC hipotezi ekonomik kalkınmanın ilk aşamalarında çevresel bozulmalar artarken kişi başına düşen gelir düzeyinin yükseleceğini öne sürmektedir (Güzel ve Oluç, 2022). Daha sonra ise gelir düzeyinde meydana gelen bu artış belirli bir eşik değere ulaştıktan sonra çevresel bozulmalar yerini çevre kalitesinin yükselmesine bırakmaktadır. Bu durumda EKC hipotezi, gelir ve çevresel bozulma arasında “Ters U ” biçimindeki fonksiyonel ilişki olarak özetlenebilir (Guo, 2018). Zaman içerisinde EKC hipotezi sadece gelirin quadratik bir fonksiyonu değil birçok farklı değişkenin de fonksiyonu olabilecek biçimde evrilmiştir. Gelir değişkeni yerine kimi zaman finansal kalkınma kimi zaman ekonomik kompleksite hatta cinsiyet eşitsizliği gibi değişkenlerle modifiye edilmiştir. (Agozie vd., 2022; Sileem, 2020; Youssef vd., 2020). Kalkınmayla yakından olan her bir değişkenin EKC hipotezinin modifiye edilerek kullanılmasında temel amaç, değişkenler arasında ters U biçiminde bir ilişkinin var olup olamayacağını araştırmaktır.

Sonuç olarak özellikle son otuz yılda ekonomik kalkınma kavramı hem birbirinin tamamlayıcısı hem de birbirinden oldukça farklı iki konu olan insani kalkınma ve sürdürülebilir kalkınma kavramları aracılığıyla önemli bir dönüşüm geçirmiştir (Costantini ve Monni, 2008). Ayrıca EKC hipotezi, insani kalkınma unsurlarından ziyadesiyle etkilenmiştir (Farhani vd., 2014). Dolayısıyla bu iki kavramı temsil eden değişkenlerin birlikte incelenmesi çevre politikalarının derinliğini artıracak ve oluşturulacak stratejilerinin de güçlendirilmesini sağlayacaktır.

## 2. LİTERATÜR

İnsan, ekonomi ve çevre etkileşimlerinin araştırıldığı çalışmalarda iki farklı yaklaşım ile bu etkileşimler ele alınmaktadır. Çevre ekonomisi ve ekolojik ekonomi olarak sınıflandırılan bu yaklaşımlar temelde ekonomik sürdürülebilirliği amaçlasa da teorik ve metodolojik olarak birbirine zıt yaklaşımlar göstermektedirler (Venkatachalam, 2007). Çevre ekonomisi, çevresel bozulmayı neoklasik yaklaşımı benimseyerek sistematik bir şekilde takip etmektedir (Beder, 2011). Çevre ekonomisinde yapılan çalışmalar incelendiğinde ise çevresel bozulmayı temsilen büyük oranda CO<sub>2</sub> ve ekolojik ayak izi gibi değişkenlerin kullanıldığı görülmektedir (Oluç ve Güzel, 2022; Yilanci ve Pata, 2020). Literatüre kapsamlı bir bakış açısıyla yaklaşmak amacıyla, her iki değişken için farklı örneklerde yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Bedir ve Yılmaz (2016), CO<sub>2</sub> emisyonları ve HDI arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında 33 OECD ülkesinin gelir düzeylerini temel alarak iki farklı gruba ayırmışlardır. 1992-2011 yıllarını kapsayan çalışmada Türkiye'nin de aralarında bulunduğu 24 ülke için CO<sub>2</sub>-HDI arasında nedensellik ilişkisi bulunmuştur. OECD örneğinde yapılan bir başka nedensellik çalışmasında ise Akbar vd. (2021), çevresel bozulmayı temsilen kişi başına düşen CO<sub>2</sub> emisyonlarını kullanmışlardır. Bir önceki çalışmadan farklı olarak CO<sub>2</sub>-HDI ilişkisine ek olarak sağlık harcamaları, nüfus artış hızı ve Ar-Ge harcamaları da modele dâhil edilmiştir. 33 OECD ülkesi için 2006-2016 periyodunu kullanarak CO<sub>2</sub> emisyonlarından HDI'ye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuş ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının insani kalkınma üzerinde negatif etkisi olduğunu belirtmişlerdir. OECD örneğinde yapılan bir başka çalışmada ise Wang vd. (2019), nedensellik analiziyle birlikte uzun dönem eşbütünlük ilişkisini araştırmışlardır. OECD ülkelerinin farklı gruplara ayrıldığı çalışmada her bir grup için insani kalkınma endeksi, küreselleşme ve finansal gelişmenin karbondioksit salınımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada 1990'dan 2015'e kadar havuzlanmış ortalamalı grup (PMG) tahmin tekniği kullanılmıştır. Analiz sonucuna göre seriler uzun dönemde beraber hareket etmekte ve insani kalkınma endeksinde meydana gelen artış çevreyi olumlu etkilemektedir. Ayrıca insani kalkınmadan CO<sub>2</sub> emisyonlarına doğru tek yönlü ve negatif bir nedensellik ilişkisi olduğu görülmüştür.

İnsani kalkınma çevre ilişkisinin test edildiği farklı ülke grupları da bulunmaktadır. Bieth (2021) ASEAN ülkeleri ve Japonya için benzer şekilde CO<sub>2</sub> emisyonunu etkileyen faktörler olarak milli gelir ve HDI'yi açıklayıcı değişken olarak kullanmıştır. İnsani kalkınma ve milli gelirdeki artışın çevresel bozulmayı hızlandırdığı sonucuna ulaşmıştır. Öte yandan Pata vd. (2021), çevresel bozulmayı temsilen ekolojik ayak izini kullanmışlar ve ekolojik ayak izi en büyük olan 10 ülke için yaptıkları çalışmada ekolojik ayak izi ile insani kalkınma endeksi, yenilenebilir enerji doğal kaynaklar ve küreselleşme arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Araştırma sonucunda insani kalkınma ve yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izini küçülttüğü sonucuna ulaşmışlardır. Kassouri ve Altıntaş (2020) da benzer şekilde çevresel bozulmayı temsilen ekolojik ayak izi kullanmış ve başta insani kalkınma endeksi olmak üzere küreselleşme, kırsal nüfus oranı finansal kalkınma gibi kontrol değişkenler ile çevre-HDI ilişkisini MENA ülkelerinde araştırmıştır. Değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisi bulunmuş ve çalışmada insani kalkınmanın ekolojik ayak izini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Yıldırım vd. (2022), 1995-2018 döneminde 10 Akdeniz ülkesini temel alan çalışmasında insani kalkınmanın düşük olduğu ülkelerde beşeri sermayenin ekolojik ayak izini artırırken insani kalkınmanın yüksek olduğu yerlerde beşeri sermayenin ekolojik ayak izini azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

İnsani kalkınma endeksini temsilen beşeri sermaye değişkeninin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır (Rahman vd., 2021). Rahman vd. (2021), çevresel bozulmayı temsilen CO<sub>2</sub>'yi insani kalkınmayı temsilen beşeri sermayeyi kullandıkları çalışmada yeni sanayileşen ülkeler için EKC hipotezini test etmişlerdir. DOLS, FMOLS ve PMG ile yapılan uzun dönem katsayı tahmini sonucunda beklentilerle uyumlu olarak insani kalkınmada artışın karbon emisyonunu düşürürken enerji tüketiminin karbon emisyonunu artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Benzer biçimde Ahmed vd. (2020), insani kalkınmayı temsilen beşeri sermayeyi kullandıkları çalışmada bir önceki çalışmadan farklı olarak çevresel bozulmayı temsilen ekolojik ayak izini kullanmışlardır. Çevresel bozulmanın belirleyicileri olarak ihracat, ithalat, enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırımlar gibi değişkenlerin de kullanıldığı çalışmada G7 ülkelerinde insani gelişmenin çevreyi pozitif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde Jahanger vd. (2022), 1990-2016 dönemi için 73 ülkeyi kapsayan bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada Asya, Afrika, Latin Amerika ve Karayip ülkeleri için beşeri sermayenin ekolojik ayak izini azaltmada önemli bir değişken olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Benzer biçimde 1984-2016 dönemini 11 ECOWAS üyesi ülke örneğinde inceleyen Langnel vd. (2021), AMG tahmincisini kullanarak yaptıkları ampirik çalışmada beşeri sermayenin çevre kalitesini iyileştirdiğini belirtmişlerdir.

Yapılan bazı çalışmalarda ise insani kalkınmanın doğa üzerinde her zaman olumlu etkilerinin olamayabileceğini göstermektedir. Nitekim Nathaniel vd. (2021), BRICS ülkeleri örneğinde yaptıkları çalışmada beşeri sermayenin, çevresel bozulmayı azaltmak için henüz arzu edilen düzeye ulaşmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca beşeri sermaye ve ekolojik ayak izi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Şüphesiz ki bu sonuca ulaşmalarının önemli nedenlerinden biri çalışılan ülke örneğinin yanı sıra 1990-2016 yıllarını kapsayan nispeten dar bir zaman aralığı olduğu da söylenebilir. Ekonomik büyüme veya enerji tüketimi gibi değişkenlerin çevre üzerindeki etkileri doğrudan ve hızlı bir biçimde görülebilmektedir. Beşeri sermaye veyahut insani kalkınma gibi değişkenlerin, çevre üzerindeki doğrudan veya dolaylı etkilerinin gözlemlenebilmesi için ise daha geniş bir zaman dilimi gerekmektedir. Dolayısıyla bu tür değişkenlerin etkisinin zaman periyodunun çok daha uzun olduğu bir aralıkta incelenmesi teorik beklentilerle uyumlu sonuçlara ulaşmak açısından hayati önem taşımaktadır.

### **3. AMPİRİK ANALİZ**

#### **3.1. Veri Seti ve Model**

Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur. Karbonsuz ayak izi (NCEF) verisi, veri kaynağında sunulduğu şekliyle küresel hektar (gha) olarak alınmıştır. Karbonsuz ayak izi, ekolojik ayak izi için hesaplanan değerlerden, karbon ayak izi için hesaplanan değerlerin çıkarılmasıyla elde edilmiştir. Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla 2015 yılı temel alınarak sabit Dolar fiyatlarıyla ve yenilenebilir enerji ve yenilenemez enerji tüketimi exajoule olarak modele dâhil edilmiştir. Toplam yenilenebilir enerji tüketimi, Britanya Petrolcülük (BP) istatistiklerinde ayrı ayrı verilen hidroelektrik enerji tüketimi ve modern yenilenebilir enerji tüketimi toplanarak elde edilmiş ve modele dâhil edilmiştir.



**Tablo 1: Değişkenlerle İlgili Veriler**

Değişken	Değişkenin Kısaltması	Elde Edildiği Kaynak	Zaman Aralığı
Karbonsuz Ayak İzi	NCEF	<a href="https://www.footprintnetwork.org/">https://www.footprintnetwork.org/</a>	1965-2016
Çok Boyutlu Kapsayıcılık Endeksi	MDI	(Dörffel ve Schuhmann, 2022)	1965-2016
Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla	GDP	<a href="https://data.worldbank.org/">https://data.worldbank.org/</a>	1965-2016
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	REN	British Petroleum (BP), (2021)	1965-2016
Yenilenemez Enerji Tüketimi	NREN	British Petroleum (BP), (2021)	1965-2016

Küresel Ayak İzi Ağı (Global Footprint Network) zaman içerisinde ekolojik ayak izi verilerini güncellemekte ve ekolojik ayak izine bağlı olarak hesaplanan karbonsuz ayak izi verileri 2016 yılında son bulmaktadır. Dolayısıyla yapılan çalışmada ilgili kurum tarafından sağlanan en güncel veriler kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada çevresel bozulmayı temsilen karbonsuz ayak izi kullanılmıştır. Açıklayıcı değişkenler olarak, çok boyutlu kapsayıcılık endeksi (MDI), gayri safi yurtiçi hâsıla (GDP), yenilenebilir enerji tüketimi (REN) ve yenilenemez enerji tüketimi (NREN) kullanılmıştır. Açıklayıcı değişkenlerin karbonsuz ayak izi üzerindeki etkilerinin araştırılmasında Hanif, Arshed ve Aziz (2020) ve Pata vd., (2021)'in kullanmış olduğu model takip edilmiştir. Modelin kurulmasında insani kalkınma Kuznets eğrisi kullanılmıştır. Kurulan modelde Çevresel Kuznets Eğrisinde sıkça kullanılan yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi modele dâhil edilmiştir (Khan vd., 2022; Pata, 2021; Zhang vd., 2017). Seçilen değişkenleri matematiksel bir fonksiyon olarak aşağıdaki biçimde ifade etmek mümkündür.

$$NCEF = f(MDI, MDI^2, REN, NREN, GDP) \quad (1)$$

(1) numaralı denklemde tüm değişkenlerin logaritması alınarak modele dâhil edilmiştir. Kurulan modele hata terimi eklendiğinde, değişkenler arası ilişkiyi ekonometrik olarak aşağıdaki şekilde ifade etmek mümkündür.

$$\ln NCEF = \lambda_0 + \lambda_1 \ln MDI_t + \lambda_2 \ln MDI_t^2 + \lambda_3 \ln REN_t + \lambda_4 \ln NREN_t + \lambda_5 \ln GDP_t + u_t \quad (2)$$

Verilen ekonometrik modelde  $\lambda_0$  sabit terimin katsayısını,  $\lambda_i$  parametreleri ise eğim parametrelerini göstermektedir.  $u_t$  hata terimini temsil etmekte ve "t" indisi zamanı göstermekte kullanılmaktadır. Değişkenlerin kısaltmaları önünde ayrıca "ln" ifadesi kullanılmayacaktır. Model kurulmasının tamamlanması akabinde ampirik analize geçilmelidir.

### 3.2. Yöntem ve Bulgular

Çalışmada yapısal kırılmalı birim kök testi, yapısal kırılmalı eşbütünleşme testi, tam düzeltilmiş en küçük kareler yöntemi, kısa dönem hata düzeltme modeli ve asimetrik nedensellik testi kullanılmıştır. Kullanılan yöntemlere ait teorik çerçeveye ve analiz bulgularına aşağıda yer verilmektedir.

### 3.2.1. Carrion-i-Silvestre Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi

Zaman serisi analizleri yapılırken serilerin teorik altyapısının, zaman içerisinde serilerde meydana gelen değişimin ve analizi yapılan ülkenin politika değişimlerinin anlaşılması gerekmektedir. Seriler farklı dönemlerde, ekonomik krizlerden, yaşanan politika değişimlerinden ve ekonomide yapısal dönüşümlerinden etkilenabilmektedir. Bu durum serilerin sabit, trend veya her ikisinde kırılmalara neden olabilir. Türkiye örneğinde bu durumlar incelendiğinde eğitimde zorunlu eğitim süresinin değişmesi, küresel ekonomik krizler, 1965 yılından sonra ekonomi politikalarının değişmesi ve ulusal krizler gibi nedenler göz önünde bulundurulduğunda serilerde bir çok yapısal kırılmanın yaşanmış olması kaçınılmazdır. Geleneksel birim kök testleri serilerdeki olası yapısal kırılmaları göz ardı etmekte ve durağanlık özelliklerine ilişkin önyargılı tahminler üreterek birim kök testlerinin gücünü azaltmaktadır (Murshed vd., 2021). Bu tür bir problemin önüne geçmek amacıyla Carrion-i-Silvestre vd. (2009) tarafından geliştirilen beş yapısal kırılmaya kadar izin veren Carrion-i-Silvestre (CS) birim kök testi kullanılmıştır.

CS testinde quasi-GLS yöntemi yardımıyla stokastik veri üretme süreci aşağıda formülize edilmiştir.

$$y_t = d_t + u_t \quad (3)$$

$$u_t = \alpha u_{t-1} + v_t \quad t = 0,1,2,3 \dots T \quad (4)$$

CS, aşağıda sırayla verilen  $P_T(\lambda^0)$ ,  $MP_T(\lambda^0)$ ,  $MZ_\alpha(\lambda^0)$ ,  $MSB(\lambda^0)$  ve  $MZ_t(\lambda^0)$  test istatistikleri sonuçlarına göre birim kök ve yapısal kırılmaları araştırmaktadırlar. Bu testler matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilirler:

$$P_T(\lambda^0) = \frac{[s(\bar{\alpha}, \lambda^0) - \bar{\alpha} s(1, \lambda^0)]}{s^2(\lambda^0)} \quad (5)$$

$$MP_T(\lambda^0) = \frac{[c^{-2} T^{-2} \sum_{t=1}^T \tilde{y}_{t-1}^2 + (1-c) T^{-1} \tilde{y}_T^2]}{s(\lambda^0)^2} \quad (6)$$

$$MZ_\alpha(\lambda^0) = (T^{-1} \tilde{y}_T^2 - s(\lambda^0)^2) (2T^{-2} \sum_{t=1}^T \tilde{y}_{t-1}^2)^{-1} \quad (7)$$

$$MSB(\lambda^0) = (s(\lambda^0)^{-2} T^{-2} \sum_{t=1}^T \tilde{y}_{t-1}^2)^{1/2} \quad (8)$$

$$MZ_t(\lambda^0) = (T^{-1} \tilde{y}_T^2 - s(\lambda^0)^2) (4s(\lambda^0)^2 T^{-2} \sum_{t=1}^T \tilde{y}_{t-1}^2)^{1/2} \quad (9)$$

CS testinin  $H_0$  hipotezi “Yapısal kırılmalar altında birim kök vardır” şeklinde iken,  $H_1$  hipotezi “Yapısal kırılmalar altında birim kök yoktur” biçimindedir. Değişkenler için yapılan CS test sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2: Carrion-i-Silvestre Çoklu Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi Sonuçları**

	Düzyey Değerleri					Kırılma Tarihleri
	$P_T$	$MP_T$	$MZ_\alpha$	MSB	$MZ_t$	
<i>NCEF</i>	18.51 [9.07]	18.29 [9.07]	-23.45 [-46.90]	0.14 [0.10]	-3.42 [-4.82]	1971,1977,1985,2000,2005
<i>MDİ</i>	20.23 [8.85]	20.21 [8.85]	-20.22 [-45.32]	0.15 [0.10]	-3.16 [-4.75]	1978,1986,1993,2000,2011
<i>REN</i>	19.60 [9.28]	18.52 [9.28]	-24.25 [-47.23]	0.14 [0.10]	-3.47 [-4.85]	1974,1982,1988,1998,2009
<i>NREN</i>	19.33 [9.23]	17.99 [9.23]	-24.09 [-46.42]	0.14 [0.10]	-3.46 [-4.80]	1973,1977,1984,2000,2007
<i>GDP</i>	20.27 [9.31]	18.92 [9.31]	-23.26 [-46.71]	0.14 [0.10]	-3.40 [-4.82]	1974,1978,1993,2000,2007
$\Delta NCEF$	4.44 [5.54]*	4.59 [5.54]*	-19.86 [-17.32]*	0.15 [0.16]*	-3.15 [-2.89]*	-
$\Delta MDİ$	4.52 [5.54]*	4.44 [5.54]*	-20.88 [-17.32]*	0.15 [0.16]*	-3.21 [-2.89]*	-
$\Delta REN$	3.52 [5.54]*	3.65 [5.54]*	-24.92 [-17.32]*	0.14 [0.16]*	-3.52 [-2.89]*	-
$\Delta NREN$	3.83 [5.54]*	3.67 [5.54]*	-25.23 [-17.32]*	0.14 [0.16]*	-3.54 [-2.89]*	-
$\Delta GDP$	3.90 [5.54]*	3.68 [5.54]*	-24.71 [-17.32]*	0.14 [0.16]*	-3.51 [-2.89]*	-

Not: \*sembolü %5 anlamlılık düzeyinde ilgili serinin durağan olduğunu göstermektedir. "Δ" sembolü ise fark işlemcisini göstermektedir. [ ] içinde verilen değerler, kritik değerleri göstermektedir.

Carrion-i-Silvestre Çoklu Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi sonuçları, tüm serilerin düzeyde durağan olmadığını göstermektedir. Serilerin birinci farkı alındığında ise seriler %5 önem düzeyinde durağan hale gelmektedir. Nitekim test istatistik değerleri incelendiğinde serilerin farkları alındıktan sonra elde edilen test istatistiklerinin, kritik değerlerden büyük olduğu diğer bir ifadeyle tüm serilerin birinci farkları alındığında durağan oldukları görülmektedir. Carrion-i-

Silvestre Çoklu Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi sonucuna göre serilerin  $I(1)$  olduğu durumlarda, seriler arası eşbütünleşme ilişkisi araştırılabilmektedir (Göçer ve Peker, 2014).

### 3.2.2 Gregory-Hansen (1996) Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Testi

Carrion-i-Silvestre çoklu yapısal kırılmalı birim kök testi sonuçları incelendiğinde serilerde farklı tarihlerde yapısal kırılmalar bulunduğundan eşbütünleşme ilişkisinin de araştırılmasında yapısal kırılmalı modellerin kullanılması gereklidir. Zira mevcut serilerde yapısal kırılmaların varlığı durumunda bu yapısal kırılmaların ihmal edilmesi uzun dönemli hareketlerin tahmininde etkin sonuçlara ulaşılmasını zorlaştırabilecektir. Yapılan çalışmada Gregory-Hansen (GH) (1996) tarafından geliştirilen eşbütünleşme testi kullanılmıştır. GH eşbütünleşme testinin kullanılmasında birim kök testi sonucunda çok sayıda ve farklı tarihlerde elde edilen yapısal kırılmalar etkili olmuştur. Serilerde meydana gelen çoklu kesikli kırılmalar, bu kırılmaların regresyon fonksiyonunda tedrici olarak meydana gelme olasılığını düşündürmektedir. Serilerin grafikleri incelendiğinde ise rejim değişikliğine yol açabilecek trend değişimlerinin genel olarak 2 farklı deterministik trend etrafında dalgalandığı görülmektedir. Bu durum GH eşbütünleşme testinin tutarlı sonuçlar üretmesine imkân sağlamaktadır. Bu nedenle değişkenlerde devam eden değişimlerin iki farklı dönemi birleştiren ortalama bir ilişkiyi yansıtmaları tercih edilmiştir. GH testi eşbütünleşme vektöründe yalnızca bir kırılmayı dikkate almaktadır. GH testinin yalnızca bir kırılmayı dikkate alması, serilerin olası iki farklı ortak trendinin tespit edilebilmesi için yeterli bir testtir. GH eşbütünleşme testi potansiyel kırılmayı içsel olarak belirlemekte ve üç farklı model kurarak eşbütünleşme testi yapmaktadır. Eşbütünleşme ilişkisini test edilmesinde kullanılan modeller şu şekilde ifade edilmektedir.

$$\text{Model (1) C: } y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{tr} + \alpha^T y_{2t} + \varepsilon_t \quad t=1,2,\dots,n \quad (10)$$

$$\text{Model (2) C/T: } y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{tr} + \beta t + \alpha^T y_{2t} + \varepsilon_t \quad t=1,2,\dots,n \quad (11)$$

$$\text{Model (3) C/S: } y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{tr} + \alpha_1^T y_{2t} + \alpha_2^T y_{2t} \varphi_{tr} + \varepsilon_t \quad t=1,2,\dots,n \quad (12)$$

Bu modellerden ilki düzeyde kırılmayı, ikincisi düzey ve trendde kırılmayı üçüncü ve son model ise rejim değişikliğini ifade etmektedir (Gregory ve Hansen, 1996). Bu denklemlerde  $y_{1t}$  bağımlı değişkeni,  $\mu_1$  düzey değişimi öncesi sabiti,  $\mu_2$  sabitte kırılmayı,  $\varphi_t$  kırılma tarihinin belirlenmesinde kullanılan kukla değişkeni,  $\alpha$  eşbütünleşme eğim katsayılarını,  $\varepsilon_t$  hata terimini ve "t" alt indisi de zamanı temsil etmektedir (Gamal ve Dahalan, 2015). GH testinde  $ADF$ ,  $Z\alpha^*$  ve  $Zt^*$  test istatistikleri elde edilmekte ve elde edilen değerler GH kritik değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Test istatistikleri, kritik değeri aşarsa  $H_0$  hipotezi reddedilmekte ve hesaplanan bir yapısal kırılma altında eşbütünleşme bulunduğunu ifade eden alternatif hipotez kabul edilmektedir. Kurulan her üç modele ait eşbütünleşme testi sonuçları ve yapısal kırılma tarihleri Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3: Gregory-Hansen Yapısal Kırılmalı Eşbütünlüşme Testi**

Model	Test İstatistikleri			Kritik Değerler			
	ADF	Z $\alpha^*$	Zt*	Z $\alpha^*$ (%5)	Z $\alpha^*$ (%10)	Zt* (%5)	Zt* (%10)
Model 1	-5.79** (1972)	-8.50** (1972)	-59.91** (1972)	-5.56	-5,31	-59.40	-54.38
Model 2	-5.73* (1972)	-8.55** (1972)	-59.85 (1972)	-5.83	-5.59	-65.44	-60.12
Model 3	-7.64** (2005)	-8.81** (1983)	-61.71 (2006)	-6.41	-6.17	-78.52	-72.56

**Not:** Kritik değerler, Gregory-Hansen (1996) Tablo 1'den alınmıştır. Tablo 3'te yer alan \*\* sembolü; %5 ve \* sembolü %10 önem derecesinde eşbütünlüşme ilişkisinin varlığını ifade etmektedir. Test istatistik değerleri altında yer alan ve parantez içerisinde gösterilen tarihler kırılma tarihlerini göstermektedir.

Tablo 3'teki sonuçlar incelendiğinde, hesaplanan ADF ve Z $\alpha^*$  test istatistikleri her üç model için de mutlak değerce kritik değerlerden büyük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla ADF ve Z $\alpha^*$  test istatistiklerine göre her 3 model için de eşbütünlüşme ilişkisinin bulunmadığı yönündeki  $H_0$  hipotezi reddedilmiştir. Zt\* test istatistiği incelendiğinde ise sadece Model 1 için seriler arasında eşbütünlüşme ilişkisinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Seriler arasında eşbütünlüşme ilişkisinin tespit edilmesi sonrasında ise uzun dönem katsayı tahmini yapılmalıdır.

### 3.2.3 Katsayı Tahmin Sonuçları

Yapılan eşbütünlüşme testinde yapısal kırılmalar altında eşbütünlüşme ilişkisi bulunduğu seriler arasında uzun dönem eşbütünlüşme katsayıları ile kısa dönem hata düzeltme modeli tahmin edilmiştir. Uzun dönem eşbütünlüşme katsayıları ile kısa dönem hata düzeltme modeli tahmininde FMOLS yöntemi kullanılmıştır. Tahmin sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4: Katsayı Tahmin Sonuçları**

Uzun Dönem Eşbütünlüşme Katsayıları									
MDİ	MDİ <sup>2</sup>	REN	NREN	GDP	C	R <sup>2</sup>	DW	F İst.	
9.8519	-3.4923	0.0783	-0.3645	0.7020	-7.0364	0.97	2.16	426.65	
[3.61]***	[-3.62]***	[2.84]***	[-2.66]***	[3.36]***	[-1.78]*			[0.00]***	
Kısa Dönem Hata Düzeltme Modeli Tahmin Sonuçları									
ECT <sub>t-1</sub>	$\Delta$ MDİ	$\Delta$ MDİ <sup>2</sup>	$\Delta$ REN	$\Delta$ NREN	$\Delta$ GDP	C	R <sup>2</sup>	DW	F İst.
-1.07	3.3529	-1.1173	0.1115	-0.1335	0.7222	-0.0074	0.74	1.85	21.19
[-7.23]***	[0.47]	[0.46]	[3.26]***	[0.76]	[2.66]***	[-1.21]			[0.00]***

Not: Parantez içindeki değerler, t istatistikleridir. Tahminlerdeki otokorelasyon ve değişen varyans sorunları, Newey-West yöntemi ile giderilmeye çalışılmıştır. \*\* ve \*\*\* sırasıyla %5 ve %1 önem derecesinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Uzun dönem eşbütünleşme katsayıları incelendiğinde tüm değişkenlerin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. REN ve GDP değişkenleri pozitif katsayılara NREN değişkeni ise negatif katsayıya sahiptir. Elde edilen katsayılara göre ekonomik büyümede meydana gelecek %1 oranında artışın karbonsuz ayak izini %0,7 oranında artırdığı görülmektedir. Yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelecek %1 oranında artış karbonsuz ayak izinde %0.07 oranında artış meydana getirirken yenilenemez enerji tüketiminde meydana gelecek %1 oranında artış karbonsuz ayak izinde %0.36 oranında azalış meydana getirmektedir. Bu durum uzun dönemde ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketiminin lokal olarak çevresel bozulmalara neden olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. MDİ ve MDİ<sup>2</sup> katsayıları incelendiğinde ise insani kalkınma Kuznets eğrisinin doğrulanmış olduğu görülmektedir. Bu durum çok boyutlu insani kalkınmanın belirli bir eşik değere ulaşıncaya kadar karbonsuz ayak izini artıracığı ve daha sonra doğaya yapılan bu baskının azalacağı anlamına gelmektedir. Kısa dönem katsayılarının uzun dönem katsayılarıyla aynı işarete sahip olduğu ve değişkenlerin kısa veya uzun dönemde benzer hareketler sergiledikleri görülmektedir. Kısa dönem hata düzeltme modeli incelendiğinde ise elde edilen hata düzeltme teriminin negatif katsayıya sahip olduğu ve sonuçların istatistiki olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçtan hareketle kısa dönemde meydana gelen şokların etkisinin geçici olduğu ve yaklaşık 9-10 dönem sonra şokun etkisinin kalktığı ifade edilebilir.

### 3.2.4 Asimetrik Nedensellik Testi

Asimetrik nedensellik testi klasik nedensellik testlerinin aksine değişkenler arasında ki ilişkiye dair daha zengin sonuçlara üretebilmektedir. Klasik nedensellik testlerinde pozitif veya negatif bir şok ayırımı yapılmamakta daha doğrusu pozitif ve negatif şokların etkisinin aynı olduğu varsayılmaktadır. Böylece klasik nedensellik testlerinde pozitif ve negatif şokların ortalama değerleri üzerinden hesaplamalar yapılmaktadır. Hâlbuki birçok durumda nedensellik ilişkisine asimetrik yapılar etki etmektedir (Hatemi-j, 2012). Bu kısıtlayıcı bakış açısı şokların asimetrik etkilerini gözden kaçırmaktadır. Değişkenler üzerinde artışa neden olan pozitif şokların veya azalışa neden olan negatif şokların toplam çıktı üzerindeki etkisi her zaman aynı düzeyde olamayabilmektedir. Burada var olan durum asimetrisi, örneğin fosil yakıt tüketiminde meydana gelen artışın karbonsuz ayak izi üzerindeki etkisinin fosil yakıt tüketimindeki azalıştan daha farklı olabileceği varsayımına dayanmaktadır. Hatemi-j (2012) asimetrik nedensellik testi ile değişkenlerin pozitif ve negatif şokları ayrıştırılmakta ve bir diğer değişkenin pozitif ve negatif şokları ile nedensel ilişkisi araştırılmaktadır. Her değişkenin kendi pozitif ve negatif şokları hariç tüm değişkenler ile nedensellik ilişkisi incelenmiştir. Böylece on değişken ile sekiz farklı değişken arasında toplam seksen farklı nedensellik ilişkisi araştırılmıştır. Nedensellik ilişkisi bulunan tüm asimetrik nedensellik testleri arasından bootstrap kritik değerlerine göre istatistiki olarak anlamlı bulunan nedensellik sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir.

**Table 5: Asimetrik Nedensellik Testi Sonuçları**

Değişkenler	MWALD İstatistiği	Olasılık Değeri	%1	%5	%10
$LREN^- \neq NCEF^+$	16.926***	0.000	7.802	4.177	2.838
$LREN^- \neq LGDP^+$	13.385***	0.000	6.954	4.311	2.904
$NCEF^+ \neq LREN^+$	7.094***	0.008	10.717	5.360	3.455
$NCEF^+ \neq LNREN^+$	3.544*	0.060	7.000	4.208	3.046
$NCEF^- \neq LNREN^+$	4.902**	0.027	8.706	4.385	2.195
$LMDI^+ \neq LNREN^+$	19.276***	0.000	21.595	13.214	9.502
$LGDP^+ \neq LNREN^+$	13.311***	0.000	8.243	4.334	3.068

Not:  $\neq$  ifadesi nedenselliğin olmadığı sıfır hipotezini göstermektedir. \*, \*\* ve \*\*\* simgeleri sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyinde  $H_0$  hipotezinin reddedildiğini göstermektedir. Bootstrap (Yinelenme) sayısı 10.000'dir

Asimetrik nedensellik test sonuçları incelendiğinde yenilenebilir enerji tüketimine gelen negatif bir şokun karbonsuz ayak izi ve ekonomik büyümenin pozitif şoklarının nedeni olduğu görülmektedir. Karbonsuz ayak izinden, insani kalkınma ve ekonomik büyümeye gelen pozitif şoklardan yenilenemez enerji tüketimine gelen pozitif şoklara doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi mevcuttur. Benzer biçimde karbonsuz ayak izine gelen negatif bir şok yenilenebilir enerji tüketimine gelen pozitif bir şokun nedeni olduğu görülmektedir. Bir bütün halinde asimetrik nedensellik test sonuçları incelendiğinde karbonsuz ayak izi, insani kalkınma ve ekonomik büyümede pozitif bir şok yaşanması durumunda yenilenemez enerji tüketiminin de pozitif yönlü bir tepki vermesi beklenmektedir. Yenilenebilir enerji tüketiminde negatif bir şok yaşanması durumunda ise karbonsuz ayak izi ve ekonomik büyümenin negatif yönlü bir tepki vermesi beklenmektedir. Nedensellik testi sonuçları, karbonsuz ayak izi ile enerji tüketiminin birbiriyle yakından ilgili olduğunu göstermektedir. Karbonsuz ayak izinin enerji tüketimi üzerinde etkileri olabildiği gibi enerji tüketiminin de çevresel bozulmalarda etkileri bulunmaktadır.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Küresel ve bölgesel düzeyde gerçekleşen doğa tahribatlarının korkutucu bir düzeye ulaşması, insan ve doğa arasında dengeli bir ilişkinin kurulmasını zorunlu hale getirmiştir. Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını görmezden gelmeden, günümüz ihtiyaçlarını karşılamak konusunda küresel bir mutabakat bulunmaktadır. İnsani kalkınmayı öncelikle toplumsal refahın artırılması kadar ekolojinin korunması da ulusların en önemli hedefleri arasında yer almaktadır (Can vd., 2022). Dolayısıyla sosyoekonomik değişim sürecinde ekolojik dönüşümün de takip edilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmada sürdürülebilir kalkınmada oldukça önemli bir yer tutan ve çevresel bozulmayı doğrudan etkileyen yenilenebilir enerji tüketimi ve yenilenemez enerji tüketimi gibi faktörler bir yana insani kalkınmanın doğa üzerindeki etkisinin merkeze alındığı bir çalışma yapılmıştır. İnsani kalkınma ve EKC hipotezinin birbiriyle yakından ilintili iki kavram olmasından hareket edilerek "Ters U" ilişkisi araştırılmıştır. EKC hipotezi çerçevesinde bağımlı değişken olarak, çevresel bozulmayı veya kirliliği lokasyon bazlı ele alan karbonsuz ayak izi kullanılmıştır. Kuznets eğrisinin modifiye edilmesinde Çok Boyutlu İnsani Kalkınma Endeksi kullanılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre modifiye edilmiş EKC hipotezi doğrulanmıştır. Ulusal ve uluslararası literatür incelendiğinde insani kalkınmayı baz alan modifiye edilmiş EKC hipotezini test eden tek çalışmanın Pata vd., (2021) tarafından yapıldığı, yapılan çalışmada EKC hipotezinin doğrulanmadığı ve insani kalkınmanın ekolojik ayak izini küçülttüğü sonucuna ulaşıldığı görülmektedir. Pata vd. (2021)'nin aksine Kassouri ve Altıntaş (2020) ise insani kalkınmanın çevresel bozulmayı artırdığını öne sürmüştür. İnsani kalkınma ekolojik ayak izi ilişkisini araştıran çalışmalara benzer olarak insani kalkınma yerine beşeri sermayenin kullanıldığı birçok çalışmada da beşeri sermayenin çevre üzerinde olumlu ve olumsuz etkiler oluşturduğuna yönelik birçok ampirik sonuçlar mevcuttur (Ahmed ve Wang, 2019; Bano vd., 2018; Mahmood vd., 2019). Elde edilen sonuçlarda birçok farklılık bulunmasının temel nedeni öncelikle insani kalkınma endeksinin oldukça sınırlı bir gözlem sayısına sahip olmasıdır. Öte yandan beşeri sermaye ile yapılan çalışmalarda ise değişken olarak eğitim düzeyinin kullanılması kısıtlı veriler ile ulaşılan sonuçları ortaya koymaktadır. Yapılan çalışma ile insani kalkınma endeksi yerine çok boyutlu insani kalkınma endeksinin kullanılması, Türkiye örneğinde zaman serileri ile çalışılmasına imkân tanımıştır. Analizde kullanılan endeks içeriğinin zenginliği, kapsamlı analizler yapılmasına imkân tanımış ve bu durum literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmuştur.

Öte yandan yenilenebilir enerji tüketiminin karbonsuz ayak izini büyütürken yenilenemez enerji tüketiminin karbonsuz ayak izini küçültmesi oldukça önemli ve literatürde sıkça rastlanılmayan sonuçlardandır. Öncelikle yenilenebilir enerji tüketiminin karbonsuz ayak izini büyütmesi yani lokal bazda çevresel bozulmaya neden olması gayet anlaşılabilir bir durumdur. Yenilenebilir enerji kaynakları ele alındığında Türkiye'nin başlıca yenilenebilir enerji kaynağının hidroelektrik santralleridir. Rüzgârdan, güneşten ve jeotermalden elde edilen toplam enerji hidroelektrikten elde edilen enerjinin yaklaşık yarısıdır (International Energy Agency, 2022). Bununla beraber nehir yataklarına dev barajların yapılması ekosistemi dönüştürmekte, biyokapasiteyi azaltmakta, doğrudan yapılaşma alan ayak izini, dolaylı olarak tarım, orman ve otlak ayak izlerini büyütmektedir. Nitekim hidroelektrik santrallerinin ne kadar yeşil ve çevreci bir enerji kaynağı olduğu tartışmalı bir konudur (Gunkel, 2009). Benzer biçimde diğer yenilenebilir enerji kaynakları da lokal düzeyde ekosistem üzerinde baskı oluşturmaktadır.

Yenilenemez enerji kaynaklarının tüketiminin ise karbonsuz ayak izini küçültüyor olması son derece anlaşılabilir bir sonuçtur. Türkiye fosil yakıt tüketiminde petrol, doğalgaz ve kömür gibi kaynakları çoğunlukla kullanmakta ve bu enerji kaynaklarını ise ithal etmektedir. Dolayısıyla bu kaynaklardan elde edilen enerjinin lokal düzeyde çevresel zararları bulunmamaktadır. Fosil yakıtların çevreye yaydığı sera gazı emisyonları ise karbonsuz ayak izi kapsamında yer almadığından dolayı son derece tutarlı sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. İthal edilen petrol, doğalgaz veyahut kömür gibi enerji kaynakları, ithal edildiği ülkenin ekolojisini tahrip ederek o ülkenin karbonsuz ayak izini büyütmektedir.

Sonuç olarak hem insani kalkınma hem de enerji tüketimi çevresel bozulmayı açıklamakta kullanılan önemli değişkenlerdir. İnsani kalkınma veri kısıtı nedeniyle yeterince çalışmaya konu olamamıştır. Karbonsuz ayak izi ise yerel düzeyde antropojenik etkileri göstermesi nedeniyle alışlagelmiş ampirik analiz sonuçlarından çok daha farklı sonuçlar üretmektedir. Şüphesiz ki bu sonuçların oluşmasında ekolojik ayak izinin mekânsal izdüşümünün incelenmesi son derece etkili olmuştur. Bilindiği üzere ekolojik ayak izi ithal edilebildiği gibi ihraç da edilebilir. İthal edilen fosil yakıtların ikamesi olan enerji santralleri ve madenlerden elde edilen enerji kaynakları doğal olarak çevre üzerinde tahribata neden olabilmektedir. Bu tür durumlar enerjinin dışarıdan temin edilmesinin aksine lokal olarak çevresel bozulmalara neden olabilmektedir. Dolayısıyla bu



çalışmanın temelini oluşturan her iki değişken de çevre literatüründe daha detaylı incelemelere kaynaklık edecek niteliktedir.

## 5. POLİTİKA ÖNERİLERİ

Küresel ölçekte artan çevre duyarlılığı uluslararası düzeyde imzalanan antlaşmalar ile kendini göstermektedir. Söz konusu mutabakatların çoğunun temelini karbon emisyonları oluşturmaktadır (Oluç vd., 2022). Karbon emisyonlarının azaltılması her ülke için oldukça önemli olsa da Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler incelendiğinde kişi başına düşen karbon emisyonları gelişmiş birçok ülkenin gerisinde kalmaktadır. Dolayısıyla ulusal çevre politikalarında önceliğin karbon ayak izinin azaltılmasından ziyade karbonsuz ayak izinin azaltılmasına verilmesi gerekmektedir. Karbonsuz ayak izinin büyümesi ülke sakinlerini doğrudan doğruya çevresel bozulmalara karşı karşıya getirmektedir. Karbonsuz ayak izinde yenilenebilir enerji tüketiminin rolü dikkatle ele alınmalıdır. Yenilenebilir enerji yatırımları yapılmadan önce detaylı fayda-maliyet analizleri yapılmalı ve çevreye verilebilecek olası zararlar maliyet kaleminde yer almalıdır. Bununla birlikte yenilenebilir enerji yatırımlarının olası lokasyon seçimlerinde sadece verimlilik hedeflenmemeli aynı zamanda ekosisteme en az zarar verecek yerler seçilmelidir. Politika yapımcılar bu hususu dikkate alarak yenilenebilir enerji kaynakları için minimum biyokapasite kaybına neden olacak yer tahsislerinde bulunmalı ve bu tür alanlarda yatırımı teşvik edici düzenlemeler yapmalıdırlar. Yapılan çalışma sonucunda fosil yakıt tüketiminin karbonsuz ayak izini küçülttüğü görülüyor olsa da karbon ayak izini ve toplamda ekolojik ayak izini büyüttüğü öngörülebilir. Fosil yakıt tüketimi nedeniyle kişi başına düşen karbon emisyonu, Türkiye'nin enerjide ithalata bağımlı olması ve küresel karbon emisyonu hedefleri gözetilerek azaltılmalıdır. Fakat burada oldukça önemli olan husus toplam enerji tüketimini azaltmak yerine üretimde kullanılan enerji yoğunluğunu azaltmak olmalıdır. Enerji yoğunluğunun azaltılması birim enerji tüketimi neticesinde daha çok milli gelir üretmek yani ülkenin ekonomik yapısal dönüşümünün sağlanması için ekopolitik projeler üretilmesi ve desteklenmesi anlamına gelmektedir. Ülkelerin ekonomik dönüşümünün temelinde ise her zaman insani kalkınma bulunmaktadır. Son olarak ülkeler refah artışından ödün vermeden çevreye duyarlı bir büyüme sağlayabilmek için kapsamlı ve çok boyutlu insani kalkınmayı öncelemelidir.

---

### YAZAR BEYANI

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

### Etik Kurul Onayı

Bu araştırma etik kurul izni gerektiren analizleri kapsamadığından etik kurul onayı gerekmemektedir.

### Yazar Katkıları

Yazar çalışmanın tümünü tek başına gerçekleştirmiştir.

### Çıkar Çatışması

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

---

## KAYNAKÇA

- Agozie, D. Q., Akwasi Gyamfi, B., Victor Bekun, F., Ozturk, I. & Taha, A. (2022). Environmental Kuznets Curve hypothesis from lens of economic complexity index for BRICS: Evidence from second generation panel analysis. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 53, 102597. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102597>
- Ahmed, Z., & Wang, Z. (2019). Investigating the impact of human capital on the ecological footprint in India: An empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(26), 26782–26796. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05911-7>
- Ahmed, Z., Zafar, M. W., Ali, S., & Danish. (2020). Linking urbanization, human capital, and the ecological footprint in G7 countries: An empirical analysis. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102064. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102064>
- Akbar, M., Hussain, A., Akbar, A., & Ullah, I. (2021). The dynamic association between healthcare spending, CO2 emissions, and human development index in OECD countries: Evidence from panel VAR model. *Environment, Development and Sustainability*, 23(7), 10470–10489. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01066-5>.
- AŞICI, A. A., & Acar, S. (2018). How does environmental regulation affect production location of non-carbon ecological footprint? *Journal of Cleaner Production*, 178, 927–936. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.030>
- Bano, S., Zhao, Y., Ahmad, A., Wang, S., & Liu, Y. (2018). Identifying the impacts of human capital on carbon emissions in Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1082–1092. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.008>
- Beder, S. (2011). Environmental economics and ecological economics: The contribution of interdisciplinarity to understanding, influence and effectiveness. *Environmental Conservation*, 38(2), 140–150. <https://doi.org/10.1017/S037689291100021X>
- Bedir, S., & Yilmaz, V. M. (2016). CO2 emissions and human development in OECD countries: Granger causality analysis with a panel data approach. *Eurasian Economic Review*, 6(1), 97–110. <https://doi.org/10.1007/s40822-015-0037-2>
- Bieth, R. C. E. (2021). The influence of gross domestic product and Human Development Index on CO2 Emissions. *Journal of Physics: Conference Series*, 1808(1), 12034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1808/1/012034>
- British Petroleum (BP). (2021). 31 Aralık 2021 tarihinde *BP Statistical Review of World Energy*. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> adresinden alınmıştır.
- Can, M., Oluc, I., Sturm, B., Guzel, I., Gavurova, B., & Popp, J. (2022). Nexus between trading non-green products and environment: Introducing Non-Green Trade Openness Index. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.950453>
- Carrion-i-Silvestre, J. L., Kim, D., & Perron, P. (2009). GLS-based unit root tests with multiple structural breaks under both the null and the alternative hypotheses. *Econometric theory*, 25(6), 1754–1792.

- Costantini, V., & Monni, S. (2008). Environment, human development and economic growth. *Ecological Economics*, 64(4), 867–880. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.05.011>
- Danesh Miah, M., Farhad Hossain Masum, M., & Koike, M. (2010). Global observation of EKC hypothesis for CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> emission: A policy understanding for climate change mitigation in Bangladesh. *Energy Policy*, 38(8), 4643–4651. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.04.022>
- Danish, & wang, Z. (2019). Investigation of the ecological footprint's driving factors: What we learn from the experience of emerging economies. *Sustainable Cities and Society*, 49, 101626. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101626>
- Dörffel, C., & Schuhmann, S. (2022). What is inclusive development? Introducing the Multidimensional Inclusiveness Index. *Social Indicators Research*. <https://doi.org/10.1007/s11205-021-02860-y>
- Farhani, S., Mrizak, S., Chaibi, A., & Rault, C. (2014). The environmental Kuznets curve and sustainability: A panel data analysis. *Energy Policy*, 71, 189–198. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.04.030>
- Gamal, A. A. M., & Dahalan, J. (2015). Estimating the size of the underground economy in the UAE: Evidence from Gregory-Hansen cointegration based currency demand approach. *Review of Integrative Business and Economics Research*, 4(3), 183–206.
- Global Footprint Network (2022). 1 Ocak 2022 tarihinde <https://www.data.footprintnetwork.org/> adresinden erişilmiştir.
- Göçer, İ., & Peker, O. (2014). Yabancı doğrudan yatırımların verimlilik etkisi: Türkiye, Çin Ve Hindistan Örneğinde karşılaştırmalı çoklu yapısal kırılmalı eşbütünleşme analizi. *Verimlilik Dergisi*, (1), 7–40.
- Gregory, A. W., & Hansen, B. E. (1996). Residual-based tests for cointegration in models with regime shifts. *Journal of econometrics*, 70(1), 99–126.
- Grossman, G., & Krueger, A. (1991). *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement*. Cambridge, MA: National Bureau of economic research. <https://doi.org/10.3386/w3914>
- Gunkel, G. (2009). Hydropower – A green energy? Tropical reservoirs and greenhouse gas emissions. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 37(9), 726–734. <https://doi.org/10.1002/clen.200900062>
- Guo, R. (2018). Chapter 9 - Cross-border environmental pollution and management. R. B. T.-C.-B. R. M. (Third E. Guo (Ed.), (ss. 233–268). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64002-4.00009-X>
- Güzel, İ., & Oluç, İ. (2022). İhracat ürün çeşitlendirmesinin eEkolojik ayak izi üzerindeki etkisi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 14(26), 47–58. <https://doi.org/10.20990/kilisiibfakademik.1060437>
- Hanif, N., Arshed, N., & Aziz, O. (2020). On interaction of the energy: Human capital Kuznets curve? A case for technology innovation. *Environment, Development and Sustainability*, 22(8), 7559–7586. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00536-9>

- Hatemi-j, A. (2012). Asymmetric causality tests with an application. *Empirical Economics*, 43(1), 447–456.
- Hossain, M. A., & Chen, S. (2021). Nexus between Human Development Index (HDI) and CO2 emissions in a developing country: decoupling study evidence from Bangladesh. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(41), 58742–58754. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14822-5>
- International Energy Agency (2022). Turkey - Countries & Regions - IEA. 16 Nisan 2022 tarihinde <https://www.iea.org/countries/turkey> adresinden erişilmiştir.
- Jahanger, A., Usman, M., Murshed, M., Mahmood, H., & Balsalobre-Lorente, D. (2022). The linkages between natural resources, human capital, globalization, economic growth, financial development, and ecological footprint: The moderating role of technological innovations. *Resources Policy*, 76, 102569. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102569>
- Kassouri, Y., & Altıntaş, H. (2020). Human well-being versus ecological footprint in MENA countries: A trade-off? *Journal of Environmental Management*, 263, 110405. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110405>
- Khan, S., Yahong, W., & Chandio, A. A. (2022). How does economic complexity affect ecological footprint in G-7 economies: the role of renewable and non-renewable energy consumptions and testing EKC hypothesis. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(31), 47647–47660. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19094-1>
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental education research*, 8(3), 239–260.
- Kongbuamai, N., Bui, Q., Yousaf, H. M. A. U., & Liu, Y. (2020). The impact of tourism and natural resources on the ecological footprint: a case study of ASEAN countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(16), 19251–19264. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08582-x>
- Langnel, Z., Amegavi, G. B., Donkor, P., & Mensah, J. K. (2021). Income inequality, human capital, natural resource abundance, and ecological footprint in ECOWAS member countries. *Resources Policy*, 74, 102255. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102255>
- Lin, D., Hanscom, L., Murthy, A., Galli, A., Evans, M., Neill, E., ... Wackernagel, M. (2018). Ecological footprint accounting for countries: Updates and results of the national footprint accounts, 2012–2018. *Resources*. <https://doi.org/10.3390/resources7030058>
- Long, X., Yu, H., Sun, M., Wang, X.-C., Klemeš, J. J., Xie, W., Wang, Y. (2020). Sustainability evaluation based on the Three-dimensional Ecological Footprint and Human Development Index: A case study on the four island regions in China. *Journal of Environmental Management*, 265, 110509. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110509>
- Mahmood, N., Wang, Z., & Hassan, S. T. (2019). Renewable energy, economic growth, human capital, and CO2 emission: An empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(20), 20619–20630.

- Masud, M. M., Al-Amin, A. Q., Junsheng, H., Ahmed, F., Yahaya, S. R., Akhtar, R., & Banna, H. (2016). Climate change issue and theory of planned behaviour: Relationship by empirical evidence. *Journal of Cleaner Production*, 113, 613–623. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.080>
- McGillivray, M., & White, H. (1993). Measuring development? The UNDP's human development index. *Journal of International Development*, 5(2), 183–192. <https://doi.org/10.1002/jid.3380050210>
- Murshed, M., Ferdous, J., Rashid, S., Tanha, M. M., & Islam, M. J. (2021). The Environmental Kuznets curve hypothesis for deforestation in Bangladesh: An ARDL analysis with multiple structural breaks. *Energy, Ecology and Environment*, 6(2), 111–132. <https://doi.org/10.1007/s40974-020-00188-w>
- Nathaniel, S. P., Yalçiner, K., & Bekun, F. V. (2021). Assessing the environmental sustainability corridor: Linking natural resources, renewable energy, human capital, and ecological footprint in BRICS. *Resources Policy*, 70, 101924. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101924>
- Neumayer, E. (2001). The human development index and sustainability — a constructive proposal. *Ecological Economics*, 39(1), 101–114. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00201-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00201-4)
- Oluç, İ. (2015). Kalkınmada beşeri sermayenin rolü Burdur uygulaması. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Oluç, İ., & Güzel, İ. (2022). Finansal küreselleşme ve çevre ilişkisi: Türkiye örneği. *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute*, (50), 127–143. <https://doi.org/10.30794/pausbed.1056235>
- Oluç, İ., Jebli, M. Ben, Can, M., Guzel, İ., & Brusselaers, J. (2022). The productive capacity and environment: Evidence from OECD Countries. *Available at SSRN*.
- Omoke, P. C., Nwani, C., Effiong, E. L., Evbuomwan, O. O., & Emekwe, C. C. (2020). The impact of financial development on carbon, non-carbon, and total ecological footprint in Nigeria: New evidence from asymmetric dynamic analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(17), 21628–21646. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08382-3>
- Özsoy, C. E. (2015). Düşük karbon ekonomisi ve Türkiye'nin karbon ayak izi. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 4(9), 198–215.
- Pata, U. K. (2021). Renewable and non-renewable energy consumption, economic complexity, CO2 emissions, and ecological footprint in the USA: Testing the EKC hypothesis with a structural break. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 846–861. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10446-3>
- Pata, U. K., Aydin, M., & Haouas, I. (2021). Are natural resources abundance and human development a solution for environmental pressure? Evidence from top ten countries with The largest ecological footprint. *Resources Policy*, 70, 101923. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101923>
- Patchen, M. (2006). Public attitudes and behavior about climate change. *Purdue climate change research center outreach publication*, 601.

- Rahman, M. M., Nepal, R., & Alam, K. (2021). Impacts of human capital, exports, economic growth and energy consumption on CO2 emissions of a cross-sectionally dependent panel: Evidence from the newly industrialized countries (NICs). *Environmental Science & Policy*, 121, 24–36. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.03.017>
- Ravallion, M. (1997). Good and bad growth: The human development reports. *World Development*, 25(5), 631–638. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(96\)00141-6](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(96)00141-6)
- Sabir, S., & Gorus, M. S. (2019). The impact of globalization on ecological footprint: Empirical evidence from the South Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(32), 33387–33398.
- Sagar, A. D., & Najam, A. (1998). The human development index: A critical review<sup>1</sup> This paper is based, in part, on an earlier version presented at the 9th Annual Conference of the Academic Council of the United Nations System (ACUNS) held in Turin, Italy in June 1996.1. *Ecological Economics*, 25(3), 249–264. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00168-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00168-7)
- Sala, S., Farioli, F., & Zamagni, A. (2013). Progress in sustainability science: Lessons learnt from current methodologies for sustainability assessment: Part 1. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(9), 1653–1672. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0508-6>
- Sarkodie, S. A. (2021). Environmental performance, biocapacity, carbon & ecological footprint of nations: Drivers, trends and mitigation options. *Science of The Total Environment*, 751, 141912. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141912>
- Sileem, H. H. M. (2020). The existence of modified environmental Kuznets curve for gender inequality in the MENA economies: panel data model. *Sustainable Development and Social Responsibility*, 1, 239–245.
- Sinha, A., & Bhattacharya, J. (2016). Environmental Kuznets curve estimation for NO2 emission: A case of Indian cities. *Ecological Indicators*, 67, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.025>
- Stern, D. I. (2018). The Environmental Kuznets Curve ☆. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09278-2>
- Stern, D. I., & Common, M. S. (2001). Is there an environmental Kuznets curve for sulfur? *Journal of Environmental Economics and Management*, 41(2), 162–178.
- Tüleykan, H., & Demirci, Y. (2020). Sigortacılık sektörü ile İnsani Kalkınma Endeksi arasındaki ilişkinin analizi: 1985-2017 1. *Third Sector Social Economic Review*, 55(1), 111–133.
- UNDP (2022). Human Development Index (HDI) | Human Development Reports. 9 Mart 2022 tarihinde [https://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi?utm\\_source=EN&utm\\_medium=GSR&utm\\_content=US\\_UNDP\\_PaidSearch\\_Brand\\_English&utm\\_campaign=CENTRAL&c\\_src=CENTRAL&c\\_src2=GSR&gclid=Cj0KCCQiAmpyRBhC-ARIsABs2EAo7pPob\\_il04CzlpfoUr8kH2R8gG3ca7FiD\\_hufw08tl](https://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi?utm_source=EN&utm_medium=GSR&utm_content=US_UNDP_PaidSearch_Brand_English&utm_campaign=CENTRAL&c_src=CENTRAL&c_src2=GSR&gclid=Cj0KCCQiAmpyRBhC-ARIsABs2EAo7pPob_il04CzlpfoUr8kH2R8gG3ca7FiD_hufw08tl) adresinden erişilmiştir.
- Venkatachalam, L. (2007). Environmental economics and ecological economics: Where they can converge? *Ecological Economics*, 61(2), 550–558. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.05.012>

- Wang, Z., Rasool, Y., Asghar, M. M., & Wang, B. (2019). Dynamic linkages among CO2 emissions, human development, financial development, and globalization: Empirical evidence based on PMG long-run panel estimation. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(36), 36248–36263. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06556-2>
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of ‘carbon footprint’. *Ecological economics research trends*, 1, 1–11.
- Yilanci, V., & Pata, U. K. (2020). Investigating the EKC hypothesis for China: The role of economic complexity on ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(26), 32683–32694. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09434-4>
- Yıldırım, D. Ç., Yıldırım, S., Bostancı, S. H., & Turan, T. (2022). The nexus between human development and fishing footprint among mediterranean countries. *Marine Pollution Bulletin*, 176, 113426. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113426>
- Youssef, A. Ben, Boubaker, S., & Omri, A. (2020). Financial development and macroeconomic sustainability: Modeling based on a modified environmental Kuznets curve. *Climatic Change*, 163(2), 767–785. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02914-z>
- Zhang, B., Wang, B., & Wang, Z. (2017). Role of renewable energy and non-renewable energy consumption on EKC: Evidence from Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 156, 855–864.