



DOĞUŞ ÜNİVERSİTESİ DERGİSİ

DOGUS UNIVERSITY JOURNAL

e-ISSN: 1308-6979

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/doujournal>

TARIMDA İKLİM KIRILGANLIĞI: GELİŞMİŞ VE GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELER İÇİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ (*)

CLIMATE VULNERABILITY IN AGRICULTURE: A COMPARATIVE ANALYSIS FOR DEVELOPED AND DEVELOPING COUNTRIES

Ezgi DEMİRAL⁽¹⁾, Ceran Zeynep ZAFİR BAHÇEKAPILI⁽²⁾

Öz: İklim faktörlerine doğrudan bağlı olması sebebiyle tarım sektörü iklim değişikliği etkilerinin hissedildiği en önemli sektörlerden biridir. İklim değişikliğine bağlı olarak gözlenen sıcaklık artışı, yağış rejiminin değişmesi, kuraklık gibi sonuçlar tarımsal üretimi etkilemektedir. Gerek gıda güvenliği bağlamında gerekse ekonomik bir faaliyet olarak ele alınsın, iklim krizinin tarım sektörüne etkisinin hem ulusal hem de küresel ölçekte incelenmesi kritik öneme sahiptir. Diğer yandan hem gelişmiş ülkeler hem de gelişmekte olan ülkeler gerek iklim değişikliğinden etkilenmeleri bakımından gerekse iklim değişikliği ile mücadelede sahip oldukları imkanlar bakımından farklılaşmaktadır. Bu çalışmada da iklim değişikliğinin tarım sektörüne olan etkisi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için incelenmiştir. Bu bağlamda sıcaklık, yağış, tarımsal su stresi seviyesi, CO₂ emisyonu ve tarıma ayrılan alanın tarım sektörünün GSYH içerisindeki payına etkisi 2000-2021 dönemi için analiz edilmiştir. Çalışmada Westerlund ve Edgerton (2007) LM Bootstrap Panel Eşbütünleşme Testi uygulanmış ve uzun dönem katsayıları Panel AMG yöntemi ile incelenmiştir. FAO tarafından ölçülen tarımsal su stresi verisi tarımsal sulama faaliyetlerinin su kaynakları üzerinde yarattığı baskının incelenmesi bakımından önem arz etmektedir. Su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin kritik bir öneme sahip olduğu tarım sektöründe tarımsal su stresi seviyesi dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Bu bağlamda ilgili değişkenin analizde yer alması çalışmanın özgün kısmına önemli bir katkıda bulunmaktadır. Araştırma bulgularına göre hem gelişmiş ülkeler hem de gelişmekte olan ülkelerdeki tarım sektörünün büyümesini sıcaklık, CO₂ emisyonu ve tarımsal su stresi olumsuz yönde etkilemekteyken, yağış miktarı ve tarım için ayrılan alan artışının tarımsal üretime katkısı ise olumlu olmaktadır. İki ülke grubu için toplam etkiye bakıldığında ise iklim değişikliği tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, İklim Krizi, Tarımsal Su Stresi, Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler, Gıda Güvenliği

Abstract: The agricultural sector is one of the most critical areas where the effects of climate change are directly felt due to its dependence on climatic factors. Impacts such as rising temperatures, changes in precipitation patterns, and drought caused by climate change significantly affect agricultural production. Whether considered in the context of food security or as an economic activity, it is essential to analyze the impact of the climate crisis on the agricultural sector at both national and global levels. Additionally, developed and developing countries differ in terms of their

(*) Bu çalışma Ezgi Demiral'ın Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İktisat Bilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi C. Zeynep Zafir Bahçekapılı danışmanlığındaki doktora tezinden türetilmiştir.

(1) Doğuş Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü; edemiral@dogus.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7822-7967

(2) Marmara Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü; zzafir@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0699-4459

Geliş/Received: 07-11-2024; Kabul/Accepted: 18-12-2024

contributions to climate change and the resources they possess to combat its effects. In this study, the impact of climate change on the agricultural sector is analyzed for both developed and developing countries. Specifically, the effects of temperature, precipitation, agricultural water stress levels, CO₂ emissions, and the area allocated to agriculture on the share of the agricultural sector in GDP are examined for the period between 2000 and 2021. The study employs the Westerlund and Edgerton (2007) LM Bootstrap Panel Cointegration Test, and the long-run coefficients are analyzed using the Panel AMG method. Agricultural water stress data, as measured by the FAO, is a key component in evaluating the pressure of agricultural irrigation activities on water resources. A key innovation of this research is the inclusion of agricultural water stress data, as measured by the FAO, which evaluates the pressure of agricultural irrigation activities on water resources. While water resource sustainability is critical for agriculture, agricultural water stress is often overlooked in similar studies, making its inclusion a significant contribution to the originality of this research. According to the findings, temperature, CO₂ emissions, and agricultural water stress have a negative impact on the growth of the agricultural sector in both developed and developing countries, whereas increased rainfall and a larger area allocated to agriculture positively contribute to agricultural production. When considering the overall effects for both groups of countries, climate change has a predominantly negative impact on agricultural production.

Keywords: Climate Change, Climate Crisis, Agricultural Water Stress, Developed and Developing Countries, Food Security.

JEL: Q10, Q19, Q54, O57, C33

1. Giriş

İklim dünya tarihi boyunca değişmiştir ve değişmeye de devam etmektedir. 19. yüzyılın ikinci yarısına kadar doğal nedenlere bağlı olarak değişen iklimde, 1850'lerden itibaren insan etkisi de gözlemlenmektedir. Atmosferdeki CO₂ emisyonuna insan faaliyetlerinin etkisi 1750 yılından 1850'li yıllara kadar 0 iken, Sanayi Devrimi ile birlikte artmaya başlamış ve 2023 yılı itibarıyla 35 milyar tonu geçmiştir (Lindsey, 2024). Fosil yakıt tüketiminin artması, tarım alanlarının amaçları dışında ve yanlış kullanımı, çarpık kentleşme, hızlı nüfus artışı, bireylerin tüketim tercihleri gibi insan kaynaklı etkenler 19. yüzyılın ikinci yarısından bu yana artmakta olan CO₂ miktarı ve diğer gazların önemli nedenleri arasındadır. Atmosfere salınan bu gazların sera etkisi yaratarak güneş ışınları karşısında asimetrik davranış göstermesi yeryüzü sıcaklığında değişikliğe neden olmaktadır. 1861 yılından beri ısınmakta olan küresel ortalama yüzey sıcaklığındaki artışın özellikle 20. yüzyıl itibarıyla daha da hızlandığı gözlemlenmektedir (IPCC, 2001: 2; IPCC, 2007b: 5; IPCC, 2022a: 44; IPCC, 2023: 4). Sıcaklıklardaki artış iklim değişikliğinin herkes tarafından hissedilen sonuçlarından biridir. Bununla birlikte sel, fırtına, kuraklık, çölleşme gibi aşırı hava olaylarındaki artış ve deniz seviyesinin yükselmesi, buzulların incilmesi, okyanus asidifikasyonu gibi sonuçlar da iklim değişikliğine bağlı ortaya çıkan etkilerdir (Türkeş, 2000: 11; IPCC, 2011: 1; IPCC, 2019: 6, 9, 10, 469; Kadioğlu, 2012: 14 IPCC, 2022a: 717; Kurnaz, 2022: 234, 235, 270 318; IPCC 2023: 1). Öte yandan iklimle ilgili ortaya koyulan gelecek dönem senaryoları iklim değişikliği etkilerinin tüm dünyada giderek daha belirgin olacağını ifade etmektedir. Farklı emisyon senaryoları ve modellerinin sıcaklık artışına dair değişen tahminleri olmakla birlikte, uygulanmakta olan politikaların aynı şekilde devam ettiği senaryoda

2100 yılında küresel sıcaklık artışının 3.2°C'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2023: 11).

İklim krizinin etkileri farklı bölgelerde farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır. Akdeniz Havzası'nın iklim değişikliği etkilerine en açık bölgelerden biri olduğu ve sıcak hava dalgalarının gelecek dönemde daha sık yaşanacağı iklim değişikliğine ilişkin çalışmaların ortaya koyduğu sonuçlardan bazılarıdır (IPCC, 2021: 111-112; Kurnaz, 2022: 249; IPCC, 2023: 48). Sıcaklık artışı ve yağış rejimindeki değişikliğe bağlı olarak gözlenen kuraklık ise Akdeniz bölgesi ile birlikte Güney Afrika, Kuzey ve Güney Batı Amerika gibi bölgelerde etkisini daha şiddetli gösterecektir (IPCC 2007c: 2, 8, 49; IPCC, 2013: 91; IPCC, 2021: 86).

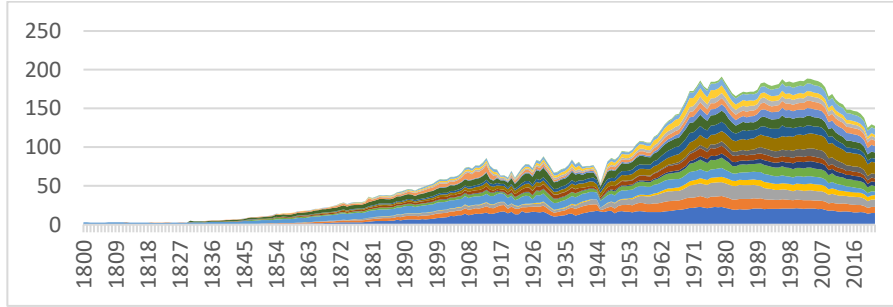
İklimin karadaki ve okyanuslardaki canlı hayatını tümüyle ve farklı yönlerden etkileyen bir olgu olması, iklim değişikliği sonuçlarının ortaya koyulmasını gerekli kılmaktadır. Bununla birlikte iklim değişikliğinin ekosistemde yarattığı etkileri birbirinden tümüyle ayırmak mümkün değildir, sonuçlar birbiri ile etkileşim halindedir. Bu bağlamda iklim değişikliğine bağlı aşırı hava olaylarının artması, su kaynaklarına erişimin güçleşmesi, deniz seviyesinin yükselmesi gibi etkiler iklim krizinin insan hayatını etkileyen yönlerindendir. Bu etkiler tarım, ormancılık ve balıkçılık gibi sektörlerde gıda üretimini zorlaştırmaktadır (IPCC 2022a: 717). Gerek gıdanın en temel insan ihtiyaçlarından biri olması gerekse tarım sektörünün ülke ekonomilerine katkısı ve sanayi sektörü için önemli bir hammadde sağlayıcısı olduğu dikkate alındığında iklim değişikliğinin tarım sektörüne etkisinin incelenmesi oldukça önemlidir. İklim krizinin tarımsal üretim faaliyetleri üzerindeki etkisi farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır. Kuraklık ve çölleşme tarımsal üretim için en önemli doğal kaynaklardan olan toprağın verimliliğini kaybetmesine neden olmaktadır (Türkeş, 2012: 17). Aşırı hava olaylarının tarım arazilerinin verimliliğini etkilediği diğer durumlar ise erozyon olaylarındaki artış, deniz seviyesindeki yükselmeye bağlı olarak ekilecek toprağın sular altında kalması ve toprağın tuzlanması gibi durumlardır (Kadioğlu, 2020: 226; Kurnaz, 2022: 270). Tarımsal üretim sürecindeki bir diğer önemli girdi ise sudur ve dünya tatlı su kaynaklarının ortalama %70'i tarımda kullanılmaktadır. Bununla birlikte yağış rejimindeki düzensizliklerin neden olduğu sel, taşkın gibi doğal afetler su kaynaklarını kirletici etki yaratmakta, sıcaklık artışı ise kaynakların kurumasına neden olmaktadır. Bu bağlamda tarım sektöründe sürdürülebilirliğin ve iklim değişikliğine uyumun sağlanabilmesi için sulamanın önemi yakın dönemde ölçülmeye başlanmıştır (Rosa 2022: 1). Dolayısıyla analize dahil edilen tarımsal su stresi seviyesi verisi hem sulama yöntemlerinin etkinliğinin tartışılması hem de iklim değişikliği ile mücadele bağlamında kritik bir değişkendir.

Diğer yandan iklim tarımsal üretim sürecindeki diğer girdiler üzerinde de etkili olmaktadır. Örneğin emek verimliliği de iklimdeki aşırılıklardan etkilenmektedir. Özellikle çiftçi ya da inşaat işçisi gibi açık havada çalışan kişilerde verimlilik hem aşırı sıcaklıklar hem de sel, fırtına gibi felaketler dolayısıyla düşmektedir (Dunne, Stouffer ve John, 2013: 563). Nitekim sanayileşmedeki hızlı ilerlemeye ve yaşanan teknolojik dönüşüme rağmen iklim değişikliği ve tarımsal üretim arasındaki ilişkinin incelenmesi tarımsal üretim faaliyetlerinin iklim koşullarına doğrudan bağlı olması ile ilgilidir.

İklim değişikliğinin tarım sektörü üzerindeki etkisi ülkeler arasında farklılaşmaktadır. Gerek coğrafi konumları gerekse iklim değişikliği ile mücadelede sahip oldukları ekonomik ve teknolojik imkanların farklı olması ülkelerin iklim değişikliğinden farklı

şekilde etkilenmesine neden olmaktadır. Kuzey Avrupa gibi yüksek enlemlerdeki soğuk iklimlerde sıcaklıkların artması ve büyüme mevsiminin uzamasının tarımsal verimlilikte artışa neden olması beklenirken, Güney Avrupa’da ise sıcaklıklardaki artış ve yağıştaki azalmanın üretimi azaltacağı beklentisi hakimdir (IPCC, 2007c: 2; IPCC, 2014: 11; Zaimoğlu, 2019: 18; IPCC 2023: 50). Bilhassa gelişmekte olan ülkelerin iklim krizi ile mücadele sürecinde öne çıkan uyum ve azaltım politikalarını geliştirebilecek kaynaklardan yoksun olmaları bu ülkeleri iklim değişikliği sonuçlarına karşı daha kırılgan hale getirmektedir. Bununla birlikte artmakta olan nüfusun çok önemli bir kısmının alt-orta gelirli ülkeler ile düşük gelirli ülkelerde yaşaması da sorunu gıda güvenliği bağlamında öne çıkarmaktadır (UNFPA 2024: 11). Diğer yandan gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin sera gazı salımına etkileri ile iklim değişikliğinden etkilenme hassasiyetleri arasındaki orantısızlık da iki grup arasında karşılaştırmalı bir analiz yapılması için önemli bir etkidir (IPCC 2023: 42).

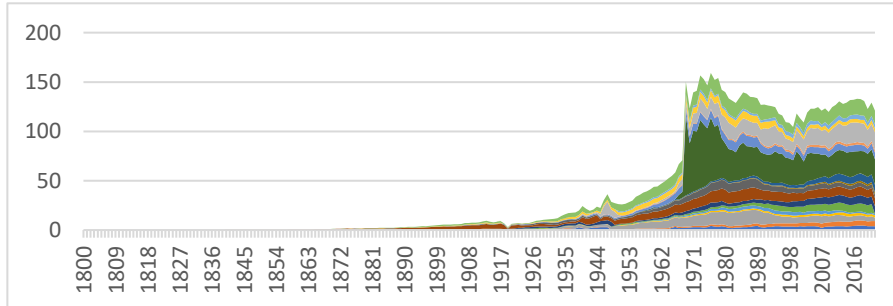
Grafik 1. Gelişmiş Ülkelerin Toplam Sera Gazı Emisyonu (CO₂ per capita)



Kaynak: Ourworldindata veritabanından alınan veriler ile hazırlanmıştır.

Grafik 1’den de görüleceği üzere gelişmiş ülkelerde sanayileşme hamlesi gelişmekte olan ülkelere göre çok daha erken dönemde başladığı için bu ülkelerde sera gazı emisyonları da erken dönem itibarıyla başlamıştır. Bununla birlikte hem çevre dostu üretim teknolojilerinin ağırlığının artması hem de üretimin çevre politikalarının daha gevşek olduğu az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelere doğru kayması ile gelişmiş ülkelerde sera gazı emisyonları azalma eğilimine geçmiştir.

Grafik 2. Gelişmekte Olan Ülkelerin Toplam Sera Gazı Emisyonu (CO₂ per capita)



Kaynak: Ourworldindata veritabanından alınan veriler ile hazırlanmıştır.

Gelişmekte olan ülkelerde ise sanayileşmenin geç dönemde başlaması bu ülkelerde sera gazı emisyonlarının yakın dönemde artmaya başlamasına neden olmuştur. Ülke grupları arasındaki bu farklılık aralarındaki eşitsizliğin derinleşmesinde önemlidir. Öte yandan henüz küresel olarak Net Sıfır Emisyon hedefinden uzak olunmakla birlikte atmosferdeki gazların bir süre daha asılı durması dolayısıyla, sera gazı emisyonlarında azalış yaşansa bile iklim değişikliğinin etkileri bir süre daha gözlemlenecektir. Grafik 2’de görüldüğü üzere gelişmekte olan ülkelerin sera gazı emisyon salımları gelişmiş ülkelere oranla daha küçükken, iklim değişikliğinin etkilerine karşı kırılganlıkları ise daha yüksektir. Nitekim gelecek dönem senaryolarının ortaya koyduğu sonuçlara göre tarımsal üretimin daha kuzeyde olan gelişmiş ülkelere doğru kayması ilgili ülkeler arasındaki eşitsizliği daha da derinleştirecektir.

Bununla birlikte tarım sektörünün gelişmekte olan ülkeler ile gelişmiş ülke ekonomilerindeki ağırlığı farklıdır. 2021 yılı itibarıyla Dünya Bankası verilerine göre, modele dahil edilen gelişmiş ülkelerde tarım sektörünün GSYH’ye yaptığı katkı ortalama 1.53, istihdama katkısı ise %3 iken, gelişmekte olan ülkelerde GSYH’ye katkısı %7.7, istihdama katkısı ise %14.7’dir. Öte yandan analize dahil edilen 18 gelişmekte olan ülkenin 2021 yılı itibarıyla üretilen küresel tarımsal GSYH içerisindeki payı %53, gelişmiş ülkelerin payı ise %12’dir (World Bank Data, 2024). Dolayısıyla hem gıda güvenliği bağlamında hem de ekonomik etkileri bakımından iklim krizinin tarım sektörüne olan etkisinin gelişmekte olan ülkelerde daha derin yaşanması olasıdır. Söz konusu ülkelerin iklim değişikliği ile mücadele amacıyla uyum ve azaltım politikaları geliştirilebilecek ve uygulayabilecek imkanlardan yoksun olması da kritik önem arz eden bir diğer etkidir. Bu bağlamda analize konu olan ülkelerde iklim değişikliği ve tarım sektörü arasındaki ilişkinin ortaya koyulması önemlidir. Nitekim bu çalışmada 2000-2021 dönemi için iklim değişkenlerinin tarım üzerindeki etkisi uzun ve kısa dönemde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için incelenmiştir.

Çalışmanın devamında öncelikle ilgili literatüre ve çalışmanın literatüre sunmayı amaçladığı katkıya değinilecektir, ardından çalışmanın metodolojisi ve bulguları sunulacaktır. Dördüncü bölümde ise sonuç kısmına yer verilecektir.

2. Literatür

İklim değişikliği ve tarım arasındaki ilişki karşılıklı şekilde ilerlemektedir. Bir yandan tarımsal üretim faaliyetleri sonucu açığa çıkan sera gazı iklim değişikliği üzerinde etki yaratırken, diğer yandan ise iklim değişikliğine bağlı aşırı hava olayları tarımsal verimliliği etkilemektedir. Bu bağlamda literatürde iklim değişikliği ve tarım sektörü arasındaki ilişkiye odaklanan çalışmalar temelde iki gruba ayrılabilir. Bir grup çalışma iklim değişikliği üzerinde tarımsal üretim faaliyetlerinin etkisini ölçerken (Leitão, 2018; Long, Luo, Wu ve Zhang, 2018; Mahmud, Alkhateeb, Al-Qahtani, Allam, Ahmad ve Furqan, 2019; Muoneke, Okere ve Nwaeze, 2022), ikinci gruptaki çalışmalar ise sıcaklık ve yağış gibi iklim değişkenlerinin tarımsal üretime etkisini ölçmektedir. Çalışılan ülke ya da ülke grubu da literatürdeki çalışmaların farklılaştığı bir diğer noktadır. Mendelson (2007) ise yağış, CO₂ emisyonu ve sıcaklığın tarımsal üretimi 1960-2000 dönemi için yaklaşık %2-4 oranında artırdığını ve gelecek dönemde de 2,5°C’ye kadar yaşanacak artışın tarımsal üretimi artıracakken, 2,5°C’nin üzerinde gerçekleşecek artışın ise tarımsal verimlilik üzerinde azaltıcı bir etki yaratacağı sonucuna ulaşmıştır. Küresel ölçekli yapılan bir diğer çalışma da ise

Lobell, Schlenker ve Costa-Roberts (2011) sıcaklık, CO₂ miktarı ve yağışın buğday, soya fasulyesi, pirinç ve mısır üzerine etkisini analiz etmişlerdir. Çalışmanın bulguları tarımsal verimliliğin yağış ve sıcaklıktaki artıştan olumsuz etkilenirken, CO₂ miktarındaki artıştan olumlu etkilendiğini göstermektedir. Ürün bazlı etkiye bakıldığında ise mısır ve buğdayda verimlilik düşerken, soya fasulyesi ve pirinç verimliliği artmıştır.

İklim değişikliğinin ülkeler üzerinde etkilerinin farklılaşması ülke ya da bölge özelindeki çalışmaları da gerekli kılmaktadır. Lobell ve Asner (2003) Amerika Birleşik Devletlerindeki farklı iklimsel özellikler gösteren iki bölge için yaptıkları çalışmada sıcaklığın mısır ve soya fasulyesi verimliliğini olumlu etkilediği gözlemlenmişken, yağış ve güneş radyasyonu ile verimlilik arasında anlamlı bir ilişki gözlemlenmemiştir. Bilhassa ülke ve ürün bazlı çalışmaların bulguları iklim değişikliğinin tarımsal ürünler üzerindeki farklılaşan etkilerini ortaya koymaktadır. Benzer bulguları olan diğer çalışmalar (Blanc 2012, Loum ve Fogarassy 2015, Chen, Chen ve Xu, 2016; Chandio, Gokmenoglu ve Ahmad, 2021) da dikkate alındığında iklim değişikliğinin tarımsal ürün deseninde önemli bir değişikliğe neden olacağı söylenebilmektedir.

Akram (2012)'in Asya ülkeleri üzerine yaptığı çalışmada sıcaklık ve nüfus artışı tarım üretimini olumsuz etkilerken, beşerî sermayenin ve yağışların artması ise tarımsal üretimi artırıcı etki göstermiştir. Asya ülkeleri üzerine yapılmış bir diğer çalışma ise Ozdemir (2022)'in on bir Asya ülkesinde 1980-2016 dönemi için tarım ile iklim değişikliği arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmadır. Model bulgularına göre uzun dönemde CO₂ emisyonu ve sıcaklıktaki artış tarımsal üretimi olumsuz etkilemekteyken, yağış, enerji tüketimi ve gübre tüketiminin artması ise tarımsal üretimi olumlu etkilemektedir. Literatürde Türkiye üzerine yapılan çalışmalar da mevcuttur. Başoğlu ve Telatar (2013) 1973-2011 döneminde iklim değişikliğinin Türkiye'deki tarımsal üretime etkisini ölçtükleri çalışmada sıcaklık ve nüfus miktarının artması tarımsal üretimi olumsuz etkilerken, yağış ve orta öğrenim diplomalı kişi sayısındaki artışın ise tarımsal üretimi olumlu etkilediği sonucuna ulaşmışlardır.

Tarım sektörü bilhassa gelişmekte olan ülke ekonomilerinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu bağlamda ilgili ülkelerin tarım sektörüne ilişkin yapılan çalışmalar önem arz etmektedir. Çoğu zaten coğrafi konumu itibarıyla sıcak bir iklim kuşağında yer alan bu ülkelere ilişkin bulgular (Warsame, Sheik-Ali, Ali ve Sarkodie, 2021; Abdi, Warsame ve Sheik-Ali, 2023; Huong ve diğerleri, 2022; Asfew ve diğerleri, 2023; Chandio ve diğerleri, 2024) hem ülke ekonomilerine etkileri bakımından hem de gıda güvencesinin sağlanması bakımından önem arz etmektedir.

İklim değişikliğinin tarım sektörüne olan bazı etkilerinin herkes tarafından daha hissedilir hale gelmesi son dönem yapılan çalışmaların sayısında bir artış getirmekle birlikte konunun gıda güvencesi bağlamında da tartışılır hale gelmesine neden olmuştur. Öte yandan gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliği karşısındaki kırılganlığının yüksek olması son dönemde yapılan çalışmaların daha çok bu ülkelere yönelmesine neden olmuştur. Ancak iklim değişikliği ile tarım ilişkisini gıda güvencesi bağlamında ele alınırken yakın dönemli veriler ile gelişmiş ülkelerdeki güncel durumun tespiti önemlidir. Nitekim ABD, Fransa, İtalya gibi ülkeler tarım sektöründe hala yüksek katma değer üretmektedir. Bu bağlamda iklim değişikliği ve tarım sektörü arasındaki ilişkinin iki ülke grubu için de daha detaylı incelenmesi gerek

gıda güvencesinin sağlanması amacıyla gerekse tarım sektörünün ülke ekonomilerindeki ağırlığı ve diğer sektörlerle sağladığı hammadde dolayısıyla elzemdir. Bu amaçla ilgili çalışmada iklim değişkenleri ve iklim dışı değişkenlerin tarımsal üretimi uzun ve kısa dönemde nasıl etkilediği gelişmiş ve gelişmekte olan 36 ülke için analiz edilmiştir.

3. Metodoloji

3.1. Veri

Veri kısıtı dolayısıyla, çalışmada 18 gelişmiş ülke ile 18 gelişmekte olan ülkede iklim değişikliğinin 2000-2021 döneminde tarımsal üretim üzerindeki etkisi ile değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişki analiz edilmiştir. Sıcaklık, yağış ve CO₂ emisyonu tarım sektörünü etkileyen en önemli iklim göstergeleri olarak modele dahil edilmiştir (Holden ve diğerleri, 2003: 181). Bununla birlikte su stresi ve su kıtlığı tarım sektörünün karşı karşıya kaldığı önemli bir sorundur (FAO 2024b). Dolayısıyla su stresi verisinin modele dahil edilmesi iklim değişikliği etkilerinin gözlemlenebilmesi bağlamında önem arz etmektedir. Modelde yer alan değişkenlerden tarım sektörünün GSYH içindeki payı, sıcaklık, yağış ve tarım alanı yüzdesine ait veriler Dünya Bankası veri tabanından; CO₂ emisyon verisi Ourworldindata veri tabanından, tarımsal su stresi verisi ise FAO'dan alınmıştır. Yapılan analizlerde Gauss kodları ile Eviews 13.0 paket programı kullanılmıştır.

Modelde ele alınan değişkenler Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Analizde Kullanılan Değişkenler

Değişkenler	Gösterim	Tanımı	Birimi
Tarım sektörünün GSYH içindeki payı	TRM	Bağımlı değişken	Yüzde
CO ₂ emisyonu	CO2	Bağımsız değişken	Kişi Başına Emisyon
Yağış miktarı	YM	Bağımsız değişken	Milimetre
Sıcaklık	SCK	Bağımsız değişken	Santigrat Derece
Tarımsal su stresi seviyesi	SST	Bağımsız değişken	Yüzde
Tarım alanı yüzdesi	TAY	Kontrol değişkeni	Yüzde

Analizde ele alınmak istenen tarımda enerji kullanımı, tarımda çalışan nüfus, gübre kullanımı gibi kontrol değişkenler çoklu doğrusal bağlantı problemi nedeni ile analize dahil edilmemiştir.

Tablo 2. Gelişmiş Ülkelere Ait Değişkenlerin Tanımsal İstatistik Bilgileri

İstatistikler	TRM	CO2	YM	SCK	SST	TAY
Ortalama	1.669	9.089	885.114	10.682	43.168	7.235
Medyan	1.520	8.691	808.100	10.300	45.883	2.440
Maksimum	5.435	21.282	1824.710	22.780	73.732	34.830
Minimum	0.544	3.538	343.510	0.380	2.6938	0.109
St. sapma	0.867	3.811	295.091	4.452	18.283	9.060
Korelasyon Matrisi						
		CO2	YM	SCK	SST	TAY
	CO2	1.000	-0.069	0.087	0.022	-0.050
	YM		1.000	-0.333	-0.375	0.069
	SCK			1.000	0.378	0.330
	SST				1.000	0.063
	TAY					1.000

Gelişmiş ülkeler için ele alınan değişkenlerin ortalama değerleri Tablo 2’de yer almaktadır. Buna göre değişkenlerin ortalama değerleri: TRM 1.669 ± 0.867 , CO2 9.089 ± 3.811 , YM 885.114 ± 295.091 , SCK 43.168 ± 18.283 ve TAY 7.235 ± 9.060 olarak belirlenmiştir. Modelde dengeli panel verileri ile çalışılmış ve gelişmiş ülkelere dair 396 gözleme yer verilmiştir.

Korelasyon matrisine bakılarak değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorununun varlığı kontrol edilmiş ve korelasyon katsayılarının tüm değerlerinin 0.40’ın altında çıkması ile değişkenler arasında yüksek ilişkinin olmadığı gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Gelişmekte Olan Ülkelere Ait Değişkenlerin Tanımsal İstatistikleri

İstatistikler	TRM	CO2	YM	SCK	SST	TAY
Ortalama	8.284	6.921	663.867	17.366	48.158	135.133
Medyan	6.546	4.879	543.845	17.570	55.462	27.100
Maksimum	40.741	34.138	3568.670	29.090	80.847	1546.370
Minimum	0.627	0.918	10.850	6.300	3.306	0.460
St. sapma	6.380	5.971	718.778	7.224	23.497	293.673
Korelasyon Matrisi						
		CO2	YM	SCK	SST	TAY
	CO2	1.000	-0.259	0.189	-0.062	0.321
	YM		1.000	0.232	-0.158	-0.332
	SCK			1.000	-0.332	0.311
	SST				1.000	-0.174
	TAY					1.000

Tablo 3'ten de görüleceği üzere gelişmekte olan ülkeler için ele alınan değişkenlerin ortalama değerleri; TRM 8.284 ± 6.380 , CO₂ 6.921 ± 5.971 , YM 663.867 ± 718.778 , SCK 17.366 ± 7.224 , SST 48.158 ± 23.497 ve TAY 135.133 ± 293.673 olarak belirlenmiştir. Modelde dengeli panel verileri ile çalışılmış ve gelişmekte olan ülkelere dair 396 gözleme yer verilmiştir.

Korelasyon matrisi katsayılarının tüm değerleri 0.40'ın altında olduğu için ele alınan bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorununa rastlanmamıştır.

Modelde yer alan ülkeler IMF sınıflandırması dikkate alınarak seçilmiştir. Çalışmanın örneklemini Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Çalışmanın Örneklemini

	Gelişmiş Ülkeler	Gelişmekte Olan Ülkeler
1	Amerika Birleşik Devletleri	Irak
2	Almanya	Ukrayna
3	Çek Cumhuriyeti	Brezilya
4	İtalya	Suriye
5	Birleşik Krallık	Malezya
6	Hollanda	İran
7	İspanya	Polonya
8	Fransa	Romanya
9	Yunanistan	Hindistan
10	Avustralya	Çin
11	Danimarka	Birleşik Arap Emirlikleri
12	Belçika	Bulgaristan
13	Japonya	Mısır
14	Avusturya	Suudi Arabistan
15	İsviçre	Azerbaycan
16	İsveç	Lübnan
17	Norveç	Kazakistan
18	Portekiz	Türkiye

Kaynak: IMF(2023: 120-125)

3.2. Araştırmanın Hipotezleri ve Model

Çalışmanın temel hipotezi; modelde yer alan 18 gelişmiş ve 18 gelişmekte olan ülkede tarım sektörünün GSYH içerisindeki payının CO₂ emisyonu, tarımsal su stresi seviyesi, yağış, sıcaklık ve tarım alanı ile anlamlı ilişkisi olduğu yönündedir. Bu bağlamda geliştirilen hipotezler şu şekildedir:

H₁: CO₂ değişkeni ile TRM değişkeni arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

CO₂ emisyonunun tarım üretimine etkisi farklı şekillerde gerçekleşmektedir. Öncelikle CO₂'nin sera gazı emisyonları içerisinde en yüksek paya sahip olması sera etkisini güçlendirerek iklim değişikliğinin tarım sektörüne olan etkisi üzerinden önemli bir rol oynamaktadır. Diğer yandan ise CO₂ gübrelemesi sayesinde yetiştirilen ürünlerde verimlilik artışının yaşanması mümkündür (Tezcan vd., 2011; Moore vd., 2017).

H₂: YM değişkeni ile TRM değişkeni arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Tarımsal üretim süreçlerinde önemli bir girdi olan yağış miktarında ve rejiminde yaşanan değişiklikler tarımsal ürünlerin hem kalitesini hem de miktarını etkileyen önemli bir faktördür (Rosenzweig vd., 2001: 95). Tarım sektörü suya olan bağımlılığı dolayısıyla yağışta meydana gelen değişimlere karşı hassastır. Nitekim dünya üzerinde ekilen arazilerin yaklaşık %80'inde su ihtiyacı yağmurla giderilmektedir (Molden vd., 2011; Kibele Proje Danışmanlık 2021: 52).

H₃: SCK değişkeni ile TRM değişkeni arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Bitkilerin büyüme dönemlerinde ideal sıcaklık aralığında bulunmaları verimlilikleri üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Nitekim sıcaklıklardaki artış ürünün olgunlaşma dönemini erkene çekebilecek ve ürünlerin gelişimlerinin erken dönemlerinde zararlılarla karşılaşması verimlilikleri üzerinde olumsuz etki yaratabilecektir (Rosenzweig vd., 2001:102). Bu bağlamda sıcaklık tarım sektörünün GSYH içerisindeki payını etkileyen önemli bir iklim faktörü olarak modele dahil edilmiştir.

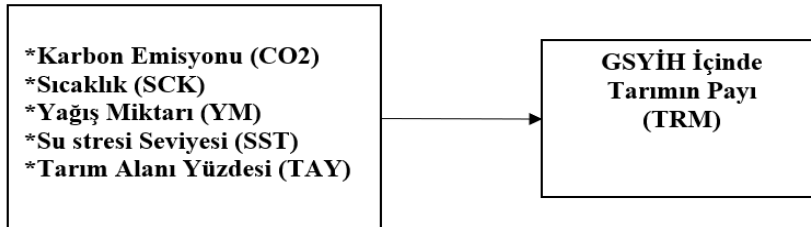
H₄: SST değişkeni ile TRM değişkeni arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

FAO'nun hesapladığı tarımsal su stresi seviyesi hesaplama yöntemi itibarıyla su kaynaklarının etkin kullanımına dair önemli bir ölçümdür. Tarım sektörü için hesaplanan su stresi seviyesi tarım sektöründe kullanılmak üzere çekilen suyun, çevresel su gereksinimlerinin dikkate alındığı toplam su kaynaklarına oranlanması ile hesaplanmaktadır (FAO 2024c). Su stresi seviyesinin yüksek olması ilgili ülkede su kaynaklarının tarımsal üretim süreçlerinde sürdürülebilir şekilde kullanılmadığının ve bu yönde önlem alınması gerektiğinin bir göstergesidir.

H₅: TAY değişkeni ile TRM değişkeni arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Tarımsal üretim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği alanların artması tarımın büyümeye katkısını doğrudan etkileyen bir diğer faktördür. Nitekim tarım alanlarının artırılması daha fazla ürün yetiştirilmesine imkan vereceği için bunun tarımsal üretimde olumlu bir etki yaratması beklenmektedir.

Araştırmaya yönelik model şekil 1'de belirtilmiştir.



Şekil 1. Araştırmanın Modeli

3.3. Araştırmanın Yöntemi

Söz konusu çalışmada, ele alınan değişkenlerin tarımsal üretim üzerindeki etkisi hem ülke hem de zaman boyutu ile analiz edilmektedir. Yapılacak analizler öncesinde modelde ele alınan değişkenlere ilişkin tanımsal istatistiki bilgiler Tablo 2 ve 3'te verilmiştir. Çalışmada öncelikle Pesaran ve Yamagata (2008) homojenlik testi ile ele alınan değişkenlerin eğim katsayılarının homojenliği test edilmiştir. Sonrasında yatay kesit bağımlılığı test edilmiştir çünkü yatay kesit bağımlılığı var ise tahminlerin daha etkin, tutarlı ve güçlü yapılması için ikinci nesil birim kök testleri uygulanmaktadır. Yatay kesit bağımlılığının kontrolü Pesaran (2004) CD_{LM} testi kontrol edilmiştir. Test sonuçları modelde yatay kesit bağımlılığı olduğunu göstermektedir. Daha sonra ikinci nesil durağanlık sonuçlarına bakmak için analize dahil edilen her ülke için bulunan CADF istatistiklerinin aritmetik ortalaması alınarak, CIPS istatistiği hesaplanmıştır. CIPS istatistiği sonuçlarına göre serilerin birinci mertebe fark için durağan oldukları tespit edilmiştir. Sonraki aşamada ise Westerlund ve Edgerton (2007) LM Bootstrap Panel Eşbütünleşme Testi uygulanmış ve seriler arasında uzun dönemli ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır. Westerlund ve Edgerton (2007) testi küçük örneklemli modellerde iyi sonuçlar vermesi dolayısıyla tercih edilmiştir. Serilerin eşbütünleşik olup uzun dönemli ilişkisi tespit edilerek, uzun dönem eşbütünleşme katsayıları Panel Genişletilmiş Ortalama Grup (Augmented Mean Group, AMG) yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Son olarak bağımlı değişkende ortaya çıkan dengesizliğin gelecek dönemde ne kadarının düzeltileceğinin belirlenmesi amacıyla hata düzeltme modeli ile değişkenler arasındaki ilişkilerin kısa dönem varlığı incelenmiştir.

3.4. Homojenliğin Test Edilmesi

İlk olarak, panel veri analizlerinde modelde yer alan değişkenlerin homojenliği test edilmelidir. Değişkenlerin homojen ya da heterojenliği, modelde kullanılacak birim kök testleri ve eşbütünleşme testlerinin belirlenmesi için gereklidir. Testin hipotezleri şu şekilde ifade edilmektedir;

H_0 : Eğim katsayıları homojendir

H_1 : Eğim katsayıları homojen değildir

Tablo 5. Pesaran ve Yamagata (2008) Homojenlik Testi Sonuçları

Gelişmekte Olan Ülkeler			Gelişmiş Ülkeler		
	Test istatistiği	Olasılık (p)		Test istatistiği	Olasılık (p)
$\tilde{\Delta}$	8.314	0.000*	$\tilde{\Delta}$	9.811	0.000*
$\tilde{\Delta}_{adj}$	9.407	0.005*	$\tilde{\Delta}_{adj}$	11.562	0.000*

*0.05 düzeyinde anlamlı

Tablo 5'te hesaplanan testlerin p-değerleri her iki ülke grubu için de 0.05'ten küçük olduğu için eğim katsayılarının homojen olduğunu belirten H_0 reddedilmiştir. Test sonuçlarına göre, eğim katsayılarının homojen olmaması dolayısıyla heterojenlik varsayımına dayanan birinci nesil durağanlık testlerinden yararlanılacaktır.

3.5. Yatay Kesit Bağımlılığının Testi

Panelde yer alan yatay kesit birimlerinin bağımsız olması birimlerden birini etkileyen şokun diğer tüm birimleri de aynı düzeyde etkilediği varsayımına dayanmaktadır. Ancak birimlerden birini etkileyen şokun diğer birimleri farklı düzeyde etkilemesi daha olasıdır. Bu nedenle durağanlık testlerine geçmeden önce yatay kesit bağımlılığın kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu, uygulanacak durağanlık testlerinin birinci nesil mi ikinci nesil mi olacağını belirlemek için gerekli bir koşuldur.

Yatay kesit bağımlılığı test edilirken panelin zaman boyutunun yatay kesit boyutundan büyük olduğu durumda Breusch-Pagan (1980) Lagrange Multiplier (LM) testi; zaman ve mekân boyutlarının her ikisinin de büyük olduğu durumda ise Pesaran (2004) Cross-Section Dependence (CD) testi kullanılabilir. Bununla birlikte bu test, grup ortalaması sıfır ve bireysel ortalama sıfırdan farklı ise sapmalı olmaktadır. Sapmayı düzeltmek için Pesaran vd. (2008) tarafından test istatistiğine varyans ve ortalama da eklenmiştir. Bundan dolayı testin ismi sapması düzeltilmiş LM testi (LM_{adj}) olarak belirtilmektedir. Bu çalışmada Breusch-Pagan (1980) LM testi kullanılmıştır çünkü her ülke grubunda 18 ülke ($N=18$) ve 22 yıl ($T=22$) olduğundan $T>N$ durumu vardır. Tablo 6'da yatay kesit bağımlılığı test sonuçları sunulmuştur Testin hipotezleri şu şekilde ifade edilmektedir:

H_0 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H_1 : Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Tablo 6. Breusch-Pagan (1980) LM Test Sonuçları

Ülke grubu	Değişkenler		Breusch-Pagan (1980) LM
Gelişmekte Olan Ülkeler	TRM	t ist	9.584
		p	0.001*
	CO2	t ist	8.202
		p	0.000*
	YM	t ist	9.112
		p	0.000*
	SCK	t ist	9.614
		p	0.000*
	SST	t ist	8.443
		p	0.000*
	TAY	t ist	10.473
		p	0.000*
Gelişmiş Ülkeler	TRM	t ist	8.487
		p	0.000*
	CO2	t ist	8.991
		p	0.000*
	YM	t ist	11.307
		p	0.000*
	SCK	t ist	10.245
		p	0.000*
	SST	t ist	9.476
		p	0.000*
	TAY	t ist	10.822
		p	0.000*

* 0.05 düzeyinde anlamlı

Tablo 6'daki sonuçlara göre; p-değerleri 0.05'ten küçük olduğu için, H_0 reddedilememektedir. Paneli oluşturan ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığı tespit edilmiştir. Bu durumda, panelde yer alan ülkelerden birinde meydana gelen şok, diğer ülkeleri de etkilemektedir. Dolayısıyla bir sonraki adımda yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil birim kök testleri ile analize devam edilecektir.

3.6. İkinci Nesil Birim Kök Sonuçları

Modelde ele alınan gelişmiş ülke ve gelişmekte olan ülke gruplarında Breusch-Pagan (1980) LM test sonuçlarına göre, yatay kesit bağımlılığı tespit edilmesi nedeniyle, serilerin durağanlığının testi ikinci kuşak birim kök testleri ile gerçekleştirilecektir. Bu amaçla modelde CADF testi kullanılmıştır. Panel genelinde birim kökün varlığını test edebilmek amacıyla; her ülke için CADF istatistikleri bulunarak aritmetik ortalaması alınmış ve CIPS istatistiği hesaplanmaktadır. CADF testinin hipotezleri şöyledir;

H_0 : Birim kök var

H_1 : Birim kök yok

Tablo 7. CIPS Test Sonuçları

Ülke grubu	Değişkenler	CIPS istatistiği
Gelişmekte Olan Ülkeler	ΔTRM	-7.784*
	ΔCO_2	-8.614*
	ΔYM	-8.905*
	ΔSCK	-9.287*
	ΔSST	-9.416*
	ΔTAY	-8.903*
Gelişmiş Ülkeler	ΔTRM	-10.536*
	ΔCO_2	-9.361*
	ΔYM	-10.824*
	ΔSCK	-9.860*
	ΔSST	-8.783*
	ΔTAY	-10.003*

*birinci merteye fark için durağan seri

Not: CIPS için Pesaran (2007) s. 281 Tablo IIc'de %5 anlamlılık düzeyindeki kritik değer = -2.986'dır. Gecikme sayısı, Schwarz Bilgi Kriteri dikkate alınarak belirlenmiştir. Trend+sabit modeli çalışılmıştır.

Hesaplanan CIPS istatistiği, tabloda belirtilen kritik değerinden büyüktür, dolayısıyla H_0 reddedilmiştir. Bu durumda panelde yer alan serilerde birinci merteye fark alındıktan sonra birim kök olmadığı belirlenmiştir. O halde, seriler düzey değerlerinde durağan değildir, birinci merteye fark alındığında durağan hale gelmektedir. Seriler

düzey değerlerinde durağan olmadıklarından birinci mertebe farkları alınarak eşbütünleşme analizi uygulanacaktır.

3.7. Westerlund & Edgerton (2007) LM Bootstrap Panel Eşbütünleşme Testi

Panel veri analizlerinde eşbütünleşme teknikleri, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi zaman serisi (T) ve yatay kesit (N) boyutunda test etmek amacıyla kullanılır. İlgili çalışmada değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin belirlenmesi amacıyla Westerlund & Edgerton (2007) tarafından geliştirilen LM bootstrap panel eşbütünleşme testi kullanılmıştır.

Tablo 8. Westerlund ve Edgerton (2007) LM Bootstrap Eşbütünleşme Sonuçları

LMN ⁺	Gelişmekte olan ülkeler					
	Sabit			Sabit+trend		
	İstatistik	Asimptotik p-değeri	Bootstrap p-değeri	İstatistik	Asimptotik p-değeri	Bootstrap p-değeri
	7.578	0.146	0.198	8.301	0.217	0.299
LMN ⁺	Gelişmiş ülkeler					
	Sabit			Sabit+trend		
	İstatistik	Asimptotik p-değeri	Bootstrap p-değeri	İstatistik	Asimptotik p-değeri	Bootstrap p-değeri
	9.167	0.185	0.194	10.048	0.325	0.402

Bootstrap olasılık değerleri 10.000 tekrarlı dağılımdan, asimptotik olasılık değerleri ise standart normal dağılımdan elde edilmiştir. Gecikme ve öncül seviyeleri 1 alınmıştır. Tablo 8’de yer alan sonuçlara göre modelde dikkate alınan seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi söz konusudur ($p>0.05$). Bu serilerin uzun dönemde birlikte hareket ettiğini göstermektedir. Serilerin eşbütünleşik olduklarına karar verilmesinin ardından, eşbütünleşme tahmincileri kullanılarak modelde yer alan katsayılar tahmin edilebilecektir.

3.8. Uzun Dönem Eşbütünleşme Katsayılarının Tahmini

Bu çalışmada Genişletilmiş Ortalama Grup (Augmented Mean Group) yöntemi ile uzun dönem eşbütünleşme katsayıları belirlenmiştir. Eberhardt ve Teal (2010, 2011) ile Eberhardt ve Bond (2009) tarafından geliştirilen bu yöntem hem kesitler arasındaki bağımlılıkları dikkate alması hem de kesit denklemlerinin farklı katsayılarının tahminine yani heterojenliğe olanak sağlaması dolayısıyla avantajlıdır. Bununla birlikte, ilgili yöntemde değişkenlerin bütünleşme derecelerinin aynı olması koşulu da yoktur.

Tablo 9: Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Uzun Dönem Eşbütünleşme Katsayıları

Ülkeler	Katsayılar				
	<i>FlogCO2</i>	<i>FlogYM</i>	<i>FlogSCK</i>	<i>FlogSST</i>	<i>FlogTAY</i>
Irak	-0.011	0.035*	-0.040**	-0.042*	0.038*
Ukrayna	-0.014*	0.027*	-0.021*	-0.028*	0.032*
Brezilya	-0.019**	0.028*	-0.029*	-0.023*	0.040*
Suriye	-0.012	0.029*	-0.027**	-0.040*	0.022*
Malezya	-0.014*	0.033*	-0.028*	-0.025*	0.029*
İran	-0.013*	0.038*	-0.029**	-0.043*	0.034*
Polonya	-0.019*	0.021*	-0.026*	-0.028*	0.030*
Romanya	-0.018*	0.029*	-0.022*	-0.027*	0.031*
Hindistan	-0.016*	0.023*	-0.028**	-0.031**	0.036**
Çin	-0.018**	0.030*	-0.025**	-0.038*	0.042*
BAE	-0.015*	0.034*	-0.041*	-0.046*	0.048*
Bulgaristan	-0.020*	0.024*	-0.030*	-0.037*	0.039*
Mısır	-0.018	0.033*	-0.038*	-0.043*	0.045*
S. Arabistan	-0.014*	0.035*	-0.039*	-0.048*	0.049*
Azerbaycan	-0.018**	0.027*	-0.028*	-0.030*	0.036*
Lübnan	-0.013	0.030*	-0.031**	-0.039*	0.040*
Kazakistan	-0.012	0.025*	-0.032*	-0.037*	0.041*
Türkiye	-0.010	0.028*	-0.029*	-0.039*	0.043*
PANEL	-0.012**	0.023*	-0.034*	-0.036*	0.041*

*0.01 ve **0.05 için anlamlı değişken, (analizde tespit edilen otokorelasyon ve değişen varyans problemleri Newey-West yöntemi ile giderilmiştir). Birinci mertbe farkı belirtmek amacıyla “F” gösterimi kullanılmıştır.

Panel geneline bakıldığında gelişmekte olan ülkelerde CO₂ değişkeni TRM değişkenini %1.2 negatif yönde etkilemektedir. Diğer bir deyişle atmosfere salınan her 100 birimlik CO₂ emisyonu tarımsal üretimi 1.2 birim azaltmaktadır. Nitekim 1850’lerden bu yana artmakta olan CO₂ emisyon miktarı özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısı itibarıyla daha da hızlı şekilde artmıştır. Bununla birlikte Irak, Suriye, Mısır Lübnan, Kazakistan ve Türkiye’deki tarımsal üretim üzerinde CO₂ değişkeni anlamlı bir etkiye sahip değildir. Çalışmanın bulgularını farklı ülke ya da ülke grupları için yapılan çalışmaların sonuçları ile karşılaştırmak mümkündür. Bu bağlamda CO₂ değişkeninin uzun dönemli negatif etkisine yönelik bulguları Chandio vd. 2020b; Chandio vd. 2021; Amponsah, Kofi Hoggar ve Yeboah Asuamah 2015; Baig vd. 2022 ile uyumludur.

Yağış miktarı hem analizde ele alınan ülkelerin tümünde hem de panel genelinde anlamlı bir değişkendir ve tarımsal üretimi olumlu etkilemektedir. YM değişkeni panel genelinde tarımsal üretimi %2.3 pozitif yönde etkilerken; ülkeler özelinde incelendiğinde özellikle Mısır, BAE, Irak, İran, Suriye ve Suudi Arabistan gibi kurak iklim özelliklerine sahip ülkelerde bu etki daha da yüksek görülmektedir. Bununla birlikte çalışmaların ortaya koyduğu sonuçlar gelecek dönemde iklim değişikliğine bağlı olarak bu bölgelerde yağışların azalma eğiliminde olduğudur (FAO, 2024b: 6; Evans, 2009: 427). Dolayısıyla ilgili bölgelerde tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için yağış miktarındaki ve yağış rejimindeki değişim dikkate alınmalıdır. Bulgular Husnain, Subramanian ve Haider 2017; Khan vd. 2019; Chandio

vd., 2020a; Ozdemir 2022 ve Jatuporn ve Takeuchi 2023 ile uyumlu olmakla birlikte, yağış miktarındaki artışın üretimi olumsuz etkilediği sonucuna ulaşan Loum ve Fogarassy, 2015; Ali vd., 2017 ile uyuşmamaktadır.

Sıcaklığın tarımsal üretime etkisi ise olumsuz gözlemlenmiştir. Nitekim sıcaklıkların %1 artması panel genelinde tarımsal üretimi %3.4 azaltmıştır. Sıcaklık artışlarının olumsuz etkisi Irak'ta %4, BAE'de ise %4.1'e kadar çıkmaktadır. Bununla birlikte Suudi Arabistan, Mısır gibi çöl iklimi etkisi altında bulunan diğer ülkelerde de sıcaklık artışı tarımsal üretim üzerinde önemli bir olumsuz etki yaratmaktadır. Literatürde benzer sonuçlara ulaşan diğer çalışmalar ise şunlardır: Lobell, Schlenker ve Costa-Roberts 2011; Chandio vd., 2020a; Husnain, Subramanian ve Haider 2017; Khan vd. 2019; Jatuporn ve Takeuchi 2023 ve Bhuyan, Mohanty ve Patra 2023.

Tarımsal su stresi seviyesi de tarımsal üretimi etkileyen anlamlı bir diğer değişkendir. Tarımsal su stresinin %1 artması panel genelinde tarımsal üretimin %3.6 azalmasına neden olmaktadır. Özellikle kurak ya da yarı kurak iklim özelliklerine sahip ülkelerde optimal su seviyesinin sağlanması tarımsal üretim sürecinde verimlilik artışı için önem arz etmektedir. Nitekim analiz sonuçları bunu doğrulamaktadır. Irak, BAE, Suriye, Suudi Arabistan gibi kurak ve yarı kurak iklim özelliklerine sahip ülkelerde SST değişkeninin tarımsal üretimde neden olduğu verim azalışı %4'ün üzerindedir. Sıcaklıklardaki artışın da benzer yönlü olumsuz etki yarattığı dikkate alındığında söz konusu ülkelerde tarımsal sürdürülebilirliğin ve gıda güvencesinin sağlanabilmesi için gerekli önlemlerin alınarak uygulamaya geçirilmesi kritik öneme sahiptir. Bilhassa kıt olan su kaynaklarının tarımda sürdürülebilir kullanımına yönelik geliştirilecek politika, teşvik ve yatırım gibi desteklemeler ile etkin sulama sistemlerine geçiş sağlanabilecektir.

Son olarak tarımsal alan yüzdesi de tarımsal üretimi olumlu ve anlamlı yönde etkileyen bir diğer değişkendir. Panel geneline bakıldığında tarımsal alandaki %1'lik artışın, tarımsal üretime %4.1 olumlu katkı sağladığı görülmektedir. Nitekim Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri gibi ekilebilir arazinin sınırlı olduğu ülkelerde tarım alanı artışının tarımsal üretime katkısı önemli ölçüde gözlemlenmektedir. Benzer sonuçlara Chandio vd., 2020a; Husnain, Subramanian ve Haider 2017; Bhuyan, Mohanty ve Patra 2023; Jatuporn ve Takeuchi 2023 ve Janjua, Samad ve Han 2014 çalışmalarında da rastlanmaktadır.

Panel sonuçlarına göre iklim değişikliğini temsil etmesi amacıyla ele alınan değişkenlerin tarımsal üretim üzerindeki toplam etkisi negatiftir. İklim değişikliğinin tarımsal üretime olan etkisi yalnızca ekonomik büyüme bağlamında ele alınmamalıdır. Bu durumun ekonomi üzerindeki etkisi farklı göstergelerde de kendini gösterebilmektedir. Nitekim gelişmekte olan ülkelerde istihdam içerisinde tarım sektörü önemli bir yer tutmaktadır. Ülkeler arasında farklılık göstermekle birlikte Hindistan'da nüfusun %44'ü, Azerbaycan'da ise %36'sı tarım sektöründe istihdam edilmektedir. Dolayısıyla iklim değişikliğine bağlı olarak bu ülkelerin tarım sektöründe yaşanan üretim kayıplarının ekonomi üzerindeki etkisi işsizlik aracılığıyla da meydana gelebilecektir. Bununla birlikte tarım sektörü sanayi sektörü için önemli bir hammadde üreticisidir. Dolayısıyla tarımsal üretim sürecinde meydana gelen verimlilik azalışı tarım ile bağlantılı diğer sektörler üzerinde de etki yaratmaktadır. Tarımsal üretimdeki azalmanın ekonomi üzerindeki bir diğer yansıması da dış ticaret aracılığıyla olacaktır. Bilhassa tarım ürünlerinin dış ticaret içerisindeki payının yüksek olduğu bölgelerde ihracattaki azalma ülkelerin döviz gelirlerini azaltıcı etki

yaratacaktır. Öte yandan ülke için gıda talebinin karşılanması amacıyla ithalatlarının artması ise döviz giderlerini artırıcı etki yaratacaktır.

Tablo 10: Gelişmiş Ülkeler İçin Uzun Dönem Eşbütünleşme Katsayıları

Ülkeler	Katsayılar				
	<i>FlogCO2</i>	<i>FlogYM</i>	<i>FlogSCK</i>	<i>FlogSST</i>	<i>FlogTAY</i>
ABD	-0.043*	0.039*	-0.042*	-0.045*	0.027*
Almanya	-0.040*	0.036*	-0.037*	-0.041*	0.022*
Ç. Cumhuriyeti	-0.034**	0.026*	-0.034*	-0.038*	0.020*
İtalya	-0.038**	0.031*	-0.038**	-0.044*	0.028*
Birleşik Krallık	-0.043*	0.036*	-0.040*	-0.039*	0.025*
Hollanda	-0.021*	0.033*	-0.022**	-0.037*	0.022*
İspanya	-0.039*	0.029*	-0.038*	-0.043*	0.029*
Fransa	-0.038*	0.025*	-0.035*	-0.044*	0.030*
Yunanistan	-0.039**	0.027*	-0.038*	-0.039*	0.032**
Avustralya	-0.034*	0.032*	-0.029*	-0.036*	0.038*
Danimarka	-0.029*	0.036**	-0.023*	-0.035**	0.028*
Belçika	-0.024*	0.028**	-0.032*	-0.036*	0.036*
Japonya	-0.041*	0.036*	-0.040*	-0.031*	0.039*
Avusturya	-0.044*	0.037*	-0.036*	-0.038*	0.034*
İsviçre	-0.025*	0.024**	-0.023*	-0.027*	0.039*
İsveç	-0.023*	0.028**	-0.024**	-0.029**	0.035*
Norveç	-0.021*	0.022**	-0.030*	-0.034**	0.040*
Portekiz	-0.026*	0.023*	-0.027*	-0.038*	0.033*
PANEL	-0.037*	0.029*	-0.032*	-0.039*	0.028**

*0.01 ve **0.05 için anlamlı değişken, (analizde tespit edilen otokorelasyon ve değişen varyans problemleri Newey-West yöntemi ile giderilmiştir). Birinci mertebe farkı belirtmek amacıyla ‘‘F’’ gösterimi kullanılmıştır.

Panel geneline bakıldığında gelişmiş ülkelerde CO₂ değişkeni tarımsal üretimde %3.7 negatif etkiye sahiptir. CO₂ emisyonunun tarımsal üretime olan etkisi tüm ülkelerde olumsuz olmakla birlikte Avusturya, Japonya, ABD ve Birleşik Krallık gibi bazı ülkelerde %4’ün üzerinde gerçekleştirmiştir. Yağış miktarının tarımsal katma değer üzerindeki etkisi ise olumlu ve pozitif yönde gerçekleşmiştir. Gelişmiş ülkelerde yağış miktarındaki %1’lik artış, tarımın GSYH içerisindeki payını %2.9 artırmıştır. Sıcaklık artışı panel genelini %3.2 negatif yönde etkilemekle birlikte, bu etki Japonya, Birleşik Krallık’ta %4, ABD’de ise %4.2 olarak gerçekleşmiştir.

Tarımsal su stresi seviyesinin artması gelişmiş ülkeler için de tarımsal üretimi olumsuz etkileyen önemli bir değişkendir. Panel genelinde tarımsal su stresindeki %1 oranında artış, tarımsal üretimi %3.9 azaltmaktadır. Tarımsal su stresinin etkisi ABD, Almanya, Fransa, İtalya ve İspanya gibi ülkelerde daha da derinleşmektedir. Söz konusu ülkelerde tarımsal su stresinin tarımsal üretime olumsuz etkisi %4’ten fazladır. Gelişmiş ülkelerde tarımsal alan artışının tarımsal üretime etkisi ise olumlu yönde %2.8 (p<0.05) olarak gerçekleşmiştir.

Modelde dikkate alınan değişkenlerin tarım üretimine toplam etkisi hem gelişmiş ülkelerde hem de gelişmekte olan negatif yönlü olmaktadır. Bu etki, hızla artmakta olan dünya nüfusu dikkate alındığında gıda güvencesi bağlamında da değerlendirilmelidir. Nitekim FAO tarafından 2024 yılında yayımlanan Gıda Güvencesi (Food Security 2024) raporuna göre 2030 yılı itibarıyla yaklaşık %53’ü

Afrika bölgesinde yaşayan 582 milyon insanın kronik gıda yetersizliği ile mücadele edeceği öngörülmektedir. Rapordaki önemli bulgulardan bir diğeri ise sürdürülebilir kalkınma amaçlarından ikincisi olan Sıfır Açlık hedefine ulaşılmasının için güç olduğudur (FAO 2024a: xvi).

İklim değişikliği çalışmada ele alınan gerek gelişmiş ülkelerin gerekse geliştirmekte olan ülkelerin tarım sektörlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla birlikte analize dahil edilen ülke grupları iklim değişikliğinin tarım sektörlerine etkisini en aza indirebilmek için geliştirilmesi gereken uyum politikaları konusunda mali ve teknolojik kaynaklara erişmekte eşit koşullara sahip değildir. Geliştirmekte olan ülkeler için gerek finansal kaynaklara erişim gerekse teknolojik altyapının oluşturulması gelişmiş ülkelere göre daha zordur. Söz konusu farklılık azaltım politikalarının uygulanmasında da kendisini göstermektedir. Örneğin Avrupa Çevre Ajansı'nın 2022 yılında yayımladığı rapora göre 1990 yılında Avrupa Birliği ülkelerinde tarım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonu 532 milyon ton iken, 2020 yılında 424 milyon tona gerilemiştir (EEA, 2022: 568).

3.6. Kısa Dönem Analizi: Hata Düzeltme Modeli

Modelde hata düzeltme teriminden faydalanılarak, eşbütünleşik seriler arasında kısa dönemde meydana gelen nedensellik ilişkisi tespit edilmektedir.

Tablo 11: Kısa Dönem Hata Düzeltme Modeli Katsayı Tahminleri

Geliştirmekte olan ülkeler				
Bağımlı Değişken: ΔLogTRM_t	Katsayı	St. hata	t-İstatistiği	p
ΔLogCO2_t	-0.010	0.003	-3.333	0.000*
ΔLogYM_t	0.019	0.005	3.800	0.000*
ΔLogSCK_t	-0.025	0.007	-3.571	0.012*
ΔLogSST_t	-0.029	0.004	-7.250	0.006*
ΔLogTAY_t	0.035	0.011	3.182	0.000*
ΔECT_{t-1}	-0.421	0.066	-6.379	0.009*
Sabit	2.594	0.609	4.259	0.000*
$R^2=0.519$, $DW=2.09$, $J-B=0.266$, Harvey test(p)=0.147				
Gelişmiş ülkeler				
Bağımlı Değişken: ΔLogTRM_t	Katsayı	St. hata	t-İstatistiği	p
ΔLogCO2_t	-0.031	0.008	3.750	0.002*
ΔLogYM_t	0.021	0.004	5.250	0.000*
ΔLogSCK_t	-0.027	0.006	4.501	0.003*
ΔLogSST_t	-0.032	0.010	3.200	0.000*
ΔLogTAY_t	0.023	0.007	3.286	0.000*
ΔECT_{t-1}	-0.484	0.052	-9.308	0.000*
Sabit	1.683	0.427	3.941	0.014*
$R^2=0.534$, $DW=2.11$, $J-B=0.283$, Harvey test(p)=0.315				

Not: *0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı, JB, Jarque-Bera normallik testi olasılık değerini ifade etmektedir. Tahminlerdeki otokorelasyon ve değişen varyans problemlerini gidermek için Newey-West yöntemi uygulanmıştır.

Hem gelişmiş hem de geliştirmekte olan ülke modellerinde hata düzeltme mekanizmaları çalışmaktadır. Model bulgularına göre kısa dönemde gelişmiş

ülkelerde meydana gelen sapmaların %48.4'ü, gelişmekte olan ülkelerde meydana gelen sapmaların ise %42.1'i ortadan kalkmaktadır.

Modele açıklayıcı olarak dahil edilen değişkenlerin kısa dönemli etkileri de uzun dönemdeki etkilere benzer şekilde ortaya çıkmaktadır. CO₂ emisyonundaki, sıcaklıktaki ve tarımsal su stresi seviyesindeki artış hem gelişmiş ülkelerde hem de gelişmekte olan ülkelerde tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir. Yağış miktarındaki ve tarımsal alandaki artış ise üretim üzerinde olumlu etki yaratmaktadır. Bununla birlikte söz konusu etkiler kısa dönemde daha düşük düzeyde gözlemlenmişken, uzun dönemde etki daha da derinleşmektedir. Bu özellikle iklim değişikliği ile mücadele sürecinde politika geliştirilirken dikkat edilmesi gereken oldukça önemli bir bulgudur. Gerek küresel gerekse ulusal bağlamda iklim krizinin etkilerinin uzun dönemde daha da belirginleştiği dikkate alınarak politikalar geliştirilmelidir.

4. Sonuç

Sanayi Devrimi'nden bu yana atmosferdeki sera gazlarının hızlı şekilde artmasının neden olduğu iklim değişikliğinin sıcaklık artışı, yağış rejiminin değişmesi, çölleşme ya da kuraklık gibi etkileri herkes tarafından hissedilmektedir. İklimin insan hayatını tüm yönleriyle etkileyen bir olgu olması dolayısıyla iklim değişikliğinin etkileri ve sonuçları da farklı disiplinlerce incelenmektedir. Tarım sektörü yapısal koşulları itibarıyla iklim krizinin etkilerine en açık sektörlerden biridir. Bununla birlikte tarımsal üretim faaliyetleri esnasında atmosfere yayılan gazlar sera etkisi yaratarak iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliği ve tarım sektörü arasındaki ilişki, tarım sektörünün iktisadi bir faaliyet olması nedeniyle konunun iktisadi açıdan da ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda bu çalışmada iklim değişikliğinin tarım sektörünün GSYH içerisindeki payını nasıl etkilediği hem gelişmiş ülkeler hem de gelişmekte olan ülkeler için kısa ve uzun dönemli olarak incelenmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde tarım sektörünün ekonomideki ağırlığının gelişmiş ülkelere göre daha fazla olması bu ülkeleri iktisadi açıdan iklim değişikliğinin etkilerine karşı daha kırılgan hale getirmektedir. Bununla birlikte gelişmekte olan ülkeler iklim değişikliğinin etkileri karşısında uyum politikaları geliştirebilmek için gerekli teknolojik bilgi ve finansal kaynaklara erişimde dezavantajlı durumdadırlar.

Analiz bulgularına göre CO₂ emisyonundaki artış gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkelerde tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir. Gelecek dönemlerde de emisyon artışının süreceği göz önünde bulundurulduğunda CO₂ emisyonundaki artışın tarım sektörü üzerindeki negatif etkisinin de büyüyeceği ve üretim üzerindeki baskının artacağı değerlendirilmesi yanlış olmayacaktır. Yağış miktarındaki artış ise gelişmekte olan ülkelerde tarımsal üretimi %2.3, gelişmiş ülkelerde ise %2.9 arttırmıştır. İklim değişikliği ile ilgili senaryoların ortaya koyduğu durumda bazı bölgelerde gelecekte yağış miktarında artış beklenmekle birlikte, yağış rejiminde meydana gelebilecek değişimler tarımsal üretim açısından olumsuz etki oluşturabilecektir. Bununla birlikte özellikle kurak iklimin hakim olduğu bölgelerde ise yağış miktarında azalma yaşanacağı öngörüsü hakimdir. İklimin bir diğer göstergesi olan sıcaklıktaki artış ise hem gelişmiş ülkelerde hem de gelişmekte olan ülkelerde tarım üretimini olumsuz etkilemektedir. Tarımsal üretim sürecinde optimal sıcaklıkların sağlanması bitki verimliliğini artıran bir etken iken sıcaklıklardaki yükselişe bağlı ortaya çıkan ısı stresi ise ürünlerin verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Tarımsal su stresi verisi de tarım üretimini etkileyen bir diğer önemli değişkendir. Analize dahil edilen tüm ülkelerde tarımsal üretim su stresi seviyesindeki

artıştan olumsuz etkilenmekle birlikte kurak iklim özelliklerine sahip ülkelerde bu etki neredeyse %5'lere çıkmaktadır. Tarıma ayrılan alandaki artışın tarımsal üretime olumlu yansması beklenen bir etki olmakla birlikte, verimli toprakların tarım sektörü dışında değerlendirilmemesi gerektiğini yönünde de önemli bir hatırlatıcı olmaktadır.

COP26'da açıklanan ulusal katkı beyanları (*Nationally determined contributions, NDCs*) dikkate alındığında 2030 itibarıyla küresel sıcaklık artışının 2°C ile sınırlandırılmasının dahi zor olacağı ifade edilmektedir (IPCC, 2023: 59). Bununla birlikte sera gazı emisyonları sınırlansa dahi iklim değişikliğinin etkilerinin bir süre daha gözlemleneceği bilgisi doğrultusunda, azaltım politikalarının sonuçlarının yakın dönemde tarım sektöründe olumlu etkisini görmek mümkün olmayacaktır. O halde tarım sektöründe iklim krizi ile mücadelede uyum politikaları ağırlık kazanmaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmanın literatüre sunduğu önemli bir katkı, analiz sonuçlarının tarım sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için ülke odaklı politika geliştirilmesinin önemini vurgulamasıdır. Nitekim analize dahil edilen değişkenlerin ülkeler üzerindeki etkisi benzer yönlü olmakla birlikte bazı ülkelerde etkiler daha derin ortaya çıkmaktadır. Bilhassa tarımsal su stresi değişkeninin etkisi tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanmasında su kaynaklarının etkin yönetiminin önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda hükümet politikaları öne çıkmaktadır. Hükümetler gerek kendi gerçekleştirdikleri yatırımlarla gerekse özel sektöre sağladıkları teşviklerle, özellikle de sulama sistemlerine yönelik etkin kullanımı sağlayan teknolojiler geliştirilmesini desteklemelidir. Hükümet destekleri bilhassa küçük çiftçinin ağırlıklı olduğu, emek yoğun üretim gerçekleştirilen geleneksel tarım pratiklerinin hâkim olduğu gelişmekte olan ülkelerdeki tarım sektörü için önem arz etmektedir. Bununla birlikte analizdeki bir diğer önemli sonuç ise iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerindeki etkisinin uzun dönemde daha da belirgin hale geldiği bulgusudur. Bu sonuçlar, iklim değişikliği ile mücadele sürecinde eyleme geçişte zaman unsurunun dikkate alınması ile ilgili önemli bir hatırlatıcı görevi görmektedir.

Çalışmadan çıkarılan en önemli sonuç modele dahil edilen değişkenler arasında tarımsal su stresi seviyesinin tarımsal üretim üzerindeki en önemli belirleyici olmasıdır. Hem iklim değişikliği etkilerinin su kaynakları üzerinde yarattığı baskı hem de sulama faaliyetleri sırasında kaynakların sürdürülebilirlikten uzak şekilde kullanılması su stresi seviyesini artıran önemli faktörlerdir. Bu amaçla gelecek çalışmalarda su kaynaklarının etkin kullanımı için çözüm ve politika önerileri geliştirilebilir. Uyum politikaları geliştirilmesi konusunda bilgi sağlayıcı olması amacıyla iklim değişikliğinin etkisini ölçmek için bölgesel ya da yerel düzeyde çalışmaların sayısı artırılmalıdır.

Referanslar

- Abdi, A. H., Warsame, A. A. ve Sheik-Ali I. A. (2023). Modelling the impacts of climate change on cereal crop production in East Africa: evidence from heterogeneous panel cointegration analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 35246–35257. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24773-0>
- Ağaçayak, T. ve Öztürk L. (2017). *Türkiye’de tarım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik stratejiler*. Erişim adresi <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200313-11032365.pdf>
- Akram, N. (2012). Is climate change hindering economic growth of Asian economies? *Asia-Pacific Development Journal*, 19(2), 1-18. Erişim adresi <https://www.unescap.org/sites/default/files/chap-1-Akram.pdf>

- Ali, S., Liu, Y., Ishaq, M., Shah, T., Ilyas, A. ve Din, I. (2017). Climate change and its impact on the yield of major food crops: evidence from Pakistan. *Foods*, 6,39. <https://doi.org/10.3390/foods6060039>
- Amponsah, L., Hoggar, G K. ve Asuamah, S Y. (2015). Climate change and agriculture: modeling the impact of carbon dioxide emission on cereal yield in Ghana. *Agriculture and Food Sciences Research*, 2(2), 32–38. Erişim adresi https://mpr.ub.uni-muenchen.de/68051/1/MPRA_paper_68051.pdf
- Asfew, A., Mitiku, F., Gemechu, A., Bekel, Y. ve Lemma, T. (2023). Do climate change and political instability affect crop production in sub-Saharan Africa countries? *Journal of Agriculture and Food Research*, 12, 100576. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100576>
- Baig, I. A., Chandio, A. A., Ozturk, I., Kumar, P., Khan, Z. A. ve Salam M. A. (2022). Assessing the long- and short-run asymmetrical effects of climate change on rice production: empirical evidence from India. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 34209–34230. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18014-z>
- Başoğlu, A. ve Telatar, O. M. (2013). İklim değişikliğinin etkileri: Tarım sektörü üzerine ekonometrik bir uygulama. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(6), 7-25. Erişim adresi https://webmail.ktu.edu.tr/dosyalar/sbedergisi_e88c5.pdf
- Bhuyan, B., Mohanty, R. K., ve Patra, S. (2023). Impact of climate change on food security in India: an evidence from autoregressive distributed lag model. *Environment, Development and Sustainability*, 27, 6349-6369. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04139-3>
- Blanc, E. (2012). The impact of climate change on crop yields in Sub-Saharan Africa. *American Journal of Climate Change*, 1, 1-13. <http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2012.11001>
- Breusch, T. S. ve Pagan, A. (1980). The lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253. Erişim adresi <https://www.jstor.org/stable/pdf/2297111.pdf>
- Chandio, A. A., Jiang, Y., Rehman, A. ve Rauf, A. (2020a). Short and long-run impacts of climate change on agriculture: an empirical evidence from China. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 12, 201–221. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-05-2019-0026>
- Chandio, A. A., Ozturk, I., Akram, W., Ahmad, F. ve Mirani, A. A. (2020b). Empirical Analysis of Climate Change Factors Affecting Cereal Yield: Evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 11944–11957. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07739-y>
- Chandio, A. A., Gokmenoglu, K. K. ve Ahmad F. (2021). Addressing the long- and short-run effects of climate change on major food crops production in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 51657–51673. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14358-8>
- Chandio, A. A., Yuansheng, J., Akram, W., Adeel, S., Irfan, M. ve Jan, I. (2021). Addressing the effect of climate change in the framework of financial and technological development on cereal production in Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 288, 125637. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125637>
- Chandio, A. A., Gokmenoglu, K. K., Joyo, M. A. ve Yuansheng, J. (2024). Modeling the climate change impacts on major fruits production: recent evidence from Pakistan. *Scientia Horticulturae*, 324, 112618. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112618>
- Chen, S., Chen X. ve Xu J. (2016). Impacts of climate change on agriculture: Evidence from China. *Journal of Environmental Economics and Management*, 76, 105-124. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2015.01.005>
- Choi, I. (2001). Unit root tests for panel data. *Journal of International Money and Finance*, 20(2), 249-272. [https://doi.org/10.1016/S0261-5606\(00\)00048-6](https://doi.org/10.1016/S0261-5606(00)00048-6)
- Doğan, S. ve Tüzer M. (2011). Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1), 21-34. Erişim adresi <https://kutuphane.dogus.edu.tr/mvt/pdf.php>

- Dunne, J. P., Stouffer R. J., ve John J. G. (2013). Reduction in labour capacity from heat stress under climate warming. *Nature Climate Change*, 3, 563-566. DOI:10.1038/NCLIMATE1827
- Eberhardt, M. ve Bond, S. (2009). Cross-section dependence in non-stationary panel models: A novel estimator. *MPRA Paper*, 17870. Erişim adresi https://mpra.ub.uni-muenchen.de/17870/2/MPRA_paper_17870.pdf
- Eberhardt, M. ve Teal, F. (2010). Productivity analysis in global manufacturing production. *University of Oxford Discussion Paper*, 515. Erişim adresi <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:ea831625-9014-40ec-abc5-516ecfbd2118/files/m3956c6620e1981138f3168c388d1c793>
- European Environment Agency, EEA (2022). *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2020 and inventory report 2022*. Erişim adresi <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-1>
- Evans, J. P. (2009). 21st century climate change in the Middle East. *Climatic Change*, 92, 417–432. DOI:10.1007/s10584-008-9438-5
- FAO (2024a). *The State of food security and nutrition in the World*. Erişim adresi <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/39dbc6d1-58eb-4aac-bd8a-47a8a2c07c67/content/cd1254en.html#gsc.tab=0>
- FAO (2024b). *Strengthening climate resilience of vulnerable agriculture livelihoods in Iraq's rural communities*. Erişim adresi <https://openknowledge.fao.org/items/916c3732-46bd-481c-a4cf-d737d9360f2d>
- FAO (2024c). *SDG Indicator metadata*, Erişim adresi <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-06-04-02.pdf>
- Holden, N. M., Brereton, A. J., Fealy, R. ve Sweeney, J. (2003). Possible Change in Irish Climate and Its Impact on Barley and Potato Yields. *Agricultural and Forest Meteorology*, 116: 181–196. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(03\)00002-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(03)00002-9)
- Husnain, M. I. U., Subramanian, A. ve Haider, A. (2018). Robustness of geography as an instrument to assess impact of climate change on agriculture. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 10(5), 654–669. DOI 10.1108/IJCCSM-03-2017-0049
- Huong, N. V., Nguyet B. T. M., Hung H. V., Duc H. M., Chuong N. V., Tri D. M. ve Hien P. V., (2022). Economic impact of climate change on agriculture: A case of Vietnam. *AgBioForum*, 24(1), 1-12. Erişim adresi <https://agbioforum.org/menuscrypt/index.php/agb/article/view/72/50>
- Im, K. S., Pesaran, M. H. ve Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7)
- International Monetary Fund, IMF (2023). *World Economic Outlook a Rocky Recovery*. Erişim adresi <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/04/11/world-economic-outlook-april-2023>
- Janjua, P. Z., Samad, G. ve Khan, N. (2014). Climate change and wheat production in Pakistan: an autoregressive distributed lag approach. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 68, 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2013.11.002>
- Jatuporn, C. ve Takeuchi, K. (2023). Assessing the impact of climate change on the agricultural economy in Thailand: an empirical study using panel data analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 8123–8132. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22743-0>
- Kadioğlu, M. (2012). *Türkiye’de iklim değişikliği risk yönetimi*. Erişim adresi https://www.researchgate.net/profile/Mikdat-Kadioglu/publication/258108645_Turkiye%27de_Iklim_Degisikligi_Risk_Yonetimi/links/02e7e526fa28021a95000000/Tuerkiyede-Iklim-Degisikligi-Risk-Yonetimi.pdf
- Kadioğlu, M. (2020). *Bildiğiniz havaların sonu*. İstanbul: Sia Kitap.

- Khan, A., Ali, S., Shah, S. A., Khan, A. ve Ullah, R. (2019). Impact of climate change on maize productivity in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Sarhad Journal of Agriculture*, 35, 594–601. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2019/35.2.594.601>
- Kibele Proje Danışmanlık (2021). Tarımda su kullanımı ve kaynakların verimliliği. *Su ve Çevre Teknolojileri*, 159, 52-61. Erişim adresi <https://www.suvecevre.com/edergi/19/159/54/index.html>
- Kurnaz, L. (2022). *Son buzul erimeden* (3. Baskı). İstanbul: Doğan Kitap.
- Leitão, N. C. (2018). The relationship between carbon dioxide emissions and Portuguese agricultural productivity. *Studies in Agricultural Economics*, 120, 143-149. <https://doi.org/10.7896/j.1812>
- Lindsey, R. *Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide*. Erişim adresi <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>
- Lobell, D. B. ve Asner, G. P. (2003). Climate and management contributions to recent trends in U. S. agricultural yields. *Science*, 299, 1032. DOI: [10.1126/science.1078475](https://doi.org/10.1126/science.1078475)
- Lobell, D. B., Schlenker, W. ve Costa-Robert, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333, 616–620. doi:10.1126/science.1204531
- Long, X., Luo, Y., Wu, C. ve Zhang, J. (2018). The influencing factors of CO₂ emission intensity of Chinese agriculture from 1997 to 2014. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 13093-13101. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1549-6>
- Loum, A. ve Fogarassy, C. (2015). The effects of climate change on cereals yield of production and food security in Gambia. *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 9(4), 83-92. <https://doi.org/10.19041/APSTRACT/2015/4/11>
- Maddala, G. S. ve Wu, S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, 631-652. <https://doi.org/10.1111/1468-0084.0610s1631>
- Mahmud, H., Alkhateeb, T. T. Y., Al-Qahtani, M. M. Z., Allam, Z., Ahmad, N. ve Furqan, M. (2019). Agriculture development and CO₂ emissions nexus in Saudi Arabia. *PLoS ONE*, 14(12), e0225865. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225865>
- Mendelsohn, R. (2007). Past climate change impacts on agriculture. Evenson R., Pintail P. (Ed). *Handbook of Agricultural Economics* içinde (3009–3031. ss.). [https://doi.org/10.1016/S1574-0072\(06\)03060-X](https://doi.org/10.1016/S1574-0072(06)03060-X)
- Molden, D., Vithanage, M., de Fraiture, C., Faures, J. M. Gorden, L., Molle, F., Peden, D. ve Stentiford, D. (2011). Water availability and its use in agriculture. Peter Wilderer (Ed.), *Treatise on Water Science* içinde (707-732. ss.). <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-53199-5.00108-1>
- Moore, F. C., Baldos, U. L. C. ve Hertel, T. (2017). Economic impacts of climate change on agriculture: a comparison of process-based and statistical yield models. *Environmental Research Letters*, 12/6. DOI 10.1088/1748-9326/aa6eb2
- Muoneke, O. B., Okere, K. I. ve Nwaeze, C. N. (2022). Agriculture, globalization, and ecological footprint: the role of agriculture beyond the tipping point in the Philippines. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 54652–54676. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19720-y>
- Ozdemir, D. (2022). The impact of climate change on agricultural productivity in Asian countries: a heterogeneous panel data approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 8205–8217. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16291-2>
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *IZA Discussion Paper No. 1240*. Erişim adresi <https://docs.iza.org/dp1240.pdf>
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22: 265–312. doi: 10.1002/jae.951
- Pesaran, M. H. ve 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>
- Rosa, L. (2022). Adapting agriculture to climate change via sustainable irrigation: biophysical potentials and feedbacks. *Environmental Research Letters*, 17 063008. DOI 10.1088/1748-9326/ac7408

- Rosenzweig, C., Iglesias, A., Yang, X. B., Epstein, P. R. ve Chivian, E. (2001). Climate change and extreme weather events - Implications for food production, plant diseases, and pests. *Global Change & Human Health*, 2, 90–104. <https://doi.org/10.1023/A:1015086831467>
- Tezcan, A., Atılğan, A. ve Öz, H. (2011). Seralarda karbondioksit düzeyi, karbondioksit gübrelemesi ve olası etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 44-51. Erişim adresi <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sduzfd/issue/29597/317548>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2001). *Climate change 2001: The scientific basis*. Cambridge and New York: Cambridge University Press. Erişim adresi <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2007a). *Climate change 2007: Mitigation of climate change*. Cambridge and New York: Cambridge University Press. Erişim adresi <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg3/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2007b). *Climate change 2007: The physical science basis*. Cambridge and New York: Cambridge University Press. Erişim adresi <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2007c). *AR4 climate change 2007: Synthesis report*. Geneva, Switzerland. Erişim adresi <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. (2011). *Workshop report of the intergovernmental panel on climate change workshop on impacts of ocean acidification on marine biology and ecosystems*. Erişim adresi https://archive.ipcc.ch/pdf/supporting-material/IPCC_IAOMBE_WorkshopReport_Japan.pdf
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2013). *Climate change 2013: The physical science basis*. Cambridge and New York: Cambridge University Press. Erişim adresi <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *AR5 synthesis report: Climate change 2014*. Geneva, Switzerland. Erişim adresi <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2019). *The ocean and cryosphere in a changing*. Cambridge and New York: Cambridge University Press. Erişim adresi <https://www.ipcc.ch/srocc/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge and New York: Cambridge University Press. Erişim adresi <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2022a). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge and New York: Cambridge University Press. Erişim adresi <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2022b). *Climate change 2022: Mitigation of climate change*. Cambridge and New York: Cambridge University Press. Erişim adresi <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2023). *AR6 synthesis report: Climate change 2023*. Geneva, Switzerland. Erişim adresi <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- Türkeş, M. (2000). El Niño-Güneyli salınım ekstremleri ve Türkiye'deki yağış anomalileri ile ilişkileri. *Çevre, Bilim ve Teknoloji*, 1(1), 1-13. Erişim adresi https://www.researchgate.net/publication/347849386_El_Nino-Guneyli_Salinim_ekstremleri_ve_Turkiye'deki_yagis_anomalileri_ile_iliskileri_Extremes_of_the_El_Nino-Southern_Oscillation_and_their_connections_with_rainfall_anomalies_in_Turkey
- Türkeş, M. (2012). Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1-32. https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000063
- United Nations Population Fund, UNFPA (2022). *World population trends*. Erişim adresi <https://www.unfpa.org/world-population-trends#readmore-expand>

- United Nations Population Fund, UNFPA (2024). *The future of population data*. Erişim adresi <https://www.unfpa.org/publications/future-population-data>
- Warsame, A. A., Sheik-Ali, I. A., Ali, A. O. ve Sarkodie, A. A. (2021). Climate change and crop production nexus in Somalia: an empirical evidence from ARDL technique. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 19838–19850. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11739-3>
- Westerlund, J. ve 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>
- Zaimoğlu, Z. (2019). *İklim değişikliği ve Türkiye tarımı etkileşimi*. Erişim adresi https://www.iklimin.org/wp-content/uploads/egitimler/seri_07.pdf