

Ekolojik Ayak İzi ve İnsani Gelişmişlik İlişkisi: Türkiye İçin Ampirik Bir Analiz

Dilek Alma Savaş¹

Özet

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri, ekonomik büyümenin ötesine geçerek yaşam kalitesindeki iyileşmelerin ekolojik sınırlar içerisinde gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Bu çerçevede, sosyal refahın gelişimi, doğal kaynakların ve çevresel sürdürülebilirliğin tamamlayıcı göstergesi olarak değerlendirilmekte ve günümüzde hem akademik literatürde hem de politika yapım süreçlerinde öncelikli araştırma alanları arasında yer almaktadır. Bu bağlamda çok sayıda çalışmada olduğu üzere bu çalışmada da sosyal refahın ve yaşam standartlarındaki gelişimin göstergesi olarak Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından yayınlanan insani gelişmişlik endeksi (İGE), insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki baskısının göstergesi olarak da ekolojik ayak izi (EA) kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye örnekleminin 1990-2023 dönemine ait ekolojik ayak izi ve insani gelişmişlik endeksi arasındaki ilişkisini incelemektedir. Yapılan ARDL test sonuçları, ekolojik ayak izi ve insani gelişmişlik endeksi arasında ters-U ilişkisi olduğunu göstermektedir.

1. Giriş

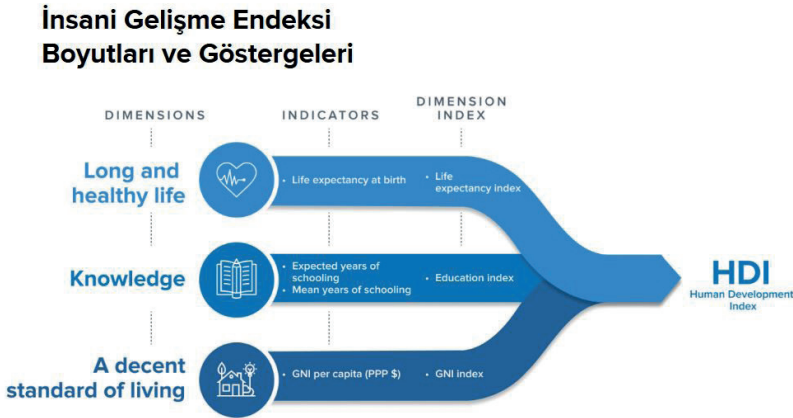
İnsani gelişimin değerlendirmesi, son yılların önemli araştırma konularındandır. Gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH), ilk aşamada insani gelişimin bir göstergesi olarak düşünülse de aslında insani gelişimi ölçme de yetersizdi. Bu yüzden günümüzde, GSYİH'nin yerine Amartya Sen tarafından 1980'li yıllarda geliştirilen ve temelde insan eksenli kalkınma anlayışını yansıtan insani gelişmişlik endeksi (İGE) kullanılmaktadır (Tüylüoğlu & Karalı, 2006). Bu endeks, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından 1990 yılından itibaren İnsani Gelişmişlik raporlarında yer almaktadır (Zhang & Zhu, 2022; Tüylüoğlu & Karalı, 2006). İnsani gelişmişlik endeksi, gözlemlenebilir ve farklı bağlamlarda

1 Dr. Öğr.Üyesi, Bitlis Eren Üniversitesi, dalma@beu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-6246-8539.

anlamlı bir şekilde karşılaştırılabilir göstergelere dayanması bakımından insani gelişmenin objektif bir ölçütüdür. Bu özelliğiyle, mutluluk veya yaşam memnuniyeti gibi öznel refah göstergelerini içeren diğer insani gelişmişlik ölçütlerinden ayrılmaktadır (Hickel, 2020).

İGE, insani gelişimin temel boyutlarında ortalama başarıyı ortaya koyan bir ölçüdür (UNDP, 2025). Diğer bir anlatımla; İGE, insani gelişimin üç temel boyutunu esas alarak bir ülkenin ortalama başarısını göstermektedir (Tüylüoğlu & Karalı, 2006). Söz konusu üç temel boyut; uzun ve sağlıklı bir yaşam, bilgili olmak ve iyi bir yaşam standardına sahip olma unsurlarını içermektedir (UNDP, 2025) ve Şekil 1 de gösterilmektedir:

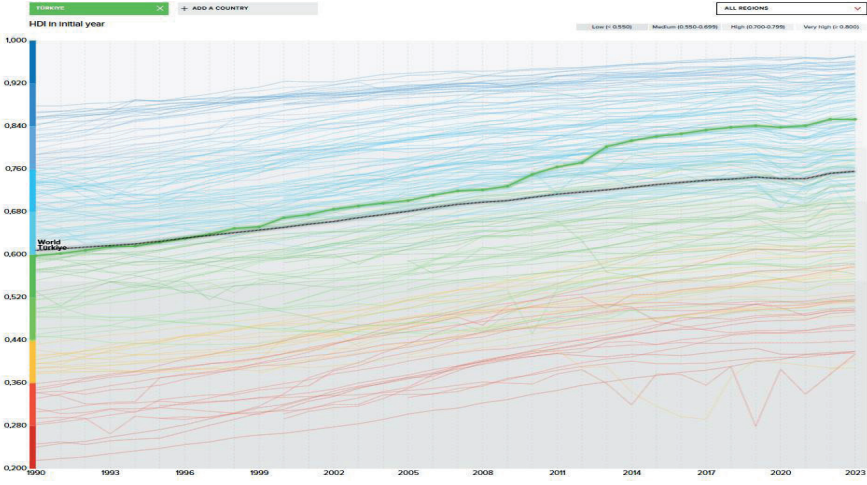
Şekil 1: İnsani gelişmişlik endeksi boyutları ve göstergeleri



Kaynak: UNDP, 2025.

UNDP'nin raporlarında her ülke için paylaştığı bir dizi İGE değeri, ülkeler arasında farklılık göstermekte olup Türkiye'ye ilişkin endeks değerinin artış seyrinde olduğu görülmektedir (Şekil 2).

Şekil 2: Türkiye'nin İnsani Gelişmişlik Endeksi (1990-2023)



Kaynak: UNDP, 2025.

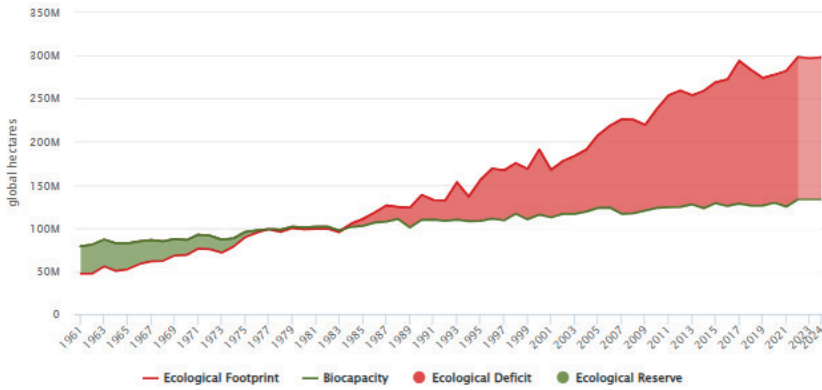
Sağlık, eğitim, yaşam standardı ve genel refah gibi ölçütleri içeren insani gelişmişlik, çevresel kalite/bozulma özellikle de çevresel sürdürülebilirlikle yakından ilişkili bir kavramdır. Dolayısıyla çevresel kalite/bozulma ve insani gelişmişlik arasındaki ilişkinin dengelenmesi, mevcut ihtiyaçların karşılanırken gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinin tehlikeye atılmaması açısından önemlidir (Robaina, vd. 2024).

İnsan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkisini değerlendirmede önemli bir rol üstlenen çevresel temel göstergelerden biri ekolojik ayak izidir (Sarwar, vd. 2024). Ekolojik ayak izi, insan tüketimine yönelik tüm kaynakların üretimi ve beşerî faaliyetler sonucunda üretilen atıkların bertaraf edilmesi için kullanılan toprak ve su miktarı olarak tanımlanmaktadır (Fakher, 2019; Hassan, vd. 2019; Syrovátka, 2020; WWF, 2012). Daha basit bir anlatımla kaynakların tüketilme ve atıkların üretilme hızını; beşerî faaliyetlerinin, çevre üzerindeki etkisini ölçmeyi amaçlayan araçlardan biridir (Syrovátka, 2020) ve sürdürülebilirliğin bir ölçüsü olarak da kullanılmaktadır (Fiala, 2008). GSYİH, enerji tüketimi, nüfus yoğunluğu, sanayi sektörünün katma değeri, kentleşme oranı, okuryazarlık oranı, doğrudan yabancı yatırım, insani gelişmişlik endeksi, finansal büyüme gibi değişkenler ulusların ekolojik ayak izinin belirlenmesinde etkilidir (Fakher, 2019; Zhang, vd. 2024; Uddin, vd. 2023). Ekolojik ayak izinin; enerji, tarım arazisi, mera, yerleşim alanı, deniz ve orman olmak üzere altı farklı arazi türü bulunmaktadır (Hassan, vd., 2019; Rashid vd., 2018).

Ulusal ölçekte ekolojik ayak izinin hesaplanması, çevresel yenileme sürecinde daha fazla sorumluluk üstlenmesi gereken toplumların belirlenmesine olanak sağlamaktadır (Erat vd., 2023). Bu sayede çevresel politika yapım süreçlerine analitik bir zemin de sunulmaktadır.

Türkiye’de 1980 öncesi dışa kapalı ithal ikameci sanayileşme modelinin uygulandığı dönemde ekolojik açığın ortaya çıkmadığı görülürken; ihracata dayalı büyüme yaklaşımının ve ticari ile finansal liberalizasyon uygulamalarının hayata geçirildiği 1980 sonrası dönemden artmaya başladığı (Apaydın,2020) günümüzde de bu artışın devam ettiği görülmektedir (Şekil 3). Ekolojik ayak izindeki artışlar, biyolojik olarak verimli alanlara yönelik talep artışını temsil ettiği ifade edilebilir (Apaydın,2020).

Şekil 3: Türkiye’nin Ekolojik Ayak izi (1961-2024)



Kaynak: Global Footprint Network, 2025.

2. Literatür

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri, birbirleriyle bütünleşik bir yapıya sahip olup, bir hedefte kaydedilen ilerleme diğer hedeflerin gerçekleştirilmesi için tamamlayıcı bir basamak işlevi görmektedir. Bu bütüncül yapı doğrultusunda, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarının birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmesi mümkün değildir. Nitekim sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı, ülkelerin performansını yalnızca GSYİH ve istihdam gibi ekonomik göstergeler üzerinden değil; aynı zamanda çevresel baskılar ve tahribat düzeyi ile bireylerin yaşam kalitesi ve temel insani gelişmişlik düzeyi çerçevesinde ele almaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar, çevresel baskı ve tahribat düzeyinin ekolojik ayak izi ve karbon ayak izi gibi göstergeler aracılığıyla analiz edildiğini; yaşam kalitesi

ve temel gelişmişlik düzeyinin ise sosyal gelişme endeksi, mutluluk endeksi ve insani gelişmişlik endeksi gibi ölçütler üzerinden değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, söz konusu alana ilişkin literatüre katkı sunan bazı güncel çalışmalar aşağıda özetlenmektedir:

Kassouri ve Altıntaş (2020), 1990-2016 dönemini kapsayan 13 MENA ülkesine ait verileri kullanarak, insan gelişimi ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi incelemiş ve bu iki sürdürülebilirlik temelli gösterge arasında bir denge ilişkisinin olup olmadığını test etmiştir. Bu çalışma da MENA bölgesi yedi petrol ihraç eden ülke ve altı petrol ihraç etmeyen ülke olarak iki alt gruba ayrılmaktadır. Bulgular, tüm örnekleme ve iki alt örnekleme, ekolojik ayak izi ve İGE ile ölçülen insan refahı arasında güçlü bir denge ilişkisinin varlığını ortaya koymaktadır.

Li ve Xu (2021), Çin'in 2004–2017 dönemine ait eyalet düzeyindeki verileri kullanarak çevresel kalite ile insani gelişim arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi ölçmek için Çevre Bozulma Endeksi (EDI) ve İGE kullanılmıştır. Analizde kullanılan eşzamanlı denklem modeli sonuçları, EDI ve İGE arasında ters U biçiminde bir ilişkiyi işaret etmektedir.

Pata vd. (2021), en büyük ekolojik ayak izine sahip ilk on ülke (Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan, Rusya, Brezilya, Japonya, Endonezya, Almanya, Meksika ve Birleşik Krallık) için 1992-2016 dönemi verilerine ilişkin küreselleşme, yenilenebilir enerji tüketimi, doğal kaynak bolluğu ve İGE'nin çevresel bozulma üzerindeki rolünü analiz etmiştir. Analiz sonuçları i) bootstrap LM panel koentegrasyon testine dayalı olarak seçilen seriler arasında uzun vadeli bir ilişki olduğunu, ii) AMG tahmincisi kullanarak, İGE ile ekolojik ayak izi arasında EKC şeklinde bir ilişkinin olmadığını, iii) doğal kaynakların bolluğunun ekolojik ayak izini artırdığını, yenilenebilir enerjinin ise çevresel bozulmayı azalttığını göstermektedir.

Opoku vd. (2022), insani gelişmişlikteki iyileşmenin çevresel sürdürülebilirliğin gerçekleştirilmesine katkısını incelemek için OECD ülkelerinin 1996-2016 dönemine ait verileri Driscoll-Kraay, araçsal değişken ve panel quantile regresyon yöntemlerini kullanarak analiz etmiştir. Analiz bulguları, eğitim ve insan sermayesi ile ölçülen insani gelişmişlik endeksindeki bir artışın, çevresel sürdürülebilirliğe pozitif (ekolojik ayak izi, karbondioksit, toplam sera gazı emisyonlarının azalması ve hava kirliliğine maruz kalmanın azalması aracılığıyla) katkı sağladığını vurgulamaktadır.

Uddin (2023), 2002–2018 döneminde 119 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkenin enerji tüketiminin, finansal kalkınmanın ve ekonomik kalkınmanın

ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yapılan ARDL analiz sonuçları, gelişmiş ülkelerde enerji tüketimi, finansal kalkınma, kentleşme, küreselleşme, doğrudan yabancı yatırım ve nüfus artışı gibi çeşitli faktörlerin ekolojik ayak izi ile pozitif bir ilişki içinde olduğunu; İGE ve doğal kaynakların, ekolojik ayak izini olumsuz etkilediğini göstermektedir. İlaveten analiz sonuçları, uzun vadede gelişmekte olan ülkelerde enerji tüketimi, finansal gelişme, kentleşme, doğrudan yabancı yatırım ve nüfus artışının ekolojik ayak izini olumlu etkilediğini; İGE, doğal kaynaklar ve küreselleşmenin ekolojik ayak izini olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Amjad ve ur Rehman (2023), 1990–2020 döneminde 78 gelişmekte olan ve 93 gelişmiş ülkeyi kapsayan bir analizle, sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı ölçen İGE ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Panel kantil regresyonu bulguları, düşük ekolojik ayak izine sahip gelişmiş ülkelerde U biçimli, yüksek ekolojik ayak izi gruplarında ise ters U biçimli bir Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC)'nin geçerli olduğunu göstermektedir. Buna karşılık analiz bulguları, gelişmekte olan ülkelerde tüm kantil gruplarında U şeklinde bir ilişkiyi işaret etmektedir.

Robaina vd. (2024), 2006–2018 döneminde 42 Avrupa ülkesine ait verilerle ekolojik ayak izi ile İGE arasındaki denge ilişkisini incelemiştir. Finansal kalkınma endeksi, küreselleşme endeksi, insan özgürlüğü endeksi, kentsel nüfus, biyokapasite, yenilenebilir enerji değişkenlerinin dahil edildiği çalışmada elde edilen ekonometrik bulgular, ekolojik ayak izi ile İGE arasında bir denge olduğunu göstermektedir.

Cebeci Mazlum (2024), 2003–2022 döneminde MINT ülkelerinde (Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye) insani gelişmişlik, kentleşme, ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. İlk olarak eş bütünleşme analizleri, söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. DOLSMG tahmin sonuçlarına göre, insani gelişmişlik düzeyindeki artış ekolojik ayak izini azaltırken, kentleşmedeki artış ekolojik ayak izini artırmakta; ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi ise sınırlı düzeyde kalmaktadır. Panel nedensellik analizi bulguları, ekolojik ayak izi ile kentleşme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunduğunu, ekolojik ayak izinden insani gelişmişliğe ve ekonomik büyümeden ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik ilişkilerinin varlığını göstermektedir.

Sarwar vd. (2024), 1990–2018 döneminde OECD ve OECD dışı ülkeleri kapsayan bir analizle, GSYİH ve sanayileşmeyi kontrol ederek kentleşme ve insani gelişmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi kullanılarak elde edilen bulgular, ülke

grupları arasında belirgin farklılıklar olduğunu göstermektedir. OECD ülkelerinde kentleşme ve ekonomik büyüme ekolojik ayak izini artırırken, İGE ve sanayileşmenin ekolojik ayak izi üzerinde negatif bir etkisi; OECD dışı ülkelerde ise GSYİH ve İGE ekolojik ayak izi üzerinde pozitif bir etkisi, buna karşılık sanayileşme ve kentleşmenin ekolojik ayak izi üzerinde negatif bir etkisi tespit edilmektedir.

Apaydın (2024), 1990–2021 döneminde 118 ülkeyi kapsayan bir analizle küreselleşme, ekonomik büyüme, insani gelişmişlik endeksi ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişki Granger nedensellik testi ile incelemiştir. Bulgular, dört farklı ülke grubunda (çok yüksek İGE, yüksek İGE, orta İGE ve düşük İGE) küreselleşme ve İGE'nin, ekolojik ayak izi ile tutarlı bir ortak nedensellik ilişkisi sergilediğini; orta İGE grubu dışında, küreselleşme ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izinin ortak Granger nedenleri olduğunu ortaya koymaktadır.

Iqbal (2024), ekolojik ayak izi tüketimi ve sanayileşmenin insani gelişimdeki diğer değişkenlerle olan ilişkisini 2011-2020 yılları arasında 8 Asya ülkesinden elde edilen verilerle analiz etmiştir. Bağımlı değişken olarak İGE kullanılmıştır. Bununla birlikte, ekolojik ayak izi tüketimi, sanayileşme, finansal gelişme ve işgücüne katılım oranı gibi değişkenler açıklayıcı değişkenler olarak kullanılmıştır. Rastgele etki yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar; ekolojik ayak izi tüketimi, sanayileşme ve özel sektörlere verilen yerel kredinin Asya ülkelerinin insan gelişimini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.

Alsaggaf (2024), Körfez İşbirliği Konseyi (GCC) ekonomilerinde ekonomik, sosyoekonomik ve yeşil göstergelerin ekolojik ayak izi üzerindeki rolünü incelemiştir. 1990-2019 dönemi verileri kullanılarak, değişkenler arasındaki uzun ve kısa vadeli ilişkileri belirlemek için çoklu panel testleri uygulanmış ve bulgular; ekonomik büyümenin GCC' deki uzun vadeli ekolojik ayak izini artırdığını; İGE ve finansal kapsama katsayılarının da ekolojik ayak iziyle pozitif ve anlamlı bir şekilde bağlantılı olduğunu göstermektedir. İlaveeten, sosyoekonomik endeks, ekolojik ayak izi ile GCC arasında negatif bir ilişki ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, dijitalleşme ve çevre teknolojilerinin ekolojik ayak izi üzerinde negatif ve büyük bir etkisi vardır.

Madris vd. (2025), 1996–2022 dönemine ait panel verileri kullanılarak yedi ASEAN ülkesinde çevresel ve ekonomik faktörlerin İGE üzerindeki etkilerini incelemiştir. FMOLS, CCR ve DOLS tahmin yöntemlerinden elde edilen bulgular, kişi başına ekolojik ayak izindeki artışın İGE'yi azalttığı;

ekonomik büyüme, sanayileşme, doğrudan yabancı yatırım ve nüfus yoğunluğundaki artışların ise İGE'yi artırdığını göstermektedir.

Annor vd. (2025), 1990–2018 döneminde Sahra Altı Afrika ülkelerinde finansal kalkınma, büyüme ve çevresel kalite arasındaki ilişkileri, İGE düzeylerine göre ayrıştırarak incelemiştir. Finansal Kalkınma Çevresel Kuznets Eğrisi çerçevesinde modellerin tahmininde Beck ve Katz tarafından geliştirilen panel düzeltmeli standart hata tahmincisi kullanılmıştır. Analiz sonuçlarında; i) Sahra Altı Afrika ülkelerindeki yüksek insani gelişme endeksi ve orta insani gelişmişlik endeksi ekonomilerinde finansal gelişmişlik ile ekolojik ayak izi arasında doğrusal olmayan (ters U şeklinde) bir ilişkinin varlığı; ii) finansal gelişme ve CO₂ emisyonları ile arasındaki ilişkinin, yüksek insani gelişmişlik endeksine sahip ekonomilerde U şeklinde, düşük insani gelişme endeksine sahip ekonomilerde ters U şeklinde olduğu; iii) kapsayıcı büyümenin, orta insani gelişmişlik endeksine sahip ekonomilerde çevre kalitesine (ekolojik ayak izi) zarar verdiği, düşük insani gelişmişlik endeksine sahip ekonomilerde çevre kalitesini iyileştirdiği görülmektedir.

3. Metodoloji ve Veri

Bu çalışmanın temel amacı, ekolojik ayak izi ile İnsani Gelişmişlik Endeksi (İGE) arasındaki etkileşimi ampirik olarak incelemek ve söz konusu ilişkinin Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi bağlamında doğrusal olmayan bir yapı (U veya ters-U formu) sergileyip sergilemediğini Türkiye özelinde ve 1990-2023 yılları arasında test etmektir. Bu teorik çerçeve doğrultusunda, insani gelişmişliğin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki potansiyel eşik etkilerini ve dönüşüm noktalarını belirleyebilmek adına, model spesifikasyonuna İGE değişkeni ile İGE² dahil edilmiştir. Ayrıca, ekonomik büyüme dinamiklerinin çevresel baskı unsurları üzerindeki açıklayıcı gücünü kontrol etmek amacıyla, kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hasıla değişkeni de modele entegre edilmiştir. Bu çalışmanın ampirik analizinde kullanılan veri seti, uluslararası literatürde geçerliliği yüksek ve güvenilirliği kanıtlanmış kurumsal veri tabanlarından derlenmiştir. Küresel ölçekte ekolojik sürdürülebilirliğin temel göstergesi olarak kabul edilen Ekolojik Ayak İzi (EA) verileri, Global Footprint Network platformundan sağlanmıştır. Söz konusu değişken, ülkelerin tüketim kalıplarının mevcut doğal kaynak sınırları üzerindeki baskısını ve sürdürülebilirlik düzeyini ölçmek adına kritik bir indikatör niteliği taşımaktadır. Diğer bir değişken olan ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından yıllık periyotlarla hesaplanan İnsani Gelişmişlik Endeksi (İGE) çalışmaya dahil edilmiştir. Eğitim, sağlık ve yaşam standartları gibi alt boyutları kapsayan bu değişken, halihazırda normalize edilmiş bileşik bir endeks yapısına sahip

olması nedeniyle, herhangi bir doğrusal dönüşüme tabi tutulmaksızın doğrudan analize entegre edilmiştir. Ekonomik büyüme seviyesinin göstergesi olarak, Dünya Bankası (World Bank) veri tabanından elde edilen (2015 yılı sabit fiyatlarıyla (ABD doları)) kişi başına gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYİH) serisi kullanılmıştır. Ekonometrik analizlerde serilerin normalize etmek amacıyla literatürde yaygın olarak başvurulmuş logaritmik dönüşüm işlemi; yapısal istisnası bulunan İGE değişkeni hariç tutulmak suretiyle diğer tüm değişkenlere uygulanmıştır. Analizler, bu dönüşüm süreci sonrası elde edilen seriler üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 1: Tanımlayıcı İstatistikler

	EA	İGE	GSYİH
<i>Ortalama</i>	19.158	0.725	8.993
<i>Ortanca</i>	19.204	0.715	8.979
<i>Maksimum</i>	19.513	0.853	9.596
<i>Minimum</i>	18.698	0.598	8.537
<i>Std. Hata</i>	0.2624	0.087	0.332
<i>Çarpıklık</i>	-0.2691	0.102	0.246
<i>Basıklık</i>	1.7637	1.581	1.717
<i>Jarque-Bera</i>	2.5754	2.909	2.674
<i>Olasılık</i>	0.2758	0.233	0.262
<i>Gözlem Sayısı</i>	34	34	34

Tablo 1, ekonometrik analizde kullanılan EA, İGE, İGE² ve GSYİH değişkenlerine ait betimsel istatistikleri göstermektedir ve toplam gözlem sayısı 34 olarak gerçekleşmiştir. Değişkenlerin merkezi eğilim ölçüleri incelendiğinde, ortalama ve medyan değerlerinin birbirine oldukça yakınsadığı görülmektedir; bu durum, serilerin dağılımında aşırı uç değerlerin baskın olmadığını ve simetrik bir yapıya yakın olduğunu işaret etmektedir. Değişkenlerin standart sapma değerleri ele alındığında, en yüksek varyasyonun GSYİH değişkeninde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Tüm değişkenler için çarpıklık katsayılarının düşük düzeyde olduğu, basıklık değerlerinin ise normal dağılım karakteristikleri ile uyumlu bir seyir izlediği gözlemlenmiştir. Serilerin normal dağılım varsayımını sınamak amacıyla uygulanan Jarque-Bera test sonuçları da bu bulguları destekler niteliktedir. Elde edilen olasılık değerlerinin 0.05 anlamlılık düzeyinden büyük olması nedeniyle, serilerin normal dağılım gösterdiğine dair kurulan sıfır hipotezi reddedilememiş; dolayısıyla değişkenlerin istatistiksel olarak normal dağıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Analiz süreci, insani gelişmişlik seviyesindeki artışın

başlangıçta ekolojik ayak izini artırıcı bir etki yaratıp yaratmadığını yada belirli bir gelişmişlik eşiğinden sonra bu etkinin tersine dönerek çevresel kalitenin iyileşmesine katkı sağlayıp sağlamadığını sınılamaya odaklanmaktadır. Bu yaklaşım, sosyo-ekonomik kalkınma hedefleri ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengenin anlaşılmasına ve bu etkileşimin yön değiştirdiği kritik dönüm noktalarının varlığını tespit edilmesine olanak tanımaktadır. Bu kapsamda kurgulanan modelin formal ifadesi aşağıda sunulmuştur;

$$\text{Ekolojik Ayakizi} = f(IGE, IGE^2, GSYİH)$$

Çalışmanın analiz süreci, değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkilerin tutarlı bir şekilde tahmin edilmesini sağlamak amacıyla, sistematik ve aşamalı bir ekonometrik prosedür çerçevesinde yürütülmüştür. Bu sürecin ilk aşamasında, zaman serisi analizlerinin temel ön koşulu olan durağanlık özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Serilerin durağanlık seviyelerini tespit etmek amacıyla, literatürde yaygın kabul gören Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri uygulanmıştır. İki farklı testin bir arada kullanılması, durağanlık sınavının güvenilirliğini artırmak adına tercih edilmiştir.

Birim kök testlerinden elde edilen bulgular doğrultusunda, serilerin durağanlık yapılarına uygun bir modelleme stratejisi izlenmiştir. Bu kapsamda, değişkenler arasındaki ilişkileri analiz etmek üzere Pesaran ve Smith (1998), Pesaran ve Shin (1998) ile Pesaran ve diğerleri (2001) tarafından literatüre kazandırılan ve geliştirilen Gecikmesi Dağıtılmış Otoresgresif (Autoregressive Distributed Lag - ARDL) sınır testi yaklaşımı benimsenmiştir. ARDL yönteminin bu çalışmada tercih edilmesinin temel nedeni; geleneksel eşbütünleşme testlerinin aksine, serilerin tümünün aynı dereceden durağan olması zorunluluğunu ortadan kaldırmasıdır. ARDL yaklaşımı, değişkenlerin seviyesinde $I(0)$ veya birinci farkında $I(1)$ durağan olduğu durumlarda dahi uygulanabilir olması ve nispeten küçük örneklemelerde bile etkin ve yansız tahminler üretebilmesi gibi önemli metodolojik avantajlar sunmaktadır. Ayrıca bu yöntem, uzun dönem katsayıları ile kısa dönem hata düzeltme mekanizmasını eşanlı olarak tek bir denklem sistemi içinde tahmin etme imkânı sağlamaktadır. Bu teorik ve metodolojik çerçeveye dayandırılarak oluşturulan ARDL modelinin matematiksel denklemi Denklem 1’de detaylı olarak gösterilmiştir

$$\begin{aligned} \Delta EA = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_1 \Delta EA_{t-i} + \sum_{i=1}^m \alpha_2 \Delta \dot{IGE}_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_3 \Delta \dot{IGE}_{t-i}^2 \\ & + \sum_{i=0}^m \alpha_4 \Delta GSY\dot{I}H + \lambda_1 EA_{t-1} + \lambda_2 \dot{IGE}_{t-1} + \lambda_3 \dot{IGE}_{t-1}^2 + \lambda_4 GSY\dot{I}H + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (1)$$

Burada, β ve α katsayıları temsil etmekte ve ε ise hata terimini ifade etmektedir.

ARDL sınır testi yaklaşımının sağladığı önemli avantajlardan biri de uzun dönem ilişkilerinin yanı sıra kısa dönem dinamiklerinin de analiz edilebilmesine olanak tanınmasıdır. Bu çerçevede, değişkenler arasında meydana gelen kısa dönemli sapmaların veya şokların sönümlenerek sistemin yeniden uzun dönem dengesine yakınsama sürecini ortaya koymak amacıyla Hata Düzeltme Modeli (Error Correction Model - ECM) tahmin edilmiştir. Sistemin dengeye dönüş hızını ve uyarılma mekanizmasını matematiksel olarak ifade eden bu modele Denklem 2’de yer verilmiştir.

$$\begin{aligned} \Delta EA = & \theta + \sum_{i=1}^m \theta_1 \Delta EA_{t-i} + \sum_{i=0}^m \theta_2 \Delta \dot{IGE}_{t-i} + \sum_{i=0}^m \theta_3 \Delta \dot{IGE}_{t-i}^2 \\ & + \sum_{i=0}^m \theta_4 \Delta GSY\dot{I}H + \phi ECM_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (2)$$

Hata Düzeltme Modeli’nin tahmin edilmesinin ardından, oluşturulan modelin istatistiksel geçerliliğini, tutarlılığını ve ekonometrik varsayımlara uygunluğunu teyit etmek amacıyla kapsamlı tanısal testler gerçekleştirilmiştir. Tahmin edilen katsayıların ve model parametrelerinin zaman içerisindeki yapısal kararlılığını analiz etmek üzere Kümülatif Toplam (CUSUM) ve Kümülatif Kareler Toplamı (CUSUM of Squares) testlerine başvurulmuştur. Buna ek olarak, modelin spesifikasyon başarısını ölçmek ve olası tanımlama hatalarını tespit etmek amacıyla tamamlayıcı analizler uygulanmıştır. Bu kapsamda, Ramsey Reset testi, Breusch-Pagan-Godfrey testi, Breusch-Godfrey Testi ve Jarque-Bera Normallik Testi kullanılarak modelin istatistiksel sağlamlığı kontrol edilmiştir.

4. Ekonometrik Sonuçlar

Bu çalışmanın temel amacı, İnsani Gelişmişlik Endeksi ve bu değişkenin karesi ile Ekolojik Ayak İzi arasındaki ilişkiyi ampirik olarak incelemek; bu ilişkinin U veya ters-U şeklinde doğrusal olmayan bir yapı sergileyip sergilemediğini tespit etmektir. Eş zamanlı olarak, ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini de modele dahil eden bu analiz

çerçevesinde, metodoloji bölümünde ana hatları çizilen ekonometrik metodoloji sırasıyla uygulanmıştır. Zaman serisi analizlerinin güvenilirliği açısından atılması gereken ilk adım, serilerin durağanlık özelliklerinin belirlenmesidir. Bu bağlamda, değişkenlerin durağanlık derecelerini saptamak amacıyla Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testlerine başvurulmuştur. Söz konusu testlerden elde edilen sonuçlar, analiz edilen değişkenlerin hem düzey hem de birinci fark seviyesindeki durağanlık durumlarını belirlemek ve uygun modelleme stratejisine karar vermek amacıyla kullanılmıştır.

Tablo 2: Birim Kök Test Sonuçları

a) Augmented Dickey Fuller

		Seviye				Fark			
		EA	İGE	İGE ²	GSYİH	EA	İGE	İGE ²	GSYİH
Sabit	t-İstatistiği	-1.201	-0.215	0.262	0.665	-9.228	-4.654	-4.508	-5.736
	Olasılık	0.661	0.926	0.972	0.989	0.000	0.000	0.001	0.000
Sabit & Trend	t-İstatistiği	-3.666	-1.563	-1.831	-2.576	-9.207	-4.553	-4.404	-5.781
	Olasılık	0.039	0.785	0.666	0.292	0.000	0.005	0.007	0.000

b) Philips Perron

		Seviye				Fark			
		EA	İGE	İGE ²	GSYİH	EA	İGE	İGE ²	GSYİH
Sabit	t-İstatistiği	-0.864	-0.272	0.085	1.970	-11.458	-4.746	-4.591	-6.501
	Olasılık	0.786	0.918	0.959	0.999	0.000	0.000	0.000	0.000
Sabit & Trend	t-İstatistiği	-3.800	-2.043	-2.118	-2.472	-16.449	-4.648	-4.504	-7.636
	Olasılık	0.029	0.556	0.517	0.338	0.000	0.004	0.005	0.000

Augmented Dickey-Fuller ve Philips Perron testi sonuçları incelendiğinde; İGE, İGE² ve GSYİH serilerinin düzey değerlerinde durağanlık koşulunu sağlamadıkları ve birim kök içerdikleri görülmektedir. Buna karşın, ilgili serilerin birinci farkları alınıp sabitli ve sabitli-trendli modeller altında sınıandığında, %1 anlamlılık düzeyinde durağan hale geldikleri tespit edilmiştir. Bu bulgular, söz konusu değişkenlerin birinci derecede durağan, yani I(1) sürecine sahip olduklarını göstermektedir. Öte yandan, EA değişkeninin durağanlık yapısı farklılık göstermektedir. Seri, ‘sadece sabitli’ modelde düzey değerinde durağan değilken; modele sabit ve trend eklendiğinde %5 anlamlılık düzeyinde durağan yapıya kavuşmaktadır.

Tablo 3: Sınır Testi

Test İstatistiği	Değer	Anlamlılık	I(0)	I(1)
F- İstatistiği	19.671	10%	2.72	3.77
k	3	5%	3.23	4.35
		2.5%	3.69	4.89
		1%	4.29	5.61

Zaman serisi analizlerinde, değişkenlerin durağanlık özelliklerinin belirlenmesini takiben atılması gereken en kritik adım, söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli ve kararlı bir denge ilişkisinin varlığının sınanmasıdır. Bu bağlamda, ekolojik ayak izi, insani gelişmişlik endeksi ve ekonomik büyüme değişkenleri arasındaki uzun dönemli etkileşimi ampirik olarak ortaya koymak amacıyla ARDL Sınır Testi yaklaşımı uygulanmıştır. Gerçekleştirilen analiz sonucunda, modelin genel anlamlılığını test eden F-istatistiği değeri 19.671 olarak hesaplanmıştır. Böylelikle, hesaplanan istatistiğin hem %1 hem de %5 anlamlılık düzeyleri için belirlenen üst kritik sınır değerlerinin belirgin bir şekilde üzerinde olduğu görülmüştür. İstatistiksel açıdan bu bulgu, değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı yönündeki sıfır hipotezinin güçlü bir biçimde reddedildiğini göstermektedir.

Tablo 4: Uzun Dönem Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistiği	Olasılık
İGE	12.937	1.671	7.740	0.000
İGE ²	-8.463	1.201	-7.044	0.000
GSYİH	0.677	0.120	5.599	0.000

Tablo 4'te raporlanan ARDL (1, 1, 1, 0) modeli tahmin sonuçları, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin yapısını ve katsayıların istatistiksel anlamlılık düzeylerini ortaya koymaktadır. İnsani Gelişmişlik Endeksi (İGE) ve bu değişkenin karesini temsil eden karesel terimin (İGE²) katsayıları incelendiğinde; İGE değişkeninin katsayısının pozitif, İGE² değişkeninin katsayısının ise negatif işaretli ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu ampirik kanıt, insani gelişmişlik düzeyi ile ekolojik ayak izi arasında doğrusal olmayan bir ilişkinin varlığını teyit etmektedir. Bulgular, kalkınma sürecinin başlangıç aşamalarında insani gelişmişlikteki artışın ekolojik ayak izini artırıcı bir baskı yarattığını; ancak belirli bir gelişmişlik eşiğinin aşılmasının ardından, bu etkinin yön değiştirerek çevresel

bozulmayı azaltıcı bir nitelik kazandığını göstermektedir. Katsayıların sırasıyla pozitif ve negatif (+ /-) işaretlere sahip olması, literatürdeki Çevresel Kuznets Eğrisi hipoteziyle uyumlu olarak, değişkenler arasında Ters-U formunda bir ilişkinin mevcut olduğunu istatistiksel olarak doğrulamaktadır. Öte yandan, kontrol değişkeni olarak modele dahil edilen Kişi Başına Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) değişkeninin uzun dönem katsayısı incelendiğinde, ekolojik ayak izi üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 5: Hata Düzeltme Modeli

<i>Değişkenler</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t-İstatistiği</i>	<i>Olasılık</i>
<i>ECM</i>	-0.951	0.101	-9.368	0.000
<i>İGE</i>	37.418	6.552	5.710	0.000
<i>İGE²</i>	-23.399	4.270	-5.479	0.000
<i>GSYİH</i>	0.644	0.114	5.633	0.0000
<i>C</i>	7.784	0.831	9.357	0.000
<i>R-squared</i>	0.797	Mean dependent var		0.023120
<i>Adjusted R-squared</i>	0.776	S.D. dependent var		0.062368
<i>S.E. of regression</i>	0.029	Akaike info criterion		-4.097275
<i>Sum squared resid</i>	0.025	Schwarz criterion		-3.915880
<i>Log likelihood</i>	71.605	Hannan-Quinn criter.		-4.036241
<i>Durbin-Watson stat</i>	1.766			

Uzun dönemli denge ilişkilerinin tespit edilmesinin yanı sıra, sistemin kısa dönem dinamiklerinin ve olası sapmaların dengeye uyarlanma sürecinin analizi de ampirik bütünlük açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda tahmin edilen Hata Düzeltme Modeli sonuçları incelendiğinde; Hata Düzeltme Terimi (ECT) katsayısının, teorik beklentilerle tam uyumlu olarak negatif işaretli ve istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmektedir. Hesaplanan katsayı değerinin -0.951 gibi oldukça yüksek ve mutlak değerce 1'e yakın bir seviyede gerçekleşmesi, sistemin uyarlama hızının son derece kuvvetli olduğuna işaret etmektedir. Bu bulgu, değişkenler arasında kısa dönemde meydana gelen herhangi bir dengesizliğin veya şokun etkisinin yaklaşık %95 gibi büyük bir oranının bir sonraki dönemde sönümlendiğini ve sistemin uzun dönem dengesine çok hızlı bir şekilde yeniden yakınsadığını göstermektedir.

Ayrıca, analiz kapsamındaki tüm değişkenlerin hem kısa hem de uzun dönemde %1 istatistiksel anlamlılık düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Kısa dönem katsayı tahminleri detaylandırıldığında, bulguların uzun dönem

sonuçlarıyla yapısal bir tutarlılık ve paralellik sergilediği görülmektedir. İGE ve İGE² kısa dönem dinamiklerinde de anlamlı etkilerini sürdürerek, ekolojik ayak izi ile aralarındaki doğrusal olmayan ilişkiyi doğrulamaktadır. Benzer şekilde, ekonomik büyüme göstergesi olan GSYİH değişkeni de uzun dönemde olduğu gibi kısa dönemde de ekolojik ayak izi üzerinde pozitif ve artırıcı bir etki yaratmaktadır

Tablo 6: Tanısal Test Sonuçları

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi

F-statistic	0.284	Prob. F(2,30)	0.754
Obs*R-squared	0.764	Prob. Chi-Square(2)	0.682

Değişen Varyans (Heteroskedastisite) Testi: Breusch-Pagan-Godfrey

<i>F-statistic</i>	0.695	<i>Prob. F(6,31)</i>	0.655
<i>Obs*R-squared</i>	4.561	<i>Prob. Chi-Square(6)</i>	0.601
<i>Scaled explained SS</i>	2.689	<i>Prob. Chi-Square(6)</i>	0.846

Ramsey RESET Testi

	Value	df	Probability
F-statistic	3.474	(1, 25)	0.0741

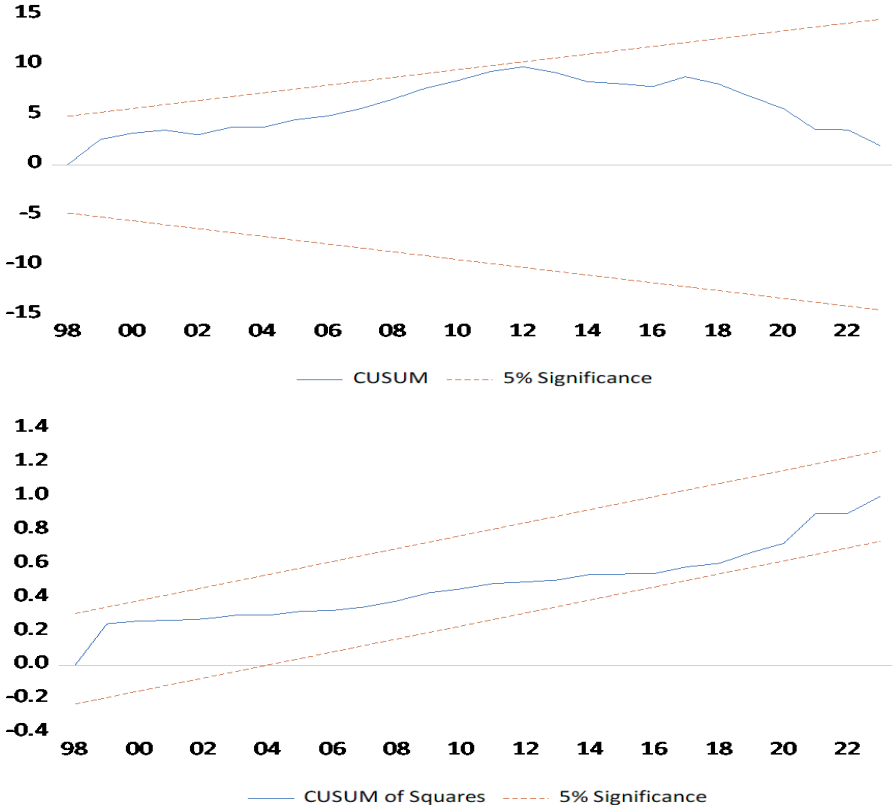
Jarque-Bera Normallik Testi

Jarque-Bera	0.431
Olasılık	0.806

Tahmin edilen modelin istatistiksel geçerliliğini, parametre tutarlılığını ve ekonometrik varsayımlara uygunluğunu denetlemek amacıyla gerçekleştirilen tanısal test sonuçları Tablo 6’te özetlenmiştir. Elde edilen bulgular, modelin yapısal sağlamlığını ve analiz sonuçlarının güvenilirliğini göstermiştir. Detaylı olarak incelendiğinde; modelin fonksiyonel formunun doğruluğunu sınoyan Ramsey RESET testi, modelde herhangi bir spesifikasyon hatası bulunmadığını ve kurulan modelin matematiksel formunun doğru tanımlandığını göstermektedir. Hata terimleri arasındaki ilişkiyi irdeleyen LM testi, serilerde otokorelasyon sorunu olmadığını ortaya koyarken; değişen varyans testi sonuçları, değişen varyans problemi barındırmadığını kanıtlamıştır. Buna ek olarak, hata terimlerinin dağılım özelliğini inceleyen normallik testi, kalıntıların normal dağılım varsayımını karşıladığını göstermektedir. Tüm bu tanısal sınamalar bir bütün olarak değerlendirildiğinde; kurulan modelin gerekli tüm istatistiksel varsayımları

sağladığı, dolayısıyla elde edilen katsayı tahminlerinin ve analiz sonuçlarının güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Şekil 4: Kümülatif Toplam ve Kümülatif Kareler Toplamı



Ekonometrik analiz sürecinin tamamlayıcı bir adımı olarak, tahmin edilen modelin parametrelerinin zaman boyutunda kararlılık gösterip göstermediğini sınamak amacıyla Kümülatif Toplam (CUSUM) ve Kümülatif Kareler Toplamı (CUSUMSQ) testleri uygulanmıştır. Bu testler, model katsayılarının belirli güven aralıkları içerisinde kalıp kalmadığını tespit etmektedir.

Elde edilen test sonuçları incelendiğinde, hesaplanan test istatistiklerinin analiz dönemi boyunca belirlenen kritik sınır değerleri dışına taşmadığı ve güven aralığı içerisinde seyrettiği gözlemlenmiştir. İstatistiksel sınırların ihlal edilmemesi, tahmin edilen parametrelerin zaman içinde istikrarlı bir yapı sergilediğini ve modelin yapısal kararlılık koşulunu sağladığını doğrulamaktadır.

5. SONUÇ

Doğal kaynakların kıtlığı ve çevresel kısıtlamalar bağlamında, sosyal refahı en üst düzeye çıkarmak sürdürülebilir kalkınmanın gerekliliğidir (Long,2020) Sürdürülebilir kalkınma hedefleri, refahın geliştirilmesi, ekonomik kalkınmanın desteklenmesi ve çevresel korunmanın sağlanması amacıyla, insanlığın karşı karşıya bulunduğu küresel sorunlara çözüm üretmek üzere 2030 Gündemi kapsamında belirlenmiştir (Opoku, vd., (2022). Bu hedeflerden özellikle 6., 7., 8., 12., 13., 14. ve 15. hedefler, çevresel bozulmayı önlemeyi, biyoçeşitliliği teşvik etmeyi, karbon emisyonlarını azaltmayı, enerji tüketimini iyileştirmeyi destekleyerek ekosistemi korumayı amaçlarken (Annor, vd.2025), özellikle 1.,2., 3., 4., 5.,8., 10., 11., 16. hedefler ise temel yaşam koşullarının güvence altına almayı, sağlık ve eğitim olanaklarının geliştirmeyi, eşitlik ve kapsayıcılığı sağlamayı, insana yakışır çalışma koşullarını oluşturmayı ve yaşam kalitesinin artırmayı destekleyerek insani gelişmişliğin güçlendirilmesini amaçlamaktadır. Dolayısıyla, ülkelerin sürdürülebilir ve büyük ölçekli ekonomik kalkınma hedeflerinde çevresel/ ekolojik sürdürülebilirliğin ve insani gelişmişliğin rolü aşikardır.

Bu çalışmada, ekolojik sürdürülebilirliğin temel göstergesi olan Ekolojik Ayak İzi ile İnsani Gelişmişlik Endeksi (İGE) ve ekonomik büyüme (Kişi Başına GSYH) arasındaki ilişki ekonometrik yöntemlerle incelenmiştir. Türkiye için 1990-2023 yıllarını kapsayan veri seti üzerinde gerçekleştirilen analizler, çevre ekonomisi ve kalkınma ekonomisi literatüründeki temel hipotezlerin sınanmasına olanak tanımıştır.

Analiz sürecinin ilk aşamasında uygulanan ADF ve PP birim kök testleri, serilerin durağanlık yapılarını ortaya koymuş ve değişkenlerin birinci farklarında durağan (I(1)) hale geldiğini göstermiştir. Bu bulgular ışığında tercih edilen ARDL Sınır Testi yaklaşımı, değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü bir eşbütünlüşme ilişkisinin varlığını kanıtlamıştır. Uzun dönem katsayı tahminleri incelendiğinde, İGE değişkeninin katsayısının pozitif, İGE² ise negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, insani gelişmişlik düzeyi ile çevresel bozulma arasında “Ters-U” şeklinde doğrusal olmayan bir ilişkinin varlığını ampirik olarak doğrulamaktadır. Bir başka deyişle, insani gelişmişlik sürecinin başlangıç evrelerinde ekolojik ayak izi artış gösterse de belirli bir gelişmişlik eşiği aşıldıktan sonra bu etkinin yön değiştirerek çevresel sürdürülebilirliğe olumlu katkı sağladığı anlaşılmaktadır. Buna karşılık, GSYİH hem kısa hem de uzun dönemde ekolojik ayak izini artırıcı bir etki yarattığı ve çevresel baskı unsuru olmaya devam ettiği görülmüştür. Kısa dönem dinamiklerini yansıtan Hata Düzeltme Modeli sonuçları, sistemin dengeye dönüş

mekanizmasının oldukça güçlü olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, kısa dönem katsayılarının uzun dönem bulgularıyla paralellik göstermesi, analiz sonuçlarının tutarlılığını pekiştirmektedir.

Elde edilen bu bulgular bütünüyle değerlendirildiğinde; çalışmanın sonuçları, insani gelişmişliğin ileri aşamalarının çevresel kaliteyi iyileştirme potansiyeli taşıdığını, ancak ekonomik büyüme odaklı politikaların çevresel maliyetlerinin göz ardı edilmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Kaynakça

- Alsaggaf, M. I. (2024). The dynamic nexus between economic factors, socioeconomic factors, green growth factors, and ecological footprint: evidence from GCC economies. *AIMS Environmental Science*, 11(5), 797-830.
- Amjad, M. A., & ur Rehman, H. (2023). The long run dynamics of sustainable economic development on ecological footprint in developed and developing countries: panel quantile regression. *Review of Education, Administration & Law*, 6(2), 191-210.
- Annor, L. D. J., Robaina, M., & Vieira, E. (2025). Financial development, inclusive growth, and environmental quality: emerging markets perspective: Financial development, inclusive growth...: LDJ Annor et al. *Environment, Development & Sustainability*, 27(3).
- Apaydın, Ş. (2020). Küreselleşmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkileri: Türkiye örneği. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 23-42.
- Apaydın, Ş. (2024). The Causal Dynamics of Globalization, Human Development and Economic Growth on Ecological Footprint: An HDI-Based Cross-Country Analysis. *Politik Ekonomik Kuram*, 8(4), 1298-1309.
- Cebeci Mazlum, E. (2024). Linking Human Development Index, Urbanization, Economic Growth and the Ecological Footprint: The Case of MINT Countries. *Kent Akademisi*, 17(Sürdürülebilir İnsani Kalkınma ve Kent), 301-318.
- Erat, V., Savaş, D. A., & Savaş, Y. (2023). Türkiye’de Ekonomik Büyüme ve Ekolojik Ayak İzi Arasında Nedensellik İlişkisinin Analizi: Dalgacık Yöntemi Yaklaşımı. *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty*, 10(2), 1608-1626.
- Fakher, H. A. (2019). Investigating the determinant factors of environmental quality (based on ecological carbon footprint index). *Environmental science and pollution research*, 26(10), 10276-10291.
- Fiala, N. (2008). Measuring sustainability: Why the ecological footprint is bad economics and bad environmental science. *Ecological economics*, 67(4), 519-525.
- Global Footprint Network (GFN), 2025, Country Trends, <https://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?cn=223&type=BCtot,EFCtot>. Erişim tarihi: 15.12.2025.
- Hassan, S. T., Baloch, M. A., Mahmood, N., & Zhang, J. (2019). Linking economic growth and ecological footprint through human capital and biocapacity. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101516.
- Hickel, J. (2020). The sustainable development index: Measuring the ecological efficiency of human development in the anthropocene. *Ecological economics*, 167, 106331.

- Iqbal, S., Siddique, M., Fouzia, M., & Bashir, S. (2024). Ecological Footprints Consumption, Industrialization and Human Development of Selected Asian Countries. *Journal of Education and Social Studies*, 5(3), 280–285.
- Kassouri, Y., & Altıntaş, H. (2020). Human well-being versus ecological footprint in MENA countries: a trade-off?. *Journal of environmental management*, 263, 110405.
- Li, X., & Xu, L. (2021). Human development associated with environmental quality in China. *Plos one*, 16(2), e0246677.
- 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.
- Madris, M., Manulusi, M. R., Yunus, A. K. F. A., & Mubarak, M. S. (2025). Integration Ecological and Economic Factors in Shaping Human Development: Evidence from ASEAN Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 15(4), 608.
- Opoku, E. E. O., Dogah, K. E., & Aluko, O. A. (2022). The contribution of human development towards environmental sustainability. *Energy Economics*, 106, 105782.
- 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.
- Pesaran, M. H., & Shin, Y. (1998). An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis. In S. Strom (Ed.), *Econometrics and Economic Theory: The Ragnar Frisch Centennial Symposium* (pp. 371-413). Cambridge University Press.
- Pesaran, M. H., & Smith, R. J. (1998). Structural analysis of cointegrating VARs. *Journal of Economic Surveys*, 12(5), 471-505.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Robaina, M., Rodrigues, S., & Madaleno, M. (2024). Is there a trade-off between human well-being and ecological footprint in European countries?. *Ecological Economics*, 224, 108296.
- Sarwar, N., Bibi, F., Junaid, A., & Alvi, S. (2024). *Impact of urbanization and human development on ecological footprints in OECD and non-OECD countries. Heliyon*, 10 (15), e38058.
- Syrovátka, M. (2020). On sustainability interpretations of the Ecological Footprint. *Ecological Economics*, 169, 106543.

- Tüylüoğlu, Ş., & Karalı, B. (2006). İnsani Kalkınma Endeksi ve Türkiye İçin Değerlendirilmesi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 6(12), 53-88.
- Uddin, I., Ullah, A., Saqib, N., Kousar, R., & Usman, M. (2023). Heterogeneous role of energy utilization, financial development, and economic development in ecological footprint: how far away are developing economies from developed ones. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(20), 58378-58398.
- UNDP, (2025). Human Development Index (HDI), <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI>. Erişim Tarihi:15.12.2025
- WWF, (2012). Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu, Ofset Yapımevi. https://wwfr.awsassets.panda.org/downloads/turkiyenin_ekolojik_ayak_izi_raporu.pdf
- Zhang, S., & Zhu, D. (2022). Incorporating “relative” ecological impacts into human development evaluation: Planetary Boundaries-adjusted HDI. *Ecological Indicators*, 137, 108786.
- Zhang, S., Xu, G., Shu, Y., & Zhu, J. (2024). Comparing developed and emerging nations' Economic development with environmental footprint for low-carbon competitiveness. *Helvion*, 10(14).

