KSÜ Tarım ve Doğa Derg 28 (6), 1531-1544, 2025
KSU J. Agric Nat 28 (6), 1531-1544, 2025
https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1661043

Tarımsal Toplam Faktör Verimliliği ve Ekonomik Büyümenin Çevre Kalitesi Üzerindeki Etkisi: Tarımda Başarılı Olan Ülkeler Örneği

Selin DİNÇER[1]✉, Fatih AKIN[2]
[1]Kırıkkale Üniversitesi, Keskin MYO, Kırıkkale, [2]Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Refahiye MYO, Erzincan
[1]https://orcid.org/0000-0003-3233-493X, [2]https://orcid.org/0000-0002-7741-4004
✉: selindincer@kku.edu.tr

ÖZET

Tarımsal verimlilik su, toprak, emek, sermaye gibi tarım sektöründe kullanılan kaynakların verimliliğini sağlayarak tarımsal üretimin artmasını desteklemektedir. Ayrıca verimli tarım teknikleri kullanılarak arazi genişlemesi ve ormansızlaşma gibi çevresel sorunların önüne de geçilebilmektedir. Fakat literatür incelendiğinde tarımsal verimliliğin çevre kalitesi üzerindeki etkisi konusunda fikir birliğine varılamadığı görülmektedir. Diğer taraftan ekonomik büyümenin çevre üzerinde meydana getirdiği etkinin incelenmesi oldukça önemlidir. Ülkelerin büyüme ve kalkınma hedefleri doğrultusunda gerçekleştirdiği ekonomik faaliyetler çevre kalitesini etkilemektedir. Bu doğrultuda çalışmada, 1990-2022 döneminde tarımda başarılı olan 12 ülkede (Çin, ABD, Rusya, Fransa, Almanya, Kanada, Avustralya, Hindistan, Brezilya, Endonezya, Arjantin ve Türkiye) Tarımsal Toplam Faktör Verimliliği (T-TFV) ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki etkisi Artırılmış Ortalama Grup (AMG) yöntemi ve Dumitrescu & Hurlin nedensellik analizi ile incelenmektedir. Çevre kalitesini temsilen karbon emisyonu değişkeni kullanılmıştır. Bulgular Çin, ABD, Rusya, Fransa, Kanada, Endonezya ve Avustralya'da T-TFV artışının çevre kalitesini artırdığını göstermektedir. Yani, Borlaug hipotezi bu ülkelerde geçerlidir. Hindistan, Brezilya, Arjantin ve Türkiye'de T-TFV artışı çevre kalitesini azaltmaktadır. Yani, Jevons Paradoksu bu ülkelerde geçerlidir. Ayrıca, çalışmada Almanya hariç diğer tüm ülkelerde ekonomik büyüme arttıkça çevre kalitesi azalmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketimi Çin, ABD, Brezilya, Avustralya ve Türkiye'de çevre kalitesini artırmaktadır. Dumitrescu & Hurlin nedensellik analizi bulguları ise T-TFV ile karbon emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü nedenselik ilişkisi olduğunu göstermektedir. Bulgular, T-TFV, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kalitesi üzerinde önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Tarım Ekonomisi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi
Geliş Tarihi : 19.03.2025
Kabul Tarihi : 20.07.2025

Anahtar Kelimeler
Tarımsal Toplam Faktör Verimliliği
Ekonomik Büyüme
Karbon Emisyonu
Tarımda Başarılı Olan Ülkeler

The Impact of Agricultural Total Factor Productivity and Economic Growth on Environmental Quality: The Case of Agriculturally Successful Countries

ABSTRACT

Agricultural productivity supports the increase in agricultural production by ensuring the efficiency of resources used in the agricultural sector, such as water, soil, labour, and capital. In addition, environmental problems such as land expansion and deforestation can be prevented by using efficient agricultural techniques. However, when the literature is analyzed, it is seen that there is no consensus on the impact of agricultural productivity on environmental quality. On the other hand, it is very important to examine the impact of economic growth on the environment. The economic activities of countries that are in line with their growth and development targets affect environmental quality. In this direction, in this study, in the period 1990-2022, in 12 countries (China, USA, Russia, France, Germany, Canada, Australia, India, Brazil, Indonesia, Argentina, and Türkiye) that are successful in agriculture, The impact of agricultural Total Factor Productivity (T-TFP) and

Agricultural Economy

Research Article

Article History
Received : 19.03.2025
Accepted : 20.07.2025

Keywords
Agricultural Total Factor Productivity
Economic Growth
Carbon Emissions
Countries Successful in Agriculture

economic growth on environmental quality is analyzed by the Augmented Mean Group (AMG) method and Dumitrescu & Hurlin causality analysis. The carbon emission variable is used to represent environmental quality. The findings show that an increase in T-TFP increases environmental quality in China, the USA, Russia, France, Canada, Indonesia, and Australia; that is, the Borlaug hypothesis is valid in these countries. In India, Brazil, Argentina, and Türkiye, the increase in T-TFP decreases the environmental quality; that is, Jevons' Paradox is valid in these countries. Moreover, in the study, environmental quality decreases as economic growth increases in all countries except Germany. Renewable energy consumption increases environmental quality in China, the USA, Brazil, Australia, and Türkiye. Dumitrescu & Hurlin's causality analysis findings show that there is a bidirectional causality relationship between T-TFP, carbon emissions, and renewable energy consumption. The findings reveal that T-TFP, economic growth, and renewable energy consumption are important in environmental quality.

Atıf Şekli: Dinçer, S.,& Akın, F., (2025). Tarımsal Toplam Faktör Verimliliği ve Ekonomik Büyümenin Çevre Kalitesi Üzerindeki Etkisi: Tarımda Başarılı Olan Ülkeler Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 28* (6), 1531-1544. https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1661043.

To Cite : Dinçer, S.,& Akın, F., (2025). The Impact of Agricultural Total Factor Productivity and Economic Growth on Environmental Quality: The Case of Agriculturally Successful Countries. *KSU J. Agric Nat 28*(6), 1531-1544. https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1661043.

GİRİŞ

Sanayi Devrimi ile 18. yüzyılda başlayan ülkelerin büyüme ve endüstrileşme isteği dünya üzerinde çevre sorunları ve sürdürülebilirlik konusunda endişelerin artmasına sebep olmuştur. Küresel ekonomik faaliyetlerden kaynaklanan fosil yakıt tüketimi her geçen gün artarak emisyonların hızla büyümesine sebep olmaktadır (Canadell vd., 2007). Ülkelerin büyüme hedefleri doğrultusunda gerçekleşen ekonomik faaliyetler çevre üzerinde etkili olmaktadır. Literatürde ekonomik büyüme ve çevre arasındaki ilişki, ekonomik büyümenin başlangıç aşamasında çevre kirliliğinin arttığını, sonraki aşamalarda ise kirliliğin azaldığını ifade eden Çevresel Kuznets Eğrisi'ne (ÇKE) dayanmaktadır (Grossman & Krueger, 1991).

Öte yandan küresel gıda talebinin sürekli artması karşısında hem gıda üretiminin hem de ekosistemin sürdürülebilirliğinin sağlanması pek çok zorluğu beraberinde getirmektedir (Tilman vd., 2002). Dünya nüfusunun sürekli artan gereksinimlerini karşılamak için çiftçiler, gübreler ve pestisitler kullanmakta ve tarımsal üretimin hızını sürdürebilmek için tarım arazilerini genişletmeye çalışmaktadırlar (Hofstra & Vermeulen, 2016; Ma vd., 2022). Bunun yanı sıra bugün, dünyadaki aç insanların büyük bir kısmı tarımsal üretimin riskli ve pahalı olduğu Asya ve Afrika bölgesinde yaşayan insanlardan oluşmaktadır. Özellikle Afrika bölgesinde durum endişe vericidir. Bölgede yüksek nüfus artış oranları, gelişmiş üretim teknolojilerinin az kullanımı, kişi başına gıda üretiminin düşmesine, artan gıda açığına, gıdaya erişimin zorlaşmasına ve yıkıcı çevresel bozulmalara yol açmaktadır. Bu noktada küresel gıda arzını artırırken nüfus artışı, gıda üretimi ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki bağlantıları da kabul ederek iyi bir dengenin kurulması gerekmektedir (Borlaug, 2007).

Günümüzde sürdürülebilir büyüme ve kalkınma, sürdürülebilir tarımsal verimlilik, temiz ve güvenli gıdaya erişim, çevre kalitesinin iyileştirilmesi tüm ülkelerin öncelikli konuları arasında yer almaktadır. Dolayısıyla tarımsal verimlilik ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki etkisini incelemek çevresel sorunlarının gelecekteki tehlikeleri ve bunların bireylerin yaşam alanı olan dünya üzerindeki olumsuz etkilerine geç olmadan önlem almak açısından dikkate değerdir (Alhassan, 2021). Ayrıca tarım sektörü çevresel değişimlerden etkilenen kırılgan bir yapıya sahiptir (Khan vd., 2011). Küresel ısınma, iklim değişikliği, kuraklık gibi çevresel sorunlar tarımsal üretimi ve bireylerin gıdaya erişimini, gıda fiyatlarını doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla çalışmada ele alınan tarımsal verimlilik, büyüme ve çevre kalitesi konusu günümüzün temel problemlerine ışık tutması bakımından incelenmesi gereken önemli bir konudur.

Bu minvalde çalışmanın amacı, tarımda başarılı olan 12 ülkede 1990-2022 dönemi için T-TFV, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kalitesi üzerindeki etkisini incelemektir. Tarımda başarılı olan ülkeler özelinde konunun ele alınması, T-TFV, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonu değişkenlerinin modelde kullanılması çalışmanın özgün yanını oluşturmaktadır. Tarımsal verimlilik ve çevresel kalite arasındaki bağlantıyı ampirik bir analiz ile ele alan bu çalışma, ülkelerin sürdürülebilir tarım politikalarına gerekli önemi vererek çevre kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlamaları, çevreye duyarlı sürdürülebilir tarım politikalarının öneminin ele alınması bakımından literatüre katkı sağlamaktadır.

TEORİK ARKA PLAN

Küresel gıda talebinin artması, gıda üretimi ve ekosistemin sürdürülebilirliği açısından zorluklar yaratmaktadır. Günümüzde sürdürülebilir büyüme, tarımsal verimlilik ve çevre kalitesinin iyileştirilmesi dünyanın öncelikli gündem maddelerini oluşturmaktadır. Tarım sektörü, çevresel değişimlerden etkilenmekte ve küresel ısınma, iklim değişikliği, kuraklık gibi sorunlar gıda üretimi ve fiyatlarını doğrudan etkilemektedir. Öte yandan ekonomik büyüme çevre üzerinde önemli etkiler oluşturabilir (Özkurt, 2024). Büyüyen bir ekonomi, daha fazla enerji tüketimi, artan hammadde kullanımı ve daha fazla atık üretimi anlamına gelmektedir. Bu da çevre üzerinde olumsuz etkiler meydana getirebilir. Sanayi faaliyetleri, ulaşım, inşaat ve tarım gibi sektörlerin büyümesi, sera gazı emisyonlarının artmasına, hava ve su kirliliğine, biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve doğal kaynakların tükenmesine yol açabilir.

Tarımsal Toplam Faktör Verimliliği (T-TFV), üretim maliyetlerindeki değişikliklerle yakından ilişkilidir. Aynı zamanda T-TFV, tüm girdilerin üretime katkılarını hesaba kattığı için, teknik veya verimlilik iyileşmelerinin önemli bir göstergesidir (Fuglie, 2015). Tarımsal verimlilik tarımın yüksek kalitede ve sürdürülebilir kalkınmasının sağlanması için gereklidir (Xu vd., 2023). Ayrıca T-TFV ölçümü, sürdürülebilir tarımsal kalkınma düzeyini ölçmek için oldukça önemlidir (Yu vd., 2022). T-TFV bir üretim sürecinde toplam çıktının toplam girdiye oranı ile hesaplanır. Toplam çıktı Y ile ve toplam girdi X ile gösterilmektedir. T-TFV Denklem (1)'de verildiği üzere şu şekilde hesaplanmaktadır (Fuglie, 2015):

$$T - TFV_t = Y/X \tag{1}$$

Zaman içerisindeki T-TFV değişiklikleri, toplam çıktının değişim oranı ile toplam girdinin değişim oranını karşılaştırarak bulunmaktadır. Bu hesaplama T-TFV'deki değişim oranının, toplam çıktı ve girdi değişim oranlarının farkı olduğunu ifade eder. Zaman içindeki değişiklikler logaritmalarla Denklem (2)'deki gibi yazılabilir (Fuglie, 2015):

$$\frac{\partial ln(TTFV)}{\partial t} = \frac{\partial ln(Y)}{\partial t} - \frac{\partial ln(X)}{\partial t} \tag{2}$$

Tarım, çoklu çıktı ve çoklu girdi içeren bir üretim sürecidir. Sabit ölçek getirisine sahip Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun geçerli olduğu ve üreticilerin kar maksimizasyonu yaptığı durumda bir girdiye göre çıktı, elastikiyeti girdinin maliyet payına eşitse toplam gelir toplam maliyete eşit olmaktadır. Bu durumda TFV Denklem (3)'te verildiği gibi hesaplanmaktadır (Fuglie, 2015):

$$ln\frac{TFV_t}{TFV_{t-1}} = \sum_i R_i \; ln\frac{Y_{i,t}}{Y_{i,t-1}} - \sum_j S_j \; ln\frac{X_{J,t}}{X_{j,t-1}} \tag{3}$$

Fosil yakıt tüketimine dayalı ekonomik faaliyetler, küresel emisyonları artırarak çevre kirliliğini derinleştirmektedir. Bu çerçevede çevre literatüründe yer alan ÇKE, ekonomik büyümenin başlangıçta çevreyi olumsuz etkilediğini, ancak belirli bir gelir düzeyinden sonra çevresel iyileşmenin mümkün olabileceğini savunmaktadır. Öte yandan ekonomi literatüründe tarımsal verimliliğin çevre kalitesini iyileştirdiğine dair görüşlere rastlamak mümkündür. Bunun yanı sıra tarımsal verimliliğin çevresel bozulmayı artırdığına dair uzun süredir süregelen görüşler de bulunmaktadır. Ayrıca literatürde Jevons Paradoksu ve Borlaug hipotezi çerçevesinde tarımsal verimlilik ile çevre arasındaki ilişki incelenmektedir. Jevons Paradoksu, tarımsal verimliliğin tarımın kârlılığını artıracağını ve bu durumun tarım arazilerinin genişlemesini teşvik ederek ormansızlaşmaya ve çevresel bozulmaya yol açacağını öne sürmektedir (Ruddel vd., 2009; Alhassan, 2021). Bununla birlikte Jevons paradoksu, tarımsal yoğunlaşmanın, sabit üretim altında beklenenin aksine, arazi dönüşümünde artışa yol açtığını ifade etmektedir. Bunun mekanizması, yoğunlaşmanın arazi dönüşümünü daha kârlı hale getirmesi, bu da belirli bir alanın dönüştürülmeden bırakılmasının algılanan fırsat maliyetini artırmasıdır (Ceddia vd., 2013). Ayrıca Jevons, teknolojik verimlilik artışlarının özellikle makinelerde kömürün daha ekonomik kullanımı kömür, demir ve diğer kaynakların toplam tüketimini artırdığını vurgulayarak günümüzün temel sorunlarından biri olan kaynakların bilinçsizce kullanımı ve tükenmesi sorununa değinmiştir (Alcott, 2005). Nitekim dünyada artan nüfus ve beraberinde tüketim akışkanlıklarının hızla değişmesi tarımsal üretimde verimliliğin artırılmasına yönelik çabaları beraberinde getirmiştir.

Literatürde Borlaug hipotezi ise tarımsal verimlilikteki artış ile yeni arazi talebinin azalması arasındaki ilişkiyi ele almaktadır. Borlaug, verimlilik artışlarının gerekli toplam ekili alan miktarını azaltarak küresel ekili arazi genişlemesinin önüne geçmeye yardımcı olduğunu savunmuştur (Lobell vd., 2013).

Tarım politikaları, teknolojik gelişmişlik düzeyleri ve sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından ülkeler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Teknolojik gelişmişlik, tarımda kullanılan makineler, üretim teknikleri ve biyoteknolojik yenilikler gibi alanlarda oldukça belirleyicidir (Kılavuz & Erdem, 2019; Aydınbaş, 2024). Bu

eksende gelişmiş ülkeler, tarımsal alanda genellikle daha fazla kaynak, teknoloji ve altyapıya sahipken, gelişmekte olan ülkelerde bu alanlarda sınırlamalar bulunmaktadır (Karaer & Gürlük, 2003).

Çalışmada ele alınan ülkelerin tarım sektörü ve tarımsal verimlilikleri icelendiğinde ABD, Rusya, Fransa, Almanya, Kanada ve Avustralya gibi ülkelerin gelişmiş teknoloji, büyük tarım işletmeleri ve verimli sulama sistemleri ile tarımsal verimlilikte öne çıktığı görülmektedir. Diğer taraftan Çin, Brezilya, Endonezya, Hindistan, Türkiye ve Arjantin ise tarım konusunda çeşitli zorluklarla karşılaşan ülkeler olsa da teknolojiyi kullanma ve verimli tarım uygulamaları konusunda önemli adımlar attıkları görülmektedir (Agrolearner, 2024; Geeksforgeeks, 2024).

ABD dünya çapında en büyük tarım ürünü üreticisi ve tüketicilerinden biridir (Wang vd., 2015). ABD'de tarım alanında 1930'larda başlayan bir verimlilik devrimi yaşamıştır (Gardner, 2002; Kukal & Irmak, 2020). Bu keskin verimlilik artışına neden olan potansiyel faktörler arasında tarım makineleşmesi, bitki ıslahındaki ilerlemeler ve kimyasal girdilerin etkinliği, araştırma desteği içeren düzenleyici politikalar, fiyat ve çiftlik kredisi programları, ileri tarımsal yönetim, çiftlik elektrifikasyonu vb. unsurlar sayılabilir (Kukal & Irmak, 2020). Rusya'da ise 1990'ların başında piyasa ekonomisine geçiş süreci, tarım sektöründe, uzmanlaşma ve verimlilik artışlarından kaynaklanabilecek kâr ve kazanç potansiyelini oluşturmuştur. 2015-2017 yılları arasında, Rusya toplam tahıl ve buğday ihracatlarının sırasıyla %11 ve %17'sini sağlamaktaydı. Bunun yanı sıra 2017'de Rusya, dünyanın en büyük buğday ihracatçısı konumundaydı (Rada vd., 2020).

Tarım, Çin ekonomisinin önemli bir sektörüdür (Ma vd., 2022). Tarımsal verimlilikte önemli bir büyüme sağlayan Çin'de 1985-2013 döneminde, T-TFV yıllık büyüme oranı %2'nin üzerinde olmuştur (Deng vd., 2021). Çin'in tarımsal büyüme süreci, sektörü dönüştüren ve verimliliği artırarak teknik değişimi hızlandıran köklü kurumsal reformlardan oluşmaktadır. Çin için reformlarda tarım öncelikli konu başlıklarından birini oluşturmakta ve tarımsal AR-GE yatırımları Çin'de tarımsal verimliliğin hızlandırılmasında önemli rol oynamıştır (Nin-Pratt vd., 2010). Hindistan ise tahıl, buğday, pirinç ve ürün rotasyonu sistemi altında yetiştirilen başlıca mahsuller olmak üzere gıda üretiminde önemli ülkelerden birini oluşturmaktadır (Jethva vd., 2019). Hindistan'ın tarımındaki başarısının, 1970'ler ve 1980'lerde Yeşil Devrim dönemi olarak adlandırılan dönemde verimlilik artışlarını sağlayan tarım teknolojilerinin kullanılabilir hale gelmesine yönelik bir dizi adıma dayanmaktadır (Abrol, 2000).

Bu çalışma tarımsal verimlilik ve çevre kalitesi arasındaki ilişkiyi ampirik bir analizle ele alarak, ülkelerin sürdürülebilir tarım politikalarına daha fazla önem vererek çevre kalitesini iyileştirmeye katkı sağlamaları gerektiğini vurgulamaktadır. Bu doğrultuda tarımsal verimlilik ve ekonomik büyümenin çevre üzerindeki etkilerini incelemek, gelecekteki çevresel tehlikeler ve bu etkilerin yaşam alanımıza olumsuz yansımaları açısından önemlidir. Dolayısıyla bu ilişki günümüzün temel problemleriyle ilgili önemli bir konudur. Bu bağlamda, küresel gıda arzı artırırken nüfus artışı, gıda üretimi ve çevresel sürdürülebilirlik arasında dengeli bir ilişki kurulması gerekmektedir. Ayrıca, çevre dostu ve sürdürülebilir tarım politikalarının önemi üzerine yapılan bu çalışma, literatüre önemli bir katkı sunmaktadır.

LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Ülkelerin büyüme hedefleri doğrultusunda gerçekleştirdiği üretim, sanayi ve ulaşım gibi ekonomik faaliyetler, doğal kaynakların yoğun kullanımına ve çevresel tahribata sebep olmaktadır. Bu bağlamda ekonomik büyümenin çevre üzerindeki etkilerini açıklamak amacıyla geliştirilen teorilerden biri de ÇKE hipotezidir. Grossman ve Krueger'in (1991) çalışmalarına dayanan bu hipoteze göre, ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasında ters U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. Literatürde ÇKE hipotezi ekseninde büyüme ve çevre ilişkisini ele alan pek çok çalışmada ekonomik büyüme ve çevre kalitesi arasında anlamlı bir ilişki bulunduğuna yönelik bulgulara rastlamak mümkündür (Jalil & Mahmud, 2009; Ahmed & Long, 2012; Esso & Keho, 2016; Osadume & University, 2021).

Literatürde Jevons Paradoksu ve Borlaug hipotezi çerçevesinde tarımsal verimlilik ile çevre arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalara rastlamak mümkündür. Örneğin, Burney vd. (2010) 1961-2005 döneminde tarımsal yoğunlaşmanın sera gazı emisyonları üzerindeki etkisini incelemişler ve Borlaug hipotezi ile uyumlu bulgulara ulaşmışlardır. Tarımda yüksek verimliliğin emisyonları azalttığını tespit etmişlerdir. Turgut & Gökten (2023) ise 1990-2017 döneminde yükselen piyasa ekonomilerinde Jevons Paradoksunun geçerliliğini test etmişlerdir. Bulgular, yükselen piyasa ekonomilerinde Jevons Paradoksunun ele alınan dönemde geçerli olduğunu ortaya koymaktadır. Çetin vd. (2020) 1968-2016 döneminde Türkiye'de tarım ve çevre ilişkisini ekonometrik bir analiz ile incelemişlerdir. Bulgular, uzun dönemde tarımsal katma değerin karbon emisyonlarını azalttığını ortaya koymaktadır.

Jebli & Youssef (2017) 1980-2011 döneminde Tunus'ta tarımsal katma değer ve karbon emisyonları ilişkisini ekonometrik bir analiz ile incelemişlerdir. Bulgular, tarımsal katma değer ile karbon emisyonları arasında çift yönlü nedensellik bulunduğunu, tarımsal katma değerin karbon emisyonlarını artırdığını göstermektedir. Anwar

vd. (2019) 1982-2015 döneminde farklı gelir grubuna sahip 59 ülkede tarımsal katma değer ve karbon emisyonları ilişkisini incelemişlerdir. Bulgular, yüksek gelirli ülkelerde tarımsal katma değerden karbon emisyonlarına doğru tek yönlü nedensellik, üst orta gelirli ülkelerde tarımsal katma değer ile karbon emisyonları arasında iki yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Ayrıca uzun dönemde tarımsal katma değerin, üst orta gelirli ve yüksek gelirli ülkelerde karbon emisyonlarını artırdığı tespit edilmiştir.

Alhassan (2021) 1981-2016 döneminde 38 Sahra Altı Afrika (SSA) ülkesinde tarımsal verimlilik ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi panel veri analizi ile incelemiştir. Bulgular, tarımsal verimliliğin başlangıçta karbon emisyonlarını belirli bir noktaya kadar azalttığını ancak daha sonra yüksek tarımsal verimliliğin karbon emisyonlarını artırdığını ortaya koymaktadır. Waheed vd. (2018) 1990-2014 döneminde Pakistan'da tarımsal üretim, yenilenebilir enerji ve karbon emisyonları arasındaki bağlantıyı panel ARDL yöntemi ile incelemişlerdir. Bulgular, tarımsal katma değerin karbon emisyonlarını artırdığını ortaya koymaktadır. Eştürk vd. (2023) 2000-2019 döneminde seçilmiş OECD ülkelerinde tarımsal katma değerin çevre üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bulgular, uzun dönemde tarımsal katma değerde meydana gelen artışın karbon emisyonlarını artırdığını ortaya koymaktadır.

Özbay (2023) 1994-2019 döneminde Türkiye'de sanayileşme, ekonomik büyüme ve sera gazı emisyonları ile tarımsal üretim ilişkisini ampirik olrarak incelemiştir. Bulgular, kısa dönemde tarımsal üretimin sera gazı emisyonlarını ve ekonomik büyümeyi pozitif etkilediğini ortaya koymaktadır. Uzun dönemde ise sera gazı emisyonları ve ekonomik büyümenin tarımsal üretim üzerinde anlamlı bir etkisi bulunduğu tespit edilmiştir. Literatürde yer alan görüş ayrılıkları tarımsal verimlilik ve çevre bağlantısının kesin olmadığını göstermektedir.

Literatür incelendiğinde Türkiye, Pakistan, OECD ülkeleri, yükselen piyasa ekonomileri, Sahra Altı Afrika ülkeleri gibi farklı ülke veya ülke gruplarında tarımsal verimlilik ile çevre kalitesi ilişkisini ele alan çalışmaların olduğu görülmektedir. Bu çalışmada ise faklı olarak tarımda başarılı olan 12 ülkede tarımsal verimlilik ve ekonomik büyümenin çevre kalitesine etkisi incelenmektedir. Bu husus çalışmanın özgün yanını oluşturmaktadır. Çalışmada ele alınan tarımda başarılı olan ülkeler küresel tarım üreticileri olarak Çin, ABD, Rusya, Fransa, Almanya, Kanada, Avustralya, Hindistan, Brezilya, Endonezya, Arjantin ve Türkiye'den oluşmaktadır (Economic Research Service, 2024). Bu ülkeler tarımsal ürün ticareti ve gelişiminde dünyada önemli rol oynamaktadır. Çeşitli kaynaklardan ve Economic Research Service T-TFV verilerinden faydalanılarak tarımda başarılı olan ülkeler tespit edilerek analize dâhil edilmiştir (Agrolearner, 2024; Geeksforgeeks, 2024; Economic Research Service, 2024).

MATERYAL ve METOD

Bu çalışmada, tarımda başarılı 12 ülkede 1990-2022 döneminde T-TFV ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki etkisi panel veri analiz yöntemiyle incelenmektedir. Çalışmada çevre kalitesini temsilen karbon emisyonu değişkeni kullanılmıştır. Yenilenebilir enerji tüketimi ise modele açıklayıcı değişken olarak eklenmiştir. Çalışmada kullanılan verilerin logaritmik dönüşümleri gerçekleştirilmiştir. Çizelge 1'de bu çalışmada kullanılan değişkenlerin özeti ve veri kaynakları yer almaktadır. Alhassan (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmadan hareketle modelin fonksiyonun matematiksel ifadeleri Denklem (4) ve Denklem (5)'te sunulmuştur:

$$LnCO2_{it} = f(LnGDP_{it}, LnT - TFV_{it}, LnREN_{it}) \quad (4)$$

$$LnCO2_{it} = \beta_0 + \beta_{i1}LnGDP_{it} + \beta_{i2}LnT - TFV_{it} + \beta_{i3}LnREN_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Çizelge 1.Değişkenler ve kaynakları
Table 1. Variables and sources

Değişkenler	Sembol	Ölçüm	Veri Kaynağı
Karbon Emisyonu	$LnCO_2$	Kişi Başına Metrik Ton	Dünya Bankası (2024)
Ekonomik Büyüme	LnGDP	Kişi Başına GDP	Dünya Bankası (2024)
Tarımsal Toplam Faktör Verimliliği	LnT-TFV	Endeks	Ekonomik Araştırma Servisi (USDA) (2024)
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	LnREN	Kişi Başına (kWh)	Uluslararası Enerji Ajansı (2024)

Çalışmanın analiz kısmı altı aşamadan oluşmaktadır. Çalışmada ilk olarak yatay kesit bağımlılık (YKB) testi uygulanmıştır. YKB, boylamsal veri analizinde büyük bir sorun olup, durağanlık, uzun dönem eşbütünleşme testleri ve boyutsal bozulmalara neden olmaktadır. Panel veri modeli bozulmaları, gözlem sayısının (N) zaman periyoduna (T) göre büyük olduğu durumlarda genellikle kesitsel olarak bağımsızdır. Bu araştırmada YKB'yi test etmek için Breusch & Pagan (1980) CD_{lm}, Pesaran (2004) CD_{lm} ile CD ve Pesaran vd. (2008) LM_{adj} YKB testleri kullanılmıştır. Bu testlerin hipotezleri aşağıda yer almaktadır:

$H_0: \rho_{ij} = Cov(\mu_{it}, \mu_{ij}) = 0, YKB\ yoktur.$
$H_1: \rho_{ij} = Cov(\mu_{it}, \mu_{ij}) \neq 0, YKB\ vardır.$

Breusch & Pagan (1980) CD_{lm} YKB testinin formülü Denklem (6)'da yer almaktadır:

$$CD_{lm}(\mathrm{BP}, 1980) = \mathrm{T} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} \left(\hat{p}_{ij}^2\right) \rightarrow X^2 \frac{N(N-1)}{2} \tag{6}$$

Pesaran (2004) (1980) CD_{lm}ve CD YKB testlerinin formülleri Denklem (7) ve Denklem (8)'de verilmiştir:

$$CD_{lm}(Pesaran, 2004) = \sqrt{\left(\frac{1}{\mathrm{N(N-1)}}\right)} \mathrm{T} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} \left(T\hat{p}_{ij}^2 - 1\right) \overset{asy}{\sim} \mathrm{N}\ (0,1) \tag{7}$$

$$CD(Pesaran, 2004) = \sqrt{\left(\frac{2T}{N(N-1)}\right)} \left(\sum_{i=1}^{N-1} T \sum_{j=i+1}^{N} \hat{p}_{ij}^2\right) \mathrm{N}(0,1) \overset{asy}{\sim} \tag{8}$$

Pesaran vd. (2008) LM_{adj} YKB testinin formülü Denklem (9)'da yer almaktadır:

$$LM_{adj} = \left(\frac{2}{N(N-1)}\right)^{\frac{1}{2}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} \left[\hat{p}_{ij}^2 \left(\frac{T-K-\hat{p}_{ij}-\hat{\mu}_{Tij}}{v_{Tij}}\right)\right] \rightarrow N(0,1) \tag{9}$$

Yukarıdaki denklemlerde belirtilen $\hat{p}_{ij}^2$ terimleri, basit doğrusal regresyon kullanılarak çift yönlü kesitsel korelasyonları ifade eder.
Çalışmanın ikinci aşamasında homojenlik testi uygulanmıştır. Panel tahmincilerinin kararlılığı, temel panel verilerinde eğim homojenliği veya heterojenliğinin var olup olmamasından etkilenebilir. Geleneksel tahminciler varsayım olarak tüm modellerin aynı eğime sahip olduğunu varsaymaktadır. Bu nedenle, modelin eğim heterojenliğinin ampirik analize geçmeden önce araştırılması gerekmektedir. Çalışmada, Pesaran & Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Delta tilde ($\tilde{\Delta}$) ve Düzeltilmiş delta tilde ($\tilde{\Delta}_{adj}$) testi ile eğim heterojenliği test edilmiştir. Testin temel ve alternatif hipotezleri "H_0: Eğim katsayıları homojendir, H_1: Eğim katsayıları heterojendir." şeklindedir. Bu testlerin formülü sırasıyla Denklem (10) ve Denklem (11)'de aşağıda verilmiştir:

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \frac{N^{-1}\hat{S} - k}{\sqrt{2k}} \tag{10}$$

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \frac{N^{-1}\hat{S} - k}{var(t,k)} \tag{11}$$

Çalışmanın üçüncü aşamasında birim kök testi uygulanmıştır. Geleneksel birim kök testleri modelin eğim homojenliğini ve yatay kesit bağımsızlığını göz önünde bulundurmaz, bu da hatalı sonuçlara yol açabilir. Çalışmada, YKB ve eğim heterojenliğini dikkate alan PANICCA birim kök testi kullanılmıştır. Bu test, Reese & Westerlund (2016) tarafından geliştirilmiştir. Testin temel ve alternatif hipotezleri "H_0: Birim kök vardır, H_1: Birim kök yoktur." şeklindedir. PANICCA birim kök testinin formülleri p=0 için Denklem (12), Denklem (13) ve Denklem (14)'te, p=1 için ise Denklem (15), Denklem (16) ve Denklem (17)'de verilmiştir;

p = 0 için:

$$P_{a,0} = \frac{\sqrt{N}T(\hat{\rho}_0^+ - 1)}{\sqrt{2\hat{\Phi}_0^4/\hat{\omega}_\epsilon^4}} \sim \mathrm{N}(0,1) \tag{12}$$

$$P_{b,0} = \frac{\sqrt{N}T(\hat{\rho}_0^+ - 1)}{\sqrt{\hat{\Phi}_\epsilon^4/[\hat{\omega}_\epsilon^8 N^{-1}T^{-2}\sum_{i=1}^{N}(\hat{e}_{i-1}^1)'\hat{e}_{i-1}^1]}} \sim \mathrm{N}(0,1) \tag{13}$$

$$PMSB_0 = \frac{\sqrt{N}[N^{-1}T^{-2}\sum_{i=1}^{N}(\hat{e}_{i-1}^1)'\hat{e}_{i-1}^1 - \hat{\omega}_\epsilon^2/2]}{\sqrt{\hat{\Phi}_\epsilon^4/3}} \sim \mathrm{N}(0,1) \tag{14}$$

p = 1 için:

$$P_{a,1} = \frac{\sqrt{N}T(\hat{\rho}_0^+ - 1)}{\sqrt{36\hat{\sigma}_\epsilon^4\hat{\Phi}_\epsilon^4/5\hat{\omega}_\epsilon^8}} \sim \mathrm{N}(0,1) \tag{15}$$

$$P_{b,1} = \frac{\sqrt{N}T(\hat{\rho}_0^+ - 1)}{\sqrt{6\hat{\sigma}_\epsilon^4 \hat{\Phi}_\epsilon^4 / [5\hat{\omega}_\epsilon^6 N^{-1}T^{-2}\sum_{i=1}^{N}(\hat{e}_{i-1}^1)'\hat{e}_{i-1}^1]}} \sim \mathrm{N}(0,1) \quad (16)$$

$$PMSB_1 = \frac{\sqrt{N}[N^{-1}T^{-2}\sum_{i=1}^{N}(\hat{e}_{i-1}^1)'\hat{e}_{i-1}^1 - \hat{\omega}_\epsilon^2/6]}{\sqrt{\hat{\Phi}_\epsilon^4/45}} \sim \mathrm{N}(0,1) \quad (17)$$

Çalışmanın dördüncü aşamasında T-TFV, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasındaki eşbütünleşme ilişkisi araştırılmaktadır. Serilerde yatay kesit bağımlılığı bulunduğundan ikinci nesil panel eşbütünleşme testlerinin uygulanması gerekmektedir. Bu amaçla Westerlund & Edgerton (2007) tarafından geliştirilen Lagrange Çarpanı (LM) Bootstrap panel eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Testin temel ve alternatif hipotezleri "H_0: Eşbütünleşme vardır, H_1: Eşbütünleşme yoktur." şeklindedir. Bu testin hesaplanmasına ait formül Denklem (18)'de gösterilmiştir:

$$LM_N^+ = \frac{1}{NT^2}\Sigma_{i=1}^{N}\Sigma_{i=1}^{T}\hat{\omega}_i^{-2}S_{it}^2 \quad (18)$$

Çalışmanın beşinci aşamasında değişkenler için uzun dönem tahmini yapılmıştır. Panel veri modellerinde, değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi bulunduğunda bu ilişkinin boyutunu belirlemek için uzun dönem katsayı tahmincileri kullanılmaktadır. Bu sebeple, Eberhardt & Bond (2009) tarafından önerilen Artırılmış Ortalama Grup (AMG) testi kullanılmıştır. AMG yöntemi, boylamsal verilerin YKB, durağan olmama, içsellik ve eğim heterojenliği gibi özelliklerini gidermeye yardımcı olabilir. İki aşamadan oluşan, birinci ve ikinci aşama AMG uygulaması aşağıda Denklem (19) ve Denklem (20)'de verilmiştir;

$$\Delta y_{it} = \delta_i + b'\Delta x_{it} + \sum_{t=2}^{T} c_t \Delta D_t + e_{it} \quad (19)$$

$$\hat{b}_{AMG} = N^{-1}\sum_i \hat{b}_i \quad (20)$$

Son olarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini belirlemek için Dumitrescu & Hurlin (2012) panel nedensellik testi kullanılmıştır. Granger nedensellik (Granger, 1969) yöntemine dayalı Dumitrescu & Hurlin (2012) nedensellik testi panel verilerde kullanılabilir ve değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini ortaya koyabilir. Bu test, Hem T>N hem de T<N durumlarında kullanılabilmektedir. Testin temel ve alternatif hipotezleri "H_0: Tüm birimler için nedensellik yoktur, H_1: Tüm birimler için nedensellik vardır." şeklindedir. Bu testin denklemi, ortalama test istatistiği ve standartlaştırılmış test istatistiği olmak üzere sırasıyla Denklem (21), Denklem (22) ve Denklem (23)'te sunulmuştur:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^{K}\beta_{i,k}\, y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^{K}\gamma_{i,k}\, X_{i,t-k} + \varepsilon_{it} \quad (21)$$

$$W_{N,T}^{HNC} = N^{-1}\Sigma_{i=1}^{N}W_{i,T} \quad (22)$$

$$Z_{N,T}^{HNC} = \sqrt{\frac{N}{2M}}\left(W_{N,T}^{HNC} - M\right) \rightarrow N(0,1) \quad (23)$$

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çizelge 2'de sunulan tanımlayıcı istatistikler, değişkenlerin ($LnCO_2$, LnGDP, LnT-TFV ve LnREN) dağılımı hakkında kapsamlı bilgiler sağlamaktadır. Ortalama ve medyan değerleri, verilerin merkezi eğilimlerini ortaya koyarken, maksimum ve minimum değerler, verilerin yayılımını ve uç değerlerini göstermektedir. Standart sapma, verilerin ortalamadan ne kadar saptığını ifade eder ve bu bağlamda $LnCO_2$'nin standart sapması 0.950, LnGDP'nin 1.281, LnT-TFV'nin 0.181 ve LnREN'in 1.319 olduğu görülmektedir. Çarpıklık ve basıklık değerleri, verilerin simetrisinin ve dağılımının şeklini değerlendirmemize olanak tanır. $LnCO_2$, LnGDP ve LnREN negatif çarpıklık sergilerken, LnT-TFV daha belirgin bir negatif çarpıklık göstermektedir. Basıklık değerleri ise LnT-TFV'nin daha yüksek bir basıklık sergilediğini ve daha sivri bir dağılıma sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Jarque-Bera testi sonuçları ve olasılık değerleri, verilerin normal dağılıma uygunluğunu test etmektedir. $LnCO_2$, LnGDP ve LnT-TFV olasılık değerlerinin sıfır olması, verilerin normal dağılımdan sapmalar gösterdiğini işaret etmektedir. LnREN ise normal dağılmaktadır.

Çizelge 3'te sunulan VIF (Variance Inflation Factor) testi sonuçları, değişkenler arasındaki çoklu doğrusal bağlantıyı değerlendirmektedir. VIF değerleri, bir değişkenin diğer bağımsız değişkenlerle ne kadar ilişkilendirildiğini gösterir. Genel olarak, VIF değerinin 5'ten küçük olması (VIF<5), çoklu doğrusal bağlantının ciddi bir sorun olmadığını göstermektedir. Bu çalışmada ortalama VIF değeri 2.18 olup (2.18<5), genel olarak modelde bir çoklu doğrusal bağlantı sorunu olmadığını göstermektedir.

Çizelge 2. Tanımlayıcı istatistikler
Table 2. Descriptive statistics

Tanımlayıcı İstatistikler	$LnCO_2$	LnGDP	LnT-TFV	LnREN
Ortalama	1.727	9.352	4.456	7.810
Medyan	1.792	9.255	4.483	8.047
Maksimum	3.057	11.071	4.807	10.498
Minimum	-0.409	6.276	3.809	4.809
Std. Dev.	0.950	1.281	0.181	1.319
Çarpıklık	-0.316	-0.510	-0.882	-0.214
Basıklık	1.926	2.238	3.678	2.942
Jarque-Bera	25.614	26.774	58.973	3.070
Olasılık	0.000	0.000	0.000	0.215
Gözlem Sayısı	396	396	396	396

Çizelge 3. VIF testi
Table 3. *VIF test*

Değişkenler	VIF	1/VIF
LnGDP	2.83	0.353
LnT-TFV	2.44	0.409
LnREN	1.27	0.785
Ortalama VIF	2.18	-

Çizelge 4'te yer alan sonuçlar, yatay kesit bağımlılığının tüm değişkenler ($LnCO_2$, LnGDP, LnT-TFV, LnREN) ve model için önemli olduğunu göstermektedir. Breusch & Pagan (1980), Pesaran (2004) ve Pesaran vd. (2008) tarafından yapılan testler, yüksek test istatistikleri ve anlamlı p-değerleri ile yatay kesit bağımlılığının varlığını güçlü bir şekilde desteklemektedir. Bu durum modeldeki değişkenlerin birbirleriyle ilişkili olduğunu ve bu ilişkilerin analizlerde dikkate alınması gerektiğini ifade etmektedir.

Çizelge 4. Yatay kesit bağımlılık testi
Table 4. *Cross-section dependence test*

CD Test	$LnCO_2$	LnGDP	LnT-TFV	LnREN	Model
CD_{lm} (BP, 1980)	1050.123	1798.206	1425.849	1097.733	909.207
	(0.001)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.006)***	(0.006)***
CD_{lm} (Pesaran, 2004)	85.656	150.769	118.360	89.800	73.392
	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***
CD (Pesaran, 2004)	-2.108	42.247	37.112	23.147	4.355
	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.003)***	(0.000)***
LM_{adj} (Pesaran vd., 2008)	85.469	150.582	118.172	89.147	42.534
	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***

Not: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Çizelge 5'teki homojenite testi sonuçları, modeldeki değişkenlerin homojen olmadığını göstermektedir. Hem $\tilde{\Delta}$ hem de $\tilde{\Delta}adj$ test istatistikleri oldukça yüksek ve p-değerleri 0.01'in altında, bu da homojenite hipotezinin reddedildiğini ve değişkenlerin heterojen olduğunu güçlü bir şekilde desteklemektedir. Bu sonuçlar, modeldeki değişkenlerin farklı gruplar arasında değişiklik gösterdiğini ve bu farklılıkların analizlerde dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Çizelge 5. Homojenlik testi
Table 5. Homogeneity test

Homojenlik Testi	$\tilde{\Delta}$	$\tilde{\Delta}_{adj}$
Test İstatistiği	25.973	28.196
Olasılık Değeri	0.000***	0.000***

Not: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Çizelge 6'da yer alan PANICCA birim kök testi sonuçları, değişkenlerin seviyelerinde birim kök olduğunu, ancak birinci farklarında birim kök olmadığını göstermektedir. Pa, Pb ve PMSB test istatistikleri, seviyelerde yüksek ve anlamlı olmayan p-değerleri ile birim kökün varlığını desteklemektedir. Ancak, birinci farklarda tüm test

istatistikleri negatif ve anlamlı p-değerleri ile birim kökün reddedildiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, $LnCO_2$, LnGDP, LnT-TFV ve LnREN değişkenlerinin seviyede durağan olmadığını, ancak birinci farklarında durağan olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca Çizelge 7'de yer alan CIPS (Pesaran, 2007) birim kök testi sonuçları da PANICCA birim kök testi sonuçlarını desteklemektedir.

Çizelge 6. PANICCA Birim kök testi
Table 6. PANICCA Unit root test

	SEVİYE				△BİRİNCİ FARK			
Değişkenler	**$LnCO_2$**	**LnGDP**	**LnT-TFV**	**LnREN**	**△$LnCO_2$**	**△LnGDP**	**△LnT-TFV**	**△LnREN**
Pa	1.949	0.493	1.472	0.107	-29.874	-7.83	-48.203	-45.107
	(0.974)	(0.689)	(0.929)	(0.543)	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***
Pb	3.499	0.606	1.997	0.112	-7.89	-3.671	-10.272	-10.698
	(0.999)	(0.728)	(0.977)	(0.545)	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***
PMSB	5.438	0.985	2.478	0.355	-1.878	-1.605	-1.746	-2.133
	(0.999)	(0.838)	(0.993)	(0.639)	(0.030)***	(0.054)*	(0.040)**	(0.016)**

Not: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Çizelge 7. CIPS birim kök testi
Table 7. CIPS unit root test

	SEVİYE				△BİRİNCİ FARK			
Değişkenler	**$LnCO_2$**	**LnGDP**	**LnT-TFV**	**LnREN**	**△$LnCO_2$**	**△LnGDP**	**△LnT-TFV**	**△LnREN**
	-1.734	-1.910	-1.820	-1.873	-4.810***	-3.728***	-5.708***	-5.900***
Kritik Değerler	%10 (-2.14)		%5 (-2.25)			%1 (-2.44)		

Not: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Çizelge 8'de LM Bootstrap Panel Eşbütünleşme Testi sonuçları, eşbütünleşmenin varlığını test etmektedir. Test istatistiği -1.453 olup, bootstrap olasılık değeri 0.862'dir. Bu sonuç, 0.01 anlamlılık düzeyinde eşbütünleşme H_0 hipotezinin reddedilemeyeceğini göstermektedir. Başka bir deyişle, modelde eşbütünleşmenin varlığına dair güçlü bir kanıt bulunmaktadır. Sonuçlar değişkenlerin uzun dönemli bir ilişki içinde olduğunu ve birlikte hareket ettiklerini göstermektedir.

Çizelge 8. Eşbütünleşme testi
Table 8. Cointegration test

	Test İstatistiği	**Bootstrap Olasılık Değeri**
LM_N^+	-1.453	0.862***

Not: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesi nedeniyle, bu bölümde uzun dönem parametre tahminlerinin sonuçları incelenmektedir. Yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ve panel veriler için kapsamlı sonuçlar sunabilen Eberhardt & Bond (2009) tarafından geliştirilen Genişletilmiş Ortalama Grup (AMG) tahmin yöntemi kullanılmaktadır. Çizelge 9'da sunulan uzun dönem tahmincisi AMG modeli, $LnCO_2$ bağımlı değişkeni ile LnGDP, LnREN ve LnT-TFV bağımsız değişkenlerini içermektedir. Ülkeler bazında katsayılar ve olasılık değerleri şu şekilde yorumlanabilir. Ekonomik büyümenin (LnGDP) karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisi ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Örneğin, Çin'de ekonomik büyüme %1 oranında arttığında, karbondioksit emisyonları %1.037 oranında artmaktadır. ABD'de ekonomik büyüme %1 oranında arttığında, karbondioksit emisyonları %0.480 oranında artmaktadır. Hindistan'da bu artış %0.795, Brezilya'da %0.882, Rusya'da %0.506, Fransa'da %0.323, Kanada'da %0.769, Endonezya'da %1.908, Arjantin'de %0.664, Avustralya'da %0.650 ve Türkiye'de %0.871 oranındadır. Almanya'da ekonomik büyümenin karbondioksit emisyonları üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır. Panelin genelinde ise, ekonomik büyümenin karbondioksit emisyonları üzerinde %0.729 oranında artışa neden olduğunu göstermektedir.

LnT-TFV'nin karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisi ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Çin'de T-TFV %1 oranında arttığında, karbondioksit emisyonları %1.375 oranında azalmaktadır. ABD'de T-TFV %1 oranında arttığında, karbondioksit emisyonları %0.353 oranında azalmaktadır. Rusya'da bu azalma %0.935, Fransa'da %0.313, Kanada'da %0.143, Endonezya'da %1.069 ve Avustralya'da %0.096 oranındadır. Hindistan'da T-TFV %1 oranında arttığında, karbondioksit emisyonları %0.330 oranında artarken, Brezilya'da bu artış %0.494, Arjantin'de %0.229 ve Türkiye'de %0.298 oranındadır. Almanya'da T-TFV artışının karbondioksit emisyonları

üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır. Panelin genelinde ise, T-TFV artışının karbondioksit emisyonları üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını göstermektedir.

Yenilenebilir enerji tüketiminin (LnREN) karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisi ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Örneğin, Çin'de yenilenebilir enerji tüketimi %1 oranında arttığında, karbondioksit emisyonları %0.022 oranında azalmaktadır. ABD'de yenilenebilir enerji tüketimi %1 oranında arttığında, karbondioksit emisyonları %0.159 oranında azalmaktadır. Brezilya'da bu azalma %0.367, Avustralya'da %0.148 ve Türkiye'de %0.086 oranındadır. Hindistan, Rusya, Fransa, Kanada, Almanya, Endonezya ve Arjantin'de yenilenebilir enerji tüketimi artışının karbondioksit emisyonları üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır. Panelin genelinde ise, yenilenebilir enerji kullanımının karbondioksit emisyonları üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını göstermektedir.

Çizelge 9. AMG analiz sonuçları
Table 9. AMG analysis results

Model: $LnCO_2$=f (LnGDP, LnT-TFV, LnREN)						
	LnGDP		LnT-TFV		LnREN	
Ülkeler	**Katsayı**	**Olasılık**	**Katsayı**	**Olasılık**	**Katsayı**	**Olasılık**
Çin	1.037	0.000***	-1.375	0.000***	-0.022	0.000***
ABD	0.480	0.000***	-0.353	0.001***	-0.159	0.000***
Hindistan	0.795	0.000***	0.330	0.039**	-0.026	0.663
Brezilya	0.882	0.001***	0.494	0.006***	-0.367	0.066*
Rusya	0.506	0.000***	-0.935	0.009***	0.203	0.523
Fransa	0.323	0.004***	-0.313	0.009***	-0.083	0.115
Kanada	0.769	0.005***	-0.143	0.053*	0.207	0.115
Almanya	-0.136	0.637	-0.257	0.195	0.028	0.478
Endonezya	1.908	0.000***	-1.069	0.002***	0.160	0.128
Arjantin	0.664	0.000**	0.229	0.065*	-0.085	0.119
Avustralya	0.650	0.000***	-0.096	0.061*	-0.148	0.000***
Türkiye	0.871	0.000***	0.298	0.058*	-0.086	0.017**
Panel	0.729	0.000***	-0.266	0.121	-0.008	0.878

Not: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Bu çalışmanın bulguları, ekonomik büyüme ve T-TFV artışının çevre kalitesi üzerindeki etkilerini ülke bazında inceleyerek önemli sonuçlar ortaya koymaktadır. Çizelge 9 incelendiğinde, ekonomik büyümenin çoğu ülkede karbondioksit emisyonlarını artırdığı ve çevre kalitesini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Çin, ABD, Hindistan, Brezilya, Rusya, Fransa, Kanada, Endonezya, Arjantin, Avustralya ve Türkiye'de ekonomik büyüme karbondioksit emisyonlarını artırmaktadır. Bu durum, ekonomik büyümenin çevresel maliyetlerini göz önünde bulundurmanın ve sürdürülebilir kalkınma politikaları geliştirmenin önemini vurgulamaktadır. Ekonomik büyümenin çevresel etkilerini azaltmak için, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji verimliliği politikalarının benimsenmesi gerekmektedir.

T-TFV artışının karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisi ise ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Çin, ABD, Rusya, Fransa, Kanada, Endonezya ve Avustralya'da T-TFV artışı karbondioksit emisyonlarını azaltmaktadır. Yani, Borlaug hipotezi bu ülkelerde geçerlidir. Hindistan, Brezilya, Arjantin ve Türkiye'de T-TFV artışı karbondioksit emisyonlarını artırmaktadır. Yani, Jevons Paradoksu bu ülkelerde geçerlidir. Bu farklılıklar, tarımsal yeniliklerin ve verimlilik artışlarının çevresel etkilerini dikkate almanın ve ülkelerin spesifik politikalar geliştirmesinin önemini ortaya koymaktadır. T-TFV artışının karbondioksit emisyonlarını azaltıcı etkisinin olduğu ülkelerde, bu yeniliklerin teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması önemlidir. Ancak, karbondioksit emisyonlarını artırıcı etkisinin olduğu ülkelerde, tarımsal faaliyetlerin çevresel sürdürülebilirlik açısından yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

Seriler arasında uzun dönem ilişki tespit edilmesi durumunda, en az iki değişken arasında en az bir yönlü nedensellik ilişkisinin varlığını ampirik olarak anlamlı kılmaktadır. Bu nedenle, Çizelge 10'da Dumitrescu & Hurlin (2012) nedensellik test sonuçları verilmiştir. Bulgulara göre:

i) T-TFV ile karbon emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

ii) Ekonomik büyümeden karbon emisyonuna, T-TFV ve yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü, yenilenebilir enerji tüketiminden karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Çizelge 10. Dumitrescu ve Hurlin nedensellik analizi sonuçları
Table 10. Dumitrescu and Hurlin causality analysis results

H_0 Hipotezi	W-İstatistiği	Zbar-İstatistiği	Olasılık Değeri	Nedensellik
LnGDP, $LnCO_2$'nin nedeni değildir.	7.436	4.768	0.000***	**Var**
$LnCO_2$, LnGDP'nin nedeni değildir.	4.356	1.230	0.219	Yok
LnT-TFV, $LnCO_2$'nin nedeni değildir.	5.915	3.021	0.003***	**Var**
$LnCO_2$, LnT-TFV'nin nedeni değildir.	6.881	4.131	0.000***	**Var**
LnREN, $LnCO_2$'nin nedeni değildir.	6.270	3.427	0.000***	**Var**
$LnCO_2$, LnREN'in nedeni değildir.	4.111	0.948	0.343	Yok
LnT-TFV, LnGDP'nin nedeni değildir.	3.883	0.686	0.493	Yok
LnGDP, LnT-TFV'nin nedeni değildir.	11.453	9.383	0.000***	**Var**
LnREN, LnGDP'nin nedeni değildir.	3.009	-0.317	0.750	Yok
LnGDP, LnREN'in nedeni değildir.	6.086	3.216	0.001***	**Var**
LnREN, LnT-TFV'nin nedeni değildir.	4.408	1.750	0.080*	**Var**
LnT-TFV, LnREN'in nedeni değildir.	5.462	2.500	0.012**	**Var**

Not: *** $p<0.01$, ** $p<0.05$, *$p<0.10$.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Artan küresel gıda talebi ve ekonomik büyüme, tarımsal üretim ve çevre üzerinde baskı oluşturarak sürdürülebilirlik açısından ciddi tehditler yaratmaktadır. Tarım sektörü çevresel değişimlere karşı kırılgan bir yapıya sahiptir. Ekonomik büyüme ise doğal kaynakların tükenmesi ve çevre kirliliği gibi olumsuz etkiler doğurabilmektedir. Tarımsal verimlilik ile çevre arasındaki ilişki, ekonomi literatüründe farklı görüşlere konu olmuştur. Bazı görüşler, tarımsal verimliliğin çevre kalitesini iyileştirdiğini savunurken, diğerleri bunun çevresel bozulmayı artırdığını öne sürmektedir. Ayrıca, Jevons Paradoksu ve Borlaug hipotezi bağlamında yapılan incelemeler de mevcuttur. Jevons Paradoksu, tarımsal verimliliğin artmasının çevresel bozulmaya yol açtığını öne sürmektedir. Öte yandan Borlaug hipotezi, tarımsal verimlilik artışının yeni arazi talebini azaltarak ekili arazi genişlemesinin önüne geçtiğini ve çevresel bozulmayı engellediğini savunmaktadır. Bu görüş, Jevons Paradoksu ile karşılaştırıldığında, verimlilik artışlarının çevresel etkileri farklı şekillerde ele alındığı görülmektedir.

Bu çalışmada 1990-2022 döneminde tarımda başarılı olan 12 ülkede (Çin, ABD, Rusya, Fransa, Almanya, Kanada, Avustralya, Hindistan, Brezilya, Endonezya, Arjantin ve Türkiye) T-TFV ve ekonomik büyümenin çevre kalitesi üzerindeki etkisi AMG yöntemi ve Dumitrescu & Hurlin nedensellik analizi ile incelenmiştir. Ayrıca, modele yenilenebilir enerji tüketimi de dâhil edilmiştir. Çalışma, tarımda başarılı olan ülkeler üzerinden yapılan bir inceleme ile T-TFV, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonu değişkenlerini modelde kullanarak özgün bir yaklaşım sunmaktadır.

Çalışmada öncelikle değişkenler arasında yatay kesit bağımlılığının bulunduğu ve değişkenlerin heterojen yapıda olduğu tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen PANICCA ve CIPS birim kök testi sonuçları değişkenlerin seviyede durağan olmadığını, ancak birinci farkları alındıktan sonra durağan hale geldiklerini ortaya koymaktadır. Sonraki adımda gerçekleştirilen LM Bootstrap Panel Eşbütünleşme Testi sonuçları, değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşmenin varlığını ortaya koymaktadır. Çalışmada sonraki adımda yatay kesit bağımlılığını dikkate alan AMG tahmin yöntemi kullanılmıştır.

AMG bulguları, Almanya hariç tüm ülkelerde ekonomik büyümenin karbon emisyonlarını artırdığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bulgular ekonomik büyümenin çevre kalitesini olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. T-TFV verimliliği artışının emisyonlar üzerindeki etkisinin ülkeden ülkeye farklılık gösterdiği görülmektedir. Çin, ABD, Rusya, Fransa, Kanada, Endonezya ve Avustralya'da T-TFV artışı karbon emisyonlarını azaltmakta, yani tarımsal verimlilik çevre kalitesine katkı sağlamaktadır. Bu bulgular, Borlaug hipotezi ile uyumludur. Özellikle bu ülkeler arasında yer alan Çin, ABD, Rusya, Fransa, Kanada ve Avustralya'nın teknoloji alanında önemli gelişmeler kaydeden ve tarım alanında teknoloji kullanımına önem veren ülkeler olduğu görülmektedir. Bu eksende teknolojinin tarım alanında kullanımı daha sürdürülebilir, verimli ve çevre dostu bir tarım sistemi inşa edilmesine katkı sağlamaktadır. Bu, hem üreticilerin daha kârlı bir şekilde faaliyet göstermelerini hem de dünya nüfusunun artan gıda ihtiyacını karşılamak için önemli bir adımdır.

Öte yandan Hindistan, Brezilya, Arjantin ve Türkiye'de T-TFV artışı karbon emisyonlarını artırmakta, yani tarımsal verimlilik çevre kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu bulgular ise Jevons Paradoksu ile uyumludur. Bu ülkeler ise tarım sektöründe önemli üreticiler olmakla birlikte, her biri kendine özgü zorluklarla karşı karşıyadır. Bu ülkelerin tarım sektöründeki temel zorluklar, iklim değişiklikleri, su kaynaklarının yönetimi, arazi yapısı ve teknolojik altyapı eksiklikleri gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Teknolojik çözümler ve sürdürülebilir tarım uygulamaları, bu ülkelerin tarım sektörlerinde karşılaştıkları sorunları aşabilmek için kritik öneme sahiptir.

Tarımsal verimliliğin emisyonları artırdığına yönelik ulaşılan bulguların Jebli & Yousef (2017), Anwar vd. (2019), Waheed vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen bulguları desteklediği görülmektedir. Bu farklılıklar, tarımsal yeniliklerin ve verimlilik artışlarının çevresel etkilerini dikkate almanın ve ülkelerin spesifik politikalar geliştirmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Ayrıca çalışma bulguları yenilenebilir enerji tüketiminin Çin, ABD, Brezilya, Avustralya ve Türkiye'de çevre kalitesini artırdığını ortaya koymaktadır. Çalışmada son adımda gerçekleştirilen Dumitrescu &Hurlin nedensellik analizi bulguları, T-TFV ile karbon emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü, ekonomik büyümeden karbon emisyonuna ve T-TFV'ye doğru tek yönlü, yenilenebilir enerji tüketiminden karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, T-TFV, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kalitesi üzerinde önemli rol oynadığı görülmektedir. Genel olarak, bu bulgular, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve tarımsal politikaların çevresel sürdürülebilirlik açısından dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Tarımsal verimlilik ve çevre kalitesini artırmak için sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik eden, çiftçilere düşük faizli krediler, eğitim programları, teknolojik destek ve çevre dostu uygulamalara yönelik finansal teşvikler sunan politikalar geliştirilmelidir. Bu yaklaşım, tarımsal kalkınma, çevre koruma ve ekonomik büyüme arasında denge kurarak uzun vadede sürdürülebilir tarımı destekleyebilmektedir. Ayrıca çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için, ekonomik büyüme ve tarımsal verimlilik artışının dengeli bir şekilde yönetilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmanın kısıtlılığı, 1990-2022 dönemini ve 12 ülkeyi kapsaması ile sınırlıdır. Gelecekteki araştırmalar, ülke sayısını artırarak, farklı analiz yöntemleri ve değişkenler kullanarak literatüre önemli katkılar sağlayabilir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

Abrol, I. P. (2000). Agriculture in India. Centre for Advancement of Sustainable Agriculture. http://164.100.161.239/reports/sereport/ser/vision2025/agricul.pdf (Erişim Tarihi: 7 Aralık 2024).

Agrolearner (2024). 12 Biggest Farming Countries in the World, https://agrolearner.com/biggest-farming-countries-in-the-world/ (Erişim Tarihi: 01 Aralık 2024).

Ahmed, K. & Long, W. (2012). Environmental Kuznets Curve and Pakistan: An Empirical Analysis. *Economics and Finance,1*, 4–13. https://doi.org/10.1016/S2212-5671(12)00003-2

Alcott, B. (2005). Jevons' Paradox. *Ecological Economics, 54*(1), 9-21. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.020

Alhassan, H. (2021). The Effect of Agricultural Total Factor Productivity on Environmental Degradation in Sub-Saharan Africa. *Scientific African, 12*, e00740. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00740

Anwar, A., Sarwar, S., Amin, W., & Arshed, N. (2019). Agricultural Practices and Quality of Environment: Evidence for Gobal Perspective. *Environmental Science and Pollution Research, 26*, 15617-15630. https://doi.org/10.1007/s11356-019-04957-x

Aydınbaş, G. (2024). Tarımsal Verimlilik ile İlişkili Faktörlerin Tespiti: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 11*(2), 524-535. https://doi.org/10.30910/turkjans.1401633

Borlaug, N. (2007). Feeding a Hungry World. *Science, 318*(5849), 359-359. https://doi.org/10.1126/science.1151062

Breusch, T. S. & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies, 47*(1), 239-253. https://doi.org/10.2307/2297111

Burney, J. A., Davis, S. J., & Lobell, D. B. (2010). Greenhouse Gas Mitigation by Agricultural Intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 107*(26), 12052-2057. https://doi.org/10.1073/pnas.0914216107

Canadell, J. G., Le Quéré, C., Raupach, M. R., Field, C. B., Buitenhuis, E. T., Ciais, P., Conway, T. J., Gillett, N. P., Haughton, R. A. & Marland, G. (2007). Contributions to Accelerating Atmospheric CO_2 Growth from Economic Activity, Carbon Intensity, and Efficiency of Natural Sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(47), 18866-18870. https://doi.org/10.1073/pnas.0702737104

Ceddia, M. G., Sedlacek, S., Bardsley, N. O., & Gomezy Paloma, S. J. G. E. C. (2013). Sustainable Agricultural Intensification or Jevons Paradox? The Role of Public Governance in Tropical South America. *Global Environmental Change, 23*(5), 1052-1063. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.07.005

Çetin, M., Saygın, S., & Demir, H. (2020). Tarım Sektörünün Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 17*(3), 329-345.

https://doi.org/10.33462/jotaf.678764

Deng, H., Jin, Y., Pray, C., Hu, R., Xia, E., & Meng, H. (2021). Impact of Public Research and Development and Extension on Agricultural Productivity in China from 1990 to 2013. *China Economic Review, 70*, 101699. https://doi.org/10.1016/j.chieco.2021.101699

Dumitrescu, E. I. & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger Non-Causality in Heterogeneous Panels. *Economic Modelling, 29*(4), 1450-1460. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014

Eberhardt, M. & Bond, S. (2009). Cross-Section Dependence in Nonstationary Panel Models: A Novel Estimator. MPRA Paper No. 17692. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/17692/

Economic Research Service (USDA) (2024). International Agricultural Productivity. https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity (Erişim Tarihi: 01 Aralık 2024).

Esso, L. J., & Keho, Y. (2016). Energy Consumption, Economic Growth and Carbon Emissions: Cointegration and Causality Evidence from Selected African countries. *Energy, 114*, 492-497. https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.08.010

Eştürk, Ö., Aydın, F. F., & Levent, C. (2023). Tarım ve Sanayi Sektörlerinin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Seçilmiş OECD Üyesi Ülkelerde Ekonometrik Bir Uygulama. *Ardahan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 5*(2), 109-116. https://doi.org/10.58588/aru-jfeas.1379450

Fuglie, K. (2015). Accounting for Growth in Global Agriculture. *Bio-Based and Applied Economics, 4*(3), 201-234. https://doi.org/10.13128/BAE-17151

Gardner, B. L. (2002). American Agriculture in the Twentieth Century: How it Flourished and What it Cost. Harvard University Press. https://www.hup.harvard.edu/books/9780674019898

Geeksforgeeks (2024). Top 10 Agricultural Producing Countries in the World, https://www.geeksforgeeks.org/agricultural-producing-countries-in-the-world/ (Erişim Tarihi: 01 Aralık 2024).

Granger, C. W. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Econometrica: Journal of the Econometric Society, 37*, 424-438. https://doi.org/10.2307/1912791

Grossman, G.M. & Krueger, A.B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement (No. w3914). National Bureau of Economic Research. https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/3914.html

Hofstra, N.& Vermeulen, L.C. (2016). Impacts of Population Growth, Urbanisation and Sanitation Changes on Global Human Cryptosporidium Emissions to Surface Water. *Health 219*(7), 599-605. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.06.005

International Energy Agency. (2024). Renewable Energy Consumption Per Capita (kWh). https://www.iea.org (Erişim Tarihi: 01 Aralık 2024).

Jalil, A. & Mahmud, S. F. (2009). Environment Kuznets Curve for CO_2 Emissions:A Cointegration Analysis for China, *Energy Policy, 37*, 5167–5172. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.044

Jebli, B. M., & Youssef, B. S. (2017). 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. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/68018/

Jethva, H., Torres, O., Field, R. D., Lyapustin, A., Gautam, R., & Kayetha, V. (2019). Connecting Crop Productivity, Residue Fires, and Air Quality over Nrthern India. *Scientific Reports, 9*(1), 16594. https://doi.org/10.1038/s41598-019-52799-x

Karaer, F., & Gürlük, S. (2003). Gelişmekte Olan Ülkelerde Tarım-Çevre-Ekonomi Etkileşimi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi, 4*(2), 197-206. https://dergipark.org.tr/tr/pub/doujournal/issue/66649/1042855

Khan, A. N., Ghauri, B. M., Jilani, R., & Rahman, S. (2011). Climate Change: Emissions and Sinks of Greenhouse Gases in Pakistan. *Pakistan Space and Upper Atmosphere Research Commission (SUPARCO), 293*, 146-159. https://pecongress.org.pk/wp-content/uploads/2024/06/11-Climate-Change-Emissions-and-Sinks-of-Greenhouse-Gases-in-P.pdf

Kılavuz, E., & Erdem, İ. (2019). Dünyada Tarım 4.0 Uygulamaları ve Türk Tarımının Dönüşümü. *Social Sciences, 14*(4), 133-157. http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2019.14.4.3C0189

Kukal, M. S., & Irmak, S. (2020). Impact of Irrigation on Interannual Variability in United States Agricultural Productivity. *Agricultural Water Management, 234*, 106141. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106141

Lobell, D. B., Baldos, U. L. C., & Hertel, T. W. (2013). Climate Adaptation as Mitigation: The Case of Agricultural Investments. *Environmental Research Letters, 8*(1), 015012. http://iopscience.iop.org/1748-9326/8/1/015012

Ma, L., Zhang, Y., Chen, S., Yu, L., & Zhu, Y. (2022). Environmental Effects and Their Causes of Agricultural Production: Evidence from the Farming Regions of China. *Ecological Indicators, 144*, 109549. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109549

Nin-Pratt, A., Yu, B., & Fan, S. (2010). Comparisons of Agricultural Productivity Growth in China and India. *Journal of Productivity Analysis, 33*, 209-223. https://doi.org/10.1007/s11123-009-0156-4

Osadume, R., & University, E. O. (2021). Impact of Economic Growth on Carbon Emissions in Selected West African Countries, 1980–2019. *Journal of Money and Business, 1*(1), 8-23. https://doi.org/10.1108/JMB-03-2021-0002

Özbay, Ü. (2023). Türkiye'de Sanayileşme, CO_2 Emisyonu, Ekonomik Büyüme ve Tarımsal Üretim İlişkisi: Ampirik Bir Uygulama. *Tarım Ekonomisi Dergisi, 29*(2), 79-91. https://doi.org/10.24181/tarekoder.1311715

Özkurt, İ. C. (2024). İklim Değişikliğinin Türkiye'de Tarımsal Üretime Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 27*(Ek Sayı 1 (Suppl 1), 263-275. https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1394627

Pesaran, M. H. & Yamagata, T. (2008). Testing Slope Homogeneity in Large Panels. *Journal of Econometrics, 142*(1), 50-93. https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.010

Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. *Faculty of Economics, 1240*(1),13-49. https://doi.org/10.17863/CAM.5113

Pesaran, M. H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics, 22*, 265-312. https://doi.org/10.1002/jae.951

Pesaran, M. H., Ullah, A. & Yamagata, T. (2008). A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross Section Independence. *The Econometrics Journal, 11*(1), 105-127. https://doi.org/10.1111/j.1368-423X.2007.00227.x

Rada, N., Liefert, W., & Liefert, O. (2020). Evaluating Agricultural Productivity and Policy in Russia. *Journal of Agricultural Economics, 71*(1), 96-117. https://doi.org/10.1111/1477-9552.12338

Reese, S., & Westerlund, J. (2016). Panicca: Panic on Cross-Section Averages. *Journal of Applied Econometrics, 31*(6), 961-981. https://www.jstor.org/stable/26609658

Rudel, T. K., Schneider, L., Uriarte, M., Turner, B. L., DeFries, R., Lawrence, D., Geoghegan, J., Hecht, S. Ickowitz, A., Lambin, E. F., Birkenholtz, T., Baptista, S. & Grau, R. (2009). Agricultural Intensification and Changes in Cultivated Areas 1970–2005. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(49), 20675-20680. https://doi.org/10.1073/pnas.0812540106

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural Sustainability and Intensive Production Oractices. *Nature, 418*(6898), 671-677. https://doi.org/10.1038/nature01014

Turgut, E., & Gökten, Y. S. (2023). Jevons Paradoksu Hala Geçerli mi? Yükselen Piyasa Ekonomileri Örneği. *Verimlilik Dergisi, 57*(1), 85-102. https://doi.org/10.51551/verimlilik.1068682

Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S., & Chen, W. (2018). Forest, Agriculture, Renewable Energy, and CO_2 Emission. *Journal of Cleaner Production, 172*, 4231-4238. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.287

Wang, S. L., Heisey, P., Schimmelpfennig, D., & Ball, E. (2015). US Agricultural Productivity Growth: The Past, Challenges, and the Future. Amber Waves: The Economics of Food, Farming. *Natural Resources, and Rural America,8*,1-15. https://www.researchgate.net/publication/283054405_US_Agricultural_Productivity_Growth_the_Past_Challenges_and_the_Future

Westerlund, J. & Edgerton, D. L. (2007). A Panel Bootstrap Cointegration Test. *Economics Letters, 97*(3), 185-190. https://doi.org/10.1016/j.econlet.2007.03.003

World Bank (2024). CO_2 Emissions (Metric Tons Per Capita). https://data.worldbank.org (Erişim Tarihi: 01 Aralık 2024).

World Bank. (2024). Gross Domestic Product Per Capita (Constant 2015 US$). https://data.worldbank.org (Erişim Tarihi: 01 Aralık 2024).

Xu, J., Wang, Y., Zhao, X., Etuah, S., Liu, Z., & Zhu, H. (2023). Can Agricultural Trade Improve Total Factor Productivity? Empirical Evidence from G20 Countries. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 7*, 1100038. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1100038

Yu, Z., Lin, Q., & Huang, C. (2022). Re-measurement of Agriculture Green Total Factor Productivity in China from a Carbon Sink Perspective. *Agriculture, 12*(12), 2025. https://doi.org/10.3390/agriculture12122025