

İklim adaleti çerçevesinde bazı ülkelerin karbon emisyonlarının karşılaştırmalı analizi

Comparative analysis of carbon emissions of some countries in the framework of climate justice

Gülüzar Duygu SEMİZ¹, Elifnaz TORUN¹, Afshin SHAHBAZI², Engin YURTSEVEN¹

¹Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Dışkapı, Ankara, Türkiye.

²Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Dışkapı, Ankara, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
<p>Article history: Recieved / Geliş: 28.05.2024 Accepted / Kabul: 29.08.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: ARIMA İklim değişikliği Küresel ısınma İklim anlaşmaları Emisyon trendi</p> <p>Keywords: ARIMA Climate change Global warming Climate declarations Emission trend</p> <p>✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Gülüzar Duygu SEMİZ semiz@ankara.edu.tr</p> <p>Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.</p> 	<p>Bu çalışmada, Kyoto Protokolünde kabul edilen sera gazı emisyon değerlerini (1990-2022) küresel ve seçilen bazı ülkeler için farklı ölçeklerde karşılaştırmalı analizi, iklim adaleti ve tarihsel sorumluluk çerçevesinde irdelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada ABD, Çin, Hindistan, Türkiye, Avustralya, Bahreyn, BAE ve AB karşılaştırılmıştır. Çin, yıllık sera gazı emisyonlarında en hızlı artışı gösteren ülke olmasının yanı sıra 1990-2022 döneminde toplamda 307.178 Gt CO₂ eq ile en yüksek emisyon değerine sahip ülke konumundadır. Buna karşılık Bahreyn'in toplam emisyonu 1.6003 Gt CO₂ eq'dir. Ancak kişi başına emisyon değeri açısından değerlendirildiğinde, 2022 yılında Çin için bu değer 10.9541 t CO₂ eq/yıl iken Bahreyn için 39.2904 t CO₂ eq/yıl olarak rapor edilmiştir. Gayrisafi yurt içi hasıla (GSYİH) açısından da iki ülke arasında önemli düzeyde farklılık bulunmaktadır. Çin için (2022 yılı) 0.6107 t CO₂ eq/1000 USD/yıl iken aynı yıl Bahreyn için 0.9166 t CO₂ eq/1000 USD/yıl olarak belirlenmiştir. Konu alınan ülkelere Türkiye ve Avustralya karşılaştırıldığında sonuçlar oldukça ilginçtir, çünkü son yıllarda yıllık toplam emisyon değerleri birbirine yakın olmasına rağmen Avustralya'nın tarihsel sorumluluğu Türkiye'ye oranla %37 daha fazladır. Bu önemli farklılıklar göstermektedir ki küresel iklim politikalarında yalnızca ülkelerin toplam emisyon değerleri değil aynı zamanda ülkelerin kişi başına düşen emisyon değeri, GSYİH'nin emisyon değerleri ve tarihsel sorumluluklar açısından değerlendirilmesi gerekmektedir.</p> <p>ABSTRACT</p> <p>In this study, it is aimed to comparatively analyze the greenhouse gas emission values (1990-2022) accepted in the Kyoto Protocol at different scales for global and some selected countries, and to examine them within the framework of climate justice and historical responsibility. USA, China, India, Türkiye, Australia, Bahrain, UAE and the EU were compared. China is not only the country with the fastest increase in annual greenhouse gas emissions, but also the country with the highest emission value with a total of 307,178 Gt CO₂ eq. (CO₂ equivalent) in the period 1990-2022. In contrast, Bahrain's total emission is 1.6003 Gt CO₂ eq. However, in terms of per capita emission value, this value is reported as 10.9541 t CO₂ eq/year for China and 39.2904 t CO₂ eq/year for Bahrain in 2022. There is also a significant difference between the two countries in terms of gross domestic product (GDP). For China (2022) it is 0.6107 t CO₂ eq/1000 USD/year, while for Bahrain it is 0.9166 t CO₂ eq/1000 USD/year. When Türkiye and Australia are compared, the results are quite interesting, since Australia's historical responsibility is 37% higher than Türkiye's, although the total annual emission values are close to each other in recent years. These significant differences show that in global climate policies, not only the total emission values of countries, but also the per capita emission value of countries, emission values of GDP and historical responsibilities should be evaluated.</p>
Cite/Atıf	Semiz, G.D., Torun, E., Shahbazi, A., & Yurtseven, E. (2024). İklim adaleti çerçevesinde bazı ülkelerin karbon emisyonlarının karşılaştırmalı analizi. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 29 (3), 835-845. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1491458

GİRİŞ

İklim, küresel ısınma, iklim değişikliği ve hava durumu terimlerinin anlamları zaman zaman birbirine karıştırılabilmektedir. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO, 1992) iklimi "Belirli bir bölgedeki meteorolojik unsurların uzun vadeli istatistikleri (ortalama değerler, varyanslar, ekstrem değerlerin olasılıkları vb.) ile karakterize edilen hava koşullarının birleşimi" biçiminde tanımlamaktadır. NASA küresel ısınmayı " sanayi öncesi dönemden bu yana (1850 ile 1900 arası) başta fosil yakıtların yakılması olmak üzere insan faaliyetleri nedeniyle Dünya yüzeyinin gözlemlenen uzun süreli ısınmasıdır" şeklinde tanımlanmaktadır. İklim değişikliği ise Birleşmiş Milletler tarafından "sıcaklıklarda ve hava düzenlerinde uzun vadeli değişimler" olarak tanımlanmaktadır. İklim, doğası gereği dinamik ve değişken bir yapıya sahiptir. Yerkürenin iklimi, başlangıcından bu yana sürekli bir değişim sürecinde olmuştur. Bu nedenle, "iklim değişti" ifadesi yerine "iklim değişiyor" ifadesi daha doğru kabul edilebilir. İklimin henüz değişmediği ileri sürülebilmekle birlikte, çevremizde veya dünya genelinde gözlemlenen aşırı yağışlar, aşırı sıcaklıklar, su baskınları ve kuraklıklar gibi olayların bir tanımlamaya ihtiyaç duyduğu açıktır. Bu tür olaylar, mevcut süreçlerde "anomali" ya da "aşırı (ekstrem) hava olayları" olarak nitelendirilmektedir.

Yeryüzünde her zaman belirli aralıklarla kuraklıklar, aşırı yağışlar ve bunun sonucu taşkınlar meydana gelmektedir. Hidro-meteoroloji bilimi ile ilgilenen uzmanlar, herhangi bir bölgede meydana gelebilecek bu aşırı hava olaylarının istatistiksel olarak görülebilmek olasılığını ve sıklığını (frekansını) tahmin edebilmektedir. Bu aşırı olayların görülme olasılığı ve sıklığı, analizi yapan bilim insanı tarafından örneğin her 100 yılda bir ya da her 50 yılda bir görülme olasılığı biçiminde değerlendirilebilmektedir. Buradaki kritik nokta 100 yıl gibi uzun bir sürede bir defa gözlenen aşırı hava olaylarının günümüzde daha sık gözlenmeye başlamasıdır; bu bilimsel (istatistiksel) bulgu dahi konunun önemini kavramak için tek başına yeterli olmaktadır. Örneğin, tüm Avrupa kıtasını kapsayan bir çalışmada Zhao ve ark. (2020) bazı kritik bölgelerde günümüz şartlarında 100 yılda bir görülme olasılığı olan sel ve kuraklık olaylarının 2070'lerde her 10-50 yılda bir gerçekleşeceğini bildirmiştir.

Dünyanın birçok yerinde aşırı hidro-meteorolojik olaylar daha kalıcı, sık görülür ve şiddetli hale gelmiştir (Van Der Schrier ve ark., 2011; Milly & Dune, 2016; Ullah ve ark., 2022). Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) 2021 yılı Asya raporunda, "Bütün bu aşırı hava olayları daha sık oluşmakta ve felaketler daha sık yaşanmaktadır. Tüm bunların sonucunda da gıda güvensizliği artmakta, insan güvenliği ve sağlığı kötüleşmekte, birçok topluluğun yaşam alanları değişmekte, fakirlik artmakta ve eşitsizlik genişlemektedir" ifadeleri yer almaktadır (WMO, 2021). Bundan 23 yıl önce Hükümetler Arası İklim Değişikliği Panelinde (IPCC) günümüzdeki durum "İklim değişikliğinin ortalama sıcaklık ve yağış değerlerini değiştirmesi ve yağış olaylarının aşırı artırması, bunun da daha yoğun ve sık sel ve kuraklıklara yol açması beklenmektedir" (IPCC, 2001) biçiminde ifade edilmişti. Türkiye'nin ortalama sıcaklığının 2050 yılına kadar 1 ila 3°C artacağı (Topal ve ark., 2016), Antalya ve Alanya yöresinde ise sıcaklık artışında pozitif bir trendin olduğu öngörülmektedir (Özfidaner ve ark., 2019).

İnsan faaliyetleri (antropojenik etmenler) sonucu atmosferde miktarı artan ve 11 Kasım 1997'de Kyoto Protokolünde resmi olarak kabul edilen sera gazları karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), florokarbonlar olarak isimlendirilen, hidroflorokarbonlar (HFC), perflorokarbonlar (PFC) ve sülfür heksaflorürdür (SF₆). Bu gazlardan florokarbonlar (F-gazları) ozon tabakasının incelmeye neden olan gazlardır (UNFCCC, 1997).

Gezegimizin iklim sistemi, diğer yaşamsal olaylarda olduğu gibi, enerji akışı tarafından yönetilmektedir. Bu akış, Güneş'ten Dünya'ya gelen enerji, yeryüzünden yansıyan enerji ve atmosferden uzaya geri dönen enerjiyi içermektedir (Notz, 2020). Yerkürede tutulan ve geri yansıyan enerjiyi atmosferde hapsederek yerkürenin aşırı soğumasını ya da aşırı ısınmasını engelleyen, atmosferin belirli bir sıcaklık aralığında kalmasını sağlayarak yeryüzünde hayatın devamlılığına olanak tanıyan gazlara sera gazları adı verilmektedir. Bu gazlar olmasaydı, yeryüzü gündüzleri aşırı ısınır, geceleri ise yoğun radyasyon kaybı nedeniyle dondurucu soğuklarla karşı karşıya kalırdı. Aslında, yerküreyi yaşanabilir kılan sera gazlarıdır. Ancak, bu gazlar aynı zamanda küresel ısınmaya neden olarak aşırı iklim olaylarının meydana gelmesine ve dolayısıyla iklimin değişmesine yol açmaktadır. Sera gazları

denildiğinde, akla gelen ilk gaz genellikle karbondioksittir (CO₂). Tarihsel iklim değişikliğinin en büyük etkeni olan fosil CO₂ emisyonları, 1992 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)'nin kurulmasından sonra bile gelişmekte olan ülkelerdeki ekonomik büyümeyle birlikte genellikle artmaya devam etmiştir. Gelişmiş ülkelerden kaynaklanan emisyonlar sanayi devriminden bu yana küresel ısınmaya önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Bu nedenle, iklim değişikliğine ulusal katkıların artırılması, bir ülkenin küresel ısınma konusunda taşıdığı sorumluluğun yükünü anlamak açısından kritik öneme sahiptir (Jones ve ark., 2023). Hem küresel adalete ilişkin değerlendirmeler hem de Sözleşme'nin 'ortak ancak farklılaştırılmış sorumluluklar' dili, ahlaki açıdan kabul edilebilir bir uluslararası anlaşmanın, devletlerin çeşitli sorumluluklarını sera gazlarının atmosfere yaptığı tarihsel katkıya göre dağıtması gerektiği sonucuna varmasına yol açmıştır (Moellendorf, 2012). Ülkelerin tarihsel sorumlulukları yanında bireylerin emisyon hakları konusunda etik ve ahlaki tartışmalar da devam etmektedir (Page, 2011; Moss & Kath, 2019; Shields, 2020).

Bu çalışmada, farklı gelişmişlik ve coğrafi konuma sahip bazı ülkelerin (1) farklı ölçeklerde sunulan sera gazları salınımlarının tarihsel sorumluluk ve kişi başı emisyonlar çerçevesinde karşılaştırmalı değerlendirmesi, (2) önemli iklim anlaşmaları etkisinde ülkelerin sera gazı salınımlarının trendlerinin değerlendirilmesi, (3) ARIMA modeli ile 2030 yılına kadar sera gazlarının salınım trendlerinin modellenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada vurgulanmaya çalışılan değerlendirmeler, iklim adaleti ve politikaları konusunda çalışanlara önemli veriler sağlayacaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Sera gazları için veri setleri

Küresel karbon emisyonu verileri ve raporları çeşitli biçimlerde ve ölçeklerde hazırlanmaktadır. Ülkelerin toplam emisyon değerleri yanında, sektörel emisyon değerleri, ülke nüfusuna göre kişi başı emisyon değerleri gayrisafi milli hasılaya oranlı karbon emisyon değerlerini de sunan raporlar bulunmaktadır. Bu raporlar genellikle 2 ila 3 yılda bir çıkarken yıllık sunulan raporlar da bulunmaktadır. UNFCCC'ye bağlı ülkeler yıllık olarak sera gazı emisyonlarını ulusal envanter raporu biçiminde sunmakla yükümlüdür, ancak takvim yılı olarak 2 ila 3 yıl öncesini kapsamaktadır. Bu çalışmada, küresel ölçekte en son yayınlanan emisyon verileri değerlendirilmiş (2022) ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Çin, Hindistan, Türkiye, Avustralya, Bahreyn, Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) ve Avrupa Birliği ülkeleri (AB27) incelenmiştir.

Avrupa Komisyonu'nun Ortak Araştırma Merkezi (JRC) tarafından geliştirilen ve yönetilen EDGAR (Emissions Database for Global Atmospheric Research) sera gazı veri tabanının 8.0 (2023) versiyonu verileri (Crippa ve ark., 2023) materyal olarak alınmıştır. Bu veri seti, IEA-EDGAR CO₂ (v2), EDGAR CH₄, EDGAR N₂O, EDGAR F-gazları gibi bileşenleri içeren ve Avrupa Topluluğu Sera Gazı Veri Tabanı Sürüm 8.0 (2023)'ün bir parçası olarak sunulan verileri kapsamaktadır. İlgili veriler, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) (2022), Dünya Enerjisi BP İstatistiksel Derlemesi (2023), Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği İstatistikleri (IATA) (2023), Uluslararası Gübre Birliği (IFA) (2022), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü İstatistik Bölümü (FAOSTAT) (2023), Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) (2023), Dünya Bankası (2023) ve Dünya Çelik Birliği (2023) gibi kaynaklardan alınmış ve Ortak Araştırma Merkezi tarafından birleştirilmiştir.

Veri setinde sera gazı emisyon değerleri, CH₄ ve N₂O gazlarının CO₂ eşdeğeri (CO₂-eq) IPCC AR5 de yayınlanan 100 yıllık Küresel Isınma Potansiyel değerine göre (GWP-100) verilmiştir. Doğrudan karbon emisyonları ise fosil yakıtlarının yanmasına karşılık gelen değerlerdir. IPCC (2013) AR5'te verilen sera gazlarının dönüşüm katsayıları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. IPCC AR5'te belirlenen sera gazlarının dönüşüm katsayıları (IPCC, 2013)

Table 1. Conversion coefficients of greenhouse gases identified in the IPCC AR5 (IPCC, 2013)

Sera gazlarının atmosferdeki ömürleri	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
	Binlerce yıl	10 yıl	110 yıl
IPCC, 2013 (AR5) (iklim-karbon geri besleme potansiyeli hesaba katılmadığında)	1	28*/30**	265

*Metan, **Fosil kaynaklı Metan

Küresel ısınma potansiyeli (Global warming potential-GWP) terimi, bir sera gazının atmosferde ne kadar süre aktif kalacağını bir göstergesidir. Şu anda en çok kullanılan GWP 100 yıl üzerinden hesaplamaktır. Referans gaz ise CO₂'dir ve 100 yıllık GWP değeri 1 olarak kabul edilmektedir.

Zaman serisi analizi

Zaman serisi analizi için öngörü amaçlı analiz yöntemlerinden otoregresif hareketli ortalamalar (ARIMA) modeli uygulanmıştır. ARIMA modeli, durağan olmayan seriler için zaman serisi analizinde en yaygın kullanılan geleneksel yöntemlerden biridir (Nyoni & Bonga, 2019). ARIMA modeli karbon emisyon değerlerinin trend analizinde ve modellenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Lotfalipour ve ark., 2013; Zhang ve ark., 2022; Kour, 2023). Bu model yardımıyla, gelecek on yıllık periyot için karbon emisyon tahminleri gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar, her bir ülke için ayrı ayrı ve toplu halde, belirsizlik aralıkları ile sunulmuştur.

Çalışmada, küresel karbon emisyonlarına ülke bazında katkıların zaman içindeki değişimi, ileriye dönük tahminlerle birlikte değerlendirilmiştir. İlk olarak, ulusal emisyon envanterlerinden elde edilen ve yıllık karbon emisyon değerlerini içeren verilere Python-Pandas kütüphanesi aracılığıyla ön işleme uygulanmıştır.

Çalışmada ülkelerin sera gazı emisyonları zaman içindeki değişimleri üç farklı periyoda ayrılarak incelenmiştir. İklim anlaşmaları öncesi (1990-2005), Kyoto Protokolü sonrası ile Paris İklim Anlaşması öncesi dönem (2005-2016) ve sonrası dönem (2016-2022). Her bir dönem için ülkelerin sera gazı emisyon trendlerini analiz etmek için regresyon analizi yapılmıştır. Bu analizde her bir periyot ayrı olarak modellenmiş ve zaman bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Böylece her periyotta emisyonlardaki eğilim değerleri (eğrinin eğimi) belirlenmiş ve karşılaştırmalı olarak anlaşma tarihleri ile ilişkileri irdelenmiştir.

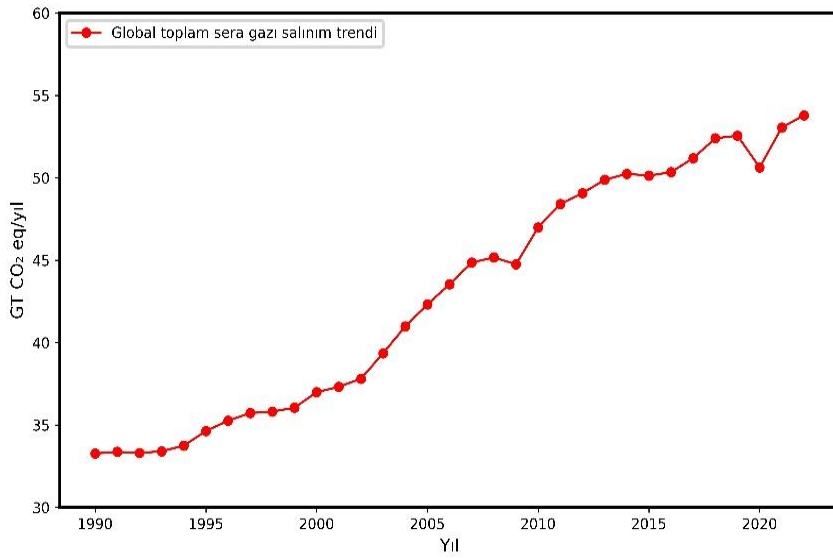
Daha kapsamlı bir analiz için çeşitlilik arz eden ülkeler, farklı gelişmişlik seviyeleri ve coğrafi konumları göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Çalışmada, Çin, ABD, Hindistan, AB27, Avustralya, Bahreyn, Birleşik Arap Emirlikleri ve Türkiye örnek ülkeler olarak seçilmiştir.

Verilerin görselleştirilmesinde ve analizinde Excel ve Python programlama dili Matplotlib kütüphanesi kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Küresel ve ülkesel sera gazı emisyonları

İnsan aktiviteleri sonucu atmosfere salınan toplam sera gazı miktarı küresel toplamı 1990 yılında 33.27 Gt CO₂ eq/yıl, 2023 yılında yayınlanan son rapora göre ise 2022 yılı için 53.79 Gt CO₂ eq/yıl olarak belirlenmiştir. Küresel ekonomik kriz (Jalles, 2019; Dong ve ark., 2020) yaşanmaya başladığı 2008 (45.17 Gt CO₂ eq/yıl) yılına kadar sürekli artan küresel toplam karbon emisyon değerleri 2009 yılında (44.75 Gt CO₂ eq/yıl) bir önceki yıla oranla % 0.9 oranında azalmıştır. Benzer bir etki Covid-19 nedeni ile de oluşmuştur. Pandemiden önceki yıl olan 2019'da küresel toplam sera gazı emisyon değeri 52.56 Gt CO₂ eq/yıl iken pandemiden önceki yıl olan 2020 yılında bu değer 50.63 Gt CO₂ eq/yıl değerine gerilemiştir. Pandemi etkilerinin şiddetinin azalmaya başlaması ile 2021 yılında tekrar artışa geçerek 53.06 Gt CO₂ eq/yıl olarak belirlenmiştir. En son raporlara göre 2022 yılı için ise bu değer 53.79 Gt CO₂ eq/yıl'dır. Şekil 1'de Küresel toplam sera gazı emisyon trendi sunulmuştur.



Şekil 1. Küresel toplam sera gazı salınım trendi, Kaynak: Crippa ve ark. (2023)

Figure 1. Global total greenhouse gas emissions trend, Source:Crippa et al. (2023)

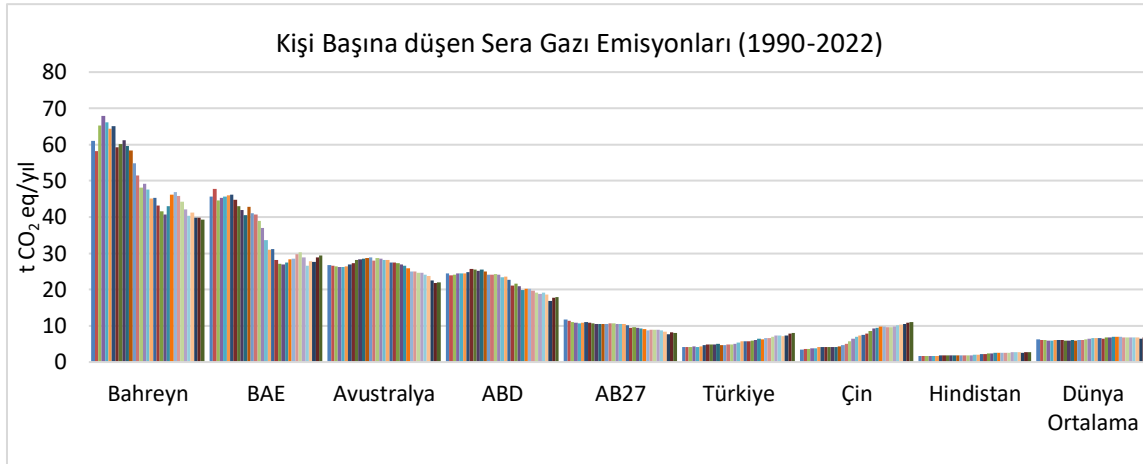
Çizelge 2’de bazı ülkelerin 1990-2022 yılları arasında neden olduğu toplam sera gazı emisyon değerleri ve küresel sera gazı emisyonlarındaki payları sunulmuştur. Küresel olarak atmosfere insani faaliyetler sonucu yayılan sera gazı miktarı 1416.355 Gt CO₂ eq’dır. Küresel olarak 1990-2022 periyodunda atmosfere yayılan toplam sera gazlarından Çin %21.7, ABD %15.26, AB27 %10.04, Hindistan %5.89, Avustralya %1.29, Türkiye % 0.94, BAE %0.44 ve Bahreyn % 0.13 oranında sorumludur.

Çizelge 2. Bazı ülkelerin 1990-2022 yılları arasındaki toplam emisyon değerleri (Gt CO₂ eq) ve küresel emisyonla katkı oranları (%), Kaynak: Crippa ve ark. (2023)

Table 2. Total emission values (Gt CO₂ eq) of some countries between 1990-2022 and their contribution to global emissions (%), Source:Crippa et al. (2023)

Ülkeler	Toplam Emisyon (1990-2022) (Gt CO ₂ eq)	Küresel Emisyona Katkı Oranı (1990-2022) (%)
Çin	307.1782	21.69
ABD	216.1426	15.26
AB27	142.2252	10.04
Hindistan	83.3924	5.89
Avustralya	18.2468	1.29
Türkiye	13.2537	0.94
BAE	6.1839	0.44
Bahreyn	1.6003	0.13
Küresel Toplam	1416.355	

Ülkelerin toplam sera gazı emisyon değerleri küresel ölçekte iklime doğrudan etkisi açısından son derece önemli olmakla beraber, sera gazı emisyon değerlerinin iklim politikaları açıdan değerlendirilmesinde önemli olduğu bilinen iki ölçek daha vardır, kişi başına düşen yıllık sera gazı miktarı (Şekil 2) ve kişi başı gayri yurt içi hasıla (GSYİH) başına yıllık sera gazı emisyon değerleri (Şekil 3).

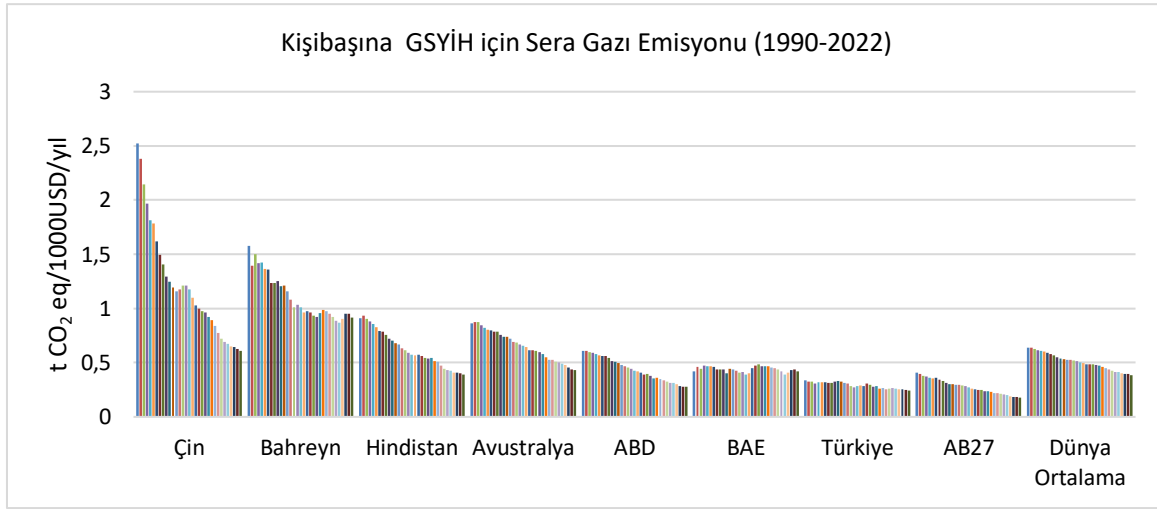


Şekil 2. 1990-2022 yılları arasında insan aktiviteleri sonucu atmosfere salınan sera gazlarının, Bahreyn, BAE, ABD, AB27, Türkiye, Çin, Hindistan ve dünya ortalaması için kişi başına düşen miktarları, Kaynak: Crippa ve ark. (2023)

Figure 2. Per capita amounts of greenhouse gases emitted to the atmosphere as a result of human activities between 1990 and 2022 for Bahrain, UAE, USA, EU27, Türkiye, China, India and world average, Source:Crippa et al. (2023)

Kişi başına düşen sera gazı emisyonları (KBSE) bakımından değerlendirildiğinde sıralama önemli düzeyde değişmektedir. KBSE değeri yüksek olan bazı ülkeler, azalma trendi göstermekle beraber, (Şekil 3) Bahreyn, BAE, Avustralya ve ABD en yüksek KBSE değerine sahip olan ülkelerdir. Bu sonuçlara göre ilginç olan Bahreyn, BAE ve Avustralya toplam emisyon değerleri açısından oransal olarak oldukça düşük düzeyde olurken KBSE değerlerinin çok yüksek olmasıdır. Örneğin Çin 2022 yılı verilerine göre 15.69 Gt CO₂ eq/yıl sera gazı salınımı yapmaktadır ancak KBSE miktarı 10.95 t CO₂ eq/yıl olarak belirlenmiştir. Bahreyn için ise toplam emisyon miktarı 0.07 Gt CO₂ eq/yıl iken KBSE miktarı 39.29 t CO₂ eq/yıl ile dünyada birinci sırada yer almaktadır. Nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bir başka ülke olan Hindistan da tıpkı Çin gibi toplam emisyon açısından ilk sırada yer alırken KBSE açısından oldukça düşük düzeydedir.

Kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH), bir ülkenin kişi başına düşen ekonomik çıktısını ölçer ve bir ülkenin GSYİH'sinin nüfusa bölünmesiyle hesaplanır. Şekil 4'te ülkelere göre bu değer her 1000 ABD doları için neden olunan sera gazı emisyon değerlerini sunmaktadır. Çin 1990 yılında 2.52 t CO₂ eq/1000USD/yıl ile en yüksek emisyon değerine sahipken hızlı bir azalma trendiyle 2022 yılında bu değer 0.61 t CO₂ eq/1000USD/yıl değerine düşmüştür. Şekilde görüldüğü üzere Bahreyn yine sıralamada 0.91 t CO₂ eq/1000USD/yıl ile en üst seviyededir. En son veriler değerlendirildiğinde (2022), Avustralya 0.43 t CO₂ eq/1000USD/yıl, Hindistan 0.39 t CO₂ eq/1000USD/yıl, ABD 0.30 t CO₂ eq/1000USD/yıl, BAE 0.42 t CO₂ eq/1000USD/yıl, Türkiye 0.24 t CO₂ eq/1000USD/yıl, AB27 0.18 t CO₂ eq/1000USD/yıl, Dünya ortalaması ise 0.39 t CO₂ eq/1000USD/yıl olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Çin, Bahreyn, Hindistan, Avustralya, ABD, BAE, Türkiye, AB27 ve Dünya ortalaması için kişi başına düşen yurtiçi (GSYİH) hasılanın 1000 ABD dolarına karşılık neden olunan sera gazı emisyon miktarları, Kaynak: Crippa ve ark. (2023)

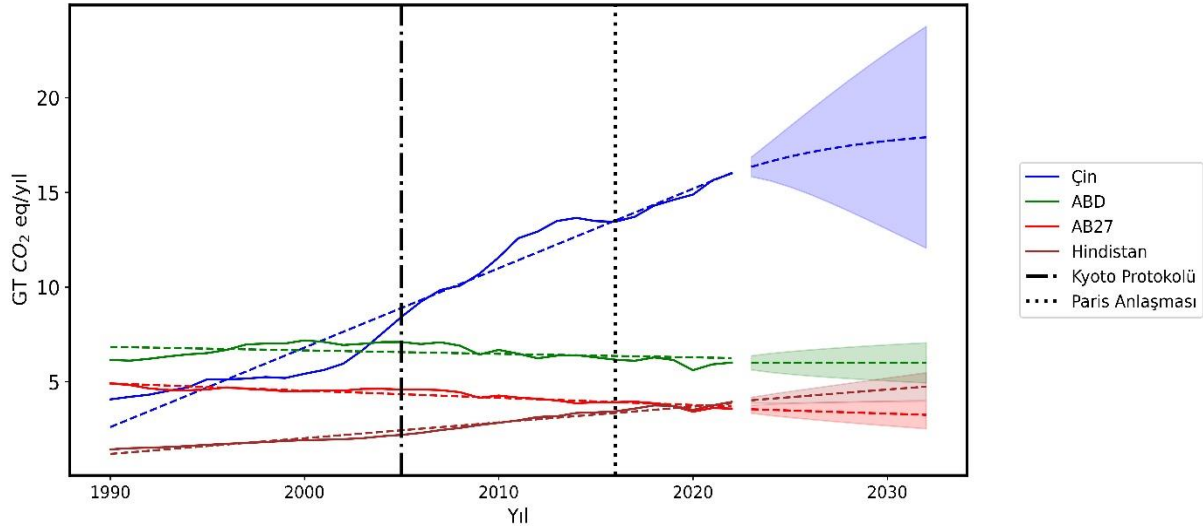
Figure 3. Greenhouse gas emissions per 1000 US dollars of per capita domestic product (GDP) for China, Bahrain, India, Australia, USA, UAE, Türkiye, EU27 and World average. Source: Crippa et al. (2023)

Ülkelerin sera gazı emisyonlarının farklı biçimlerde değerlendirilmesi son derece önemlidir. Örneğin ülke bazında değerlendirildiğinde üst sıralarda bulunan bir ülkede yaşayan bir vatandaşın dolaylı olsa da neden olduğu ya da sorumlu olduğu sera gazı emisyonu değerleri bir başka ülke vatandaşından oldukça düşük olabilmektedir. Aynı durumun üretilen GSYİH için de geçerli olduğu Şekil 3'te açıkça görülmektedir. Ayrıca Şekil 2 ve 3 sera gazı emisyonlarının 1990-2022 yılları için değişim trendini de verdiği için özellikle politika yapıcılara ve karar vericilere hem ulusal hem uluslararası düzlemde karşılaştırmalı bir çerçeve çizmesi açısından oldukça önemlidir.

ARIMA modeli sonuçları ve iklim anlaşmalarının etkileri

ARIMA modeli ile gelecek 10 yıl için ülkelerin karbon emisyon miktarları ve küresel emisyon miktarına yüzdesel katkıları tahmin edilmiştir. Çalışmada ayrıca Kyoto Protokolü ve Paris İklim Anlaşması ardından ülkelerin sera gazı salınımlarındaki değişim trendleri de irdelenmiştir. Bu amaçla veriler periyotlara ayrılmıştır. Kyoto Protokolü 2005'te ve Paris İklim Anlaşması 2016'da yürürlüğe girdiği için iklim anlaşmaları öncesi dönemi 1990-2005, Kyoto Protokolü sonrası 2005-2016 ve Paris İklim Anlaşması sonrası için ise 2016-2022 yıllarını kapsayacak şekilde trend analizleri yapılmıştır (Şekil 4 ve 5).

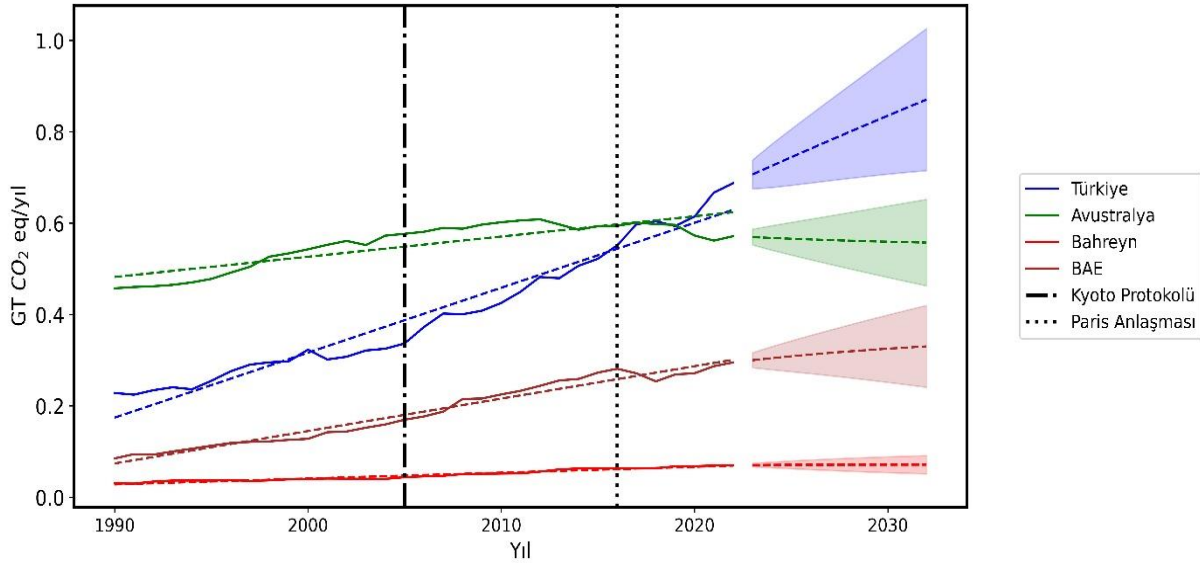
Model sonuçlarına göre Çin en geniş belirsizlik aralığına sahip olan ülke konumundadır. Bu oldukça önemli bir sonuçtur çünkü Çin aynı zamanda küresel emisyondaki payı açısından en üst sıradaki ülke konumundadır. Politika yapıcılara önemli bir veri sağlayan bu belirsizlik aralığı önümüzdeki 10 yıl için özellikle Çin'in iklim politikalarının küresel karbon emisyonunda belirleyeceği olacağı da bir göstergesidir. Çin ile karşılaştırıldığında ABD, AB27 ve Hindistan'ın belirsizlik aralığı oldukça dar olması, karbon emisyonu açısından belirli bir politikaya sahip olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Her ne kadar Çin için belirsizlik aralığı çok yüksek bulunsun da gelecek on yıl için sera gazı emisyon değerlerinde hızlı artışın yerini artış hızındaki azalmaya bırakacağı tahmin edilmektedir. Model çıktıları ABD'nin 2024 yılı itibarıyla sera gazı salınımlarını sabitleyeceğini, AB27 ülkelerinin 2024 yılından itibaren sera gazı salınımlarını azaltmaya başlayacağını göstermiştir. Hindistan'ın ise azalan bir ivme ile sera gazı emisyon değerlerinde artışa devam edeceği tahmin edilmiştir.



Şekil 4. Çin, ABD, AB27 ve Hindistan için Kyoto Protokolü ve Paris İklim Anlaşmasından sonra yıllık emisyonlardaki değişim trendi ve ARIMA tahminleri (2023-2032)

Figure 4. Trend in annual change in emissions and ARIMA projections after Kyoto Protocol and Paris Climate Agreement for China, USA, EU27 and India (2023-2032)

Türkiye, Avustralya, Bahreyn ve BAE için de benzer şekilde ARIMA model tahminleri yapılmış ve Şekil 5'te sunulmuştur. Bahreyn'in çok düşük bir eğim ile emisyonlarını artırmaya devam edeceği ve BAE'nin ise Bahreyn'e kıyasla artış hızının daha yüksek olacağı tahmin edilmiştir. Avustralya ile gelişmekte olan Türkiye'yi aynı çalışmada vermemizin önemli bir nedeni de Şekil 5'te açıkça görüldüğü üzere son yıllarda Türkiye ve Avustralya'nın emisyon değerlerinin birbirine çok yaklaşmış olmasıdır. Ancak, ülkelerin 1990-2022 yılları arasındaki küresel emisyon payları açısından değerlendirildiğinde, Avustralya'nın Türkiye'nin neden olduğundan %37.67 oranında daha fazla emisyon neden olduğu görülmektedir. Tarihsel sorumluluk açısından Avustralya Türkiye'ye oranla daha fazla emisyon neden olmuş, ancak güncel veriler karşılaştırıldığında Türkiye ve Avustralya'nın yıllık emisyon değeri neredeyse aynı düzeye gelmiştir. Şekil 2 ve Şekil 4 de sunulan kişi başına düşen emisyon değerleri ve kişi başına düşen GSYİH'nin 1000 ABD dolarına karşılık neden olunan sera gazı emisyon miktarları Türkiye ve Avustralya için değerlendirildiğinde ortaya çıkan tablo çok daha ilginçtir. Şekiller incelendiğinde her iki ölçekte de Avustralya Türkiye'ye kıyasla açık ara önde hatta ABD'den bile yüksek emisyon değerine sahiptir. Bu sonuç bir kere daha göstermektedir ki iklim politikalarında adaleti sağlayabilmek için güncel sera gazı emisyon değerleri yanında mutlaka ülkelerin tarihsel sorumluluklarına ve diğer göstergelere de dikkat edilmelidir.



Şekil 5. Türkiye, Avustralya, Bahreyn ve BAE için Kyoto Protokolü ve Paris İklim Anlaşmasından sonra yıllık emisyonlardaki değişim trendi ve ARIMA tahminleri (2023-2032)

Figure 5. Trend of change in annual emissions and ARIMA projections after Kyoto Protocol and Paris Climate Agreement for Türkiye, Australia, Bahrain and UAE (2023-2032)

Sonuç olarak; ülkemiz, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine (UNFCCC) 21.10.2003 tarihli ve 25266 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan 16.10.2003 tarihli, 4990 sayılı kanun ile uygun bulma suretiyle 24 Mayıs 2004'te 189. taraf olarak katılmış ve Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü (OECD) kurucu ülkelerinden olduğu için hem gelişmiş ülkelerin bulunduğu EK-I'de hem de gelişmekte olan ülkelerin bulunduğu EK-II'de yer almıştır. Ancak 2001'de 7. taraflar konferansında (COP7) farklı konumu tanınarak EK-II'den çıkartılmış ve yalnızca EK-I'de kalmıştır. Türkiye, Ek-I listesinde bulunan diğer 43 sanayileşmiş ülkeden (ABD, AB27, Avustralya vd.) farklı ve özel konumunu tüm taraflar konferansında dile getirmiştir ancak EK-I listesinde yer aldığı için 2012'de Yeşil İklim Fonundan faydalanamamış fakat Küresel Çevre Fonundan faydalanabilmektedir (Anonim, 2022). Müzakerelerde defalarca vurgulandığı üzere, Türkiye'nin EK-I listesinde yer alarak küresel ve tarihsel sorumluluk açısından diğer EK-I ülkeleriyle aynı pozisyonda değerlendirilmesi, en hafif ifadeyle, bir haksızlık olarak nitelendirilmektedir.

UNFCC tarafından EK-I ülkeleri olarak sınıflandırılan ülkelerin (yani sanayileşmiş ülkelerin çoğu), tarihsel ve çoğunlukla sömürge geçmişleri nedeniyle aşırı emisyonların %90'undan sorumlu olduğu bulunmuştur (Hickel, 2020). Uluslararası politikada temel soru, sanayileşmiş devletlerin geçmiş sera gazı emisyonlarıyla ilgili olarak ne ölçüde tazminat ödemesi ya da uyum veya telafi edici azaltım sorumluluklarına katlanması gerektiğidir (García-Portela, 2020; Hormio, 2023). Ancak karbon bütçelerinin tükenmesinden tüm ülkeler eşit derecede sorumlu değildir. Bazı ülkeler bu krizin oluşmasına diğerlerinden daha fazla katkıda bulunmuştur. Bu orantısız tarihsel sorumluluk, atmosferi tüm insanların adil ve eşitlikçi bir şekilde kullanma hakkına sahip olduğu ortak bir alan olarak tanıyan iklim adaleti perspektifi açısından sorunludur (Boyce ve ark., 2007; Matthews, 2016; Pickering & Barry, 2017; Fanning & Hickel, 2023). İklim adaletinin sıkça tartışıldığı günümüzde özellikle iklim politikaları açısından, sera gazı emisyon değerlerinin farklı ölçeklerde değerlendirilmesi son derece önemlidir. Ülkelerin niyet beyanları ve sıfır emisyon hedeflerine ulaşmak için politik düzeyde bu hesaplama yöntemlerinin tarafsız ve tutarlı olması bir zorunluluktur. Çünkü bu noktadan itibaren değerlendirmelerin bilimsel olarak doğru yapılması sadece küresel ısınmayı yavaşlatmak için değil aynı zamanda başta istihdam olmak üzere ülkelerin ekonomik kalkınmalarını da etkileyecektir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonim (2022). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İklim Değişikliği Başkanlığı. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. <https://iklim.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-33>
- Boyce, J.K., Narain, S., & Stanton, E.A. (Eds.). (2007). Reclaiming nature: Environmental justice and ecological restoration. Anthem Press.
- Crippa, M., Guizzardi, D., Pagani, F., Banja, M., Muntean, M., Schaaf, E., Becker, W., Monforti-Ferrario, F., Quadrelli, R., Riquez Martin, A., Taghavi-Moharamli, P., Köykkä, J., Grassi, G., Rossi, S., Brandao De Melo, J., Oom, D., Branco, A., San-Miguel, J., & Vignati, E. (2023). GHG emissions of all world countries. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/953332>
- Dong, K., Hochman, G., & Timilsina, G.R. (2020). Do drivers of CO2 emission growth alter overtime and by the stage of economic development?. *Energy Policy*, 140, 111420, 1-12.
- Fanning, A.L., & Hickel, J. (2023). Compensation for atmospheric appropriation. *Nature Sustainability*, 6 (9), 1077-1086.
- García-Portela, L. (2020). Moral responsibility for climate change loss and damage. *Teorema: Revista Internacional de Filosofía*, 39 (1), 7-24.
- Hickel, J. (2020). Quantifying national responsibility for climate breakdown: an equality-based attribution approach for carbon dioxide emissions in excess of the planetary boundary. *The Lancet Planetary Health*, 4 (9), e399-e404.
- Hormio, S. (2023). Collective responsibility for climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 14 (4), e830, 1-14.
- IPCC. (2001). Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability – Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC. (2013). AR5 Climate Change: Physical Science Basis. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf
- Jalles, J.T. (2019). Crises and emissions: New empirical evidence from a large sample. *Energy Policy*, 129, 880-895.
- Jones, M.W., Peters, G.P., Gasser, T., Andrew, R.M., Schwingshackl, C., Gütschow, J., Houghton, R.A., Friedlingstein, P., Pongratz, J., & Le Quéré, C. (2023). National contributions to climate change due to historical emissions of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide since 1850. *Scientific Data*, 10 (1), 155, 1-23.
- Kour, M. (2023). Modelling and forecasting of carbon-dioxide emissions in South Africa by using ARIMA model. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20 (10), 11267-11274.
- Lotfalipour, M.R., Falahi, M.A., & Bastam, M. (2013). Prediction of CO2 emissions in Iran using grey and ARIMA models. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3 (3), 229-237.

- Matthews, H.D. (2016). Quantifying historical carbon and climate debts among nations. *Nature Climate Change*, 6 (1), 60-64.
- Milly, P.C., & Dunne, K.A. (2016). Potential evapotranspiration and continental drying. *Nature Climate Change*, 6 (10), 946-949.
- Moellendorf, D. (2012). Climate change and global justice. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 3 (2), 131-143.
- Moss, J., & Kath, R. (2019). Historical emissions and the carbon budget. *Journal of Applied Philosophy*, 36 (2), 268-289.
- Notz, D. (2020). A short history of climate change. In EPJ Web of Conferences (Vol. 246, p. 00002). EDP Sciences.
- Nyoni, T., & Bonga, W.G. (2019). Prediction of CO2 emissions in India using arima models. *DRJ-Journal of Economics & Finance*, 4 (2), 1-10.
- Özfidaner, M., Şapolyo, U.D., & Topaloğlu, F. (2019). Determination of the average temperature data: Antalya and Alanya case. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 20, 106-111.
- Page, E.A. (2011). Climatic justice and the fair distribution of atmospheric burdens: A conjunctive account. *The Monist*, 94 (3), 412-432.
- Pickering, J., & Barry, C. (2017). On the concept of climate debt: Its moral and political value. In *Global Political Justice* (pp. 147-165). Routledge.
- Shields, L. (2020). Sufficiencyarianism. *Philosophy Compass*, 15 (11), 1-10.
- Topal, E., Özsoy, N., & Şahinler, N. (2016). Küresel ısınma ve arıcılığın geleceği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (1), 112-120.
- Ullah, I., Ma, X., Ren, G., Yin, J., Iyakaremye, V., Syed, S., Lu, K., Xing, Y., & Singh, V.P. (2022). Recent changes in drought events over South Asia and their possible linkages with climatic and dynamic factors. *Remote Sensing*, 14 (13), 3219, 1-20.
- UNFCCC. (1997). United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto Climate Change Conference - December 1997.
- Van der Schrier, G., Jones, P.D., & Briffa, K.R. (2011). The sensitivity of the PDSI to the Thornthwaite and Penman-Monteith parameterizations for potential evapotranspiration. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116 (D3), 1-16.
- World Meteorological Organization. (WMO). International Meteorological Vocabulary; No. 182; WMO: Geneva, Switzerland, 1992.
- World Meteorological Organization WMO. (2021). State of Climate in Asia 2021. <https://library.wmo.int/records/item/58229-state-of-the-climate-in-asia-2021>
- Zhang, Y.H., & Feng, T.T. (2022). How does the design of personal carbon trading system affect willingness to participate under carbon neutrality goal?—Evidence from a choice experiment. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (54), 81970-81992.
- Zhao, Y., Weng, Z., Chen, H., & Yang, J. (2020). Analysis of the evolution of drought, flood, and drought-flood abrupt alternation events under climate change using the daily SWAP index. *Water*, 12 (7), 1969, 1-23.