Tarım Ekonomisi Dergisi
Turkish Journal of Agricultural Economics
ISSN 1303-0183
e-ISSN 3023-5596

Türkiye'de tarım ve ekonomik büyümenin ekolojik denge üzerindeki etkileri: Fourier-Shin eşbütünleşme analizi

Hüseyin ÜNAL
Orcid: 0000-0001-6323-1322
Karadeniz Teknik Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, 61080 Trabzon, Türkiye

Makale Künyesi / Article Information

Araştırma Makalesi / Research Article

SorumluYazar / Corresponding Author
Hüseyin ÜNAL
huseyin.unal@ktu.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 20.10.2025

Kabul Tarihi / Accepted: 13.03.2026

Tarım Ekonomisi Dergisi Cilt: 32 Sayı: 1 Sayfa: 145-159

Turkish Journal of Agricultural Economics Volume: 32 Issue: 1 Page: 145-159

DOI 10.24181/tarekoder.1807374

JEL Classification: Q10, Q20, Q57, C51

Özet

Amaç: Bu çalışma, Türkiye'nin 1961-2024 dönemini kapsayan tarımsal faaliyetlerin ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki etkisini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma modelinde çevre kalitesinin ana göstergesi olarak ekolojik açık ve bunun bileşenleri olan ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite değişkenleri kullanılmıştır.

Tasarım/Metodoloji/Yaklaşım: Araştırmada kullanılan değişkenlerin durağanlık düzeyleri KPSS ve Fourier KPSS testleri aracılığıyla analiz edilmiştir. Değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olup olmadığı ise Shin ve Fourier Shin eşbütünleşme testleri ile araştırılmıştır. Son olarak uzun dönem katsayıların tahmini için değişen varyans ve otokorelasyona karşı dirençli olan DOLS ile FMOLS yöntemleri kullanılmıştır.

Bulgular: Çalışmanın ampirik bulguları, tarımsal katma değer ve ekonomik büyüme ile ekolojik açık, ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığını ortaya koymaktadır. İlgilenilen dönemde analiz sonuçları, Türkiye'de tarımsal katma değerin ekolojik açığın kapanmasına katkıda bulunduğu, kişi başına gelirin ise ekolojik açığı daha da derinleştirdiğini göstermektedir.

Özgünlük/Değer: Bu çalışmanın, tarım ile çevre kalitesi arasındaki karmaşık etkileşimi inceleyerek literatüre üç temel katkı sunması beklenmektedir. Bu katkılardan birincisi, çevre kalitesi göstergesi olarak literatürde nadiren kullanılan ekolojik denge değişkeni ve bileşenlerinin analize dahil edilmesidir. İkincisi, yapısal kırılmaları göz ardı eden geleneksel ekonometrik yöntemler yerine, yumuşak yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier tabanlı yöntemlerin tercih edilmesidir. Üçüncüsü ise, Türkiye özelinde tarım ve çevre ilişkisini Fourier yöntemleri çerçevesinde ele alan öncü çalışmalardan biri olmasıdır.

Anahtar kelimeler: Çevre kalitesi, ekolojik açık, ekonomik büyüme, fourier yöntemleri, tarımsal katma değer

The effects of agriculture and economic growth on ecological balance in Türkiye: a Fourier-Shin cointegration analysis

Abstract

Purpose: This study aims to analyze the impact of agricultural activities and economic growth on environmental quality in Türkiye during the period 1961-2024. In the research model, ecological deficit is employed as the main indicator of environmental quality, along with its components: ecological footprint and biocapacity.

Design/Methodology/Approach: The stationarity properties of the variables used in the study were analyzed using the KPSS and Fourier KPSS tests. The presence of a long-run relationship among the variables was examined through the Shin and Fourier Shin cointegration tests. Finally, to estimate the long-run coefficients, the study employed DOLS and FMOLS methods, which are robust to heteroskedasticity and autocorrelation.

Findings: The empirical findings of the study reveal the existence of a cointegration relationship between agricultural value added, economic growth, and the indicators of ecological deficit, ecological footprint, and biocapacity. During the period under investigation, agricultural value added in Türkiye contributed to reducing the ecological deficit, whereas per capita income was found to exacerbate it.

Originality/Value: This study is expected to make three main contributions to the literature by examining the complex interaction between agriculture and environmental quality. The first contribution is the inclusion of the ecological balance variable and its components -rarely used in the literatüre- as indicators of environmental quality in the analysis. The second is the use of Fourier-based methods, which account for smooth structural breaks, instead of traditional econometric approaches that overlook such breaks. The third contribution lies in being one of the pioneering studies to investigate the agriculture-environment relationship in the context of Türkiye using Fourier methods.

Keywords: Environmental quality, ecological deficit, economic growth, fourier methods, agricultural value added

GİRİŞ

İnsan refahı açısından hayati öneme sahip gıda arzının temel kaynağını oluşturan tarım, gıda güvenliğinin sağlanmasında merkezi bir konuma sahiptir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 2 (SKH-2: Açlığa Son) ile doğrudan ilişkili olan tarımsal faaliyetler, aynı zamanda Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi 2030 kapsamında yer alan diğer hedeflerin gerçekleştirilmesine de önemli katkılar sunmaktadır. Bu bağlamda tarım sektörü, kırsal geçim kaynaklarını güçlendirerek SKH-1 (Yoksulluğa Son) ve SKH-8 (İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme) hedeflerini desteklemekte; güvenli ve yeterli gıda üretimi yoluyla SKH-3 (Sağlıklı ve Kaliteli Yaşam) ile ilişkilendirilmektedir. Bunun yanı sıra, tarımsal üretimin su ve doğal kaynaklara bağımlı yapısı SKH-6 (Temiz Su ve Sanitasyon), SKH-12 (Sorumlu Üretim ve Tüketim), SKH-13 (İklim Eylemi) ve SKH-15 (Karasal Yaşam) hedefleriyle güçlü bir etkileşim ortaya koymaktadır.

Tarımsal sistemler, ekosistem hizmetlerinin devamlılığını sağlayan sosyo-ekolojik yapılar olarak değerlendirilmektedir. Bu sistemler yarı-doğal olmaları nedeniyle hem doğal süreçlerden hem de insan kaynaklı faktörlerden büyük ölçüde etkilenmektedir (Swinton ve ark., 2007; Fusco ve ark., 2023). Söz konusu sistemler toprak sağlığının korunması, karbon emilimi, su döngüsünün düzenlenmesi ve biyolojik çeşitliliğin artırılması gibi ekosistem hizmetleri sunmaktadır (Power, 2010; Smith ve ark., 2013; Liu ve ark., 2019; Dağ ve Aktaş, 2024). Tarımsal sistemlerin etkin yönetimi iklim değişikliği ve çevresel bozulmalara karşı ekosistemlerin uyum ve direnç kapasitesini artırmakta, sürdürülebilir gıda üretiminin devamlılığını sağlayarak insan refahını iyileştirebilmektedir (Felipe-Lucia ve ark., 2020).

Tarımsal faaliyetlerdeki değişimler doğal çevreyi doğrudan etkilerken, çevresel koşullardaki dönüşümler de tarımsal sistemlerin işleyişini şekillendirmektedir (Wit ve ark., 1987; Oğul, 2022). Tarımsal üretimde kullanılan girdiler verimlilik ve ürün dayanıklılığı açısından önemli faydalar sağlamakla birlikte, çevresel sürdürülebilirlik üzerinde potansiyel riskler de barındırmaktadır. Bu kapsamda özellikle yoğun tarım yapılan bölgelerde inorganik nitrat kirliliği, pestisit kirliliği ve toprak tuzluluğu gibi çevreye yönelik olumsuz etkiler belirgin hale gelmektedir. Diğer taraftan son yıllarda önem kazanan "Sürdürülebilir Tarımsal Sistemler", kimyasal girdiler yerine sistem döngüsünden elde edilen kaynakları kullanarak doğal kaynakları korumayı ve bitkisel üretimi artırmayı hedeflemektedir (Jager ve ark., 2007; Ersöz ve Bingöl, 2022; Bulut ve Gökalp, 2022).

Tarım ve çevre arasındaki ilişki, ekonomik faaliyetlerin ekosistem hizmetleri ve doğal kaynaklar üzerindeki etkileri aracılığıyla şekillenmektedir (Daily, 1997; Foley ve ark., 2011). Tarımsal üretim arazi kullanım değişiklikleri, mekanizasyon, gübre ve pestisit uygulamaları yoluyla ekosistem üzerinde hem baskı hem de destekleyici etkiler yaratabilmektedir (Tilman ve ark., 2001; Smith ve ark., 2014). Örneğin, yoğun tarım uygulamaları toprak erozyonuna, su kaynaklarının kirlenmesine ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına yol açarken, modern sürdürülebilir tarım teknikleri ve verimlilik artırıcı uygulamalar ekosistem hizmetlerinin korunmasına katkı sağlayabilmektedir (Pretty, 2008).

Şekil 1'de görüldüğü üzere, tarım sektöründeki üretim artışı ekonomik büyümeyi tetikleyerek kirlilik ve kaynak tüketimi yoluyla çevreye zarar verirken, temiz enerji yatırımları yolu ile çevrenin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır. Bu bağlamda doğal kaynaklara dayalı tarım uygulamaları, hem doğal yaşam hem de iklim üzerinde önemli etkiler yaratarak sürdürülebilir kalkınmanın şekillenmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Grossman ve Krueger, 1995).



Şekil 1. Tarım, ekonomik büyüme ve ekolojik denge ilişkisi.
Figure 1*. The Relationship between Agriculture, Economic Growth, and Ecological Balance.*

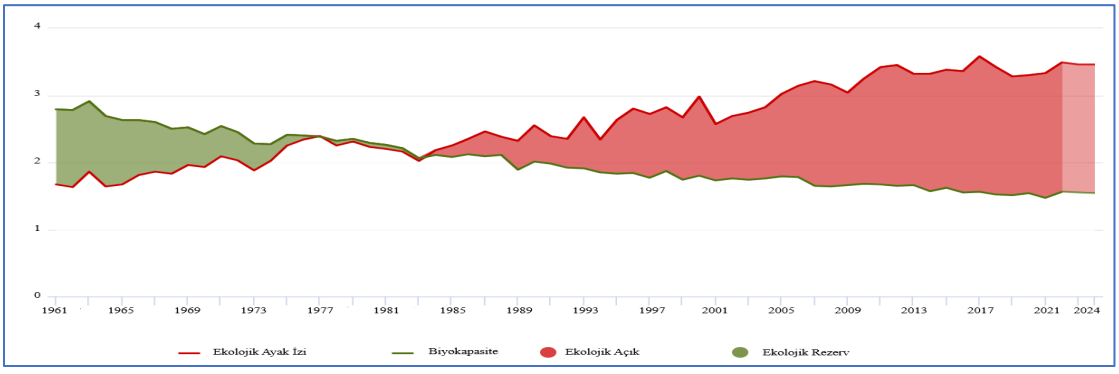
Sürdürülebilir kalkınma, insan faaliyetlerinin doğanın taşıma kapasitesi ve ekosistemlerin dengeli işleyişini koruyan sınırlar çerçevesinde yürütülmesi ile mümkün olmaktadır. Küresel ekonominin büyümesi ve daha iyi yaşam

standartlarına ulaşma ihtiyacı, doğal sistemlere olan talepleri hızla arttırmaktadır. Birçok çalışma Dünya'nın pek çok eşiğinin aşıldığını ve bu nedenle biyosferin gelecekte insanlığa hizmet etme yeteneğinin risk altında olduğunu ileri sürmektedir (Costanza ve ark., 1997; Rockström ve ark., 2009; Schlesinger, 2009; Daly ve Farley, 2011; Moore ve ark., 2012; Goudie, 2018). Söz konusu riski azaltmak ve gelecekteki refahı sağlamak için insanın biyosferle etkileşiminin etkin bir şekilde yönetilmesi kaçınılmazdır. İnsanın biyosferle olan etkileşimini değerlendirmede "Ekolojik Ayak İzi" önemli bir ölçüm aracı olarak kullanılmaktadır (Galli ve ark., 2012; Borucke ve ark., 2013).

Ekolojik ayak izi kavramı ilk olarak 1996 yılında Wackernagel ve Rees tarafından ortaya atılmış ve belirli bir nüfusun mevcut yaşam tarzını sürdürebilmesi için ihtiyaç duyduğu biyolojik üretim alanını ölçmeyi amaçlamaktadır. Bu kavrama hem talep hem de arz açısından yaklaşmak mümkündür. Talep yönünden bakıldığında ekolojik ayak izi, insanların doğadan ne kadar kaynak çektiğini ve bu tüketimin ne kadar atık ürettiğini inceler. Arz yönünden ise, doğanın bu atıkları ne ölçüde absorbe edebileceğini ve tüketilen kaynakları hangi hızla yenileyebileceğini değerlendirir (Nathanial, 2020). Kısacası ekolojik ayak izi, insan faaliyetlerinin doğa üzerindeki baskısını, yani tüketilen kaynakların yenilenmesi ve oluşan atıkların doğa tarafından giderilmesi için gerekli biyolojik kapasiteyi ortaya koymaktadır. Doğal kaynakların arz tarafına odaklanan biyolojik kapasite, ekosistemlerin yenilenebilir biyolojik kaynakları üretme ve insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan atıkları çevresel süreçler aracılığıyla bertaraf etme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (National Footprint Accounts (NFA), 2021; Borucke ve ark., 2013).

Ekolojik ayak izi ile biyolojik kapasitenin karşılaştırılması, mevcut doğal sermayenin tüketim ve üretim modellerini destekleyip desteklemediğini ortaya koymaktadır. Ekolojik arz ile insan kaynaklı talep arasındaki bu karşılaştırma ekolojik dengenin durumunu yansıtmaktadır. Ekolojik denge, ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Ekolojik ayak izi biyolojik kapasiteyi aştığında ekolojik açık oluşmakta ve çevresel sürdürülebilirliğin tehdit altında olduğuna kanaat getirilmektedir. Tersi durumda, doğanın arzı antropojenik talebi aştığında ekolojik fazlalık meydana gelmekte ve çevre koşullarının sürdürülebilir düzeyde tutulduğuna karar verilmektedir (Borucke ve ark., 2013). Ekolojik denge, bir ülkenin sürdürülebilirlik düzeyini ölçmede özenle yorumlanması gereken olguların başında gelmektedir. Ekolojik bir açık ortaya çıktığında, bu durum hem ülkenin kendi biyolojik kapasitesinin aşınmasına hem de küresel ölçekte biyolojik kapasitenin tükenmesine neden olabilmektedir. Dolayısıyla politika yapıcıların büyümenin yanında dikkate alması gereken ilk çevresel uyarının ekolojik açık olduğu ifade edilmektedir (Monfreda, 2004; Wackernagel, 2005; Syrovátka 2020).

Dünyada 2023 yılı itibari ile insan faaliyetlerinden kaynaklanan kaynak tüketimi ve atık üretimi yaklaşık olarak 21.38 milyar hektar olarak hesaplanmaktadır. Bu değerin aynı yıl için toplam nüfusa bölünmesiyle kişi başına düşen ekolojik ayak izi 2.68 hektar olarak belirlenmektedir. Benzer şekilde 2023 yılındaki veriler, dünya genelinde biyolojik olarak üretken kara ve su alanlarının toplam büyüklüğünün yaklaşık 12.1 milyar hektar olduğunu göstermektedir. Bunun aynı yıl içindeki küresel nüfusa oranlanması sonucunda, kişi başına düşen biyolojik kapasite yaklaşık 1.50 hektar olmaktadır (Global Footprint Network (GFN), 2025). Söz konusu verilere göre kişi başına ekolojik açık yaklaşık 1.18 hektar olarak ölçülmektedir. Bu durum küresel çapta çevresel sürdürülebilirliğin risk altında olduğu anlamını taşımaktadır. Çalışmaya konu olan Türkiye için de bu durumun çok farklı olmadığı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Türkiye'nin ekolojik denge grafiği (kaynak: global footprint network, 2025.

Figure 2. *Graph of Türkiye's Ecological Balance (Source: Global Footprint Network, 2025.*

Şekil 2'de dikey eksen kişi başına küresel hektarı göstermek üzere Türkiye için ekolojik ayak izi, biyolojik kapasite ve ekolojik açık/rezerv değerleri yer almaktadır. Bu veriler incelendiğinde 1961 yılında yaklaşık olarak biyolojik kapasite ve ekolojik ayak izinin sırası ile 2.79 ve 1.67 hektar olduğu; ancak 2024 yılına gelindiğinde söz

konusu bu değerlerin 1.54 ve 3.46 hektar olarak gerçekleştiği görülmektedir. Yıllar içerisinde kişi başına hem biyolojik kapasitenin azalması hem de ekolojik ayak izinin artması çevrenin sürdürülebilirliğini tehlikeye atmaktadır. 2023 yılı itibari ile Türkiye'de kişi başına düşen ekolojik açığın yaklaşık 2.93 hektar olduğu ve bu değerin dünya ortalamasının çok üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca 1980'den itibaren Türkiye'de ekolojik açığın meydana gelmeye başladığı ve yıllar içinde bu açığın giderek derinleştiği görülmektedir.

Ekolojik denge üzerinde belirleyici olan beşeri baskıların önemli bir kısmı tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Bu durum, tarım sektörünün hem doğal kaynak kullanımı hem de çevresel dışsallıklar açısından kritik bir konumda yer aldığını ortaya koymaktadır. Küresel ölçekte kara yüzeyinin yaklaşık %40'ının tarımsal amaçlarla kullanıldığı, Türkiye'de ise bu oranın yaklaşık %30 düzeyinde seyrettiği görülmektedir (Food and Agriculture Organization (FAO), 2023). Bu göstergeler tarımsal faaliyetlerin ölçeği ve yaygınlığı dikkate alındığında tarım sektörünün ekolojik denge üzerindeki etkilerinin sistematik ve bütüncül bir analizini gerekli kılmaktadır. Bu kapsamda tarım ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki uzun dönemli etkilerini incelemek amacıyla tüm değişkenlere ait verilerin mevcut olduğu en geniş dönem olan 1961-2024 yılları ele alınmıştır. Söz konusu dönemde Türkiye'de tarımsal katma değer ve kişi başına gelirin ekolojik denge üzerindeki etkileri yumuşak yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier yöntemleriyle analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaca yönelik olarak çalışmada yanıt aranan araştırma soruları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

- Türkiye'nin ilgili döneminde tarımsal katma değer ve ekonomik büyüme, genel ekolojik denge üzerinde hangi yönde ve ne ölçekte etki göstermektedir?
- Tarım ve ekonomik büyümenin etkisi, ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite üzerinde farklılaşmakta mıdır?
- Tarım ve ekonomik büyümenin çevresel etkileri, uzun dönemli dalgalanmalar ve yapısal kırılmalar dikkate alındığında nasıl değişmektedir?

Bu alandaki çalışmalar incelendiğinde tarım-çevre bağlantısını Türkiye özelinde ele alan sınırlı sayıda çalışmanın olduğu göze çarpmaktadır. İncelenen bu sınırlı sayıdaki çalışmalarda ise genellikle yapısal kırılmaları dikkate almayan geleneksel ekonometrik yöntemlerin kullanıldığı anlaşılmaktadır (Okumuş, 2020; Çetin ve ark., 2020; Udemba, 2022; Özbek ve Oğul, 2023; Bölük ve Karaman, 2024). Literatürdeki bu eksiklikten dolayı, Türkiye'nin çevre kalitesini tarım ve ekonomik büyüme bağlamında değerlendirmek amacıyla böyle bir çalışma tasarlanmıştır. Çalışmanın devam eden kısımlarında ilk olarak literatür incelemesi yapılmış ve ardından ampirik analizde kullanılan veri seti ve ekonometrik yöntem tanıtılmıştır. Daha sonra çalışmanın ampirik bulgularına yer verilmiş ve son olarak ampirik bulgular ışığında değerlendirmeler yapılarak çalışma sonlandırılmıştır.

LİTERATÜR TARAMASI

Kalkınma iktisadının önem kazanmasıyla birlikte, ülkeler büyüme odaklı politikalar benimsemekte ve bu durum doğal kaynakların aşırı ve plansız şekilde kullanılmasına neden olmaktadır. Bu süreçte hem doğal kaynakların tükenmesi hem de sanayileşme ve üretim süreçleri çevre kirliliğine yol açmaktadır. Çevre kirliliğinin göstergesi olarak ekolojik ayak izinin kabul görmesinden sonra, pek çok araştırmacı ekonomik büyüme ve çevre kalitesi arasındaki bağıntıya odaklanmıştır (Wang ve ark., 2013; Apergis ve Ozturk, 2015; Figge ve ark., 2017; Ulucak ve Bilgili 2018; Dogan ve ark., 2019; Baz ve ark., 2020; Ünal ve Aktuğ, 2022a; Ünal ve Aktuğ 2022b; Yurtkuran ve ark., 2025). Bu çalışmaların tamamında ekolojik ayak izi kullanılmış ve dikkate aldıkları dönem ve örneklem itibariyle farklı sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümenin çevre üzerinde baskı oluşturduğu göze çarpmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise genellikle büyümenin çevreye katkıda bulunduğu kanısı hâkimdir; zira ekonomik büyümenin çevre dostu teknolojilere yatırım yapılmasını ve çevresel düzenlemelerin uygulanmasını kolaylaştırdığı düşünülmektedir (Monfreda, 2004; Wackernagel, 2005). Bununla beraber literatürde temel odak noktası tarım-çevre ilişkisi olan ve bazıları ekonomik büyüme değişkenini de içeren çeşitli çalışmalar Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Tarım, ekonomik büyüme ve çevre kalitesi üzerine ampirik literatür

Table 1. Empirical literature on agriculture, economic growth and environmental quality

Yazar	Dönem	Ülke(ler)	Yöntem	Sonuç
Atıcı ve Kurt (2007)	1968-2000	Türkiye	Regresyon analizi	$AGRI \rightarrow CO_2\ (-)$ $GDP \rightarrow CO_2\ (EKC)$
Dogan (2016)	1968-2010	Türkiye	ARDL sınır testi	$AGRI \rightarrow CO_2\ (-)$ $GDP \rightarrow CO_2\ (EKC)$
Rafiq ve ark. (2016)	1980-2010	30 Orta-Düşük, 23 Yüksek Gelirli Ülke	Panel MG, CCEMG, AMG tahmincileri	$\boldsymbol{Y}: AGRI \rightarrow CO_2\ (-)$ $\boldsymbol{O}: AGRI \rightarrow CO_2\ (+)$
Jebli ve Youssef (2016)	1980-2011	Tunus	Johansen ve Juselius, Granger nedensellik	$AGRI \rightarrow CO_2\ (+)$
Jebli ve Youssef (2017)	1980-2011	5 Kuzey Afrika Ülkesi	Pedroni Eşbütünleşme, OLS, DOLS, FMOLS	$AGRI \rightarrow CO_2\ (-)$ $GDP \rightarrow CO_2\ (+)$
Liu ve ark. (2017)	1970-2013	ASEAN 4 Ülkeleri	Pedroni-Kao, OLS, DOLS, FMOLS	$AGRI \rightarrow CO_2\ (-)$ $GDP \rightarrow CO_2\ (EKC)$
Waheed ve ark. (2018)	1990-2014	Pakistan	Panel ARDL, FMOLS, DOLS	$AGRI \rightarrow CO_2\ (+)$
Qiao ve ark. (2019)	1990-2014	G20 Ülkeleri	Panel FMOLS	**D:** $AGRI \rightarrow CO_2\ (-)$ **E:** $AGRI \rightarrow CO_2\ (+)$ $GDP \rightarrow CO_2\ (EKC)$
Olanipekun ve ark. (2019)	1996-2015	11 Orta-Batı Afrika Ülkesi	Panel MG, PMG, AMG	$AGRI \rightarrow EFP\ (+)$ $GDP \rightarrow EFP\ (+)$
Okumuş (2020)	1968-2014	Türkiye	ARDL sınır testi	$AGRI \rightarrow CO_2\ (+)$ $GDP \rightarrow CO_2\ (EKC)$
Çetin ve ark. (2020)	1968-2016	Türkiye	ARDL sınır testi	$AGRI \rightarrow CO_2\ (-)$ $GDP \rightarrow CO_2\ (EKC)$
Pata (2021)	1971-2016	BRIC ülkeleri	Fourier-ADL	$AGRI - \emptyset - CO_2$ $AGRI - \emptyset - EFP$
Yurtkuran (2021)	1970-2017	Türkiye	Bootstrap ARDL	$AGRI \rightarrow CO_2\ (-)$
Udemba (2022)	1974-2018	Türkiye	ARDL sınır testi	$AGRI \rightarrow EFP\ (+)$
Ünal ve Atasel (2022)	1990-2016	Koordineli Piyasa Ülkeleri	Panel CCE, Dumitrescu-Hurlin nedensellik	$AGRI - \emptyset - CO_2$
Özbek ve Oğul (2023)	1990-2019	Türkiye	ARDL, FMOLS, DOLS	$AGRI \rightarrow EFP\ (+)$
Li ve ark. (2023)	1975-2020	5 Asya Ülkesi	CS- ARDL sınır testi	$AGRI \rightarrow EFP\ (+)$ $GDP \rightarrow EFP\ (EKC)$
Bölük ve Karaman (2024)	1968-2020	Türkiye	ARDL sınır testi	$AGRI \rightarrow EFP\ (+)$
Yasin ve ark. (2024)	1995-2017	BRICS Ülkeleri	Panel Quantile Regresyon	$AGRI \rightarrow CO_2\ (-)$ $AGRI \rightarrow EFP\ (-)$
Dinçer ve Akın (2025)	1990-2022	Tarımda başarılı 12 Ülke	Panel AMG, Dumitrescu ve Hurlin nedensellik	$AGRI \rightarrow CO_2\ (-)$ $AGRI \rightarrow CO_2\ (+)$ $GDP \rightarrow CO_2\ (+)$
Kaya (2025)	1961-2019	BRICS Ülkeleri ve Türkiye	Panel ARDL	$AGRI \rightarrow CO_2\ (-)$
Yurtkuran ve ark., (2025)	1980-2018	ABD	Bayer-Hanck eşbütünleşme FMOLS ve CCR	$GDP \rightarrow CO_2\ (EKC)$
Baykut (2025)	1991-2021	Türkiye	ARDL sınır testi	$AGRI \rightarrow LCF\ (-)$
Kapçak (2026)	1990-2021	Türkiye	F-ADL, FMOLS	$AGRI \rightarrow CO_2\ (+)$

Not: -∅-: ilişki yok, →: ilişki var, (+): pozitif ilişki, (-): negatif ilişki, (EKC): çevresel Kuznets hipotezi geçerli, Y: yüksek gelirli ülkeler, O: orta-düşük gelirli ülkeler, E: gelişmekte olan ülkeler, D: gelişmiş ülkeler, AGRI: tarımsal üretim/tarımsal katma değer, CO2: karbondioksit emisyonları, GDP: kişi başına gelir, EFP: ekolojik ayak izi, LCF: Biyokapasite / Ekolojik ayak izi.

Literatür, ekonomik büyüme açısından ele alındığında, söz konusu değişkenin kullanıldığı çalışmalarda ekonomik büyüme ile çevre kalitesi arasında genellikle EKC hipotezinin (ters-U ilişkisi) geçerli olduğu, bu hipotezin test edilmediği çalışmalarda ise ekonomik büyümenin çevre kalitesini kötüleştirdiği görülmektedir. Başka bir ifadeyle EKC hipotezinde belirtildiği gibi, özellikle gelişmiş ülkelerde kişi başına düşen gelir çevre kalitesine olumlu katkı sağlarken, daha düşük gelire sahip ülkelerde gelir çevreye zarar vermektedir. Tarım ile çevre kalitesi arasındaki ilişkiye dair literatür incelendiğinde, elde edilen sonuçların birbirinden farklı olduğu ve bu farklılıkların çalışmalarda kullanılan yöntemler, analiz dönemleri, ele alınan değişkenler ve örneklem yapısındaki çeşitlilikten kaynaklandığı değerlendirilmektedir. İncelenen çalışmalar genellikle yapısal kırılmaları dikkate almayan klasik panel veri ve zaman serisi modelleri yardımı ile tarımsal faaliyetlerin çevre üzerindeki etkilerini ölçmeye çalışmıştır. Bu çalışmalarda çevre kalitesi göstergesi olarak büyük ölçüde karbondioksit emisyonları ve son zamanlarda ekolojik ayak izi değişkeninin kullanıldığı görülmektedir. Gelişmekte olan ülkeler için ele alınan çalışmalarda genellikle tarımsal faaliyetlerin çevre kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yarattığı sonucu ortaya konulmuştur. Diğer araştırmalar ise sürdürülebilir tarım

uygulamalarının çevre kalitesini artırabileceğini göstermektedir. Ayrıca coğrafi bölge, tarım türü ve kullanılan yöntemlerin çevre üzerindeki etkilerinin değişkenlik göstermesi, literatürdeki farklılıkların temel nedenleri arasında yer aldığı söylenebilir. Bu durum, tarım ve çevre etkileşiminin karmaşık ve çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için farklı ölçeklerde yürütülecek araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Tarım ve çevre kalitesinin karmaşık etkileşimini ele alan bu çalışmanın literatüre üç önemli katkı sağlaması beklenmektedir. Birincisi çalışmada çevre kalitesi göstergesi olarak ampirik literatürde sınırlı biçimde kullanılan ekolojik denge değişkeni ve alt bileşenleri analize dahil edilerek çevresel etkinin daha bütüncül ve çok boyutlu bir şekilde değerlendirilmesi hedeflenmiştir. İkincisi mevcut çalışmalarda yaygın olarak kullanılan geleneksel modellerin aksine yumuşak yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier yöntemlerin uygulanması, ekonomik ve çevresel şokların etkilerini daha doğru ve güvenilir bir biçimde analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Üçüncüsü ise Türkiye özelinde tarım ve çevre ilişkisini Fourier tabanlı yöntemlerle sistematik olarak inceleyen öncü çalışmalardan biri olarak hem yöntemsel hem de ülke odaklı literatüre özgün bir katkı sunmaktadır.

EKONOMETRİK METODOLOJİ

Bu çalışma tarım ve ekonomik büyümenin Türkiye'nin çevre kalitesi üzerine bir etkisinin olup olmadığını Fourier yöntemleri ile araştırmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda çevre kalitesi belirleyicileri olan ekolojik açık, ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite ile kişi başına gelir ve tarımsal katma değer değişkenlerinin tanımlamaları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Değişken ve tanımlamaları

Table 2. *Variables and their definitions*

Değişken	Açıklama	Birim	Veri Kaynağı
ED	Ekolojik Açık	Kişi başına küresel hektar	GFN (2025)
EFP	Ekolojik Ayak İzi	Kişi başına küresel hektar	GFN (2025)
BC	Biyolojik Kapasite	Kişi başına küresel hektar	GFN (2025)
GDP	Kişi Başına Gelir	Sabit 2015 ABD doları	WDI (2025)
AGRI	Tarımsal Katma Değer	Kişi başına gelirin yüzdesi (%)	WDI (2025)

Çizelge 2 ile verilen değişkenlere ait veriler kullanılarak tarımsal katma değer (tarım, ormancılık ve balıkçılık katma değeri) ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki etkisini incelemek için üç ayrı ampirik model geliştirilmiştir. İlk modelde çevresel sürdürülebilirliğin genel göstergesi olan ekolojik açık, ikinci ve üçüncü modellerde ise çevrenin "baskı/kirlilik" ve "doğanın yeniden üretme kapasitesi" boyutlarını temsil eden ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite bağımlı değişkenler olarak ele alınmıştır. Bu çok modelli yaklaşım tarımsal katma değer ve ekonomik büyümenin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini hem genel düzeyde hem de bileşen bazında karşılaştırmalı ve ayrıntılı biçimde değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Ayrıca bu yaklaşım, birinci modelde ortaya çıkan etkilerin çevre kalitesinin hangi boyutu üzerinde daha belirleyici olduğunu ve ikinci ile üçüncü modelde gözlenen etkilerin birbirini absorbe edip etmediğini analiz etmeyi mümkün kılmaktadır.

Model 1: $ED_t = \beta_0 + \beta_1 InGDP_t + \beta_2 lnAGRI_t + \varepsilon_t$

Model 2: $lnEFP_t = \gamma_0 + \gamma_1 InGDP_t + \gamma_2 lnAGRI_t + \vartheta_t$

Model 3: $lnBC_t = \lambda_0 + \lambda_1 InGDP_t + \lambda_2 lnAGRI_t + \mu_t$

Burada t, 1961-2024 zaman dönemini; $\beta_1,\ \gamma_1\ ve\ \lambda_1$ kişi başına gelirin sırası ile ED, lnEFP ve lnBC üzerindeki etkisini gösteren parametreleri; $\beta_2,\ \gamma_2\ ve\ \lambda_2$ tarımsal katma değerin sırası ile ED, lnEFP ve lnBC üzerindeki etkisini ifade eden parametreleri; $\beta_0,\ \gamma_0\ ve\ \lambda_0$ sabit terimleri ve $\varepsilon_t, \vartheta_t\ ve\ \mu_t$ hata terimlerini belirtmektedir. Bunun yanı sıra kurulan ampirik modellerde içerisinde negatif değerler barındırdığı için ED değişkeni orijinal hali ile diğer değişkenlerin ise doğal logaritması alınarak kullanılmıştır.

Fourier KPSS birim kök testi

Zaman serileri analizinde durağanlığın test edilmesi, serinin istatistiksel özelliklerinin zaman içinde sabit olup olmadığını belirlemek ve doğru modelleme yapabilmek adına önem taşımaktadır. Durağanlık analizi, uzun dönem katsayı tahmininde hangi tahmincinin kullanılmasına doğrudan etki etmektedir. Durağan seriler için klasik regresyon yöntemleri uygunken, birinci farkında durağan olan serilerde eşbütünleşme testlerine dayalı yöntemler tercih edilmektedir. Bu nedenle çalışmada serilerin durağanlığı ilk olarak "Kwiatkowski-Philips-Schmidt-Shin (KPSS)" tarafından geliştirilen KPSS (1992) birim kök testi ile incelenmiştir. Diğer birim kök testlerinden farklı olarak sıfır

hipotezi "seriler durağandır" şeklinde kurulan KPSS testi, olası yapısal kırılmalara izin vermemektedir. Söz konusu KPSS testi, daha sonra içsel olarak bir ve iki yapısal kırılmaya izin verecek şekilde sırası ile Kurozumi (2002) ve Carrion-i Silvestre ve Sanso (2007) tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen bu iki birim kök testi, keskin yapısal kırılmaları dikkate almaktadır. Başka bir ifade ile ani değişimleri ifade eden yumuşak geçişleri göz ardı etmektedir. Yumuşak geçişleri Fourier fonksiyonları ile KPSS testine dahil eden Becker ve ark (2006), Fourier-KPSS (FKPSS) testini literatüre kazandırmışlardır. Becker ve ark (2006) tarafından geliştirilen yapısal kırılma tarihinden ve sayısından bağımsız olan FKPSS testi, aşağıdaki modeli göz önüne almaktadır.

$$y_t = \alpha(t) + \eta_t + \varepsilon_t; \qquad \eta_t = \eta_{t-1} + u_t \tag{1}$$

Denklem (1) de yer alan y durağanlığı test edilen değişkeni, $\alpha(t)$ trendden etkilenen sabit bileşeni, ε_t beyaz gürültülü hata terimini ve u_t ise σ_u^2 varyansla bağımsız aynı dağılan hata terimini göstermektedir. $\alpha(t)$ tek frekanslı Fourier fonksiyonları aşağıda denklem (2) ile verilmiştir.

$$\alpha(t) = \gamma_0 + \gamma_1 sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \tag{2}$$

Denklem (2) ile verilen $\alpha(t)$ fonksiyonu, Denklem 1'de yerine yazılarak FKPSS birim kök testi elde edilmektedir. Denklem (2)'de yer alan modelde t trendi, k frekans değerini, T örneklem büyüklüğünü ve π değeri 3,1428'i belirtmektedir. FKPSS birim kök testi için elde edilen eşitlik Denklem (3) ile gösterilmiştir.

$$y_t = \gamma_0 + \gamma_1 sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + e_t \tag{3}$$

Denklem (3)'te ifade edilen FKPSS testinin sabitli modeli için $\tau_\mu(k)$ test istatistiği aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Becker ve ark., 2006: 185).

$$\tau_\mu(k) = \frac{1}{T^2}\frac{\sum_{t=1}^{T}\tilde{S}_t(k)^2}{\tilde{\sigma}^2} \tag{4}$$

Burada $\tilde{e}_j$ denklem (3)'ün tahmininden elde kalıntılar olmak üzere $\tilde{S}_t(k) = \sum_{j=1}^{t}\tilde{e}_j$ eşitliği mevcuttur. Hesaplanan $\tau_\mu(k)$ istatistik değeri Becker ve ark. (2006) çalışmasında elde edilen tablo kritik değerlerinden küçük olduğunda serilerin durağan olduğuna karar verilmektedir. Son olarak serinin lineer olmayan trend içerip/içermediği F testi ile belirlenmektedir. Başka bir ifade ile modele eklenen trigonometrik terimlerin gerekliliği (katsayıların anlamlı olup olmadığı) F testi ile sınanmaktadır (Becker ve ark., 2006). Bu doğrultuda $H_0: \gamma_1 = \gamma_2 = 0$ yokluk hipotezi aşağıda hesaplanan F istatistik değeri ile değerlendirilmektedir.

$$F_\mu(k) = \frac{(KKT_0 - KKT_1(k))/2}{KKT_1(k)/(T-q)} \tag{5}$$

Eşitlik (5)'te yer alan KKT_0 değeri H_0 hipotezinin geçerli olduğu regresyonun, KKT_1 ise denklem (3) modelinde elde edilen kalıntı kareler toplamını, q bağımsız değişken sayısını ve k ise belirli bir frekansı temsil etmektedir. Hesaplanan F istatistik değeri ile H_0 hipotezinin ret edilmesi, trigonometrik terimlerin modelde yer alması gerektiğine işaret etmektedir. Aksi durumda standart KPSS testi tercih edilmektedir.

Fourier-Shin eşbütünleşme testi

Birinci farkında durağan olan değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki için Shin (1994) tarafından bir eşbütünleşme testi önerilmiştir. KPSS durağanlık testine dayanan ve yapısal kırılmaları dikkate almayan bu test, sonrasında içsel olarak keskin bir yapısal kırılmaya izin verecek şekilde Arai ve Krozumi (2007) tarafından geliştirilmiştir. Ancak daha sonra yumuşak yapısal kırılmaların gerekliliği ortaya konulmuş ve Tsong ve ark. (2016) tarafından Shin eşbütünleşme testine trigonometrik terimler eklenerek yeni bir test önerilmiştir. Fourier-Shin (FSHIN) eşbütünleşme testi olarak literatüre kazandırılan bu test, model (6) üzerinden kurulmaktadır.

$$y_t = d_t + x_t'\beta + \eta_t \tag{6}$$

Denklem (6)'da $\eta_t = y_t + u_{1t}$, $\gamma_0 = 0$ ile $\gamma_t = y_{t-1} + v_t$ ve $x_t = x_{t-1} + u_{2t}$ eşitlikleri sağlanmaktadır. Burada u_{1t} ve u_{2t} durağan bir yapı göstermekte ve dolayısıyla y_t ve x_t birinci farkında durağan olmaktadır. Eşitlik (6)'de yer alan deterministik d_t bileşeni aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$d_t = \sum_{i=0}^{m} \delta_i t^i + f_t \quad (7)$$

Deterministik bileşende yer alan m değerinin 0 olması sabit terimli modeli, m'nin 1 olması ise sabitli trendli modeli belirtmektedir. Bu bileşende bulunan f_t fourier fonksiyonu ise aşağıda denklem (8) ile tanımlanabilmektedir (Tsong ve ark., 2016: 1088-1089).

$$f_t = \alpha_k sin\left(\frac{2k\pi t}{T}\right) + \beta_k cos\left(\frac{2k\pi t}{T}\right) \quad (8)$$

Tanımlanan f_t Fourier fonksiyonları ve d_t deterministik bileşen denklem (6)'da yerine yazılarak FSHIN eşbütünleşme modeli elde edilmektedir.

$$y_t = \sum_{i=0}^{m} \delta_i t^i + \alpha_k sin\left(\frac{2k\pi t}{T}\right) + \beta_k cos\left(\frac{2k\pi t}{T}\right) x_t'\beta + u_{1t} \quad (9)$$

Denklem (9) ile verilen modelde trigonometrik terimlerin anlamlılığı FKPSS testinde olduğu gibi F testi ile incelenmektedir. Trigonometrik terimlerin anlamlı olması durumunda FSHIN test istatistiği $\left(CI_f^m\right)$ kullanılmakta ve aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$CI_f^m = T^{-2}\hat{w}_1{}^{-2}\sum_{t=1}^{T} S_t^2 \quad ; \qquad S_t = \sum_{t=1}^{T} \hat{u}_{1t} \quad (10)$$

Burada $\hat{w}_1$, $\hat{u}_{1t}$'nin uzun dönem varyansının etkin bir tahmincisini göstermektedir. Elde edilen CI_f^m istatistiği Tsong ve ark. (2006: 1091) tarafından oluşturulan tablo kritik değerlerini aşmıyorsa değişkenler arasında "yumuşak yapısal kırılmalar ile eşbütünleşme ilişkisi var" şeklinde kurulan yokluk hipotezi kabul edilmektedir. Ayrıca denklem (9)'da yer alan trigonometrik terimlerin anlamsız çıkması, FSHIN istatistiği yerine SHIN test istatistiğinin kullanımını etkin kılmaktadır.

AMPİRİK BULGULAR

Bu çalışmada 1961-2024 dönemi ele alınarak Türkiye'de kişi başına düşen gelir ve tarımsal katma değerin ekolojik denge üzerindeki etkileri Fourier-Shin eşbütünleşme testi ile araştırılmıştır. Söz konusu değişkenlerin ele alınan döneme ait tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 3'te sunulmuştur.

Çizelge 3. Tanımlayıcı istatistikler

Table 3. *Descriptive statistics*

	ED	GDP	AGRI	EFP	BC
Ortalama	-0.583	6401.917	20.480	2.595	2.012
Ortanca	-0.511	5244.662	15.578	2.506	1.900
Maksimum	1.156	15147.840	53.326	3.579	2.907
Minimum	-2.016	2395.051	5.534	1.629	1.472
Std. Sapma	0.955	3429.967	14.593	0.581	0.393
Eğiklik	0.121	0.974	0.845	0.110	0.497
Basıklık	1.816	2.898	2.447	1.766	2.067
Jarque-Bera	3.892	10.156	8.439	4.193	4.952
Olasılık	0.143	0.006	0.015	0.123	0.084

Çizelge 3 incelendiğinde Türkiye'de 1961-2024 yılları arasında ortalama; kişi başına ekolojik açık -0.583 gha, kişi başına düşen gelir 6401.917 ABD doları, toplam GDP içerisinde tarımsal katma değer oranı %20, kişi başına ekolojik ayak izi 2.595 gha ve kişi başına biyolojik kapasitenin 2.012 gha olarak gerçekleştiği görülmektedir. Ekolojik açık değişkeninin negatif ortalaması, çevresel baskıların sürdürülebilirlik kazanımlarının önünde seyrettiğine işaret etmektedir. Kişi başına gelir ve toplam gelir içinde tarımın payı değişkenlerindeki yüksek oynaklık, ekonomik faaliyetlerin çevre üzerindeki baskısının dönemsel olarak değiştiğini göstermektedir. Ekolojik ayak izi değişkeninin görece istikrarlı ancak yüksek ortalama düzeyi, çevresel baskıların kalıcı bir nitelik taşıdığını ortaya koyarken, biyolojik kapasite değerlerinin sınırlı düzeyi doğal kaynakların yenilenme kapasitesinin kısıtlı olduğunu ifade etmektedir. Bu bulgular, ekonomik büyüme ve tarımsal faaliyetlerin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerinin dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Tanımlayıcı değerlerden sonra ele alınan değişkenlerin durağanlık analizi KPSS ve FKPSS testleri ile sınanmış ve test sonuçları Çizelge 4'te özetlenmiştir.

Çizelge 4. KPSS ve FKPSS durağanlık test sonuçları

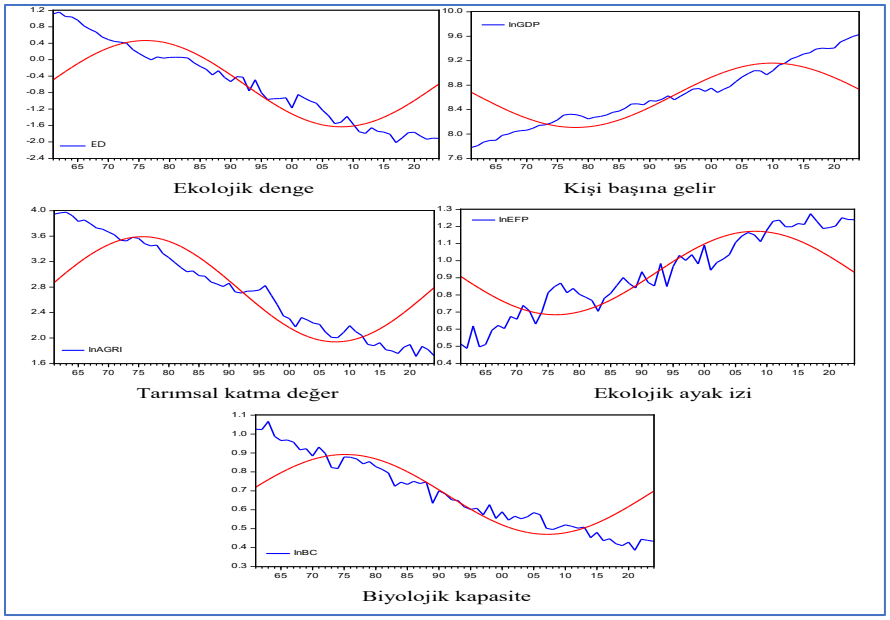
Table 4. *KPSS and Fourier KPSS stationarity test results*

	KPSS	FKPSS				FKPSS Kritik değerler		
Değişken	**Test ist.**	**KKT**	**k**	$\tau_\mu(k)$	$F_\mu(k)$	**%1**	**%5**	**%10**
ED	1.014^{***}	22.155	1	0.436^{***}	48.564^{***}			
lnGDP	1.014^{***}	7.399	1	0.448^{***}	36.582^{***}			
lnAGRI	1.010^{***}	11.363	1	0.439^{***}	58.704^{***}	0.270	0.172	0.132
lnEFP	1.001^{***}	1.401	1	0.420^{***}	41.480^{***}			
lnBC	1.104^{***}	0.868	1	0.440^{***}	50.116^{***}			
Δ ED	0.149	0.853	3	0.177	-	0.718	0.448	0.339
Δ lnGDP	0.147	0.085	1	0.050	-	0.270	0.172	0.132
Δ lnAGRI	0.131	0.327	4	0.1182	-	0.722	0.459	0.348
Δ lnEFP	0.086	0.227	2	0.053	-	0.667	0.415	0.315
Δ lnBC	0.412	0.078	5	0.333	-	0.739	0.463	0.352

Not: F istatistiği için %1 tablo kritik değeri 6.873'tür. ***, %1 anlamlılık düzeyini; KKT, Kalıntı kareleri toplamını ve Δ, birinci farkı ifade etmektedir. KPSS testi için %1, %5 ve %10 tablo kritik değerleri sırasıyla 0.739, 0.463 ve 0.347'dir.

Çizelge 4'te KPSS test istatistiği, FKPSS için hesaplanan test istatistikleri ve Becker ve ark. (2006: 389) tarafından frekans değerine bağlı olarak üretilen tablo kritik değerleri yer almaktadır. Ele alınan değişkenlerin düzey değerlerinde hesaplanan KPSS test istatistiklerinin tablo kritik değerleri aştığı ve dolayısıyla "seriler durağandır" şeklinde kurulan H_0 hipotezinin red edildiği görülmektedir. Aynı test için serilerin birinci farkında hesaplanan test istatistiklerine göre H_0 hipotezinin red edilemediği ve serilerin durağan hale geldiği anlaşılmaktadır. Yumuşak geçişleri dikkate alan FKPSS test sonuçları incelendiğinde, değişkenlerin seviye değerleri için hesaplanan $\tau_\mu(k)$ test istatistiklerinin tablo kritik değerlerinden büyük olduğu ve serilerin birim kök içerdiği görülmektedir. KPSS testinde olduğu gibi FKPSS testinde de serilerin birinci farkında durağan hale geldiği ortaya konulmuştur. FKPSS testinde hesaplanan $F_\mu(k)$ test istatistiği, tablo kritik değerini aşarak "trigonometrik terimler anlamsızdır" şeklinde ifade edilen H_0 hipotezinin red edildiği ve dolayısıyla durağanlık testi için trigonometrik terimlerin gerekli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Şekil 3'te, F-istatistiğini doğrular şekilde bir sonuç gözlemlenmektedir. Kırmızı eğriler tahmin edilen değerleri, mavi eğriler ise gerçekleşen zaman serisini temsil etmektedir. Trigonometrik terimler yardımı ile tahmin edilen eğrilerin gerçekleşen zaman serilerini yansıttığı anlaşılmaktadır. Bu durum durağanlık testi için yumuşak geçişleri modele katan trigonometrik terimlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Birim kök analizinin sonucunda serilerin I(1) düzeyinde durağan olduğu belirlenmiş ve bu da FSHIN testinin tercih edilmesini gerektirmiştir. Seriler arasındaki uzun dönem ilişkisinin tespiti için uygulanan SHIN ve FSHIN testlerine ait bulgular Çizelge 5'te sunulmuştur.



Şekil 3. Serilerde gerçekleşen ve tahmin edilen zaman yolu.

Figure 3. *Actual and Predicted Time Paths of the Series.*

Çizelge 5. Fourier-Shin eşbütünleşme test sonuçları

Table 5. *Fourier-Shin cointegration test results*

Model	MinKKT	Frekans	FSHİN-test CI_f^m	SHİN-test CI^m	F-istatistiği
$ED = f(lnGDP, lnAGRI)$	0.3576	3	0.0739	0.0798	22.027***
$lnEFP = f(lnGDP, lnAGRI)$	0.1139	2	0.0782	0.0636	57.777***
$lnBC = f(lnGDP, lnAGRI)$	0.0299	1	0.0519	0.1132	51.656***
Tsong ve ark. (2006) Tablo Kritik Değerleri					
	p	k	%1	%5	%10
		3	0.383	0.202	0.148
FSHIN testi	2	2	0.328	0.182	0.132
		1	0.155	0.124	0.095
F testi	-	-	5.774	4.066	3.352

Not: p ve k sırası ile bağımsız değişken sayısı ve frekansı göstermektedir

Çizelge 5'te hesaplanan FSHİN-test CI_f^m ve SHİN-test CI^m istatistiklerinin tablo kritik değerleri aşmadığı, dolayısıyla "seriler eşbütünleşiktir" şeklinde ifade edilen H_0 hipotezinin ele alınan her üç model için ret edilemediği görülmektedir. Bunun sonucunda kişi başına gelir ve tarımsal katma değerin ekolojik açık, ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite ile aralarında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca F testi sonuçlarına göre ele alınan modellerde FKPSS durağanlık testinde olduğu gibi trigonometrik terimlerin modele dahil edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinden sonra uzun dönem katsayıların tahmini için Stock ve Watson (1993) tarafından geliştirilen "dinamik en küçük kareler (DOLS)" ile Philips ve Hansen (1990) tarafından önerilen "tam düzeltilmiş en küçük kareler (FMOLS)" yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler eşbütünleşik ilişkilerde otokorelasyon ve içsel ilişkilerden kaynaklanan yanlılıkları düzelterek uzun dönem katsayılarının tutarlı ve güvenilir tahminini mümkün kılmaktadır. FMOLS ve DOLS tahmincilerine ait bulgular Çizelge 6'da sunulmuştur.

Çizelge 6. Model 1 için FMOLS ve DOLS tahmin bulguları

Table 6. *FMOLS and DOLS estimation results for Model 1*

$ED = f(lnGDP, lnAGRI)$

Tahminci	FMOLS		DOLS	
Değişkenler	**Katsayı**	**t-istatistik**	**Katsayı**	**t-istatistik**
lnAGRI	0.9042***	7.2434	0.9024***	5.9628
lnGDP	-0.5683***	-3.1231	-0.5666**	-2.4577
Sabit terim	1.8260	0.9573	1.8198	0.7584
CC	0.0978***	3.0852	0.0855***	2.7028
SS	0.0397	1.2189	0.0397	1.1571

Not: CC ve SS, kosinüs ve sinüs fonksiyonlarını; *** ve ** , %1 ve %5 önem düzeyini göstermektedir.

Çizelge 6'da verilen FMOLS ve DOLS tahmin bulgularının birbiri ile uyumlu ve kosinüs teriminin katsayısının anlamlı olduğu görülmektedir. Tahmin sonuçları incelendiğinde, ED üzerinde lnAGRI değişkeninin pozitif, lnGDP değişkeninin ise negatif ve anlamlı bir etkiye sahip oldukları anlaşılmaktadır. Kurulan "linear-log" modeli dikkate alındığında; AGRI ve GDP değişkenlerinde meydana gelecek %1'lik bir artışın, ED üzerinde sırası ile 0.0090 birimlik bir artışa ve 0.0056 birimlik bir azalışa neden olacağı anlamını taşımaktadır (Linear-log bir modelde bağımsız değişkendeki %1'lik bir artış bağımlı değişken üzerinde, bağımsız değişkenin katsayısının 100'e bölünmesi kadar bir değişime yol açmaktadır. Başka bir ifade ile, y=a+bln(x) linear-log modelinde x değişkeni %1 arttığında y değişkeni b/100 birim kadar değişmektedir). ED değişkeninin değerindeki bir azalma çevre kalitesinin düştüğünü, bu değişkenin değerindeki bir artma çevre kalitesinin arttığını göstermektedir. Buradan hareketle tarımsal katma değer çevre kalitesine katkıda bulunurken, kişi başına gelir çevre kalitesine zarar vermektedir. Ortaya çıkan bu etkileşimin hangi ekolojik bileşen (EFP ve BC) üzerine daha fazla yansıdığını görmek için Model 2 ve Model 3 tahmin edilmiş ve tahmin sonuçları sırası ile Çizelge 7 ve Çizelge 8'de özetlenmiştir.

Çizelge 7. Model 2 için FMOLS ve DOLS tahmin bulguları

Table 7. *FMOLS and DOLS estimation results for Model 2*

$lnEFP = f(lnGDP, lnAGRI)$

Tahminci	FMOLS		DOLS	
Değişkenler	**Katsayı**	**t-istatistik**	**Katsayı**	**t-istatistik**
lnAGRI	-0.1286***	-2.9385	-0.1243**	-2.6432
lnGDP	0.2625***	4.1074	0.2708***	3.7960
Sabit terim	-0.9826	-1.4685	-1.0639	-1.4338
CC	-0.0347***	-3.0572	-0.0321***	-3.0753
SS	0.0090	0.7295	0.0085	0.7614

Not: CC ve SS, kosinüs ve sinüs fonksiyonlarını; *** ve ** , %1 ve %5 önem düzeyini ifade etmektedir.

Model 2 için yapılan tahmin sonuçları, kosinüs teriminin katsayısının anlamlı olduğunu göstermektedir. lnGDP değişkeninin lnEFP üzerindeki etkisini ifade eden katsayı pozitif ve anlamlı bulunmuştur. Bu durum kişi başına gelirde meydana gelecek %1'lik bir artış ekolojik ayak izinde %0.26'lık bir artışa neden olacağı anlamına gelmektedir. lnAGRI değişkenini katsayısı ise negatif ve anlamlı olarak elde edilmiştir. Bu ise tarımsal katma değerde meydana gelecek %1'lik bir artış ekolojik ayak izinde %0.12'lik bir azalışa neden olacağını göstermektedir. Başka bir ifade ile kişi başına gelir ekolojik ayak izi açısından çevre kalitesini bozarken, tarımsal katma değer çevre kalitesinin iyileşmesine katkıda bulunmaktadır.

Çizelge 8. Model 3 için FMOLS ve DOLS tahmin bulguları

Table 8. *FMOLS and DOLS estimation results for Model 3*

$lnBC = f(lnGDP, lnAGRI)$

Tahminci	**FMOLS**		**DOLS**	
Değişkenler	**Katsayı**	**t-istatistik**	**Katsayı**	**t-istatistik**
lnAGRI	0.2750***	11.0427	0.2774***	8.7634
lnGDP	0.0314	0.8641	0.0398	0.8232
Sabit terim	-0.3530	-0.9209	-0.4386	-0.8740
CC	0.0198***	3.1373	0.0175**	2.6508
SS	0.0167**	2.5607	0.0189**	2.6343

Not: CC ve SS, kosinüs ve sinüs fonksiyonlarını; *** ve ** , %1 ve %5 önem düzeyini ifade etmektedir.

Çizelge 8 ile ifade edilen sonuçlara göre hem sinüs hem de kosinüs teriminin katsayısının anlamlı olduğu göze çarpmaktadır. Tahmin sonuçları; lnAGRI değişkeninin lnBC üzerindeki etkisini ifade eden katsayının pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. lnAGRI değişkeninin katsayısının pozitif olması, tarımsal katma değerin GDP içindeki payında meydana gelecek %1'lik bir artışın biyolojik kapasiteyi yaklaşık olarak %0.27 oranında arttıracağı anlamına gelmektedir. Kişi başına gelirin ise ilgilenilen dönemde biyolojik kapasite üzerinde herhangi bir anlamlı etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada 1961-2024 dönemi için Türkiye'de tarımsal katma değer ve kişi başına düşen gelirin ekolojik denge üzerindeki etkileri, yumuşak kırılmaları dikkate alan Fourier yöntemleri ile incelenmiştir. Ele alınan ED, lnEFP, lnBC, lnAGRI ve lnGDP değişkenlerinin öncelikle birim kök içerip içermediği KPSS ve FKPSS testleri yardımı ile araştırılmıştır. Her iki test sonucunun birbirini destekler nitelikle olduğunu ve söz konusu değişkenlerin birinci farkında durağan olduğu saptanmıştır. Ek olarak FKPSS test bulguları serilerde yumuşak kırılmalara izin veren trigonometrik terimlerin anlamlı olduğu kanısına varılmıştır. Durağanlık testinden sonra seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi için SHIN ve FSHIN testleri kullanılmıştır. SHIN ve FSHIN test sonuçları, serilerin uzun dönemde birlikte hareket ettiklerini ve modellerde kullanılan trigonometrik terimlerin anlamlı olduğunu ortaya koymuştur.

Uzun dönem ilişkilerin tespitinden sonra FMOLS ve DOLS yöntemleri ile seriler arasındaki uzun dönem katsayıları araştırılmıştır. Uzun dönem katsayı sonuçları, Türkiye'nin ilgilenilen döneminde tarımsal katma değerin GDP içindeki payının çevre kalitesine katkıda bulunan önemli bir değişken olduğunu göstermektedir. Söz konusu değişken hem ekolojik ayak izini düşürerek hem de biyolojik kapasiteyi arttırarak ekolojik açığın kapanmasına çift yönlü katkıda bulunmaktadır. Uzun dönem kişi başına gelir katsayıları ise bu değişkenin çevreye zarar verdiğini göstermektedir. Bu değişkenin biyolojik kapasite üzerinde herhangi bir anlamlı etkisi olmamasına rağmen ekolojik ayak izini arttırmak suretiyle ekolojik açığın derinleşmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla, Türkiye'de kişi başına gelir artışının çevre kalitesini olumsuz etkilediği; buna karşın tarımsal katma değerin GDP içindeki payının artmasının bu olumsuz etkiyi azaltarak çevre kalitesine daha fazla katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

Çalışmada elde edilen bulgular; Doğan (2016), Jebli ve Youssef (2017), Liu ve ark. (2017), Çetin ve ark. (2020), Yurtkuran (2021), Yasin ve ark. (2024) ve Kaya (2025) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarla genel olarak tutarlılık göstermektedir. Bu çalışmaların ortak özelliği tarım sektörünü çevresel göstergelerle ilişkilendirirken uzun dönemli veriler ve ülkeye özgü yapısal dinamikleri dikkate alan ekonometrik yaklaşımlar kullanmalarıdır. Buna karşılık Jebli ve Youssef (2016), Waheed ve ark. (2018), Okumuş (2020), Udemba (2022), Özbek ve Oğul (2023), Li ve ark. (2023) ile Bölük ve Karaman (2024) tarafından elde edilen bulgularla farklılıkların ortaya çıktığı görülmektedir. Bu ayrışmanın temel nedenleri arasında örneklem ülkelerinin gelişmişlik düzeylerinin farklı olması, tarım sektörünü temsilen kullanılan göstergelerin (örneğin tarımsal katma değer, tarımsal istihdam veya arazi

kullanımı) çeşitlilik göstermesi ve özellikle kullanılan klasik ekonometrik yöntemlerin çevresel dışsallıkları yeterince yakalayamaması yer almaktadır. Türkiye üzerine yapılan Doğan (2016), Çetin ve ark. (2020), Yurtkuran (2021) ve Kaya (2025) çalışmalarıyla uyumlu sonuçlar elde edilmesi, ülkeye özgü tarımsal yapı, çevre politikaları ve teknolojik dönüşüm sürecinin belirleyici rolünü teyit etmektedir. Ayrıca bu çalışmanın bulgularının Rafiq ve ark. (2016) ile Qiao ve ark. (2019) tarafından gelişmiş ülke grubu için elde edilen sonuçlarla örtüşmesi, Türkiye'nin yüksek gelirli ülkeler sınıfına geçiş sürecinde tarım sektörünün çevresel etkiler bakımından gelişmiş ülkelere benzer bir görünüm sergilediğine işaret etmektedir.

Çalışmanın ampirik bulguları, tarım faaliyetlerinin ekolojik ayak izi üzerinde azaltıcı, biyolojik kapasite üzerinde ise destekleyici ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuç tarım sektörünün çevresel sürdürülebilirlik açısından Türkiye'de stratejik bir rol üstlendiğini göstermektedir. Elde edilen bulgular doğrultusunda tarım arazilerinin korunması, çevre dostu üretim tekniklerinin yaygınlaştırılması ve katma değerli tarımsal üretimin teşvik edilmesi, çevresel sürdürülebilirliğin güçlendirilmesi açısından öncelikli politika alanları olarak öne çıkmaktadır. Buna karşılık kişi başına gelir artışının ekolojik ayak izini artırdığı ve biyolojik kapasite üzerinde anlamlı bir iyileştirici etki yaratmadığı tespit edilmiştir. Bu durum ekonomik büyümenin mevcut yapısıyla çevresel baskıları artırdığını ve büyüme-çevre dengesinin sağlanamadığını göstermektedir. Dolayısıyla ekonomik büyümenin çevresel maliyetlerini azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji yatırımlarının teşvik edilmesi ve çevreyi önceleyen büyüme politikalarının benimsenmesi önem arz etmektedir. Çalışma, tarım sektörünün çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki olumlu rolünü hem ekolojik ayak izi hem de biyolojik kapasite göstergeleri üzerinden birlikte ele alarak literatüre katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle Türkiye örneğinde tarım-çevre-büyüme ilişkisini bütüncül bir çerçevede inceleyen sınırlı sayıdaki çalışmadan biri olma özelliği taşımaktadır.

Gelecek çalışmalar, tarımsal faaliyetlerin çevresel etkilerinin uzun dönemli sürdürülebilirliğini ve bölgesel farklılıklarını inceleyebilir. Ayrıca tarımın ekolojik denge üzerindeki olumlu katkılarının farklı tarım türleri, üretim teknikleri ve politika uygulamaları bağlamında karşılaştırılması, etkinin hangi koşullarda güçlendiğini ortaya koymak açısından önemlidir. İklim değişikliği ve su kaynakları gibi diğer çevresel faktörlerle etkileşimleri dikkate alan çok değişkenli ve bölgesel analizler, tarım-çevre ilişkisini daha kapsamlı bir şekilde anlamaya katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Apergis, N. and Ozturk I (2015), "Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries", *Ecological Indicators*, 52,16-22.

Arai, Y. and Kurozumi, E. (2007), "Testing for the Null Hypothesis of cointegration with a structural break", *Econometric Reviews*, 26(6), 705-739.

Atıcı, C. ve Kurt, F. (2007), "Türkiye'nin diş ticareti ve çevre kirliliği: Çevresel Kuznets Eğrisi yaklaşimi", *Tarım Ekonomisi Dergisi,* 13(1 ve 2), 61-69.

Baykut, E. (2025), "Türkiye'de çevre kalitesi: Finans-tarım-enerji üçgeninden içgörüler", *Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2), 735-752.

Baz, K., Xu, D., Ali, H., Ali, I., Khan, I., Khan, M.M. and Cheng, J. (2020), "Asymmetric impact of energy consumption and economic growth on ecological footprint: Using asymmetric and nonlinear approach", *Science of the Total Environment,* 718,137364.

Becker, R., Enders, W. and Lee, J. (2006), "A stationarity test in the presence of an unknown number of smooth breaks", *Journal of Time Series Analysis*, 27(3), 381-409.

Borucke, M., Moore, D., Cranston, G., Gracey, K., Iha, K., Larson, J., ... and Galli, A. (2013), "Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The national footprint accounts' underlying methodology and framework", *Ecological Indicators,* 24, 518-533.

Bölük, G. ve Karaman, S. (2024), "The impact of agriculture, energy consumption and economic growth on ecological footprint: Testing the agriculture-induced EKC for Türkiye", *Environment, Development and Sustainability,* 26(12), 31817-31837.

Bulut, S. and Gökalp, Z. (2022), "Agriculture and environment interaction", *Current Trends in Natural Sciences*, 11(21), 372-380.

Carrion-i-Silvestre, J. L. and Sanso, A. (2007), "The KPSS test with two structural breaks", *Spanish Economic Review,* 9(2), 105-127.

Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... and Van Den Belt, M. (1997), "The value of the world's ecosystem services and natural capital", *Nature,* 387(6630), 253-260.

Çetin, M., Saygın, S. ve Demir, H. (2020), "Tarım sektörünün çevre kirliliği üzerindeki etkisi: Türkiye ekonomisi için bir eşbütünleşme ve nedensellik analizi", *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3), 329-345.

Dağ, K. ve Aktaş, E. (2024), "İklim değişikliğinin Türkiye tarımına etkileri", *Tarım Ekonomisi Dergisi,* 30(2), 173-181.

Daily, G. C. (1997), "Introduction: what are ecosystem services", *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*, 1(1).

Daly, H. E. and Farley, J. (2011), Ecological Economics: Principles and Applications (Second Edition), Island Press, Suite 300, 1718 Connecticut Ave., NW, Washington, DC 20009.

Dinçer, S. ve Akın, F. (2025), "Tarımsal toplam faktör verimliliği ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki etkisi: Tarımda başarılı olan ülkeler örneği", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 28(6), 1531-1544.
Dogan, E., Taspinar, N. and Gokmenoglu, K.K. (2019), "Determinants of ecological footprint in MINT countries", *Energy & Environment,* 30(6), 1065-1086.
Dogan, N. (2016), "Agriculture and Environmental Kuznets Curves in the ase of Turkey: evidence from the ARDL and bounds test", *Agricultural Economics/Zemědělská Ekonomika,* 62(12), 566-574.
Ersöz, M. ve Bingöl, E. (2022), "İktisatın unutulmuş çocuğu: Tarım sektörü ve tarımın Orta Doğu'daki geleceği", *Tarım Ekonomisi Dergisi,* 28(1), 123-139.
FAO, (2023), World Food and Agriculture Organization - Statistical Yearbook 2024 https://doi.org/10.4060/cc2211en (Accessed on January 21, 2025).
Felipe-Lucia, M. R., Soliveres, S., Penone, C., Fischer, M., Ammer, C., Boch, S., ... and Allan, E. (2020), "Land-use intensity alters networks between biodiversity, ecosystem functions, and services", *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 117(45), 28140-28149.
Figge, L., Oebels, K. ve Offermans, A. (2017), "The Effects of globalization on ecological footprints: an empirical analysis", *Environment, Development and Sustainability*, 19(3), 863-876.
Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ...and Zaks, D. P. (2011), "Solutions for a cultivated planet", *Nature,* 478(7369), 337-342.
Fusco, G., Campobasso, F., Laureti, L., Frittelli, M., Valente, D., and Petrosillo, I. (2023), "The environmental impact of agriculture: An instrument to support public policy", *Ecological Indicators,* 147, 109961.
Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., and Giljum, S. (2012), "Integrating ecological, carbon and water footprint into a "Footprint Family" of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet", *Ecological Indicators*, 16, 100-112.
Global Footprint Network (2025), National Footprint Accounts, Ecological Footprint, Retrieved, http://data.footprintnetwork.org, (Accessed on January 11, 2024).
Goudie, A. S. (2018), Human Impact on the Natural Environment: Past, Present and Future, John Wiley & Sons.
Grossman, G. M. and Krueger, A. B. (1995), "Economic growth and the environment", *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
Jager, A., Verhagen, J. and Wösten, H. (2007), "Agriculture and environment", In: Roetter, R.P., Van Keulen, H., Kuiper, M., Verhagen, J., Van Laar, H.H. (eds.) Science for Agriculture and Rural Development in Low-income Countries. Springer, Dordrecht.
Jebli, M. B. and Youssef, S. B. (2016), "Renewable energy consumption and agriculture: evidence for cointegration and Granger causality for Tunisian economy", *International Journal of Sustainable Development & World Ecology,* 24(2), 149-158.
Jebli, M. B. and Youssef, S. B. (2017), "The role of renewable energy and agriculture in reducing CO2 emissions: Evidence for North Africa countries", *Ecological indicators,* 74, 295-301.
Kapçak, S. (2026), "Tarım ve çevre kirliliği ilişkisi: Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde uygulamalı bir analiz", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, (Advanced Online Publication), 824-836.
Kaya, T. (2025), "The impact of agricultural activities on climate change in BRICS countries and Türkiye", *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 9(1), 144-156.
Kurozumi, E. (2002), "Testing for Stationarity with a break", *Journal of Econometrics*, 108(1), 63-99.
Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P. ve Shin, Y. (1992), "Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?", *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178.
Li, L., Ali, A., Li, S. and Zhang, T. (2023), "A dynamic relationship between renewable energy, agriculture, globalization, and ecological footprint of the five most populous countries in Asia", *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.
Liu, W., Wang, J., Li, C., Chen, B. and Sun, Y. (2019), "Using bibliometric analysis to understand the recent progress in agroecosystem services research", *Ecological Economics,* 156, 293-305.
Liu, X., Zhang, S. and Bae, J. (2017), "The impact of renewable energy and agriculture on carbon dioxide emissions: investigating the environmental Kuznets curve in four selected ASEAN countries", *Journal of Cleaner Production,* 164, 1239-1247.
Monfreda, C., Wackernagel, M. and Deumling, D. (2004), "Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity accounts", *Land Use Policy,* 21, 231-246.
Moore, D., Cranston, G., Reed, A. And Galli, A. (2012), "Projecting future human demand on the earth's regenerative capacity", *Ecological Indicators*, 16, 3-10.
Nathaniel, S.P. (2020), "Ecological footprint, energy use, trade, and urbanization linkage in Indonesia", *GeoJournal* 86, 2057-2070. https://doi.org/10.1007/s10708-020-10175-7
NFA, (2021), Working Guidebook to the National Footprint Accounts, Edition 2021, Global National Footprint.
Oğul, B. (2022), "İklim değişikliği tarım sektörünü nasıl etkiliyor? Türkiye ekonomisi üzerine ekonometrik bir uygulama", *Tarım Ekonomisi Dergisi,* 28(2), 151-162.
Okumuş, İ. (2020), "Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketimi, tarım ve CO2 emisyonu ilişkisi", *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 6(1), 21-34.
Olanipekun, I. O., Olasehinde-Williams, G. O. and Alao, R. O. (2019), "Agriculture and environmental degradation in Africa: The role of income", *Science of the Total Environment*, 692, 60-67.

Özbek, S. ve Oğul, B. (2023), "Türkiye'de tarım, orman alanları ve çevre ilişkisi", *Tarsus Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi,* 3(1), 26-35.
Pata, U. K. (2021), "Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO2 emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective", *Renewable Energy,* 173, 197-208.
Phillips, P.C. and Hansen, B.E. (1990), "Statistical inference in instrumental variables regression with I (1) processes", *The Review of Economic Studies,* 57(1), 99-125.
Power, A. G. (2010), "Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies", *Philosophical transactions of the royal society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2959-2971.
Pretty, J. (2008), "Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447-465.
Qiao, H., Zheng, F., Jiang, H. and Dong, K. (2019), "The greenhouse effect of the agriculture-economic growth-renewable energy nexus: evidence from G20 countries", *Science of the Total Environment,* 671, 722-731.
Rafiq, S., Salim, R. and Apergis, N. (2016), "Agriculture, trade openness and emissions: an empirical analysis and policy options", *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 60(3), 348-365.
Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E. F., ... and Foley, J. A. (2009), "A safe operating space for humanity", *Nature,* 461(7263), 472-475.
Schlesinger, W. H. (2009), "Planetary boundaries: Thresholds risk prolonged degradation, *Nature Climate Change*, 1(910), 112-113.
Shin, Y. (1994), "A residual-based test of the null of cointegration against the alternative of no cointegration", *Econometric Theory,* 10(1), 91-115.
Smith, P., Ashmore, M. R., Black, H. I., Burgess, P. J., Evans, C. D., Quine, T. A., ... and Orr, H. G. (2013), "The role of ecosystems and their management in regulating climate, and soil, water and air quality", *Journal of Applied Ecology,* 50(4), 812-829.
Smith, P., Calvin, K., Nkem, J., Campbell, D., Cherubini, F., Grassi, G., ... and Arneth, A. (2020), "Which practices co-deliver food security, climate change mitigation and adaptation, and combat land degradation and desertification?", *Global Change Biology*, 26(3), 1532-1575.
Stock, J. H. and Watson, M. W. (1993), "A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 61(4), 783-820.
Swinton, S. M., Lupi, F., Robertson, G. P., and Hamilton, S. K. (2007), "Ecosystem services and agriculture: cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits", *Ecological economics,* 64(2), 245-252.
Syrovátka, M. (2020), "On sustainability interpretations of the ecological footprint", *Ecological Economics,* 169, 106543.
Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. and Befort, B. L. (2011), "Global food demand and the sustainable intensification of agriculture", *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 108(50), 20260-20264.
Tsong, C. C., Lee, C. F., Tsai, L. J. and Hu, T. C. (2016), "The Fourier approximation and testing for the null of cointegration", *Empirical Economics*, 51(3), 1085-1113.
Udemba, E. N. (2022), "Implication of energy expansion via the interaction of coal, industrialization, and agriculture towards climate goal: dual sustainability analysis", *Environmental Science and Pollution Research,* 29(17), 25605-25622.
Ulucak. R. and Bilgili, F. (2018), A reinvestigation of EKC model by ecological footprint measurement for high, middle and low income countries", *Journal of Cleaner Production*, 188, 144-157.
Ünal, H. and Aktuğ, M. (2022a), "The impact of human capital and bio-capacity on the environmental quality: evidence from G20 countries, *Environmental Science and Pollution Research*, 29(30), 45635-45645.
Ünal, H. ve Aktuğ, M. (2022b). Çevresel Kuznets eğrisi hipotezi kapsamında Türkiye'de çevre kalitesinin değerlendirilmesi, *İnsan ve Toplum*, 12(1), 113-136.
Ünal, H. ve Atasel, O. Y. (2022), "Koordineli piyasa ekonomilerinde tarım, orman alanları ve enerji tüketiminin çevresel kalite üzerindeki etkisi: ampirik bir analiz", *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty*, 9(1), 319-337.
Wackernagel, M. and Rees, W. (1996), Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth, Philadelphia, New Society Publishers.
Wackernagel, M., Monfreda, C., Moran, D., Wermer, P., Goldfinger, S., Deumling, D. And Murray, M. (2005), National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: the Underlying Calculation Method.
Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S. and Chen, W. (2018), "Forest, agriculture, renewable energy, and CO2 emission", *Journal of Cleaner Production*, 172, 4231-4238.
Wang, Y., Kang, L., Wu, X. and Xiao, Y. (2013), "Estimating the environmental Kuznets curve for ecological footprint at the global level: A spatial econometric approach", *Ecological Indicators*, 34, 15-21.
Wit, C.T., Huisman, H. and Rabbinge, R., (1987), "Agriculture and its environment: Are there other ways?", *Agricultural Systems*, 23, 211-236.
World Development Indicator (WDI) (2025), World Bank Development Indicators Database (online), https://data.worldbank.org/ (Accessed on February 15, 2025).
Yasin, I., Ahmad, N., Amin, S., Sattar, N. and Hashmat, A. (2024), "Does agriculture, forests, and energy consumption foster the carbon emissions and ecological footprint? fresh evidence from BRICS economies", *Environment, Development and Sustainability,* 27, 13235-13255.

Yurtkuran, S. (2021), "The effect of agriculture, renewable energy production, and globalization on CO2 emissions in Turkey: A bootstrap ARDL approach", Renewable Energy, 171, 1236-1245.

Yurtkuran, S., Ahlat, A. and Yıkıcı, A. (2025), "The role of clean energy, energy security risk and financial development on LCF and EF: Testing the EKC and LCC hypothesis for USA", Energy and Buildings, 347, 116279.

Yurtkuran, S., Yıkıcı, A. and Çolak, Ç. (2025), "Do anti-corruption and renewable energy drive environmental sustainability? Testing the EKC hypothesis for G20 countries", *Sustainable Development*, 0, 1-16.