


Türkiye’de Tarımsal Faaliyetler Karbon Emisyonunu Etkiler mi? “ARDL Testinden Elde Edilen Kanıtlar”

Ülkü ÖZBAY^{1*} 

¹İstanbul Arel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, İstanbul

*Sorumlu Yazar: ulkubildirici@arel.edu.tr

Geliş Tarihi: 23.10.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 23.04.2024 Kabul Tarihi: 29.04.2024

ÖZ

Bu çalışmanın amacı; Türkiye’de karbon emisyonu ile tarımsal faaliyetler arasındaki ilişkiyi 1990-2020 dönemi için analiz etmektir. Çalışmada karbon emisyonunu temsilen; CO₂ emisyonu değişkeni, tarımsal faaliyetleri temsilen; bitkisel üretim endeksi, gıda üretim endeksi, hayvancılık üretim endeksi ve tarımsal katma değer değişkenleri kullanılmıştır. Söz konusu değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi ARDL Sınır Testi yaklaşımı ile araştırılmıştır. Analiz bulgularına göre tüm değişkenler arasında istatistiki olarak anlamlı eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Uzun dönemli sonuçlara göre; gıda üretim endeksi değişkeni ile CO₂ emisyonu değişkeni arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. Buna karşın, tarımsal katma değer, hayvancılık endeksi ve bitki üretim endeksi değişkenleri ile CO₂ emisyonu değişkeni arasında negatif ilişki söz konusudur. Araştırmadan elde edilen sonuçlar CO₂ emisyonu ve tarımsal faaliyetlere ilişkin literatüre katkı ve politika yapıcılar için aydınlatıcı bilgi sağlayacaktır

Anahtar kelimeler: Tarımsal Faaliyetler, CO₂ Emisyonu, Tarım Ekonomisi, Çevre Ekonomisi, Zaman Serileri

Do Agricultura Activities Affect Carbon Emissions in Türkiye? “Evidence From ARDL Testing”

ABSTRACT

The aim of this study is to analyze the relationship between carbon emissions and agricultural activities in Turkey for the 1990-2020 period. In the study, the CO₂ emission variable represents carbon emissions. In addition, crop production index, food production index, livestock production index and agricultural added value variables represent agricultural activities. The cointegration relationship between the variables was investigated with the ARDL Bounds Test approach. According to the analysis findings, a statistically significant cointegration relationship was found between all variables. According to long-term results; A positive relationship was detected between the food production index variable and the CO₂ emission variable. On the other hand, a negative relationship was found between the variables of agricultural added value, livestock index, crop production index and the CO₂ emission variable. The results obtained from the research will contribute to the literature on CO₂ emissions and agricultural activities and these results will provide enlightening information for policy makers.

Key words: Agricultural Activities, CO₂ Emission, Agricultural Economics, Environmental Economics, Time Series

GİRİŞ

Maslow'un (1943) İhtiyaçlar Hiyerarşinin en altında temel yaşamsal ihtiyaçları içeren fizyolojik ihtiyaçlar yer almaktadır. İnsan yaşamı için en temel fizyolojik ihtiyaç olan beslenme ihtiyacının giderilmesi için kuşkusuz gıdaya ihtiyaç duyulmaktadır. Hiyerarşinin ikinci kademesinde olan güvenlik ihtiyacı ise fiziksel ve ekonomik güvenliğin yanı sıra gıda güvencesini temsil etmektedir. Gıda güvencesi insanların sürekli ve yeterli miktarda

gıda temin edebilmesidir. Maslow'un (1943) teorisinde de ileri sürdüğü gibi gıda ve beslenme insanlığın temel ihtiyaçlarının merkezinde yer almaktadır. Dolayısıyla gıda talebi ve bununla doğrudan ilişkili olan tarımsal faaliyetler insanlığın var oluşundan bu yana insanların beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için vazgeçilmez rol oynamaktadır.

Tarımsal faaliyetler temel olarak gıda üretimi için gereklidir ve dünya nüfusu arttıkça bu önem daha da artmaktadır. Tarım sektörü insanların ihtiyaç duyduğu besin maddelerini sağlamakla kalmayıp, istihdama ve milli gelirin önemli bir kısmına katkı sağlamaktadır (Ijeh, 2014). Ayrıca, tarımsal faaliyetler diğer sanayilere hammadde sağlaması, tarım dışı sektörlerin gelişmesine katkıda bulunması ve uluslararası ticareti yapılan bir emtia olarak döviz kazancı sağlaması nedeniyle ulusal ekonomilerinin kalkınmasında büyük rol oynamaktadır (Zinchuk vd., 2021). Diğer yandan, dünya nüfusu arttıkça gıdaya olan talep de artmaktadır (Kruse, 2010). FAO tahminlerine göre; artan nüfus artışının yarattığı gıda talebinin karşılanabilmesi için 2050 yılına kadar gıda üretiminin %60 artması gerekmektedir (FAO, 2015). Nüfus artışının yanı sıra ülkelerin daha fazla büyüme ve tüketme eğilimleri daha fazla tarımsal ürün talebini beraberinde getirmektedir. Bu durum tarım sektöründe daha fazla tarımsal ürün üretimine ve gıda talebinin karşılanmasına yönelik büyük baskıya neden olmaktadır. Söz konusu baskı çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır.

Artan tarımsal ürün üretimi baskısı daha fazla tarımsal arazi, enerji, yakıt, su, gübre vb. kaynakların kullanılmasını gerektirmektedir. Tarımsal faaliyetlerde yenilenemez enerji kaynaklarının kullanılması, fosil yakıtların tercih edilmesi, orman tahribatları, sürdürülemez tarım metotları gibi uygulamaların tercih edilmesi CO₂ emisyonlarının artışına katkıda bulunmaktadır (Raihan vd., 2022). Diğer yandan, toprak ve tarımsal faaliyetler sonucu üretilen bitkiler atmosferdeki CO₂'yi emme ve depolama kapasitesine sahiptir (Simard, 2010). Tarımsal faaliyetlerde sürdürülebilir ve çevreci metotlar benimsendiğinde tarımsal faaliyetlerin CO₂ emisyonu üzerinde azaltıcı etkiye sahip olabilmektedir (Rehman vd., 2021b). Başka bir ifadeyle tarımsal faaliyetler CO₂ emisyonlarını hem artırabilir hem de azaltabilir. Nitekim ilgili literatürde tarımsal faaliyetlerin CO₂ üzerindeki etkisi ile ilgili bir fikir birliğine sahip değildir. Dolayısıyla çalışma Türkiye'de tarımsal faaliyetler CO₂ emisyonunu etkiler mi? sorusuna cevap aramaktadır.

Bu bağlamda çalışmanın amacı Türkiye'de karbon emisyonu ile tarımsal faaliyetler arasındaki ilişkiyi 1990-2020 dönemi için analiz etmektir. Çalışmada karbon emisyonunu temsilen; CO₂ emisyonu, tarımsal faaliyetleri temsilen; bitkisel üretim endeksi, gıda üretim endeksi, hayvancılık üretim endeksi ve tarımsal katma değer değişkenleri kullanılmıştır. Söz konusu değişkenler arasındaki eşbütünlüğe ilişkisi ARDL sınır testi yaklaşımı ile açıklanmıştır. ARDL sınır testi öncesinde değişkenlerin analize uygunluğunu belirlemek amacıyla serilere durağanlık testi uygulanmıştır. Ayrıca modelin anlamlılığını test etmek amacıyla bir takım tanısal testler kullanılmıştır.

Bu çalışma, Türkiye'deki mevcut literatüre ve politika yapımına çeşitli şekillerde katkıda bulunacaktır. İlk olarak; Türkiye'de tarımsal faaliyetlerdeki değişimlerin CO₂ emisyonlarını ne yönde ve ne ölçüde etkilediğine ilişkin yeni ampirik bilgiler mevcut akademik literatürdeki araştırma ihtiyacını karşılayacaktır. İkinci olarak, çalışmada tarımsal faaliyetleri temsilen; bitkisel üretim endeksi, gıda üretim endeksi, hayvancılık üretim endeksi ve tarımsal katma değer değişkenleri kullanılmıştır. Bilindiği kadarıyla tüm bu değişkenlerin CO₂ emisyonu ile ilişkisini Türkiye için ele alan bir çalışma mevcut değildir. Son olarak, çalışma sadece literatürü zenginleştirmekle kalmayıp aynı zamanda daha düşük karbon emisyonlu bir ekonomi olmak için tarım sektörünün de içinde olduğu politikalar oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

Dört bölümden oluşan çalışmada, giriş bölümü, literatür özeti, materyal ve yöntem, araştırma sonuçları ve tartışma sırasıyla yer almaktadır. Son bölümde ise yapılan ampirik analizler sonucunda ortaya çıkan bulgular yorumlanmış ve bir takım önerilere yer verilmiştir.

LİTERATÜR ÖZETİ

Son yıllardaki CO₂ emisyonlarındaki artış ve bu artışın yarattığı dışsallıklar dünya çapındaki işletmeler, endüstriler ve politika yapımcılar için önemli hale gelmektedir. Küresel ısınmadaki artış, çevre üzerindeki etkisi azımsanmayacak önemde olan CO₂ emisyonlarına dikkati çekmiştir (Kaya ve Göv, 2023). Dolayısıyla, küresel ısınmanın başlıca etmenlerinden biri olarak kabul edilen CO₂ emisyonlarına ilişkin çalışma literatürde yoğunluktadır. Literatürde CO₂ emisyonlarına ilişkin yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde genellikle sanayileşme ve enerji kullanımı ile CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiye odaklanıldığı görülmektedir. Oysa IIPC (2014) raporuna göre; tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımı küresel sera gazına katkıda bulunan ikinci sektördür. Ayrıca tarım sektörü iklim değişikliklerine duyarlı bir sektördür. İklim değişikliklerinde ve sera gazlarında oluşabilecek değişimler tarımsal üretkenliği etkilediği gibi tarımsal üretim de iklim değişiklikleri üzerinde etki yaratabilmektedir (IPCC, 2014).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde CO₂ emisyonunun yanı sıra metan (CH₄) ve nitroz oksidin (N₂O) gibi farklı sera gazı değişkenlerinin de kullanıldığı görülmektedir (Lynch vd., 2021; Göv ve Kaya, 2023). Ancak

çalışmaların çoğunluğunda CO₂ emisyonu değişkeni kullanılmaktadır (Kaya ve Göv, 2023). Tarım sektörünü ve tarımsal faaliyetleri temsil eden genel kabul görmüş bir değişken söz konusu değildir. Tarımsal katma değer, tarımsal üretim, tarım, ormancılık ve balıkçılık katma değeri, tarımsal arazi kullanımı, hayvancılık üretimi endeksi, bitki üretim endeksi, gıda üretim endeksi vb. değişkenler tarımsal üretimi temsilen kullanılan değişkenlerden bazılarıdır. Ayrıca tarımın CO₂ emisyonuna etkisine ilişkin yapılan çalışmaların sonuçları itibariyle de bir takım tutarsızlıklar söz konusudur. Başka bir ifadeyle; gerek kullanılan değişkenlerin farklılığı, gerekse kullanılan metot, örneklem ve zaman aralıklarının farklılığından dolayı çalışmalarda tarımsal faaliyetlerin CO₂ emisyonuna etkisi konusunda genel kabul görmüş bir kanı mevcut değildir.

Çetin (2020)'in Türkiye üzerine 1968-2016 dönemini kapsayan çalışmasında tarım sektörünü temsilen tarımsal katma değer ve tarımsal arazi kullanımı değişkenlerini kullanmıştır. Tarım ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi ARDL modeli ile açıklayan çalışmasında değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisi olduğunu tespit etmiştir. Çalışma sonuçlarına göre; tarımsal katma değer ve tarımsal arazi kullanımı CO₂ emisyonunu azaltmaktadır. Zhang vd. (2022)'nin ASEAN ülkeleri için yaptıkları çalışmada ise tarımsal emtiaların katma değerindeki artışların CO₂ emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olacağını savunmaktadır. Balogh (2022) 152 AB üyesi olmayan ülkeyi kapsayan çalışmasında, 2000-2018 dönemi için tarımsal gelişmenin CO₂ emisyonunu azaltmanın yanı sıra ekonomik gelişmeyi teşvik ettiği sonucuna ulaşmıştır. Ancak, tarımda, hayvancılık sektörü ve gübre yönetiminin yüksek karbon emisyonuna sahip olmasının çevreyi olumsuz etkilediğine de vurgu yapmaktadır. Raihan (2023) Vietnam için yaptığı çalışmasında tarım sektöründeki tarımsal katma değerdeki artışların uzun ve kısa vadede CO₂ emisyonlarını azaltarak çevre kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağladığını tespit etmiştir. Benzer şekilde; Liu vd. (2017) ASEAN Ülkeleri'nde 1970-2013 dönemi için tarımsal katma değerdeki artışların CO₂'yi azalttığını ileri sürmüştür.

Waheed vd.(2018) Pakistan'da yenilenebilir enerji tüketiminin, tarımsal üretimin ve ormanın CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmıştır. 1990-2014 dönemine ait yıllık verileri ile ARDL modelini kullandığı çalışmasında uzun vadede tarımsal üretimin CO₂ emisyonunu artırıcı yönde ve önemli ölçüde etkilediğini ancak kısa vadede bu etkinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu sonucuna ulaşmıştır. Khan vd.(2022)'nin Türkiye'nin içinde olduğu 22 ülkeyi kapsayan çalışmasında tarımsal katma değer CO₂ emisyonları üzerinde yüzde 15.16 oranında olumlu, yüzde 2.92 oranında olumsuz bir olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu ikili sonucu tespit etmesinin yanı sıra, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, yem mahsulü, ormansızlaşma, biyokütle yakma ve sıvı yakıt kullanımının ekosistem üzerinde zararlı sonuçlarının olduğunu savunmuştur. Prastiyo vd. (2020) ise Endonezya üzerine yaptığı çalışmada tarımsal katma değer CO₂ emisyonları üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde Jebli ve Youssef (2017), Tunus'ta 1980-2011 dönemi için tarımsal değer artışının uzun vadede emisyonlarda artışa neden olduğunu sonucuna ulaşmışlardır. Oğul (2023) 1990-2018 dönemi Türkiye'de tarım sektörü çevre kirliliği ilişkisini ARDL analizi ile incelemiştir. Analiz sonuçlarına göre, ekonomik büyüme, tarımsal katma değeri ve ticari serbestleşme CO₂ emisyonunu artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Adedoyin vd. (2021) tarımsal kalkınmanın CO₂ üzerindeki etkisini eşbütünlük ve nedensellik testleri yardımıyla incelemiştir. E7 ülkeleri üzerinde yaptığı çalışma sonuçlarına göre; katma değerli tarım CO₂ emisyonunun artırmaktadır. Çalışma sonuçları; CO₂ emisyonu ile katma değerli tarım arasında geri beslemeli bir nedensellik olduğunu göstermektedir. Balsalobre-Lorente vd. (2019)'nin BRICS Ülkeleri için 1990-2014 dönemi kapsayan çalışmasında tarımsal üretimin çevre üzerinde olumsuz etki yarattığını tespit etmiştir. Anwar vd. (2019), 1982-2015 dönemine ait yıllık verileri kullanarak 59 ülke için tarım katma değeri, tarım teknolojileri ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Orta gelirli ülkelerde tarım katma değerinin CO₂ emisyonunda azalttığı sonucunu tespit etmiştir. Ghosh (2018) Hindistan'da CO₂ emisyonu, tarım katma değeri, enerji tüketimi, ticaretin liberalleşmesi ve finansal kalkınma arasındaki eşbütünlük ilişkisini 1971-2013 dönemi için analiz etmiştir. Analiz sonuçlarına göre; uzun vadede enerji tüketimi, finansal kalkınma, tarım katma değeri ve ticaret CO₂ emisyonunu artırmaktadır.

Çevredeki değişiklikler ile tarım arasındaki ilişki dinamik hale geldikçe, tarımın bir parçası olan bitki ve hayvancılığın da ekosistem üzerindeki etkisi daha belirgin hale gelmektedir. Söz konusu etkinin analizini yapan Sarkodie ve Owusu (2017), Gana'da bitkisel üretim endeksi ve hayvansal üretim endeksindeki artışların CO₂ emisyonlarında artışa neden olduğu sonucuna ulaşmıştır. Çalışma ayrıca CO₂ emisyonu ile bitki üretim endeksi arasındaki çift yönlü nedenselliği ortaya çıkarmıştır. Zhou vd. (2022) Çin için 1971-2019 dönemi hayvancılık üretimi endeksi, bitki üretim endeksi, gıda üretim endeksi ve CO₂ emisyonu verileri ile çalışmıştır. Çalışmalarında hayvancılık üretiminin kısa ve uzun vadede CO₂ emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olduğu ancak bitkisel üretimdeki artışların çevre kalitesini bozduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca, gıda üretimindeki artışların CO₂ emisyonlarını azalttığını tespit etmişlerdir. Ayyıldız ve Erdal (2021) 184 ülke için yaptıkları analizde bitkisel üretim endeksi ve hayvancılık üretim endeksindeki artışların CO₂ emisyon oranlarını artırdığını tespit etmişlerdir. Chowdhury vd.(2022) 1985-2017 yılları arasında Bangladeş'te tarımsal ekonomik atmosfer ile CO₂ arasındaki ilişkiyi eşbütünlük testleri yardımıyla araştırmıştır. Uzun vadeli tahminlerde hayvancılığın, hasat

edilen pirinç alanının, tahıl üretiminin ve diğer mahsul üretiminin çevresel bozulmayı engellediği sonucuna ulaşmışlardır. Hussain (2022) Pakistan üzerine yaptığı çalışmada hayvancılık üretimine ilişkin değişkenleri oldukça spesifik incelemiştir. Uzun vadeli sonuçlara göre; süt, koyun eti, yağlar, deriler ve kan üretimi değişkenlerinin CO₂ emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Ancak, kümes hayvanları et, yumurta, saç, deri, kemik, sığır eti ve yün üretimi CO₂ emisyonu ile olumsuz etkileşime sahiptir. Appiah vd. (2018), BRICS Ülkeleri'nde mahsul üretim endeksi ve hayvancılık üretim endeksinin seçilen gelişmekte olan ülkelerde CO₂ emisyonlarını artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Rehman vd. (2021a) Çin üzerinde yaptığı çalışmada, bitkisel üretimin ve hayvancılık üretiminin CO₂ emisyonları üzerinde olumsuz etkileri olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ali vd.(2019) Pakistan için 1961-2014 dönemi için ARDL testi uyguladığı çalışmada; uzun vadede Pakistan'da bitki üretiminin CO₂ emisyonlarını azaltacağı sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca, tarımsal üretimden karbondioksit emisyonlarının tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Ali vd.(2023)'nin 1997-2020 dönemi seçilmiş Sahraaltı Afrika ekonomileri üzerine yaptığı çalışmada gıda üretimi, sermaye ve doğrudan yabancı yatırımlarının çevre kirliliğini artırdığı ancak tarımsal üretim ve işgücünün çevre kirliliğini azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Ali vd. (2019) ve Ali vd.(2023)'nin çalışmalarının aksine Rehman vd.(2020) 1988-2017 dönemi için Pakistan'da uzun vadede, bitkisel üretimin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisinin pozitif olduğunu tespit etmiştir.

Literatür genel olarak değerlendirildiğinde; tarımsal faaliyetlerin CO₂ emisyonları üzerinde belirgin bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak yapılan çalışmaların sonuçları karmaşıktır. Bunun nedeni literatürde yer alan çalışmalarda ele alınan dönem, örneklem, değişken ve metodlardaki değişkenliktir. Literatürle ilgili genel bir çıkarım yapmak gerekirse; tarımsal endüstrinin modernleşmesi ve teknolojik gelişmelerin etkisi altında, CO₂ emisyonlarının artmakta fakat tarımsal uygulamalarda sürdürülebilir önlemlerinin alınmasıyla CO₂ emisyonlarının azaltılabileceği sonucuna ulaşılabilir. Bu çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalardan farklılaştığı yön ise, Türkiye'deki tarımsal faaliyetler ile CO₂ emisyonları arasındaki karmaşık ilişkiyi kapsamlı bir şekilde analiz etmesidir. Böylece çalışma, Türkiye'nin tarımsal faaliyetlerinin çevresel etkilerini anlamak ve gelecekteki politika kararlarını desteklemek adına önemli bir katkı sağlayacaktır.

MATERYAL ve METOT

Bu çalışmanın temel amacı Türkiye'de 1990-2020 dönemi için tarımsal faaliyetler ile CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi analiz etmektir. 1990-2020 döneminin seçilmesinin nedeni tarımsal faaliyetleri ve CO₂ emisyonunu temsil eden değişkenlere ilişkin verilerin ortak mevcudiyeti ile ilgilidir. Çalışmada Türkiye için 1990-2020 yıllık zaman periyodundaki güncel seriler Dünya Bankası (WDI) veri tabanından elde edilmiştir. Kullanılan tüm değişkenlerin doğal logaritması alınmış ve modele dahil edilmiştir. Çalışmada bağımlı değişken olarak CO₂ emisyonu değişkeni, bağımsız değişken olarak; tarımsal katma değer, bitkisel üretim endeksi, hayvansal üretim endeksi ve gıda üretim endeksi değişkenleri kullanılmıştır. Çizelge 1'de çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin açıklayıcı bilgilere yer verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan Değişkenler ve Açıklayıcı Bilgiler

Değişkenler	Birim	Değişkenin Kısaltması	Değişkenin Türü
CO ₂ Emisyonu	GSYH başına kg	CO2	Bağımlı Değişken
Tarımsal Katma Değer	GSYH'nin yüzdesi	AVA	Bağımsız Değişken
Bitkisel Üretim Endeksi	2014-2016=100	CPI	Bağımsız Değişken
Gıda Üretim Endeksi	2014-2016=100	FPI	Bağımsız Değişken
Hayvancılık Üretim Endeksi	2014-2016=100	LPI	Bağımsız Değişken

Çalışmada çevre kirliliği tarım sektörü arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla 3.1'deki model oluşturulmuştur. Ancak değişkenler arasındaki varyans salınımını önleyebilmek amacıyla tüm değişkenlerin logaritması alınarak 3.2 'deki model oluşturulmuştur.

$$CO_2 = f(AVA, CPI, FPI, LPI) \quad (3.1)$$

$$\ln CO2_t = B_0 + B_1 \ln AVA_t + B_2 \ln CPI_t + B_3 \ln FPI_t + B_4 \ln LPI_t + \varepsilon_t \quad (3.2)$$

Modelde; “CO2” karbondioksit emisyonunu, “AVA” tarım, hayvancılık ve balıkçılık katma değerini, “CPI” bitkisel üretim endeksini, “FPI” gıda üretim endeksini ve “LPI” hayvancılık üretim endeksini temsil etmektedir. Denklemden “ln” logaritmik formu, “t” zaman periyodunu, “ε” hata terimini, “B_i” katsayıları (i= 1, 2, 3, 4) uzun dönemli esnekliği temsil etmektedir.

Çalışmada değişkenler arasındaki ilişki zaman serileri yöntemlerinden ARDL sınır testi yaklaşımıyla analiz edilmiştir. ARDL sınır testi, değişkenlerin durağanlığına bakılmaksızın değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır. Ancak değişkenlerden hiç birinin I(2) olmaması gerekmektedir (Pesaran vd. 2001). ARDL Sınır Testi değişkenler arasında eşbütünleşmenin varlığını test etmenin yanı sıra aynı zamanda seçilen zaman serisi verileri arasındaki kısa ve uzun vadeli dengeyi kontrol etmek için de kullanılmaktadır. ARDL değişkenlerin esnek durağanlık özellikleri kapsamı nedeniyle diğer eşbütünleşme yaklaşımlarına göre avantaj taşımaktadır (Pesaran ve Shin 1998). ARDL tahmin teknikleri, küçük örneklerde dahi tutarlı ve etkili kanıtlar sunabilmektedir (Haugi 2002; Narayan ve Narayan 2004). Aynı zamanda kısa ve uzun dönemde bir değişkenin diğeri üzerindeki katsayılarını ve endojen açıklayıcı değişkenin etkisini de tahmin edebilmektedir (Pesaran ve Shin 1998 ; Pesaran vd. 2001). Bu avantajlarından dolayı çalışmada ARDL modeli tercih edilmiştir.

Çalışmada yer alan değişkenler için uzun dönem ARDL tahmin modeli 3.3 numaralı eşitlikte gösterilmiştir.

$$\ln CO2_t = B_0 + \sum_{i=1}^m B_{1i} \ln CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^n B_{2i} \ln AVA_{t-i} + \sum_{i=1}^p B_{3i} \ln CPI_{t-i} + \sum_{i=1}^r B_{4i} \ln FPI_{t-i} + \sum_{i=1}^s B_{5i} \ln LPI_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

Eşitlik 3.3'te “i” zamanı, “m,n,p,r” gecikme uzunluğunu temsil etmektedir. Toplama işareti hata düzeltme dinamiklerini, “B₀” sabiti, “ε_t” hata terimini temsil etmektedir. ARDL modelinin tahmin edilebilmeden önce gecikme uzunlukları belirlenmeli ve ardından ARDL hata düzeltme modeli tahmin edilmelidir. Böylece değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişki tespit edilebilmektedir. Çalışmada yer alan değişkenler için kısa dönem ARDL Tahmin modeli 3.4 numaralı eşitlikte gösterilmiştir.

$$\ln CO2_t = C_0 + \sum_{i=1}^m C_{1i} \Delta \ln CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^n C_{2i} \Delta \ln AVA_{t-i} + \sum_{i=1}^p C_{3i} \Delta \ln CPI_{t-i} + \sum_{i=1}^r C_{4i} \Delta \ln FPI_{t-i} + \sum_{i=1}^s C_{5i} \Delta \ln LPI_{t-i} + \delta ECT_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.4)$$

3.4 numaralı eşitlikte “Δ” fark operatörünü, “ECT” hata terimini simgelemektedir.

Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığını sınamak amacıyla Wald Testi (F istatistiği) kullanılmaktadır. Wald Testi ile eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığını ortaya koyan H₀ ve H₁ hipotezlerinin test edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Çalışmaya ilişkin olarak Wald Testinin hipotezleri 3.5 ve 3.6 numaralı eşitlikte yer almaktadır.

$$H_0: B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = B_5 = 0 \quad (\text{Eşbütünleşme yoktur}) \quad (3.5)$$

$$H_1: B_1 \neq B_2 \neq B_3 \neq B_4 \neq B_5 \neq 0 \quad (\text{Eşbütünleşme vardır}) \quad (3.6)$$

3.5 ve 3.6 numaralı eşitlikte yer alan hipotezlerin sınanması Wald Testi (F istatistiği) ile mümkündür. F istatistiği alt ve üst kritik değerlere göre yorumlanarak değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. F istatistik değerinin kritik üst sınırdan büyük olması durumunda H₁ hipotezi reddedilmekte, kritik alt sınırdan küçük olması durumunda ise H₀ hipotezi reddedilememektedir (Pesaran vd., 2001).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Birim Kök Testi Sonuçları

ARDL sınır testinin uygulanabilmesi için değişkenlerden hiçbirinin I(2) olmaması gerekmektedir. Bu nedenle analiz yapılmadan önce ADF birim kök testi yardımı ile serilere birim kök testi uygulanmış ve serilerin durağanlıkları sorgulanmıştır. Çalışmada kullanılan serilere ilişkin birim kök testi sonuçları Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 2. ADF Birim Kök Testi Sonuçları

	Düzyey	Birinci Fark
--	--------	--------------

	Sabitli ve Trendli			Sabitli ve Trendli		
	t-istatistiği		Olasılık	t-istatistiği		Olasılık
CO ₂	-2.3413	[0]	0.4006	-5.4048*	[0]	0.0007
AVA	-1.8821	[0]	0.6387	-4.6070*	[0]	0.0050
CPI	-5.6299*	[0]	0.0004			
FPI	-2.0167	[1]	0.5682	-11.0699*	[0]	0.0000
LPI	-3.6927**	[0]	0.0385			

Not: * ve ** sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir. Köşeli parantez içerisindeki değer uygun gecikme uzunluklarını göstermektedir. Uygun gecikme uzunlukları için Schwarz bilgi kriteri kullanılmıştır.

Çizelge 2’de yer alan sonuçlara bakıldığında zaman CO₂ emisyonu, tarımsal katma değer, gıda üretim endeksi ve hayvancılık üretim endeksi değişkenlerinin sabitli ve trendli modelde birim kök taşıdığı ancak birinci farkları alındığında durağanlaştığı görülmektedir. Çalışmada kullanılan hiçbir değişken I(2) değildir. Çalışmada kullanılan bağımlı değişken I(1)’dir. Dolayısıyla çalışmada kullanılan seriler arasındaki eşbütünlük ilişkisinin ARDL Sınır Testi Yaklaşımı ile sınanılmasının uygun olduğu tespit edilmiştir.

ARDL Sınır Testi Sonuçları

ARDL sınır testinde değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisini ortaya koymak amacıyla F-istatistiğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Çizelge 3’te CO₂ emisyonu, tarımsal katma değer, bitkisel üretim endeksi, gıda üretim endeksi ve hayvancılık üretim endeksi değişkenlerine ilişkin ARDL sınır testi sonuçları sunulmuştur.

Çizelge 3. ARDL Sınır Testi Sonuçları

F İstatistiği	k	Anlamlılık	Alt Kritik Değer	Üst Kritik Değer
4.491505	4	10%	2.2	3.09
		5%	2.56	3.49
		2.5%	2.88	3.87
		1%	3.29	4.37

Çizelge 3’te yer alan ARDL sınır testi sonuçlarına göre; tespit edilen F istatistik değeri “4.491505” %1 düzeyinde anlamlıdır. Ayrıca F istatistik değeri tüm anlamlılık düzeylerinde üst kritik değerden büyüktür. Bu durum modeldeki değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin olduğunu göstermektedir. Akaike Bilgi Kriteri kullanılarak belirlenen ARDL (2, 3, 0, 1, 1) modeli için hesaplanan uzun ve kısa dönem katsayı tahminleri Çizelge 4’de sunulmuştur. Bu sonuçlar, çalışmanın zaman serisi değişkenleri arasında uzun ve kısa vadeli korelasyonun varlığına dair kanıtlar sunmaktadır.

Çizelge 4. Kısa ve Uzun Dönem Katsayı Sonuçları

Kısa Dönem Katsayılar				
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistiği	Olasılık
D(LCO ₂ (-1))	0.182062	0.125569	1.449895	0.1664
D(LAVA)	-0.001840	0.062694	-0.029347	0.9770
D(LAVA(-1))	0.000187	0.059889	0.003128	0.9975
D(LAVA(-2))	0.203419	0.064162	3.170381*	0.0059
D(LCPI)	-2.199057	0.672870	-3.268172*	0.0048
D(LFPI)	2.926686	0.828197	3.533806*	0.0028
D(LLPI)	-0.958996	0.232230	-4.129508*	0.0008
ECT(-1)	-0.802817	0.118628	-6.767499	0.0000
Uzun Dönem Katsayılar				
LAVA	-0.209456	0.089382	-2.343381**	0.0324
LCPI	-2.907202	1.487976	-1.953797***	0.0684
LFPI	4.773629	2.131089	2.239995**	0.0396
LLPI	-1.995941	0.697477	-2.861659**	0.0113
C	-0.726658	1.131615	-0.642142	0.5299

Not: *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir. ECT(-1), Hata Düzeltme terimini ifade etmektedir.

Tahmin edilen kısa dönem ilişkisi için katsayılar incelendiğinde, tarımsal katma değer ve iki dönem gecikmeli gıda üretim endeksi değişkenlerinin CO₂ emisyonu değişkeni üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu

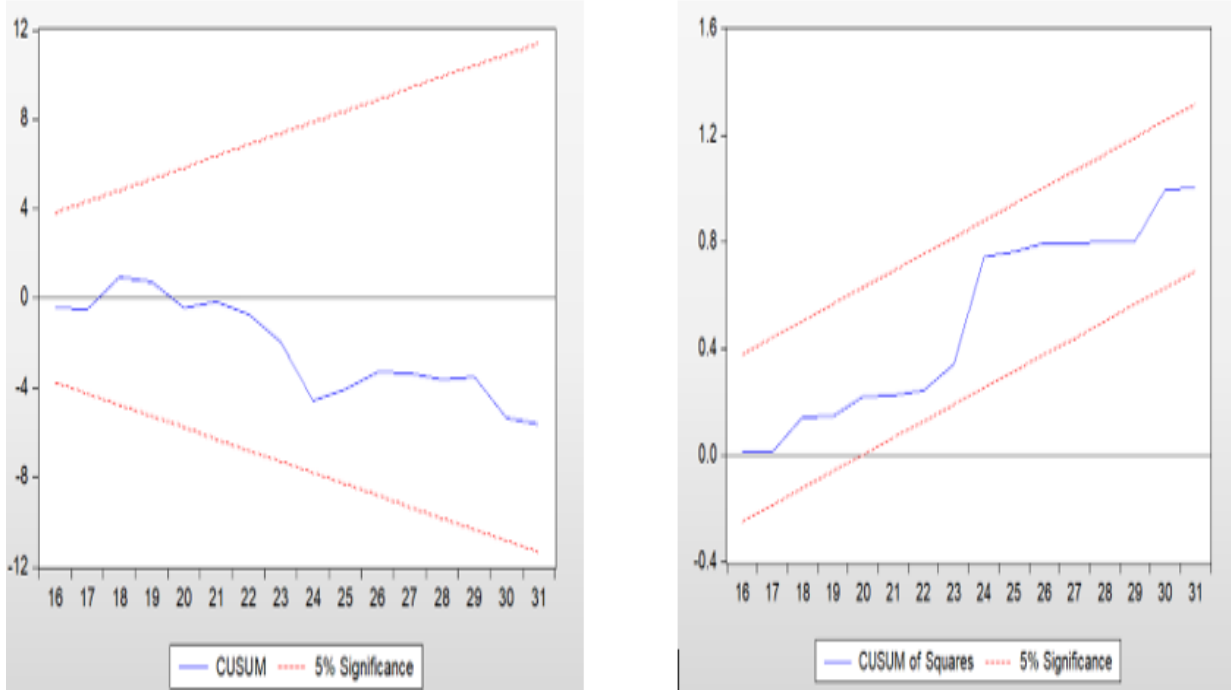
tespit edilmiştir. Buna karşın, hayvancılık üretim endeksi, ve bitkisel üretim endeksi değişkenlerinin CO₂ emisyonu üzerinde negatif bir etkiye sahiptir. Analiz sonuçlarına göre; kısa dönemde tarımsal katma değerdeki %1'lik artış CO₂ emisyonunda %0.2 artışa neden olmaktadır. Benzer şekilde, gıda üretim endeksindeki %1'lik artış CO₂ emisyonunu %2.9 oranında artırmaktadır. Ancak, kısa dönemde hayvancılık üretim endeksindeki %1'lik artış CO₂ emisyonunu %0.9 oranında ve bitkisel üretim endeksindeki %1'lik artış CO₂ emisyonunu %2.1 oranında azaltmaktadır.

Tahmin edilen uzun dönem ilişkisi için katsayılar incelendiğinde ise; gıda üretim endeksi değişkeninin CO₂ emisyonu değişkeni üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, tarımsal katma değer, hayvancılık üretim endeksi ve bitkisel üretim endeksi değişkenlerinin CO₂ emisyonu üzerinde negatif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; uzun dönemde tarımsal katma değerdeki %1'lik bir artış CO₂ emisyonunda %0.2 azalışa neden olmaktadır. Uzun dönemde tarımsal katma değer ile CO₂ emisyonu arasında negatif ilişkinin bulunması sonucu Çetin (2020), Zhang vd. (2022), Balogh (2022), Raihan (2023), Liu vd. (2017), Prastiyo vd. (2020) ve Anwar vd. (2019)'nin çalışmaları ile uyumludur. Ancak bu sonuç, Jebli ve Youssef (2017), Adedoyin vd. (2021), Balsalobre-Lorente vd. (2019), Ghosh (2018) ve Oğul (2023)' un çalışmaları ile benzerlik göstermemektedir. Çalışmanın diğer sonucuna göre; uzun dönemde gıda üretim endeksi ile CO₂ emisyonu arasında Zhou vd.(2022), Appiah vd. (2018)'nin çalışmaları ile uyumlu olarak pozitif ilişki tespit edilmiştir. Ancak bu sonuç Chowdhury vd. (2022), Ali vd. (2023)'nin çalışmaları ile uyumsuzdur. Uzun dönemde gıda üretim endeksinde %1'lik bir artış CO₂ emisyonunda % 4.7 artışa neden olmaktadır. Çalışmada Balogh (2022), Sarkodie ve Owusu (2017), Ayyıldız ve Erdal (2021), Appiah vd. (2018)'nin çalışmalarının aksine uzun dönemde hayvancılık üretim endeksi ile CO₂ arasında negatif ilişkinin tespit edilmesidir. Bu bulgu Zhou vd. (2022), Chowdhury vd.(2022), Hussain (2022)'nin çalışmaları benzerlik göstermektedir. Uzun dönemde hayvancılık üretim endeksinde %1'lik artış CO₂ emisyonunda %1.9 azalış neden olmaktadır. Ayrıca, Chowdhury vd. (2022), Ali vd.(2019), Ali vd. (2023)' nin çalışma sonuçları ile benzer şekilde bitkisel üretim endeksi ile CO₂ emisyonu arasında negatif ilişki tespit edilmiştir. Ancak bu sonuç, Waheed vd. (2018), Sarkodie ve Owusu (2017), Zhou vd. (2022), Ayyıldız ve Erdal (2021), Rehman vd. (2020)'nin çalışma sonuçları ile örtüşmemektedir.

Çizelge 5. Tanısal Test İstatistikleri

Breusch-Godfrey Serisel Korelasyon LM Testi			
Gecikme Uzunluğu (2, 3, 0, 1, 1)	Kikare	LM-Test İstatistiği 2.192174	Olasılık Değeri 0.5651
Değişen Varyans Testi			
Gecikme Uzunluğu (2, 3, 0, 1, 1)	Kikare 9.371990	F-İstatistik Değeri 0.731800	Olasılık Değeri 0.6958
Ramsey Reset Testi			
Gecikme Uzunluğu (2, 3, 0, 1, 1)		F-İstatistik Değeri 0.272851	Olasılık Değeri 0.6091
Normallik Testi			
Gecikme Uzunluğu (2, 3, 0, 1, 1)		Jarque-Berra 1.971899	0.373085

Çizelge 5'te kurulan modelin anlamlılığını sınamak için uygulanan tanısal test sonuçları raporlanmıştır. Tanısal testlerle modelde otokorelasyon sorununun, normal dağılım sorununun, değişen varyansın ve model kurma hatasının olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 1. Cusum ve CusumsQ Testi Sonuçları

Şekil 1’de yer alan CUSUM ve CUSUMSQ test sonuçları modelin yapısal olarak istikrarlı olduğu ve yapısal kırılmaların olmadığını göstermektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye’de tarımsal faaliyetler ile karbon emisyonu arasındaki ilişkinin 1991-2020 dönemi zaman serisi verileri kullanılarak ARDL modeli yardımıyla araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada karbon emisyonunu temsilen CO₂ emisyonu değişkeni tarımsal faaliyetleri temsilen; bitkisel üretim endeksi, gıda üretim endeksi, hayvancılık üretim endeksi ve tarımsal katma değer değişkenleri kullanılmıştır. ARDL sınır testini uygulanmadan önce değişkenlere birim kök testi uygulanmış ve CO₂ emisyonu, tarımsal katma değer, hayvancılık üretim endeksi ve gıda üretim endeksi değişkenlerinin birim kök taşıdığı ancak birinci farkları alındığında durağanlaştığı görülmektedir. Çalışmada kullanılan hiçbir değişken I(2) olmaması çalışmada kullanılan seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin ARDL sınır testi yaklaşımı ile sınanılmasının uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ARDL analizinin güvenilirliği ve anlamlılığını sınamak amacıyla değişkenlere Breusch-Godfrey değişen varyans, Jarque-Bera Normallik, Ramsey Reset ve Cusum ve Cusum-SQ tanısal testler uygulanmıştır. Tanısal test sonuçlarına göre çalışma modelinde otokorelasyon, değişen varyans, model kurma hatası, yapısal kırılmanın olmadığı ve hata teriminin normal dağıldığı tespit edilmiştir.

ARDL sınır testi bulgularına göre; Türkiye’de tarımsal faaliyetler ile CO₂ emisyonu arasında eşbütünleşme ilişkisi söz konusudur. ARDL (2, 3, 0, 1, 1) modeline bağlı hata düzeltme modeli sonuçlarına göre, hata düzeltme katsayısının -0.80 olarak tespit edilmesi eşbütünleşme ilişkisini desteklemektedir. Kısa dönem sonuçlarına göre; tarımsal katma değer ve iki dönem gecikmeli gıda üretim endeksi değişkenlerinin CO₂ emisyonu değişkeni üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu görülmektedir. Buna karşın, hayvancılık üretim endeksi değişkeninin CO₂ emisyonu üzerinde negatif bir etkiye sahiptir. Kısa dönemde, tarımsal katma değerdeki %1’lik artış CO₂ emisyonunu %0.2 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, kısa dönemde gıda üretim endeksinde %1’lik artış CO₂ emisyonunu %2.9 oranında artırmaktadır. Ancak, kısa dönemde hayvancılık üretim endeksinde %1’lik artış CO₂ emisyonunu %0.9 oranında ve bitkisel üretim endeksindeki %1’lik artış CO₂ emisyonunu %2.1 oranında azaltmaktadır.

Tahmin edilen uzun dönem ilişkisi için katsayılar incelendiğinde; gıda üretim endeksi değişkeninin CO₂ emisyonu değişkeni üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, tarımsal katma değer, hayvancılık üretim endeksi ve bitkisel üretim endeksi değişkenlerinin CO₂ emisyonu üzerinde negatif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Uzun dönemde tarımsal katma değer, hayvancılık üretim endeksindeki %1’lik bir artış CO₂ emisyonunu sırasıyla %0.2 ve %1.9 oranında azaltmaktadır. Diğer yandan gıda üretim endeksindeki %1’lik artış CO₂ emisyonunu %4.7 artırmaktadır. Sonuç olarak ampirik bulgular; Türkiye’de

tarımsal faaliyetler ile CO₂ emisyonu arasında uzun dönemde güçlü bir ilişkinin olduğunu kanıtlamaktadır. Dolayısıyla karar vericiler tarım sektörüne ve CO₂ emisyonuna ilişkin politikaları oluştururken tarımsal faaliyetler ile CO₂ emisyonu arasındaki eşbütünlüşme ilişkisini göz önünde bulundurmalıdır.

Çalışmada uzun dönemde gıda üretim endeksi arttıkça CO₂ emisyonlarının da arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü gıda üretimi için kullanılan tarım yöntemleri fosil yakıtların kullanılmasını gerektirmektedir. Tarımsal yöntemlerde fosil yakıtların kullanılması CO₂ emisyonlarını artmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak gıda üretimini artırmak amacıyla ormanların kesilerek tarım arazilerine dönüştürülmesi gibi uygulamalar CO₂ emisyonlarını artırabilmektedir. Dolayısıyla sürdürülebilir tarım politikaları oluşturularak ve tarımsal faaliyetlerde yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik ederek gıda üretiminin CO₂ emisyonlarını artırıcı etkisi önlenabilir. Orman alanlarının tarımsal üretime açılması hususunda oldukça titiz denetim ve planlama aşamaları gereklidir. Gereksiz orman tahribatları ormanların CO₂ depolamaları üzerinde olumsuz etki yaratacağı için çevreye önemli zararları bulunacaktır. Ağaçlandırma projeleri ile orman tahribatlarının CO₂ emisyonlarının artırıcı etkisi kısmen de olsa önlenabilir.

Çalışmanın bir diğer bulgusu, uzun dönemde tarımsal katma değer artışlarının CO₂ emisyonu azaltmasıdır. Bu durum tarımsal katma değerdeki artışların daha yüksek tarımsal verimliliğe sahip tarımsal yöntemlerin kullanılması ile ilişkilendirilebilir. Daha yüksek katma değerli tarımsal üretim için daha dikkatli ve sürdürülebilir tarımsal teknikleri gereklidir. Tarımsal katma değer için kullanılan teknikler CO₂ emisyonlarını azaltıcı yönde etkileyecektir. Bu bağlamda karar vericiler için sürdürülebilir tarım uygulamalarının artırılmasına yönelik politikalar öncelik haline gelmelidir. Sürdürülebilir tarım politikalarındaki artış ile tarımsal katma değer artmakta ve bu yöntemler CO₂ emisyonlarını azaltarak daha sürdürülebilir, çevreye duyarlı tarımsal üretime katkı sağlamaktadır.

Bitki üretimin CO₂ emisyonunu azaltmada önemli bir rolü bulunmaktadır. Nitekim çalışma bulguları bunu destekler niteliktedir. Analiz sonuçlarına göre; uzun dönemde bitki üretim endeksi arttıkça CO₂ emisyonunun azalacağı tespit edilmiştir. Bitkiler fotosentez yaparak ve bünyesinde karbonu depolayarak atmosferdeki CO₂ seviyesini azaltmaktadır. Dolayısıyla karar vericiler sürdürülebilir tarım uygulamaları ile bitkisel üretimi artırıcı politikalar uygulamaya koymalıdır. Daha fazla bitki üretimi CO₂ emisyonunu azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır. Karar vericilerin bitkisel üretkenliği artırmasının yanı sıra farklı bitki türlerinin de yetiştirilmesini teşvik etmesi CO₂ emisyonlarının azaltılmasına ve biyoçeşitliliğin artırılmasına olanak sağlayacaktır. Bitkisel üretim hayvanların beslenmesi için gerekli olan yem hammaddelerinin yetiştirilmesini sağlamaktadır. Hayvan atıkları bitkiler için gübre olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla hayvancılık ile bitkisel üretim birbiriyle yakından ilişkilidir. Çalışma sonuçları söz konusu ilişki ile uyumlu olacak şekilde tutarlıdır. Analiz sonuçlarına göre; uzun dönemde hayvancılık üretimi ile CO₂ emisyonu arasında negatif yönlü bir ilişki söz konusudur. Hayvancılık arttıkça hayvanların temel besin maddesi olan bitkilerin de üretimin artacağına bu durum CO₂ emisyonlarını azaltıcı yönde etkileyecektir. Ayrıca hayvan gübrelerinin kimyasal gübreler yerine kullanılması da CO₂ emisyonları azaltabilmektedir. Dolayısıyla karar vericiler hayvancılık üretiminin CO₂ emisyonlarını azaltabilmesi için bitkisel üretim ile entegre sürdürülebilir politikaları benimsemelidir. Sonuç olarak Türkiye’de tarımsal faaliyetler ile CO₂ emisyonu arasında güçlü bir ilişki söz konusudur. Dolayısıyla Türkiye’deki politika yapıcılar ve karar vericiler, ülkenin sürdürülebilir bir ekosisteme ulaşmak için oluşturdukları CO₂ emisyonlarına ilişkin politikalarını tarımsal faaliyetler bağlamında ele almalıdır. Söz konusu politikalar bölgesel nitelikte kalmayıp ulusal stratejilere, politikalara ve planlamalara entegre etmelidir.

Bu çalışma Türkiye örneğinde tarımsal faaliyetler ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Ancak Türkiye bölgeleri düzeyinde tarımsal faaliyetler ile CO₂ emisyonu arasındaki ilişki değişebilmektedir. Türkiye’de tarımsal faaliyetler CO₂ emisyonunu etkiler mi? sorusuna tam ve etkin cevap verebilmek için bölgesel farklılıkları da değerlendirmek gereklidir. Fakat Türkiye’de bölgeler düzeyinde tarımsal faaliyetler ve CO₂ emisyonlarına ilişkin eksiksiz, kapsamlı ve güncel verilerin bulunmaması çalışmanın sınırlılığını oluşturmaktadır. Gelecek çalışmalarda tarımsal faaliyetlerin CO₂ emisyonları üzerindeki etkilerini anlamak için iklim değişikliği ve tarımsal uygulamalarda kullanılan teknolojik yenilikler değişkenlerinin kullanıldığı modellerle farklı ampirik metodlarla çalışma genişletilebilir. Bu çalışmalar, tarımsal faaliyetler ile CO₂ emisyonları arasındaki karmaşık ilişkiyi belirlemeye yardımcı olacaktır.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Ülkü ÖZBAY  <http://orcid.org/0000-0003-0183-1247>

KAYNAKLAR

Adedoyin, F. F., Bein M.A., Gyamfi B.A., Bekun F.V. 2021. Does Agricultural Development Induce Environmental Pollution in E7? A Myth or Reality. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 41869–41880.

- Ali E.B., Gyamfi B.A., Bekun F.V., Ozturk I., Nketiah P. 2023. An Empirical Assessment of the Tripartite Nexus between Environmental Pollution, Economic Growth and Agricultural Production in Sub-Saharan African Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 71007–71024.
- Ali S., Gucheng L., Ying L., Ishaq M., Shah T. 2019. The Relationship between Carbon Dioxide Emissions, Economic Growth and Agricultural Production in Pakistan: An Autoregressive Distributed Lag Analysis. *Energies*, 12, 4644.
- Anwar A., Sarwar S., Amin W., Arshed N. 2019. Agricultural Practices and Quality of Environment: Evidence for Global Perspective. *Environmental Science Pollution Research*, 26(15):15617–15630.
- Appiah K., Du J., Poku J. 2018. Causal Relationship between Agricultural Production and Carbon Dioxide Emissions in Selected Emerging Economies. *Environmental Science Pollution Research*, 25(25), 24764–24777.
- Ayyildiz M., Erdal G. 2021. The Relationship between Carbon Dioxide Emission and Crop and Livestock Production Indexes: A Dynamic Common Correlated Effects Approach. *Environmental Science Pollution Research*, 28, 597–610.
- Balogh J.M. 2022. The Impacts of Agricultural Development and Trade on CO₂ Emissions? Evidence from the Non-European Union Countries. *Environmental Science & Policy*, 137(2), 99-108.
- Balsalobre-Lorente D., Driha O.M., Bekun F.V., Osundina O.A., 2019. Do Agricultural Activities Induce Carbon Emissions? The BRICS Experience. *Environmental Science Pollution Research*. 26(24):25218–25234.
- Chowdhury S., Khan S., Sarker M.F.H., Islam M.K., Tamal M.A., Khan N.A. 2022. Does Agricultural Ecology Cause Environmental Degradation? Empirical Evidence from Bangladesh. *Heliyon*, 8(6), e09750.
- 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.
- FAO. 2015. The Food Systems of the Future Need to Be Smarter, More Efficient. <http://www.fao.org/news/story/en/item/275009/icode/> (Erişim Tarihi: 10.10.2023)
- Ghosh S.. 2018. Carbon Dioxide Emissions, Energy Consumption in Agriculture: A Causality Analysis for India. *Journal of Economic Theory and Practice*, 17(2), 183–207.
- Göv, A., Kaya, S.K. 2023. Türkiye Örneğinde Çevresel Kalitenin Belirleyicileri: LASSO Yaklaşımı. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 54, 25-37.
- Haug A.A. 2002. Temporal Aggregation and the Power of Cointegration Tests: a Monte Carlo Study. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 64(4), 399-412.
- Hussain I., Rehman A. 2022. How CO₂ Emission Interacts with Livestock Production for Environmental Sustainability? Evidence from Pakistan. *Environment, Development and Sustainability: A Multidisciplinary Approach to the Theory and Practice of Sustainable Development*, 24(6), 8545–8565.
- Ijeh, S. O. 2014. Promoting Sustainable Development in Nigeria through the Non-oil Export. *Research on Humanities and Social Sciences*, 4(8).
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>. Erişim Tarihi 16.09.2023
- 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.
- Kaya, S.K., Göv, A. 2023. BRICS Ülkeleri ve Türkiye Örneğinde Ekolojik Ayak İzine Yönelik Çevresel Politika Şokları Kalıcı mı?. *Bingöl Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(1), 31-44.
- Khan R., Zhuang W., Najumddin O., Butt R.S., Ahmad I., Al-Faryan M.A.S. 2022. The Impact of Agricultural Intensification on Carbon Dioxide Emissions and Energy Consumption: A Comparative Study of Developing and Developed Nations. *Frontiers Environmental Science*, 10:1036300.
- Kruse, J. 2010. Estimating Demand for Agricultural Commodities to 2050. Global Harvest Initiative. <https://pdf4pro.com/view/estimating-demand-for-agricultural-commodities-132658.html> (Erişim Tarihi: 12.10.2023)
- Liu X., Zhang S., 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.
- Lynch J., Cain M., Frame D., Pierrehumbert R. 2021. Agriculture's Contribution to Climate Change and Role in Mitigation Is Distinct From Predominantly Fossil CO₂-Emitting Sectors. *Frontiers Sustainable Food Systems*, 4:518039.
- Maslow, A. H. 1943. A Theory of Human Motivation. *Psychological Review*, 50 (4), 370–396.
- Narayan S., Narayan P.K. 2004. Determinants of Demand for Fiji's Exports: An Empirical Investigation. *The Developing Economies*, 42(1), 95-112.

- Oğul B.2023. Tarım Sektöründeki Gelişmeler Çevresel Kirliliği Etkiliyor mu? Türkiye Üzerine Ampirik Bulgular. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(3), 1016-1026.
- Pesaran M.H, Shin Y., 1998. An Autoregressive Distributed-Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis. *Econometric Society Monographs*, 31,371–413
- Pesaran M.H., Shin Y., Smith R.J. 2001. Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289–326.
- Prastiyo S.E., Irham I., Hardiyastuti S, Jamhari j. 2020. How Agriculture, Manufacture and Urbanization Induced Carbon Emission? The Case of Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research*. 27(33):42092–42103.
- Raihan A., Begum R.A., Nizam M.,Said M., Pereira J. J. 2022. Dynamic Impacts of Energy Use, Agricultural Land Expansion and Deforestation on CO2 Emissions in Malaysia. *Environmental and Ecological Statistics*, 29, 477–507.
- Raihan A. 2023. An Econometric Evaluation of the Effects of Economic Growth, Energy Use and Agricultural Value Added on Carbon Dioxide Emissions in Vietnam. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 7, 665-696.
- Rehman A., Ma H., Ozturk I. 2020. Decoupling the Climatic and Carbon Dioxide Emission Influence to Maize Crop Production in Pakistan. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 13(1).
- Rehman A., Ma H., Chishti M.Z., Ozturk I., Irfan M., Ahmad M. 2021a. Asymmetric Investigation to Track the Effect of Urbanization, Energy Utilization, Fossil Fuel Energy and CO2 Emission on Economic Efficiency in China: Enother Outlook. *Environmental Science Pollution Research*, 28(1),7319–30.
- Rehman A., Ulucak R., Murshed M., Ma H., Işık C. 2021b. Carbonization and Atmospheric Pollution in China: The Asymmetric Impacts of Forests, Livestock Production, and Economic Progress on CO2 Emissions. *Journal of Environment Managment*, 294.
- Sarkodie S.A., Owusu P.A. 2017. The Relationship between Carbon Dioxide, Crop and Food Production Index in Ghana: By Estimating the Long-Run Elasticities and Variance Decomposition. *Environmental Engineering Research*, 22(2), 193–202.
- Waheed R., Chang D., Sarwar S., Chen W. 2018. Forest, Agriculture, Renewable Energy and CO2 Emission. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4231-4238.
- Zhang J., Cherian J., Parvez A.M., Samad S., Sial M.S., Ali M.A., Khan M.A. 2022. Consequences of Sustainable Agricultural Productivity. *Renewable Energy, and Environmental Decay: Recent Evidence from ASEAN Countries. Sustainability*, 14, 3556.
- Zhou G., Li H., Ozturk I.,Ullah S. 2022. Shocks in Agricultural Productivity and CO2 Emissions: New Environmental Challenges for China in the Green Economy. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 35(1), 5790-5806.
- Zinchuk T., Kutsmus N., Prokopchuk O., Lagodiienko V., Nych T., Naumko Y. 2021. Multifunctionality of Agriculture in the Reality of Globalization Crisis. *Inzynieria Ekologiczna (Ecological Engineering & Environmental Technology)*, 22(1): 51–59.