



TÜRKİYE'DE EKONOMİK BÜYÜME VE EKOLOJİK AYAK İZİ ARASINDA NEDENSELLİK İLİŞKİSİNİN ANALİZİ: DALGACIK YÖNTEMİ YAKLAŞIMI

ANALYSIS OF THE CAUSALITY RELATIONSHIP BETWEEN ECONOMIC GROWTH AND ECOLOGICAL FOOTPRINT IN TURKEY: THE WAVELET METHOD APPROACH

Veysel ERAT¹, Yunus SAVAŞ², Dilek ALMA SAVAŞ³



1. Doç. Dr., Bitlis Eren Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, veyselarat@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0735-5432>
2. Arş. Gör. Dr., Bitlis Eren Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, yunusavas@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0002-9642-4734>
3. Dr. Öğr. Üyesi, Bitlis Eren Üniversitesi, Ahlat Meslek Yüksekokulu, Finans Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, dalma@beu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-6246-8539>

Öz

Çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin yanı sıra literatürde ekolojik ayak izi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki de son zamanlarda yoğun ilgi gören bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı Türkiye'de 1961-2018 yılları arasında ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi, Granger nedensellik analizi kullanarak incelemektir. Bu analiz için, ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izinin orijinal verilerinin yanı sıra, Azami Çakışan Kesikli Dalgacık Dönüşümü (MODWT) yöntemi ile frekanslara ayrıştırılan verilerin kısa, orta ve uzun dönem bileşenleri yeniden yapılandırılmıştır. Analiz sonuçları, orijinal verilere dayanarak iki serinin arasında nedensellik olmadığını göstermektedir. Ancak, kısa dönem Granger nedensellik sonuçları, orijinal serilerden elde edilen sonuçlarla çelişmekte ve karşılıklı nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir. Nedensellik ilişkisi; orta dönemde kaybolurken, uzun dönemde ekonomik büyümeden ekolojik ayak izine doğru tek yönlüdür.

Anahtar Kelimeler: Ekolojik Ayak İzi, Ekonomik Büyüme, Granger Nedensellik, Dalgacık Dönüşümü.

Abstract

The relationship between ecological footprint and economic growth has recently become a subject of intense interest in the literature in addition to the relationship between environmental pollution and economic growth. The aim of this study is to examine the relationship between economic growth and ecological footprint in Turkey between the years 1961-2018 using Granger causality analysis. In addition to the original data for economic growth and ecological footprint, the Maximum Overlapping Discrete Wavelet Transform (MODWT) method was used to decompose the data into frequencies and was then restructured into short, medium, and long-term components to apply the Granger causality analysis. The results of the analysis indicate that there is no causality between the series based on the raw data. Short-term Granger causality results, on the other hand, show that there is mutual causality between the series, which is contrary to the results obtained from the original series. The causality relationship disappears in the medium term, while in the long term, a one-way causality from economic growth to ecological footprint has been identified.

Keywords: Ecological Footprint, Economic Growth, Granger Causality, Wavelet Transform.

Makale Türü Article Type
Araştırma Makalesi Research Article

Başvuru Tarihi Application Date
12.04.2023 04.12.2023

Yayına Kabul Tarihi Admission Date
12.07.2023 07.12.2023

DOI

<https://doi.org/10.30798/makuiibf.1282249>

EXTENDED SUMMARY

Research Problem

The primary objective of this study is to ascertain the causal linkage between the ecological footprint and economic growth in Turkey spanning the period of 1961 to 2018. By decomposing the series, this investigation has enabled the identification of the relationship between the two variables across short, medium, and long-term periods.

Research Questions

The research endeavors to investigate whether there exists a causal relationship between the ecological footprint and economic growth. Moreover, the causality relationship and direction between the two variables have been examined extensively across a wide range of time scales, including short, medium, and long-term frequencies using the wavelet method.

Literature Review

The interrelation between the ecological footprint and economic growth has been extensively explored in the literature, alongside other factors such as globalization and tourism. However, the relationship between ecological footprint and economic growth has received the most thorough investigation. This research has primarily focused on the Environmental Kuznets Curve approach, which examines whether economic growth stages contribute to environmental degradation. While previous studies have mainly examined environmental pollution in terms of carbon emission levels, recent studies have employed the ecological footprint as a measure of environmental damage. These studies have highlighted that economic growth leads to an increase in the ecological footprint. Additionally, research conducted in Turkey suggests that the causal relationship between economic growth and the ecological footprint is mutual.

Methodology

The causal relationship between variables in both series was explored through the application of Granger causality analysis. Additionally, both series were subjected to the Daubechies (db8) method of transformation, resulting in the identification of distinct levels of cyclicity. These various cyclicity levels were subsequently rearranged into short-term, medium-term, and long-term cycles. Ultimately, Granger causality analysis was employed to analyze the transformed series.

Results and Conclusions

The research conducted in this study involves decomposing series and identifying the relationship between ecological footprint and economic growth across short, medium, and long-term periods. The findings highlight the importance of determining causality relationships and direction for sustainable development. The analysis of Granger causality using the original series did not uncover any causal relationship between the two variables. However, the results of the causality analysis differed when analyzing series with different frequencies obtained through the Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform method. In the short-term frequency range, a mutual causal relationship was

observed between ecological footprint and economic growth. Conversely, in the medium-term frequency range, no causal relationship was found, which was consistent with the original series analysis. Finally, in the long-term frequency range, a one-way causal relationship was observed with causality flowing from economic growth to ecological footprint.

1. GİRİŞ

Küresel ısınma ve iklim değişikliği neticesinde meydana gelen olayların etkilemediği toplumlar neredeyse yok denecek kadar azdır. Orman yangınları, buzulların erimesi, türlerin yok olması ve yer değiştirmesi, toprağın verimsizleşmesi, yağış miktarlarında meydana gelen değişiklikler tüm canlı yaşamını olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Dünya son yarım asırdır gözle görülür şekilde değişmiştir. Düşük gelirli olanlar da dahil olmak üzere birçok ülke ekonomik büyümeyi, yoksulluğun azalmasını ve refahın artmasını deneyimlemiştir. Bununla birlikte, bu olumlu yönlere çevresel bozulmada meydana gelen artış eşlik etmiştir. İnsanoğlu iklim değişikliğine neden olmakta hem gezegeni hem de kendi hayatta kalma beklentilerini tehdit etmektedir. Özellikle tropikal bölgelerdeki birçok orman, yeniden büyüebileceklerinden daha hızlı kesilmekte; balıklar, stoklanabileceklerinden daha hızlı yakalanmakta; insan faaliyetleri, karbondioksit gibi biyosferin bunları bertaraf etme yeteneğinden daha hızlı atık üretmektedir. Sonuç olarak, doğal ekosistemlerin insanlık için gerekli yaşam destek sistemlerini sağlama kapasitesinin önümüzdeki on yıllarda daha fazla azalması muhtemeldir. Artan kaynak kıtlığı şimdiden hepimizi etkilemekte ve birçok analist uluslararası çatışmaları fosil yakıtlar ve su kaynakları için rekabetle ilişkilendirmektedir (Galli vd. 2012).

Çevresel tahribatın önüne geçmek için politika yapımcılar, sivil toplum örgütleri ve akademisyenler kendi alanlarından birtakım önlemler geliştirmekte, öneriler sunmakta ve çabalamaktadırlar. Klasik ekonomik büyüme anlayışı çevresel bozulmanın en önemli nedenlerinden biri olarak sayılmaktadır ve anılan alanda sürdürülebilir kalkınma başta olmak üzere geliştirilen birçok strateji söz konusudur. Ekonomi ve çevrenin koordineli ve dengeli gelişiminin nasıl destekleneceği konusu, acil ve büyük önem taşıyan stratejik bir sorun olarak görülmektedir (Rao ve Yan, 2020). Özellikle ekolojik ayak izi ile ölçülen kişi başına biyokapasite talebinin yalnızca yüksek gelirli ülkelerde artması ve orta ve düşük gelirli ülkelerde sabit kalması veya düşmesine ilişkin verilerle (Galli vd., 2012) düşünüldüğünde ekonomik büyüme ile çevre arasındaki ilişki hem daha iyi anlaşılabilir hem de bu durum konu ile ilgili geliştirilecek stratejiler ile akademik çabaların odaklanacağı yönü tayin etmektedir.

Bu çalışmada, ekonomik büyüme ve çevresel bozulmada biyokapasiteyi ölçen bir araç olarak kullanılan ekolojik ayak izi kavramlarını birleştirerek incelemek ve literatürdeki boşluğu aza indirmeye katkı sunmak amaçlanmıştır. Çalışmada çevresel bozulma ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin ve yönünün belirlenmesinin yanı sıra matematiksel bir fonksiyon olan dalgacık yöntemi ile frekansları farklı kesitlere ayrılan serilerin kısa, orta ve uzun dönem olarak farklı kesitlerini de araştırmaya dahil edilerek nedensellik ilişkisi geniş bir yelpazede değerlendirilmiştir. Literatürde serilerin kısa ve uzun dönem sonuçlarına yer veren çalışmalar olmasına rağmen, serilerin frekansların ayrıştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Üç bölüm olarak tasarlanan çalışmanın birinci bölümünde her iki kavram arasındaki ilişkiye odaklanılmıştır. İkinci bölümde çalışmada kullanılan veriler

tanıtılarak, metodolojiye dair bilgiler açıklanmıştır. Üçüncü kısımda ise, değişkenler arasındaki granger nedensellik ilişkisinin sonuçlarına ve yorumlarına yer verilmiştir.

2. EKONOMİK BÜYÜME VE EKOLOJİK AYAK İZİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

İnsanlar sürekli ve giderek artan bir şekilde yenilenebilir kaynakları ekosistemlerin onları geri yükleyebileceğinden daha hızlı bir oranda tüketmektedir. Bu doğada yenilenebilir kaynakların ancak belirli bir oranda eski haline gelmesiyle ilgilidir. Belirleyici faktör sadece ne kullandığımız ve ne kadar kullandığımız değil, aynı zamanda belirli bir kaynağı ne kadar hızlı kullandığımızdır (Schaefer vd. 2006). Çevre kirliliğinin dünyayı tehdit edecek bir seviyeye gelmesine neden olan süreç Sanayi Devrimiyle başlayan hızlı kaynak tüketimiyle ilgilidir. Nitekim son buzul çağından 18. yüzyıla kadar dünyaya gelen güneş enerjisinde önemli bir değişiklik olmadığı belirtilmektedir. Bu yüzyılın ortalarına kadar insan faaliyetleri henüz karaların rengini değiştirecek bir boyuta varmamıştır. Atmosfere salınan gazlar yine atmosfer tarafından emilmiş ve bu nedenle dünyanın hava dengesinde ciddi bir değişme meydana gelmemiştir. Ancak insanların kaynakları üretim ve nihayetinde ekonomik büyüme için yoğun ve hızlı bir şekilde kullanmaya devam etmesi, atmosfere salınan gazlarda artışa neden olmuş ve başta dünya sıcaklığı olmak üzere buna bağlı olarak birçok çevresel sorun meydana gelmiştir (Kurnaz, 2019; Erat ve Kaçer, 2021).

Her ne kadar iklim değişikliği ya da küresel ısınma gibi çevresel bozulmaların insan faaliyetleri ile ilgili olmadığını ifade eden bir takım tezlerin olduğu belirtilse de (Jian-Bin vd., 2012) insan nüfusunun artması, modern teknolojilerin kullanımı, ormansızlaşma, tarımsal gelişim, endüstriyel gelişim, (özellikle plansız) kentleşme, termal santrallerde kömür kullanımı, yoksulluk, artan genel refah ve ekonomik büyüme çevresel tahribatın başlıca nedenleri arasında sayılmaktadır (Appannagari, 2017). Nitekim aşırı nüfustan kaynaklanan ekolojik risk, Malthus'tan (1798) beri kabul edilmektedir. Tarımda kişi başına düşen GSYH büyümesi, onun karamsarlığını çürütse de Roma Kulübü ve büyüme sınırları konusundaki davası, daha yakın bir zamanda büyümenin paralel bir risk olduğuna dair endişeleri dile getirmiştir (Toth ve Szigeti, 2016). Tarih boyunca toplumların yükselişi ve çöküşü ile doğal kaynakların kullanımı arasında doğrudan bir ilişkinin bulunduğunu gösteren birçok kanıt mevcuttur (Kılıç, 2018).

Bir yönüyle kaynakların uygun bir şekilde tahsisi anlamına gelen ekonomi, doğası itibariyle büyüme söz konusu olduğunda kaynaklara dayanır. Diğer bir anlatımla ekonomik büyüme enerji kullanılarak elde edilir ve çevresel bozulmaya neden olur (Xiong ve Xu, 2021). İklim değişikliğinin etkileri, buzulların erimesi, artan hava ve okyanus sıcaklıkları, yükselen deniz seviyeleri, azalan tarımsal üretim, vahşi yaşamın yok olması, tahmin edilemez yağış miktarları ve iş gücünün kötüleşmesi bunlardan bazılarıdır. Yaşanan olumsuz gelişmelerin endişe verecek bir boyuta evrilmesi sonucunda çevre ekonomistleri ve politika yapıcılar, iklim değişikliği konusunu ve bununla ilgili artan tehditleri ele almak için birleşmiştir. İklim değişikliğine gösterilen yoğun ilgi, ekonomistlerin ve politika yapıcıların

ekonomik büyümenin çevre üzerindeki olası etkilerine ilişkin anlayışlarını zenginleştirmiş ve paradigmalarını basit ekonomik büyüme arayışından ekolojik (çevresel olarak) dost ekonomik büyüme endişesine kaydırmıştır (Danish vd., 2019).

Ekonomik büyüme ve doğal kaynaklar arasındaki ilişkide açıklayıcı kavramlardan biri ekolojik ayak izidir (Ahmad vd., 2020). Modern ekolojik ayak izi kavramı, 1990’ların başında Mathis Wackernagel ve William Rees tarafından tanıtılmıştır (Kitzes vd., 2009). Ekolojik ayak izi ölçümü, insan popülasyonlarının sürdürülebilirlik için asgari bir koşulu karşılayıp karşılamadığını, yani insanlığın biyosfer üzerindeki taleplerinin biyosferin yenilenme kapasitesi dahilinde kalmasını değerlendirmek için kapsamlı bir yöntem sağlamaktadır. Diğer bir ifadeyle ayak izi hesapları, insan toplumunun gezegenin kendini yenileme kapasitesinin ne ölçüde içinde kaldığını veya ne ölçüde aştığını belgelemektedir (Kitzes vd., 2008). WWF’nin 2016 yılına ait raporunda; bir bireyin, nüfusun veya faaliyetin tükettiği tüm kaynakları üretmek ve atıklarını saklamak için ihtiyaç duyduğu biyolojik olarak verimli toprak ve su alanının bir ölçüsü olarak tanımlanmıştır (Boev vd., 2016). Daha özelde insan ekolojik ayak izi, biyo-üretken arazi alanı, tüketilen malları üretmek için gereken su ve sonuçta ortaya çıkan atık açısından ölçülebilen insan faaliyetlerinin toplu etkisini ifade etmektedir. Daha basit olarak, gerekli bir yaşam tarzını kolaylaştırmak için malların (hizmetler dahil) üretilmesinden kaynaklanan çevre üzerindeki etki olarak tanımlanmaktadır. Bu yönüyle ekolojik ayak izi, çevresel bozulmanın bir göstergesidir. Çünkü çevreyi hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkileyen üretim ve tüketim faaliyetlerine odaklanmaktadır (Danish vd., 2019). Bireyler gibi küçük ölçeklerde hesaplandığı gibi işletmeler, şehirler ve bölgeler şeklinde büyük ölçeklerde de hesaplamalar yapılmaktadır. Hatta ürünlerin sürdürülebilirliğinin bir göstergesi olarak da denmektedir (Wiedmann ve Barrett, 2010).

Literatürde ekolojik ayak izi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki doğrudan yabancı yatırımların etkileri, turizm, sosyal-politik faktörler ve küreselleşme gibi olgular açısından ele alınmıştır (Hassan vd., 2019). Çevresel kirlilik ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ilk gözüktüğü çalışma Grossman ve Krueger (1991) tarafından ortaya konulmuş ve sonrasında çevrenin ekonomik etkileri çoğunlukla karbon emisyonu ile incelenmeye çalışılmıştır (Friedl ve Getzner (2003); Jebli vd. (2016); Kais ve Sami (2016); Pata (2018); Shahbaz vd. (2017); Aslan vd. (2018)). Buna karşılık, ekolojik ayak izi yakın zamanda çevre tahribatının ölçülmesi için çalışmalarda ele alınmaya başlanmıştır (Destek ve Sarkodie (2019); Sarkodie ve Strezov (2018); Wang ve Dong (2019); Danish vd. (2019); Radmehr vd. (2022); Çakmak ve Acar (2022))

Türkiye özelinde ele alınan çalışmalarda Apaydın (2020), Köksal vd. (2020), Sertoglu vd. (2021), Akbulut Yıldız ve Yıldız (2022), Emir ve Karlılar (2022) ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini arttırdığını tespit etmişlerdir. Emir ve Karlılar (2022) ve Ozcan vd. (2018) çalışmalarında ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında karşılıklı nedenselliğin olduğunu göstermişlerdir.

Çalışmanın konusu olan ulus düzeyinde ekolojik ayak izi hesapları şu anda 150'den fazla ülke için üretilmektedir ve bazı ülkeler için birden fazla hesaplama mevcuttur (Kitzes vd., 2009). Ulus düzeyinde ekolojik ayak izinin hesaplanmasının önemli yönlerinden biri çevresel yenilemede daha fazla sorumluluk altına girmesi gereken toplumların tespit edilmesidir. Nitekim çevre ile ilgili ilk uluslararası girişimlerden günümüze kadar getirilen başlıca önlemlerden biri kirleten öder gibi ilkelerle çevresel tahribata neden olan ülkeleri daha fazla önleme itmektir. Bu nedenle ekolojik ayak izi ile çevresel bozulmaya neden olan ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin tam olarak tespiti önemlidir.

3. VERİ VE METODOLOJİ

3.1. Veri

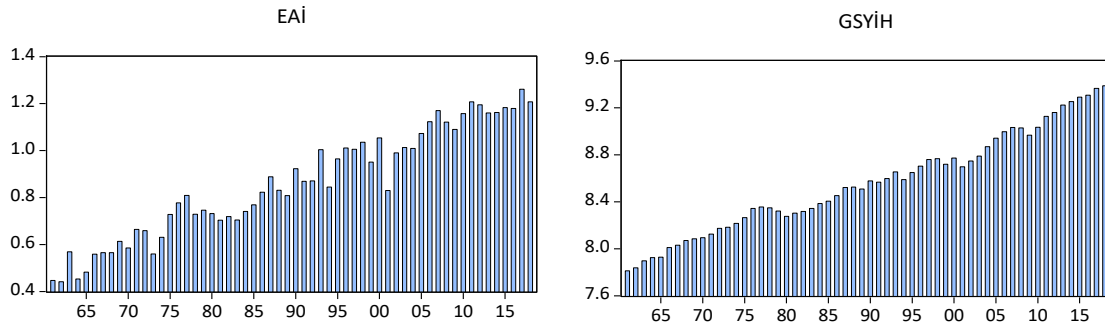
Ekolojik ayak izi ve büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin Türkiye bağlamında incelendiği bu çalışmada, 1961 ve 2018 yıllarını kapsayan veriler kullanılmıştır. Ekolojik ayak izi verisi kişi başına küresel hektar olarak Global Footprint Network'ten (<https://www.footprintnetwork.org/>); ekonomik büyümenin ölçülmesi için gayrisafi yurtiçi hasıla verisi ise kişi başı olarak Dünya Bankası'ndan alınmış ve her ikisinin logaritmaları alınarak analize dahil edilmiştir.

Tablo 1. Değişkenlerin Tanımları

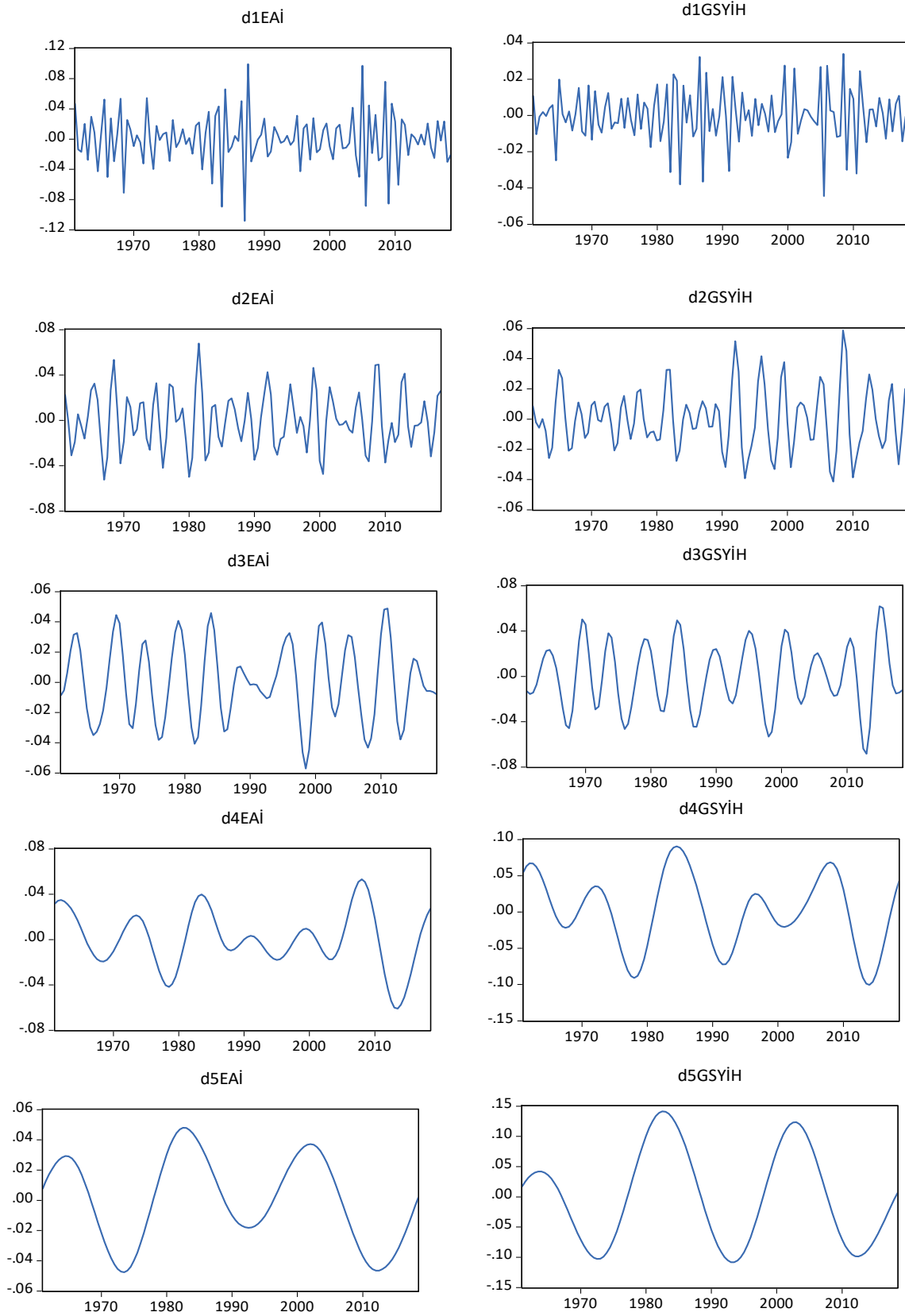
Değişken	Ölçüm	Kaynak	Kısaltma
Ekolojik Ayak İzi	Kişi Başına Global Hektar	https://www.footprintnetwork.org/	EAİ
Gayrisafi Yurtiçi Hasıla	Kişi Başına	Dünya Bankası	GSYH

Bu çalışma kapsamındaki analizde ele alınan periyodun 1961 ile 2018 yılları olarak belirlenmesinin ana sebebi; ekolojik ayak izine ilişkin verilere söz konusu zaman aralığında ulaşılabilir olmasıdır. Şekil 1'de ekolojik ayak izi ve GSYIH verilerinin yıllar itibarıyla değişimi gösterilmektedir.

Şekil 1. Ekolojik Ayak izi ve GSYIH Verileri



Şekil 2. Serilerin Azami Çakışık Kesikli Dalgacık Dönüşümü

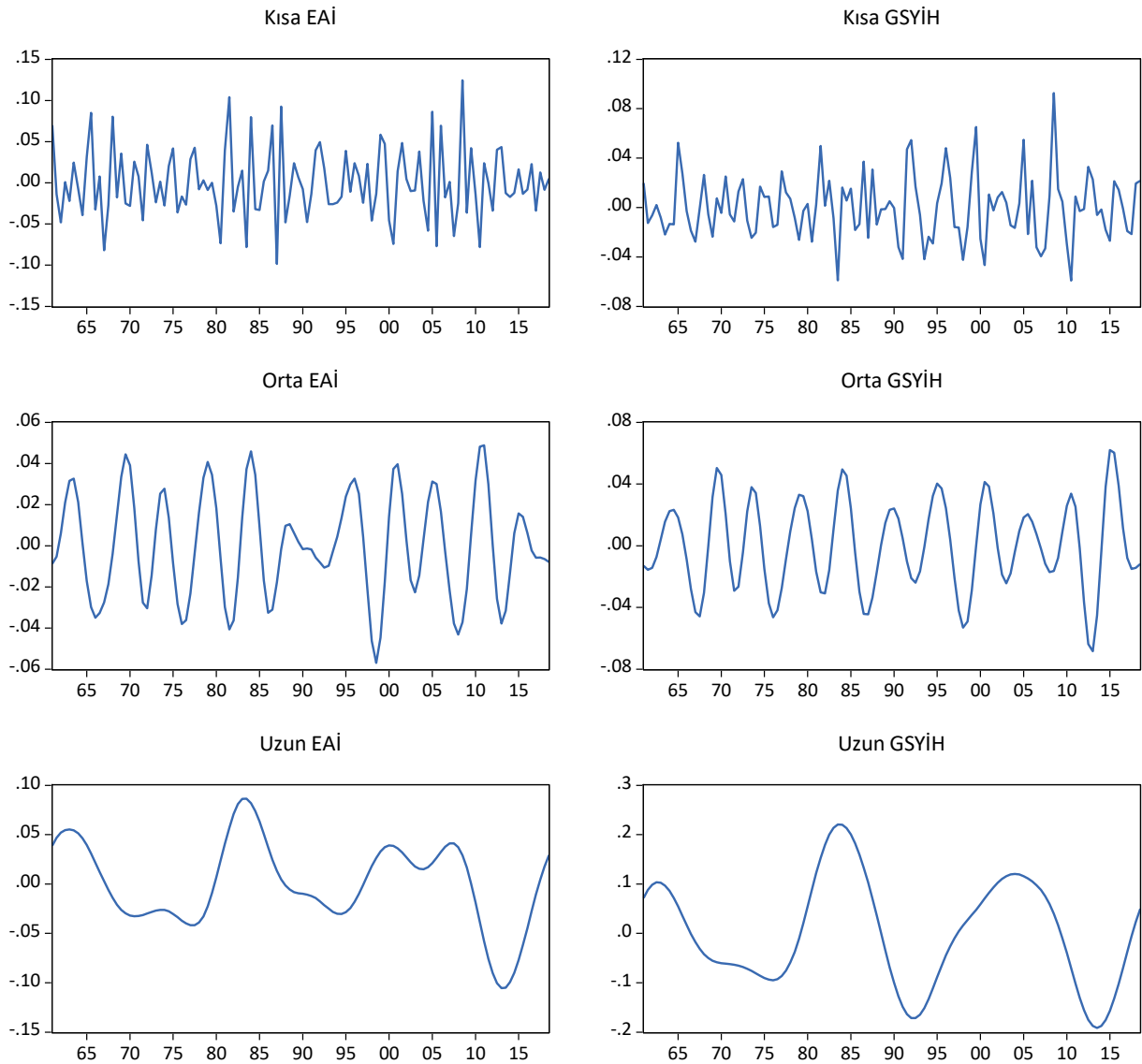


Çalışmamızda seriler, Azami Çakışık Kesikli Dalgacık Dönüşümü Yöntemi (MODWT) ile farklı frekans aralıklarına ayrıştırılıp, sonrasında analize dahil edilmiştir. Şekil 2’de serilerin Azami

Çakışık Kesikli Dalgacık Dönüşümü ile oluşan farklı frekansları grafiksel olarak gösterilmiştir. d1'den d5'e kadar frekansların daha yoğun sinyallerden daha az yoğun sinyallere doğru ayrıştırılması gerçekleşmiştir.

Anderson (2016) serilerin ayrıştırılması sonucunda elde edilecek zaman aralıkları için 2 ve 8 yıl arasının kısa, 8 ve 32 yıl arasının orta, 32 yıldan fazla olan zaman dilimlerinin ise uzun dönem olarak adlandırılmasının doğru olacağını işaret etmiştir. Buradan hareketle, d1 ve d2 serilerinin toplamı 2-8 yıl aralığına, d3 serisi 8-16 yıl zaman aralığına ve d4+d5 serilerinin toplamı 32-64 yıl zaman aralığına denk geldiği için gruplandırmalar d1 ve d2 serileri toplanarak kısa, d3 serisi orta, d4 ve d5 serileri toplanarak uzun dönem değerleri elde edilmiştir. Oluşan yeni seriler Şekil 3'te gösterilmiştir.

Şekil 3. EAİ ve GSYH serilerinin Kısa, Orta ve Uzun Dönem Gelişimi



Şekil 3'te sol sütunda yer alan grafikler ekolojik ayak izine, sağ sütunda yer alan grafikler ise GSYH'ye ait ayrıştırılmış serilerin gelişimini göstermektedir. Değişkenlerin kısa, orta ve uzun dönem

frekanslarında görüldüğü üzere kısa frekanslarda dalgalanma hızı daha yüksek iken uzun dönem frekanslarda ise dalgalanma hızı daha düşüktür.

3.2. Metodoloji

Çalışmada metodoloji olarak üç farklı aşamada ele alınmıştır. İlk olarak serilerin MODWT yöntemi ile frekanslarının ayrışımı gerçekleştirilmiştir. Daha sonra serilerin birim köklerinin incelenmesi amacıyla Augmented Dickey Fuller (ADF) test ile durağanlıkları tespit edilmiştir. Son olarak hem ham serilerin hem de frekanslarına ayrıştırılmış serilerin VAR Granger Nedensellik / Blok Dışsallık Wald Testi ile değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı ve ilişkinin yönü belirlenmiştir.

3.2.1. Azami Çakışık Kesikli Dalgacık Dönüşümü Yöntemi (MODWT)

Dalgacık dönüşüm yöntemi jeolojiden, mühendisliğe, finanstan, uzay araştırmalarına kadar birçok alanda, zaman ve frekans ayrıştırılması için kullanılan bir dönüşüm yöntemidir. Dalgacık yöntemi belirli şartları sağlaması gereken matematiksel bir fonksiyondur ve sürekli veya kesikli olabilmektedir. İsimlerinden de anlaşılacağı üzere sürekli dalgacık yöntemi herhangi bir kesit olmadan dalgacık dönüşüm işlemini gerçekleştirirken, kesikli dalgacık yöntemi ise genellikle zamansal kesikli dönüşüm gerçekleştirmektedir. Kesikli dalgacık dönüşümünün sürekli dalgacık dönüşümünden farkı olmamasında rağmen, araştırmacının tercihleri doğrultusunda hesap sınırı, dizinin zaman aralığı, ölçek-kaydırma değerleri farklı olabilmektedir (Öner vd., 2017).

Azami Çakışık Kesikli Dalgacık Dönüşümü ya da İngilizce ifadesiyle “Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform” yöntemi serileri farklı dalgacık boyutlarına ayırmak için kullanılmıştır. Çeşitli dalgacık aileleri bulunmaktadır ve bunlardan Daubechies (db8), çalışmada kullanılmıştır. MODWT dalgacık ve ölçek filtresi ile sağlaması gereken şartlar denklem 1’den denklem 6’ya kadar gösterilmiştir.

MODWT yönteminde dalgacık ve ölçek filtresi kullanılmakla birlikte ölçek filtresini temsilen (ω_j) ve dalgacık filtresini temsilen (ψ_j) sembolleri kullanılmaktadır.

$$(\tilde{\omega}_j) = \omega_j/2^k \quad (1)$$

$$(\tilde{\psi}_j) = \psi_j/2^k \quad (2)$$

$j=1,2,3,4...J$ filtrenin uzunluğunu gösterirken, k ise MODWT ayrıştırma seviyesini gösterir. Ek olarak, hem ölçek filtresinin 3. denklemde gösterildiği şartları sağlaması gerekmekte hem de dalgacık filtresinin denklem 4’te verilen şartları sağlaması gerekmektedir (Percival ve Walden, 2013)

$$\sum \tilde{\omega}_j^{K-1} = 0 \quad \sum \tilde{\omega}_j^2^{K-1} = \frac{1}{2} \quad \sum \tilde{\omega}_j \tilde{\omega}_{j+2n}^{K-1} = 0 \quad (3)$$

$$\sum \tilde{\psi}_j^{K-1} = 0 \quad \sum \tilde{\psi}_j^2^{K-1} = \frac{1}{2} \quad \sum \tilde{\psi}_j \tilde{\psi}_{j+2n}^{K-1} = 0 \quad (4)$$

Denklem 3 ve 4'ü sağlayan değişkenler birbirleri ile dörtlü ayna filtre (quadrature mirror filter) ile bağlantı kurarlar. Yukarıda belirtilen denklemleri yeniden ifade etmek gerekirse, denklem 5 ve 6 'da dalgacık ve ölçek filtrelerin yeniden formüle edilmiş hali ortaya çıkmaktadır.

$$\tilde{w}_{j,t} = \sum_{l=0}^{L-1} \tilde{\omega}_{j,l} X_{t-l \bmod N} \quad t = 0, \dots, N-1 \quad (5)$$

$$\tilde{m}_{j,t} = \sum_{l=0}^{L-1} \tilde{\psi}_{j,l} X_{t-l \bmod N} \quad t = 0, \dots, N-1 \quad (6)$$

N örneklem içerisindeki sinyali temsilen bulunmaktadır ve n=1,2,3,..N olarak ifade edilmektedir.

3.2.2. Var Modeli

Sims (1980) tarafından geliştirilen Vektör Otoregresif (VAR) modeli iktisadi araştırmalarda, yoğunlukla kullanılmakla birlikte, uygulamalı ekonometri araştırmalarda sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. VAR modeli p sayıda değişkeni inceleyen bir formül ile ifade edilirse;

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Y_t içsel değişkenleri temsil eden bir vektördür ve t değeri 1'de T'ye kadar olan sayıları ifade etmektedir. β_0 sabit terimleri temsil eden bir vektör iken, β_i otoregresif parametreleri içeren bir matristir. ε_t ise ortalaması sıfır olan hata terimlerini içeren bir matristir. Denklem 7, VAR modelinin genel yapısını temsil etmekte ve birçok değişkenin modele eklenmesini temsil etmektedir. Denklem 8'de ise çalışmada kullanılan değişkenlerin sayısına uygun şekilde iki değişken için VAR modeli oluşturulmuştur.

$$\begin{aligned} Y_t &= \beta_{10} + \sum_{i=1}^p \beta_{11i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_{12i} X_{t-i} + \varepsilon_{1t} \\ X_t &= \beta_{20} + \sum_{i=1}^p \beta_{21i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_{22i} X_{t-i} + \varepsilon_{2t} \end{aligned}$$

(8)

VAR modeli bağlantılı analiz yöntemlerinden birisi de Granger nedensellik analizidir. Granger tarafından 1969 yılında geliştirilen testin amacı iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin nedensellik yönünü belirlemektir. X ve Y gibi iki değişkenden X’in Y’ ye veya Y’nin X’e olan Granger nedenselliğin ortaya çıkarılması için kullanılan bir yöntemdir. Granger nedensellik testi “VAR Granger Nedensellik / Blok Dışsallık Wald Testi” olarak da bilinmektedir ve araştırma boyunca bu şekilde adlandırılacaktır. Granger nedensellik testi iki değişken arasında oluşacak olan nedenselliğin yönünü belirlemek amacıyla uygulanma imkanını sağladığı gibi (bilateral/pairwise), birden fazla değişkenin nedenselliğin araştırılması amacıyla kullanılmasına da olanak sağlamaktadır (Gujarati ve Porter, 2009).

Çalışmada VAR analizi oluşturulma aşamasında uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir ve bu uzunluk dönüştürülmüş serilerde Akaike, Schwarz gibi yöntemlerle belirlenmektedir. Bu bağlamda, Gecikme uzunluğu derecesi Enders (2004) tarafından önerildiği gibi seriler arasındaki dinamik ilişkinin varlığını sağlayabilecek uzunlukta olması gerekmektedir. Ha vd. (2018)’in çalışmalarında hem orijinal serilerde hem de dalgacık yöntemi ile ayrıştırılmış serilerin analizinde maksimum gecikme uzunluğu 3 olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda, çalışmamızda gecikme uzunluğu maksimum 3 olarak belirlenmiştir.

3. ANALİZ SONUÇLARI

Çalışmada VAR Granger Nedensellik / Blok Dışsallık Wald Test analizi öncesinde, serilerin durağan olup olmadıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Buradan hareketle, Augmented Dickey Fuller (ADF) birim kök testi ile serilerin birim kök barındırıp barındırmadıkları incelenmiştir. Sonrasında, metodoloji kısmında belirtildiği gibi orijinal serilerin ve ayrıştırılmış serilerin AR Granger Nedensellik / Blok Dışsallık Wald Test Sonuçlarına yer verilmiştir. Orijinal serilerin birim kök testleri sonuçları incelendiğinde GSYH serisinin tüm seçeneklerde birim kök barındırdığını sonucunda varılmaktadır. Ekolojik ayak izi serisi ise düzey seviyesinde sabit terimli olarak birim kök barındırdığı hem sabit hem de trendle ADF testi uygulandığında ise serilerin birim kök barındırmadığı ve serinin durağan olduğu sonucuna varılmıştır. Sabit ve trend eklenmediği durumda ise EAİ serisi birim kök barındırmakta ve durağan olmadığı sonucuna varılmaktadır.

Tablo 2. Orijinal Serilerin ADF Birim Kök Test Sonuç Tablosu

Düzye			
		<i>EAI</i>	<i>GSYH</i>
Sabit	t - İstatistik	-1.0492	0,1529
	<i>prob .</i>	0,7294	0,9671
Sabit ve Trend	t - İstatistik	-6.5569***	-2.0837
	<i>prob .</i>	0.0000	0,5435
Sabit ve Trend Olmadan	t - İstatistik	1.9985	5.5153
	<i>prob .</i>	0,9883	1.0000
Birinci Fark			
		<i>EAI</i>	<i>GSYH</i>
Sabit	t - İstatistik	-12.2840***	-7.5016***
	<i>prob .</i>	0.0000	0.0000
Sabit ve Trend	t - İstatistik	-12.1827***	-7.4602***
	<i>prob .</i>	0.0000	0.0000
Sabit ve Trend Olmadan	t - İstatistik	-11.5773***	-5.2416***
	<i>prob .</i>	0.0000	0.0000

Serilerin farkı alındığında ise hem GSYH ve EAI serilerinin sabit, sabit ve trend, sabit ve trend olmadan birim kök barındırmadığını gözlemlenmektedir. Sonuç olarak serilerin ilk fark sonrasında durağanlığa ulaştığı sonucuna varılmaktadır.

Tablo 3. Kısa, Orta ve Uzun Dönem Serilerin ADF Birim Kök Test Sonuç Tablosu

		Düzye					
		<i>Kısa EAI</i>	<i>Kısa GSYH</i>	<i>Orta EAI</i>	<i>Orta GSYH</i>	<i>Uzun EAI</i>	<i>Uzun GSYH</i>
Sabit	t - İstatistik	-8.6337***	-9.6916***	-6.9706***	-3.3775**	-3.1142**	-4.9205***
	<i>prob .</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0,0140	0,0285	0,0001
Sabit ve Trend Olmadan	t - İstatistik	-8.6832***	-9.7461***	-7.0093***	-3.3988***	-2,9793***	-4.9276***
	<i>prob .</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0,0032	0.0000

Orijinal serilerin birim kök testlerinin yanı sıra, frekans ayrıştırılması sonucunda ortaya çıkan serilerin birim kök testi Tablo 3'te incelenmiştir. MODW yöntemi ile frekanslarına ayrıştırılmış olan

serilerin, orijinal serilerin barındırabileceği trendlerin olmamasından dolayı birim kök incelenmesi sadece sabit olarak yapılmıştır.

Kısa, orta ve uzun dönem GSYH ve EAİ serileri birim kök barındırmadığı Tablo 3’te görülmektedir. Bu doğrultuda, Granger nedensellik testi için gerekli olan serilerin durağan olma şartına serilerin uygun olduğu gözlemlenmiştir. Orijinal seriler ve ayrıştırılmış serilerin Granger nedensellik sonuçlarına Tablo 4 ve Tablo 5’te yer verilmiştir. Serilerin birim kök test sonuçlarının elde edilen bilgiler ışığında, ekolojik ayak izi serisinde trend ve sabitli olarak incelendiğinde durağan olduğundan ötürü düzey halinde analize dahil edilirken, GSYH’nin birim kök barındırması nedeniyle ilk farkı alınarak eklenmiştir.

Tablo 4. Orijinal Serilerin VAR Granger Nedensellik / Blok Dışsallık Wald Test Sonuçları

Bağımlı Değişken: EAİ			
Dışsal	Ki-Kare	df	Prob.
GSYH	1.093681	3	0.7786
Bağımlı Değişken: GSYH			
Dışsal	Ki-Kare	df	Prob.
EAİ	0.733236	3	0.8654

Tablo 4 sonucuna göre EAİ’den GSYH’ye doğru olan granger nedensellik ilişkisi ve GSYH’den EAİ’ye olan granger nedensellik ilişkisi doğrulanmamıştır. Serilerin orijinal hallerinde ekolojik ayak izi ve gayrisafi yurt içi hasılanın birbirlerine karşı herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmaması sonucuna ulaşılmıştır. Danish vd. (2019) çalışmasının sonucuna benzer şekilde değişkenler arasında ilişkiye rastlanılmamıştır.

Orijinal serilerden elde edilen sonuçların aksine, frekansları ayrıştırılmış serilerin VAR Granger Nedensellik / Blok Dışsallık Wald Test Sonuçları orta dönem haricinde granger nedenselliğin varlığı gözlenmiştir. Kısa dönem granger nedensellikte hem EAİ’den GSYH’ya hem de GSYH’dan EAİ’ye karşılıklı granger nedenselliğin olduğu hipotezi kabul edilmiştir. Kısa dönem sonuçları, Akinsola vd. (2022)’in Brezilya için; İbrahim ve Hanafy (2020)’nin Mısır için; Danish ve Khan (2019)’nin BRICS ülkeleri için, Emir ve Karlılar (2022) ve Özcan (2018) Türkiye için Destek ve Sarkodie (2019)’in 11 yeni sanayileşmiş ülkeler için yaptıkları çalışmalarıyla paraleldir.

Tablo 5. MODWT Yöntemiyle Ayrıştırılmış Serilerin VAR Granger Nedensellik / Blok Dışsallık Wald Test Sonuçları

Bağımlı Değişken: Kısa EAI			
Dışsal	Ki-Kare	df	Prob.
Kısa GSYH	13.06050	3	0.0045
Bağımlı Değişken: Kısa GSYH			
Dışsal	Ki-Kare	df	Prob.
Kısa EAI	10.57899	3	0.0142
Bağımlı Değişken: Orta EAI			
Dışsal	Ki-Kare	df	Prob.
Orta GSYH	1.818395	3	0.6109
Bağımlı Değişken: Orta GSYH			
Dışsal	Ki-Kare	df	Prob.
Orta EAI	2.619738	3	0.4540
Bağımlı Değişken: Uzun EAI			
Dışsal	Ki-Kare	df	Prob.
Uzun GSYH	83.92833	3	0.0000
Bağımlı Değişken: Uzun GSYH			
Dışsal	Ki-Kare	df	Prob.
Uzun EAI	0.564271	3	0.9046

Orta dönem serilerinde kısa ve uzun dönem serilerinden farklı olarak her iki değişkenin birbirlerine karşı granger nedensellik hipotezleri doğrulanamamıştır. Buradan hareketle kısa dönemde karşılıklı olan granger nedenselliğın orta dönemde gözlemlenemediğı olgusuna ulaşılmıştır. Orta dönemde elde edilen sonuçlar ile orijinal serilerin sonuçları benzerlik göstermektedir.

Son olarak, değişkenlerin uzun dönemde granger nedensellikleri incelendiğinde ise hem kısa hem de orta dönem sonuçlarından farklı bir sonucun ortaya çıktığı görülmektedir. Uzun dönem GSYH'dan uzun dönem EAI'ye doğru granger nedenselliğın varlığı hipotezi kabul edilirken, uzun dönem EAI'den uzun dönem GSYH'ya granger nedenselliğın olmadığı gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlar, Udemba (2020), Ahmed vd. (2020), Ahmed ve Wang (2019), Addai (2022)'nin çalışmalarında da görülmektedir.

Granger nedensellik analiz sonuçlarından yola çıkarak, kısa dönemde her iki değişkenin birbirlerine granger nedensellik sağladıkları, bu durumun orta dönemde gözlemlenmediği ve uzun dönemde ise değişkenlerden sadece GSYH’nin granger nedensellik sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

4. SONUÇ

Sürdürülebilir ekonomik büyümenin gereksinimlerinin yerine getirilebilmesi için ekonomilerde çevresel kirlilik kavramı önem kazanmıştır. Bu bağlamda, ülkelerin ekolojik ayak izlerinin değişimleri ve ekonomik büyümeleri arasındaki ilişki literatürde önemli bir yer kazanmaya başlamıştır. Çalışmada Türkiye’de 1961-2018 yılları arasındaki ekolojik ayak izi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik araştırılmış ve ekolojik ayak izinin ekonomik büyümeye nedensellik sağlayıp sağlamadığı incelenmiştir. Literatürde, nedenselliğin olup olmaması ve nedenselliğin yönü ile ilgili birçok farklı sonuca ulaşılmıştır.

Çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak serilerin orijinal hallerinin dışında, farklı frekans aralıklarındaki nedensellik ilişkileri de incelenerek kısa, orta ve uzun dönemdeki nedensellik ilişkisinin nasıl değiştiği gözlemlenmiştir.

Ekolojik ayak izi ve ekonomik büyüme verilerinin orijinal serileri ile yapılan granger nedensellik sonuçlarında herhangi bir nedensellik ilişkisinin varlığına rastlanamamıştır. Azami Çakışık Kesikli Dalgacık Dönüşümü yöntemi ile elde edilen farklı frekanslara sahip seriler arasında nedensellik ilişkisi sonuçları farklılaşmaktadır.

İlk olarak, d1 ve d2 frekanslarının toplamından elde edilen ve 2-8 zaman aralığına denk olan kısa dönem frekansı olarak adlandırdığımız frekans aralığında, ekolojik ayak izi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi karşılıklı bir sonuç açığa çıkartmaktadır.

8-16 yıl zaman aralığına denk olan d3 frekansının orta dönem olarak kabul edilmesiyle elde ettiğimiz orta dönem frekans aralığında ise herhangi bir nedensellik ilişkisine rastlanamamıştır. Orijinal seriler ile elde edilen sonuca benzer şekilde elde edilen bu durum serilerin orta dönem frekans aralığında bire birlerinin hareketlerinden etkilenmediği sonucunu ortaya çıkartmaktadır.

Son olarak, 32-64 yıl zaman aralığına denk olan d4 ve d5 frekanslarının toplamından elde edilen serilerin oluşturduğu uzun dönem frekans aralığında ise serilerin nedensellik ilişkilerinin tek yönlü olduğu ve nedenselliğin büyümeden ekolojik ayak izine doğru olduğu sonucuna varılmaktadır.

Analiz sonuçlarından da anlaşılacağı üzere, orijinal seriler ve farklı frekans aralıklarından elde edilmiş serileri dayalı granger nedensellik sonuçları birbirinden farklı sonuçlar vermektedir. Orijinal seriler incelendiğinde rastlanamayan nedensellik ilişkisi, kısa dönemde karşılıklı iken uzun dönemde ise sadece ekonomik büyümeden ekolojik ayak izine doğru olduğu sonucuna varılmaktadır. Böylelikle,

ilişkinin orijinal serilerde bulunmadığını, ayrıştırılmış serilerde ise kısa ve uzun dönemde olduğu gözükmektedir.

KAYNAKÇA

- Ahmad, M., Jiang, P., Majeed, A., Umar, M., Khan, Z., ve Muhammad, S. (2020). The Dynamic Impact of Natural Resources, Technological Innovations and Economic Growth on Ecological Footprint: An Advanced Panel Data Estimation. *Resources Policy*(9).
- Akbulut Yıldız, G., ve Yıldız, B. (2022). Çevresel Sürdürülebilirlik Çerçevesinde Ekolojik Ayak İzi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Sayıştay Dergisi*, 33(126), 473-498.
- Anderson, F. (2016). Identifying and Modelling Cycles and Long Waves in Economic Time Series. J. Ljungberg içinde, *Structural Analysis and the Process of Economic Development* (s. 34-55). Routledge.
- Apaydın, Ş. (2020). Küreselleşmenin Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki Etkileri: Türkiye Örneği. *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, 5(1), : 23-42.
- Appannagari, R. R. (2017). Environmental Pollution Causes and Consequences: A Study. *North Asian International Research Journal of Social Science & Humanities*, 3(8), 151-161.
- Aslan, A., Destek, M., ve Okumus, I. (2018). Sectoral Carbon Emissions and Economic Growth in the US: Further Evidence from Rolling Window Estimation Method. *Journal of Cleaner Production*, 200(1), 402-411.
- Boev, P., Burenko, D., Shvarts, E., Diep, A., Hanscom, L., Iha, K., Kelly, R., Martindill, J., Wackemagel, M., Zokai, G. (2016). *Ecological Footprint of the Russian Regions*. Moscow: WWF.
- Çakmak, E., ve Acar, S. (2022). The Nexus Between Economic Growth, Renewable Energy and Ecological Footprint: An Empirical Evidence from Most Oil-Producing Countries. *Journal of Cleaner Production*, 352, 131548.
- Danish, Hassan, S. T., Baloch, M. A., Mahmood, N., ve Zhang, J. W. (2019). Linking Economic Growth and Ecological Footprint Through Human Capital and Biocapacity. *Sustainable Cities and Society*(47), 1-10.
- Destek, M., ve Sarkodie, S. (2019). Investigation of Environmental Kuznets Curve for Ecological Footprint: The Role of Energy and Financial Development. *Science of The Total Environment*, 650, 2483–2489.
- Dünya Bankası. (2023, 01 02). Gayrisafi Yurtiçi Hasıla: <https://data.worldbank.org> adresinden alındı
- Emir, F., ve Karlilar, S. (2022). Application of RALS Cointegration Test Assessing the Role of Natural Resources and Hydropower Energy on Ecological Footprint in Emerging Economy. *Energy & Environment*, 0958305X211073807.
- Enders, W. (2004). *Applied Time Series Econometrics*. Hoboken: John Wiley and Sons.
- Erat, V., ve Kaçer, F. (2021). Küresel Isınma Sorun ve Çözüm Önerileri. F. Ünal, ve A. Kayan içinde, *Çevre Sorunları ve Çözüm Önerileri* (s. 239-264). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Friedl, B., ve Getzner, M. (2003). Determinants of CO2 Emissions in a Small Open Economy. *Ecological Economics*, 45, 133-148.
- Gallegati, M., Gallegati, M., Ramsey, J., ve Semmler, W. (2011). The US Wage Phillips Curve across Frequencies and over Time. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 73(4), 489-508.

- Galli, A., Kitzes, J., Niccolucci, V., Wackernagel, M., Wada, Y., ve Marchettini, N. (2012). Assessing the Global Environmental Consequences of Economic Growth through the Ecological Footprint: A focus on China and India. *Ecological Indicators*(17), 9-107.
- Global Footprint Network*. (2023, 01 02). Ekolojik Ayak İzi: <https://www.footprintnetwork.org/> adresinden alındı
- Grossman, G., ve Krueger, A. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. NBER Working Paper No. 3914. <https://www.nber.org/papers/w3914> adresinden alındı
- Gujarati, D., ve Porter, D. (2009). *Basic Econometrics*. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Ha, J., Tan, P.-P., ve Goh, K.-L. (2018). Linear and Nonlinear Causal Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth in China: New Evidence Based on Wavelet Analysis. *PLoS ONE*, 13(5), : e0197785.
- Hassan, S. T., Xia, E., Khan, N. H., ve Shah, S. M. (2019). Economic Growth, Natural Resources, and Ecological Footprints: Evidence from Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*(26), 2929-2938.
- Jebli, M., Youssef, S., ve Ozturk, I. (2016). Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis; The Role of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Trade in OECD Countries. *Ecological Indicators*, 60, 824-831.
- Jian-Bin, H., Shao-Wu, W., Yong, L., Zong-Ci, Z., ve Xin-Yu, W. (2012). Debates on the Causes of Global Warming. *Advances in Climate Change Research*, 3(1), 38-44.
- Kais, S., ve Sami, H. (2016). An Econometric Study of The Impact of Economic Growth and Energy Use on Carbon Emissions: Panel Data Evidence From Fifty Eight Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1101-1110.
- Kılıç, S. (2018). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikası. E. Akman, ve C. Babaoğlu içinde, *Türkiye'de Kentsel Alan ve Çevre Politikaları analizleri* (s. 243-162). Bursa: Ekin Yayıncılık.
- Kitzes, J. v. (2009). A Research Agenda for Improving National Ecological Footprint Accounts. *Ecological Economics*, 68(7), 1991-2007.
- Kitzes, J., Wackernagel, M., Jonathan Loh, A. P., ve Tea, K. (2008). Shrink And Share: Humanity's Present and Future Ecological Footprint. *Phil. Trans. R. Soc.*(363), 467-475.
- Köksal, C., Işık, M., ve Katircioğlu, S. (2020). The Role of Shadow Economies in Ecological Footprint Quality: Empirical Evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 13457-13466.
- Kurnaz, L. (2019). *Son Buzullar Erimeden*. İstanbul: Doğan Kitap.
- Ozcan, B., Apergis, N., ve Shahbaz, M. (2018). A Revisit of The Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Turkey:New Evidence From Bootstrap Rolling Window Causality. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 32381-32394.
- Öner, İ., Yeşilyurt, M., ve Yılmaz, E. (2017). Wavelet Analiz Tekniği ve Uygulama Alanları. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 42-56.
- Pata, U. (2018). The Influence of Coal and Noncarbohydrate Energy Consumption on CO2 Emissions: Revisiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Turkey. *Energy*, 160(1), 1115-1123.
- Percival, D., ve Walden, A. (2013). *Wavelet Methods for Time Series Analysis*. New York: Cambridge University Press.

- Radmehr, R., Shayanmehr, S., Ali, E., Ofori, E., Jasińska, E., ve Jasiński, M. (2022). Exploring the Nexus of Renewable Energy, Ecological Footprint, and Economic Growth through Globalization and Human Capital in G7 Economics. *Sustainability*, 14(19), 12227.
- Rao, C., ve Yan, B. (2020). Study on the Interactive Influence Between Economic Growth and Environmental Pollution. *Environ Sci Pollut Res*(27), 39442–39465.
- Sarkodie, S., ve Strezov, V. (2018). Empirical Study of The Environmental Kuznets Curve and Environmental Sustainability Curve Hypothesis for Australia, China, Ghana and USA. *Journal of Cleaner Production*, 201, 98–110.
- Schaefer, F., Luksch, U., Steinbach, N., Cabeça, J., ve Hanauer, J. (2006). *Ecological Footprint and Biocapacity*. Luxemburg: EU.
- Sertoglu, K., Philip, L., ve Emir, F. (2021). Assessing the Role of Agriculture and Energy Use on Environmental Sustainability: Evidence from RALS Cointegration Technique. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(6), 50–59.
- Shahbaz, M., Solarin, S., Hammoudeh, S., ve Shahzad, S. (2017). Bounds Testing Approach to Analyzing The Environment Kuznets Curve Hypothesis with Structural Breaks: The Role of Biomass Energy Consumption in the United States. *Energy Economics*, 68, 548–565.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and Reality. *Econometrica*, 48, 1-48.
- Toth, G., ve Szigeti, C. (2016). The Historical Ecological Footprint: From Over-Population to Over-Consumption. *Ecological Indicators*(60), 283-291.
- Wang, J., ve Dong, K. (2019). What Drives Environmental Degradation? Evidence from 14 Sub-Saharan African countries. *The Science of the Total Environment*, 656, 165–173.
- Wiedmann, T., ve Barrett, J. (2010). A Review of the Ecological Footprint Indicator—Perceptions and Methods. *Sustainability*(2), 1645-1693.
- Xiong, J., ve Xu, D. (2021). Relationship Between Energy Consumption, Economic Growth and Environmental Pollution in China. *Environmental Research*(194).