

## Küresel İklim Değişikliği ve İklim Göstergelerindeki Tarihsel Eğilimler

Muhammet TOKMAKÇI<sup>1,a</sup>, Mehmet BİLGİLİ<sup>1,b</sup>, Engin PINAR<sup>1,c</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adana

<sup>a</sup>ORCID: 0009-0009-9724-0249; <sup>b</sup>ORCID: 0000-0002-5339-6120; <sup>c</sup>ORCID: 0000-0002-7484-8616

### Makale Bilgileri

Geliş : 12.02.2025

Kabul : 25.03.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1665929

### Sorumlu Yazar

Muhammet TOKMAKÇI

mtokmakci@cu.edu.tr

### Anahtar Kelimeler

İklim değişikliği

Küresel ısınma

Atmosferik yoğunluk

Sera gazı emisyonları

**Atıf şekli:** TOKMAKÇI, M., BİLGİLİ, M., PINAR, E., (2025). Küresel İklim Değişikliği ve İklim Göstergelerindeki Tarihsel Eğilimler. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 40(1), 127-140.

### ÖZ

İklim değişikliğinin temel nedeni, atmosferin fiziksel özelliklerini değiştiren ve iklimsel bozulmalara yol açan sera gazı emisyonlarının artmasıdır. Küresel ortalama sıcaklıkların artması, çığ noktası sıcaklıklarının yükselmesine ve bağıl nemin azalmasına neden olmuştur. Bu çalışmada, 1970-2023 yılları arasında küresel iklim göstergelerindeki değişimler ayrıntılı olarak incelenmiş ve kuru termometre sıcaklığı ( $T_k$ ), çığ noktası sıcaklığı ( $T_d$ ), çığ noktası depresyonu (DPD), özgül nem ( $w$ ), bağıl nem (RH) ve yoğunluk ( $\rho$ ) gibi kritik parametrelerdeki eğilimler analiz edilmiştir. Bulgular, iklim değişikliğinin hızla ilerlediğini, kuraklık ve şiddetli hava olaylarının olasılığını artırdığını gösteriyor. Ek olarak, gelecekteki çevresel ve sosyo-ekonomik uyum stratejileriyle ilgili acil eylem gerekliliği vurgulanmıştır. Bu çalışmada, küresel iklim değişikliğinin etkilerinin daha iyi anlaşılmasını ve uzun vadeli veriler ve iklim modellerine dayalı uygun politikaların geliştirilmesini amaçlamaktadır.

## Global Climate Change and Historical Trends in Climate Indicators

### Article Info

Received : 14.02.2025

Accepted : 25.03.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1665929

### Corresponding Author

Muhammet TOKMAKÇI

mtokmakci@cu.edu.tr

### Keywords

Climate change

Global warming

Atmospheric density

Greenhouse gas emissions

**How to cite:** TOKMAKÇI, M., BİLGİLİ, M., PINAR, E., (2025). Global Climate Change and Historical Trends in Climate Indicators. Çukurova University, Journal of the Faculty of Engineering, 40(1), 127-140.

### ABSTRACT

The main cause of climate change is an increase in greenhouse gas emissions, which alters the physical characteristics of the atmosphere and causes climatic perturbations. Rising global mean temperatures have resulted in elevated dew point temperatures and diminished relative humidity. This study thoroughly examines the alterations in global climatic indicators from 1970 to 2023, analyzing trends in critical parameters like air dry bulb temperature ( $T_k$ ), dew point temperature ( $T_d$ ), dew point depression (DPD), absolute humidity ( $w$ ), relative humidity (RH), and density ( $\rho$ ). The findings indicate that climate change is progressing rapidly, heightening the likelihood of drought and severe weather occurrences. In addition, the necessity for immediate action regarding future environmental and socio-economic adaptation strategies was underscored. In this study aims to enhance understanding of the impacts of global climate change and to develop suitable policies grounded in long-term data and climate models.

## 1. GİRİŞ

İklim; atmosfer, karasal yüzeyler, kar ve buz, denizler ve diğer deniz yapıları ile mikrobiyolojik organizmaları içeren çok yönlü, etkileşimli bir sistemdir. Bu sistem, iç dinamiklerinin etkisi altında ve dış faktörlerdeki değişikliklere bağlı olarak zamanla yavaşça değişir. Güneş kaynaklı değişimler ve volkanik patlamalar gibi doğal olayların yanı sıra insan faaliyetlerinden kaynaklanan atmosferin bileşimindeki değişiklikleri de kapsayan iklim değişikliği, günümüzde dünyanın karşı karşıya olduğu en önemli sorunlardan biridir. İnsan yaşamının tüm yönlerini olumsuz etkileyen karmaşık bir sorundur.[1]. İklim değişikliğinin, insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazları nedeniyle hızla arttığı bilinmektedir. Fosil ve biyokütle yakıtlarının yakılması, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının en büyük kaynağı olarak ifade edilmektedir. İnsan faaliyetleri, arazi kullanımındaki değişiklikler, ormansızlaşma ve endüstriyel faaliyetler yoluyla atmosfere yayılan sera gazlarının hızla birikmesinin, doğal sera etkisini artırdığı düşünülmektedir. Dünya'dan yansıyan uzun dalga boylu ışınlar bulutlar ve su buharı (H<sub>2</sub>O), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), Dinitrojen monoksit (N<sub>2</sub>O) ve ozon (O<sub>3</sub>) gibi sera gazları tarafından emilir ve bunlar atmosferdeki sera etkisini düzenler. Sera etkisi, dünya ısı dengesi için gerekli bir mekanizmadır [2]. Öte yandan, insan faaliyeti sonucu atmosferde bulunan gazların varlığı gezegenin beklenenden daha yüksek bir oranda ısınmasına yol açmaktadır. Özellikle, sera gazı emisyonlarındaki artış, Sanayi Devrimi'nin başlangıcına denk gelen 1750'lerden bu yana belirgin bir artış göstermiştir. Atmosferdeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) konsantrasyonu 2022 yılında milyonda 417.1 ppm'ye ulaştı ve bu, sanayi öncesi döneme kıyasla %50 lik artış bir artışı temsil ediyor Metan (CH<sub>4</sub>) konsantrasyonu, sanayi öncesi seviyelere göre %165'lik bir artışı yansıtarak 1911.9 milyarda bir (ppb)'ye yükselmiştir. Dinitrojen monoksit (N<sub>2</sub>O) konsantrasyonu, yoğun tarım uygulamalarına atfedilebilecek şekilde %24 artarak 335,7 ppb'ye yükseldi [3].

İklim değişikliği, 20. yüzyılın, özellikle son çeyreğinde en çok konuşulan ve tartışılan çevresel sorunlardan biri olmuştur. İklim değişikliğinin önlenabilir olması, dünyamız üzerindeki etkileri ve bu etkilere karşı alınabilecek önlemlerin politik yönleri nedeniyle bu konu Birleşmiş Milletler (BM) liderliğinde dünya ülkelerinin gündemine taşınmıştır. Bu amaçla, 1988 yılında, Birleşmiş Milletler' in iki kuruluşu olan Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) aracılığıyla, insan faaliyetlerinin neden olduğu iklim değişikliği risklerini değerlendirmek amacıyla Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), 1990, 1995, 2001, 2007 ve 2013 yıllarında çalışmalarını kamuoyuna duyuran raporlar hazırlamıştır. Bu çalışmalarda bilimsel temeller, adaptasyon çalışmaları ve önleyici araştırmalar gibi bir dizi konu derinlemesine ele alınmıştır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği olayları bilim insanları tarafından neden-sonuç ilişkisi bağlamında analiz edilmiştir. Bu değerlendirmenin sonucunda hükümetler, insan faaliyetlerinin neden olduğu zararları azaltmak için mümkün olan en büyük çabayı gösterme konusunda bir anlaşmaya varmışlardır. İklim değişikliğinin doğrudan ve dolaylı sonuçlarına maruz kalacak ülkelerin önemli araştırmalar yürütmesini gerektiren bu durum, daha sorumlu davranmayı ve bazı önlemler almayı zorunlu kılmaktadır. Bugün, iklim değişikliğinin tartışıldığı ve ulusal ve uluslararası düzeyde alınan önlemlerin, uyum ve önleme çabalarının tüm paydaşlar ve hükümetler tarafından yakından takip edildiği bir dönemde, en önemli konu, bir değişimin olup olmadığının ve varsa bu değişimin ne ölçüde olduğunun belirlenmesi ve izlenmesidir. İklim değişikliğine başarılı bir şekilde uyum sağlamak ve onu önlemek için doğru bir iklim izleme modelinin geliştirilmesi ve kullanılması kritik öneme sahiptir [4].

Mevcut literatür, özellikle karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve Dinitrojen monoksit (N<sub>2</sub>O) gibi sera gazlarının atmosferdeki birikiminin küresel ısınmaya doğrudan katkı sağladığını ortaya koymaktadır [5]. Faquese ve ark. [6] 1990 ile 2020 yılları arasında Lombardiya'da yıllık ortalama sıcaklıkta 0.0436°C'lik bir artış kaydederken, kar suyu eşdeğeri değişikliklerini de gözlemlemişlerdir. Kış aylarında azalma, bahar aylarında ise artış gözlemlenmiştir. Bu bulgular, bölgesel iklim değişikliği etkilerini göstermektedir. Kliengchuay ve ark. [7] ise 2001 ile 2020 yılları arasında Tayland'ın altı bölgesinde sıcaklık, bağıl nem ve yağışta artan eğilimler bulmuş ve güney ile doğu bölgelerinin özellikle bağıl nem ve ısı indeksi konusunda belirgin artışlar yaşadığını tespit etmiştir. Hansen ve ark. [8] çalışması, küresel yüzey sıcaklıklarının 1970'lerden itibaren hızla artış gösterdiğini ve bu artışın Arktik bölgelerde dünya ortalamasının iki katı hızla gerçekleştiğini belirtmektedir. Bu durum, iklim değişikliğinin farklı coğrafi bölgelerde farklı hızlarda meydana geldiğini göstermektedir. Held ve diğerleri [9], yüksek sıcaklıkların atmosferdeki su buharında artışa yol açtığını ve böylece hidrolojik döngüyü büyük ölçüde değiştirdiğini keşfetti. Dessler ve ark. [10] tarafından yapılan araştırma, su buharının önemli bir sera gazı olduğunu ve atmosferdeki konsantrasyonunun artmasının küresel ısınmayı daha da kötüleştirebileceğini göstermektedir. Küresel

ısınmanın, atmosferdeki su buharı birikiminin artması nedeniyle daha şiddetli yağışlara ve ani hava olaylarına yol açması beklenmektedir [11]. Çiğ noktası sıcaklıklarındaki artış, atmosferik nem tutma kapasitesindeki bir artışla ilişkilidir. Bu artış, meteorolojik koşullardaki değişikliklerle birlikte, atmosferde ek su buharının birikmesine neden olur. Literatürde, yüksek çiğ noktası sıcaklıkları yağış olasılığını artıran ve atmosferik yoğunlaşmayı hızlandıran bir faktör olarak kabul edilir. Gözlemlenen bağıl nemdeki azalmalar, artan sıcaklıkların buharlaşmayı artırarak atmosferik nem dengesini olumsuz etkilediğini göstermektedir [12]. Son araştırmalar, iklim değişikliği nedeniyle çiğ noktası depresyonu ve bağıl nem anomalilerinde artan bir eğilim olduğunu göstermektedir [13]. Atmosferdeki bağıl nem oranının azalması kurak hava koşullarına neden olurken, sıcaklık-nem dengesindeki bozulmalar su kaynaklarını ve ekosistemleri olumsuz etkiliyor. 2023 yılına ait çiğ noktası ve sıcaklık verileri, iklim değişikliğinin etkilerinin yoğunlaştığını ve atmosfer dengesinin bozulduğunu göstermektedir [14].

## 2. ÇALIŞMANIN YENİLİĞİ VE ÖNEMİ

Bu çalışmada, 1970-2023 yılları arasında küresel iklim göstergelerinde meydana gelen değişimler ayrıntılı olarak incelenmiş ve kuru termometre sıcaklığı, çiğ noktası sıcaklığı, çiğ noktası depresyonu, özgül nem, bağıl nem ve yoğunluk gibi temel parametrelerdeki eğilimler değerlendirilmiştir. Küresel alanda, uzun dönemli iklim verilerinin kapsamlı bir şekilde analiz edildiği çalışmalar sınırlıdır. Bu bağlamda, bu çalışma, çeşitli modellerin uygulanması yoluyla iklim verisi eğilimlerini inceleyerek bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Uzun dönemli veri setlerinden faydalanarak, araştırma iklim eğilimleriyle ilişkilendirilen kritik parametreleri vurgulayan grafikler sunmakta ve bu olguların daha derinlemesine anlaşılmasını sağlamaktadır. Elde edilen bulgular, iklim değişikliğine uyum sağlama ve sera gazı emisyonlarını azaltma stratejilerinin geliştirilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca, bu çalışma, gelecekteki araştırmaların uzun dönemli veri izleme ve değerlendirmeye odaklanması gerektiğini vurgulamaktadır. Çalışmanın yeniliği ve önemi aşağıda özetlenmiştir:

- Küresel iklim göstergelerine yönelik kapsamlı bir analiz sunarak, yerel eğilimler ve bu eğilimlerin gelecekteki iklim senaryoları üzerindeki etkileri hakkında önemli bilgilerin incelenmesi.
- Küresel iklim göstergelerinin son yıllarda nasıl evrildiğini ve bu değişimlerin tarım, su kaynakları ve halk sağlığı gibi sektörler üzerindeki olası etkilerini anlamaya katkıda bulunmak.

İklim değişikliği etkilerini hafifletmeye yönelik gelecekteki iklim politikaları ve stratejileri için uzun vadeli veri toplamanın ve izlemenin temel bir yaklaşım olarak gerekliliğini vurgulamak.

## 3. YÖNTEM

Bu çalışmanın metodolojisi, atmosferik verileri incelemek ve iklim değişikliği eğilimlerini saptamak üzerine oluşturulmuştur. Kullanılan yaklaşımlar meteorolojik parametrelerin hassas bir şekilde hesaplanmasını ve çeşitli göstergeler arasındaki korelasyonların analizini sağlamaktadır. Uzun vadeli iklim eğilimlerini değerlendirmek için aylık ve yıllık veriler üzerinde istatistiksel çalışmalar yürütülmüştür. Bu bölümde, iklim göstergelerini hesaplamak için kullanılan algoritmaların ve veri işleme yöntemlerinin ayrıntılı bir sunumu verilmiştir. Sıcaklık, genellikle hava sıcaklığı olarak bilinir, havanın en sık kullanılan özelliğidir. Bu terim, ortam havasının sıcaklığını belirtir. Çiğ noktası sıcaklığı,  $T_d$  atmosferik su buharının yoğunlaşarak havanın tamamen doymuş hale geldiği sıcaklıktır. Bu sıcaklığın üzerinde, nem atmosferde kalır ve yoğunlaşma olmaz.

Aylık kuru termometre sıcaklığı,  $T_k$  ve çiğ noktası sıcaklığı,  $T_d$  verileri her bir zaman noktasında yaş termometre sıcaklığı,  $T_w$ , özgül nem,  $w$ , su buharının kısmi basıncı,  $P_v$  ve bağıl nem, RH değerlerine dönüştürülebilir. Yaş termometre sıcaklığı,  $T_w$ , özgül nem,  $w$  ve su buharının kısmi basıncı,  $P_v$  hesaplamalarında, istasyonun iklimsel aylık ortalama basınç değeri,  $P$  kullanılır. Çiğ noktası depresyonu, DPD, havanın çiğ noktasına ulaşabilmesi için ne kadar soğuması gerektiğini derece, °C cinsinden gösterir. Eğer çiğ noktası sıcaklığı,  $T_d$  veya yaş termometre sıcaklığı,  $T_w$ , kuru termometre sıcaklığına,  $T$  eşit olursa ya da çiğ noktası depresyon, DPD değeri sıfır olduğunda hava doymuş hale gelir. Çiğ noktası depresyonu, DPD şu şekilde ifade edilir:

$$DPD = T - T_d \quad (1)$$

Basınç,  $P$  (hPa) değeri, istasyon yüksekliği,  $Z$  (metre), deniz seviyesindeki ortalama basınç ( $P_{msl} = 1013.25$  hPa) ve istasyonun iklimsel aylık ortalama sıcaklığı,  $T_k$  (Kelvin) kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$P = P_{msl} \left( \frac{T}{T + 0.065 Z} \right)^{5.625} \quad (2)$$

g/kg cinsinden özgül nem,  $w$  su buharı kütesinin nemli hava kütesine oranıdır. Aşağıdaki formüle verildiği şekilde hesaplanabilir:

$$w = 1000 \left( \frac{0.622 P_v}{P - ((1 - 0.622)P_v)} \right) \quad (3)$$

Bağıl nem, RH, havadaki mevcut su buharı miktarının, aynı sıcaklıkta tutulabilecek maksimum su miktarına oranı olarak ifade edilir [15]. Genellikle yüzde (%) olarak ifade edilen bağıl nem, RH, mevcut su buharının kısmi basıncının,  $P_v$ , aynı sıcaklıkta hava içindeki doymuş buhar basıncına,  $P_g$  oranını gösterir:

$$RH = 100 \left( \frac{P_v}{P_g} \right) \quad (4)$$

Burada  $P_g$ , ilgili sıcaklığa karşılık gelen doymuş buhar basıncını ifade etmektedir. Su buharının kısmi basıncı,  $P_v$  (hPa) ise,  $T_w > 0^\circ\text{C}$  olduğunda şu şekilde hesaplanabilir:

$$P_v = 6.1121 \cdot f_w \cdot \exp \left( \frac{\left( 18.729 - \left( \frac{T_d}{227.3} \right) \right) T_d}{257.87 + T_d} \right) \quad (5)$$

$$f_w = 1 + 7 \times 10^{-4} + 3.46 \times 10^{-6} P \quad (6)$$

Denklem (5)'te, doymuş buhar basıncını,  $P_g$  elde etmek için çığ noktası sıcaklığı,  $T_d$  yerine kuru termometre sıcaklığı,  $T_k$  kullanılır. Diğer yandan,  $T_w < 0^\circ\text{C}$  olduğunda, su buharının kısmi basıncı,  $P_v$  ve doymuş buhar basıncı,  $P_g$  değerlerini hesaplamak için aşağıdaki denklemler kullanılır:

$$P_v(\text{ice}) = 6.1115 \cdot f_i \cdot \exp \left( \frac{\left( 23.036 - \left( \frac{T_d}{333.7} \right) \right) T_d}{279.82 + T_d} \right) \quad (7)$$

$$f_i = 1 + 3 \times 10^{-4} + 4.18 \times 10^{-6} P \quad (8)$$

Yaş termometre sıcaklığı,  $T_w$ , nemli bir fitilin buharlaşma yoluyla soğumasını ölçen bir termometrenin okumasıdır. "Yaş termometre" olarak bilinen bu cihaz, hava doymuş değilse, fitildeki suyun buharlaşmasıyla soğur [16]. Yaş termometre sıcaklığı,  $T_w$ , şu şekilde tanımlanır:

$$T_w = \frac{aT + bT_d}{a + b} \quad (9)$$

$$a = 6.6 \times 10^{-5} P \quad (10)$$

$$b = \frac{409.8P_v}{(T_d + 237.3)^2} \quad (11)$$

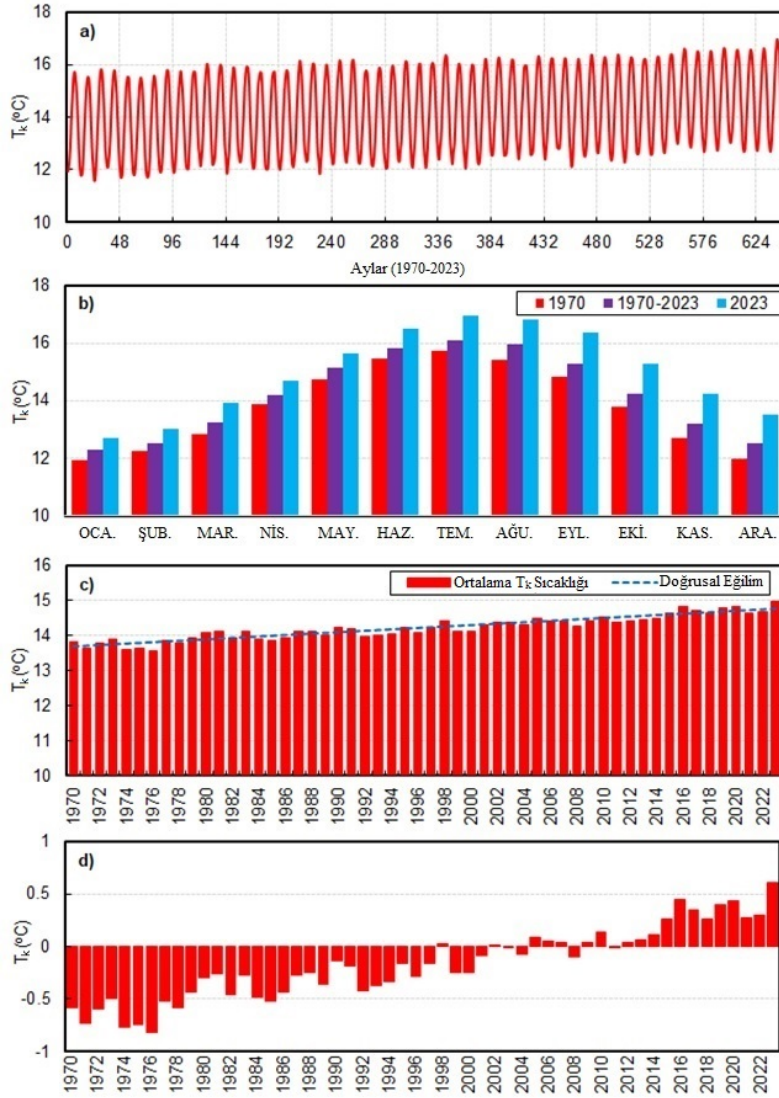
Yukarıdaki formüllere dayanarak, 1970-2023 yılları arasında küresel iklim göstergelerindeki değişimler kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Hesaplamalar için gerekli olan kuru termometre sıcaklığı,  $T_k$  ve çığ noktası sıcaklığı,  $T_d$  verilerinin aylık ve yıllık ortalama değerleri, Climate Reanalyzer platformundan temin edilmiştir [17]. Bu değerler dikkate alınarak çalışma, kuru termometre sıcaklığı,  $T_k$ , çığ noktası sıcaklığı,  $T_d$ , çığ noktası depresyonu, DPD, özgül nem,  $w$ , bağıl nem, RH ve yoğunluk,  $\rho$  gibi kritik atmosferik parametrelerdeki eğilimleri belirlemeyi ve analiz etmeyi amaçlamaktadır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Genel olarak, 20. yüzyılın başından itibaren çoğu bölgede kuru termometre sıcaklığı,  $T$  değerleri artış göstermiştir. Bu durum, küresel sıcaklıklardaki uzun vadeli bir artış eğilimine işaret etmektedir. Bununla birlikte, sıcaklık artışları tüm bölgelerde eşit olarak gerçekleşmemiştir. Kara yüzeyleri genellikle okyanuslardan daha hızlı bir sıcaklık artışı yaşamıştır ve Arktik bölgesi son yirmi yılda, küresel ortalamanın iki katı oranında ısınmıştır.

Daha yüksek küresel sıcaklık artışlarının olduğu dönemler olduğu gibi, daha yavaş ısınma veya hatta soğuma dönemleri de tespit edilmiştir. Dahası, sıcaklık artışları sürekli artan bir eğilimde olmamıştır. Örneğin, dünyanın ortalama sıcaklığı 1940'lı yıllardan 1970'li yılların ortalarına kadar büyük ölçüde nispeten sabit kalmıştır. Gezegenin ortalama sıcaklığında 1970'lerin sonlarından günümüze kadar daha hızlı bir artış belirlenmiştir. Şekil 1'de 1970-2023 yılları arasında dünyanın ortalama kuru termometre sıcaklığının,  $T_k$  istatistiksel analizinin sonuçları sunulmaktadır. İnsan faaliyetleri nedeniyle, 1970 yılından bu yana üretilen sera gazı emisyonlarının miktarında önemli bir artış olmuştur. Atmosfere salınan sera gazı miktarı, fosil yakıtların kullanımı, endüstriyel malların üretimi, ormanların tahribi ve tarımsal faaliyetler de dâhil olmak üzere bir dizi faktörün sonucu olarak önemli ölçüde artmıştır. Bu nedenle, 1970 yılından, 2023 yılına kadar olan dönemde küresel aylık ortalama kuru termometre sıcaklığı,  $T_k$  belirgin ölçüde artmıştır. Bu yıllar arasında, en düşük  $T_k$  değeri Ocak 1972'de 11,57°C olarak ölçülürken, en yüksek  $T_k$  değeri Temmuz 2023'te 16,95 °C olarak kaydedilmiştir. Özellikle 2023 yılında kaydedilen rekor  $T_k$  artışı, Şekil 1a'da açıkça görülmektedir. Sonuç olarak, küresel aylık ortalama kuru termometre sıcaklığının,  $T_k$ , değerinde 1970-2023 yılları arasında önemli bir artış kaydedilmiştir. Bu yıllar arasında kaydedilen en düşük  $T_k$  değeri Ocak 1972'de 11,57°C, en yüksek olarak kaydedilen  $T_k$  değeri ise Temmuz 2023'te 16,95°C olmuştur. Şekil 1a'da 2023 yılında kaydedilen kuru termometre sıcaklığının değerinin, ölçüm yapılan yıllar içerisinde en yüksek  $T$  değerine ulaştığı çok açık bir şekilde görülmektedir. Şekil 1b, 1970 ve 2023 yıllarına ait aylık küresel ortalama kuru termometre sıcaklığı,  $T_k$  verilerinin, 1970-2023 dönemine ait aylık ortalama  $T_k$  değerleri ile karşılaştırmasını göstermektedir. Şekil 1b'de verilen grafiklerden de anlaşılacağı üzere, dünya üzerindeki en düşük aylık ortalama  $T_k$  değerleri Ocak ayında, en yüksek aylık ortalama  $T_k$  değerleri ise Temmuz ayında kaydedilmiştir. Ocak ayına ait ortalama  $T_k$  değeri, 1970 yılında 11,94°C iken, 2023 yılında %6,2'lik bir artışla 12,69°C'ye ulaşmıştır. Benzer şekilde, Temmuz ayına ait ortalama  $T_k$  değeri 1970 yılında 15,43°C iken, 2023 yılında %7,9'luk bir artışla 16,95°C'ye yükselmiştir. Şekil 1c, 1970 ile 2023 yılları arasındaki ortalama kuru termometre sıcaklığı,  $T_k$  verilerinin dağılımını ve eğilim çizgisini göstermektedir. Sanayi öncesi döneme göre 2023 yılı, 1850 yılından bu yana kaydedilen en sıcak yıl olmuştur. 1970 yılında 13,80°C olan yıllık ortalama  $T_k$  değeri, 2023 yılında %8,5 artarak 14,97°C'ye yükselmiştir. 2023 yılı öncesinde ise 2016 yılı 14,81°C ile en sıcak yıl olarak kaydedilmiştir. 1970 ile 2023 yılları arasında en düşük yıllık ortalama  $T_k$  değeri ise 13,56 °C ile 1976 yılında ölçülmüştür. Şekil 1d, yıllık ortalama kuru termometre sıcaklığı,  $T_k$  anomalilerinin dağılımını göstermektedir. Bu veri seti anomalileri, 1991-2020 yılları arası dönemi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Şekilden görüldüğü üzere, 2012 yılından itibaren küresel yıllık ortalama anomali değerlerinde pozitif sapmalar gözlemlenmektedir. 2023 yılında kaydedilen 14,97°C'lik küresel yıllık ortalama  $T_k$  değeri, 1991-2020 yıllarının ortalaması olan 14,37°C'nin 0,6°C üzerindedir. 2023 yılı öncesinde en yüksek yıllık ortalama anomali değeri 2016 yılında 0,44°C olarak belirlenmişken, 2023 yılında kaydedilen rekor  $T_k$  değeri hem dikkat çekici hem de endişe verici olmuştur.



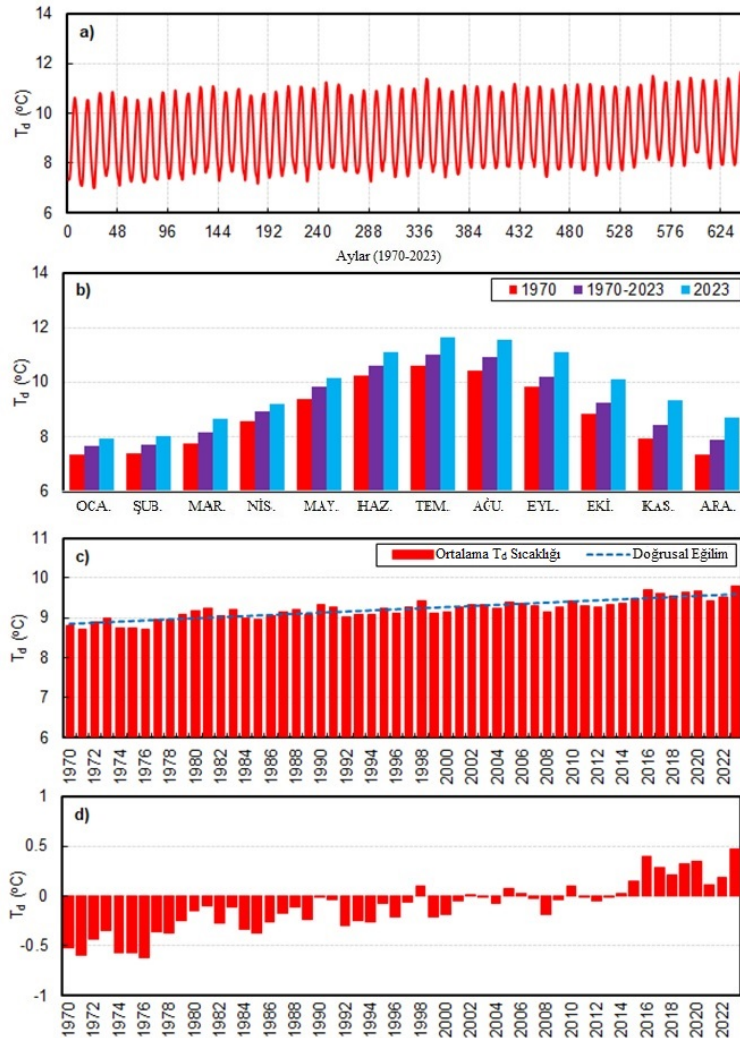


**Şekil 1.** 1970 ile 2023 yılları arasındaki küresel ortalama kuru termometre sıcaklık verilerinin istatistiksel analizi: a) aylık zaman serisi grafiği, b) 1970 ve 2023 yılları için aylık ortalama kuru termometre sıcaklık verilerinin, 1970-2023 yılları arasındaki döneminin aylık ortalama değerleriyle karşılaştırılması, c) yıllık ortalama kuru termometre sıcaklık verilerinin dağılımı ve trend çizgisi, d) 1991-2020 ortalamasına göre yıllık ortalama kuru termometre sıcaklık anomalilerinin dağılımı

Çiğ noktası sıcaklığı, havadaki nemin doymunluğa ulaştığı sıcaklığı ifade eder ve iklim değişikliği ile ilişkilidir. 1970-2023 yılları arasında yapılan gözlemler, çiğ noktası sıcaklık,  $T_d$  değerlerinde küresel bir artış eğilimi olduğunu göstermektedir. Bu artışa katkıda bulunan birincil faktörler arasında atmosferdeki sera gazlarının birikmesi ve küresel ısınmadan kaynaklanan artan buharlaşma yer alır. Su buharı, ısıyı atmosfere etkili bir şekilde ileten ve  $T_d$  değerlerinde artışa yol açan güçlü bir sera gazıdır. Havanın daha fazla miktarda su buharı taşıma kapasitesi, deniz yüzeyi sıcaklıklarının artması ve daha sıcak atmosfer koşulları sonucunda artar. Bu yetenek, bölgesel düzeyde atmosfer dinamiklerinde ve yağış döngülerinde değişikliklere yol açar. Bu eğilim, yağış olaylarının dünya genelinde daha sık ve yoğun gerçekleşmesine, ayrıca bağıl nem oranının artmasına ve akşam saatlerinde meydana gelen soğuma miktarının azalmasına neden olur. 1970-2023 yılları arasında, en yüksek çiğ noktası sıcaklık,  $T_d$  değeri Ocak 1972'de  $7.00^\circ\text{C}$  olarak kaydedilirken, bu değer Temmuz 2023'te  $11.64^\circ\text{C}$  ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Çiğ noktası sıcaklık,  $T_d$  değerinin aylık ölçek değişiminin detaylı gösterimi Şekil 2a'da yer almaktadır. 2023 yılında çiğ noktası sıcaklığı  $T_d$  değerinin önceki yılların ortalama seviyelerinden daha yüksek olması atmosferin nem tutma kapasitesinin arttığını göstermektedir. Bu eğilimler, küresel ısınmadan kaynaklanan buharlaşma ve nem döngülerindeki değişikliklerin gelecekte yoğun yağışlara ve aşırı hava olaylarına yol açabileceğini göstermektedir. Şekil 2b, 1970 ve 2023 yıllarına ait aylık küresel ortalama çiğ noktası sıcaklık,  $T_d$

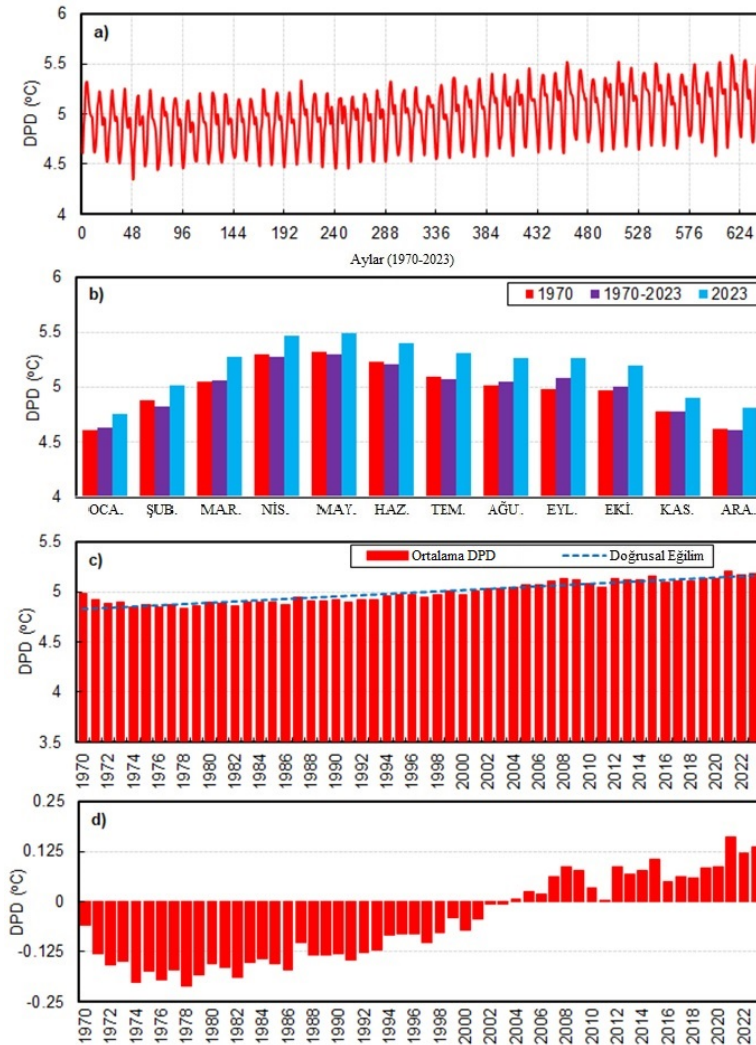
verilerinin, 1970-2023 yılları arasındaki aylık ortalama değerlerle karşılaştırılmasını göstermektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere, dünyadaki en yüksek aylık ortalama  $T_d$  değerleri Temmuz aylarında, en düşük aylık ortalama değerler ise Ocak aylarında gözlemlenmiştir. 1970 yılı Ocak ayı ortalama  $T_d$  değeri  $7.33^{\circ}\text{C}$  olarak belirlenmiş olup, bu değer Tablo 1b'de yer alan en düşük değerdir. 2023 yılı Ocak ayında ise  $T_d$  değeri yaklaşık %8,17 artışla  $7.90^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşmıştır. 2023 yılı Temmuz ayında ortalama  $T_d$  değeri  $11,64^{\circ}\text{C}$  ile en yüksek değer olarak kaydedilmiştir. 1970 yılıyla karşılaştırıldığında, Temmuz ayı ortalama  $T_d$  değeri %9,63 oranında azalarak  $10.62^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Şekil 2c, 1970'ten 2023'e kadar olan yıllık ortalama çığ noktası sıcaklığı,  $T_d$  verilerinin değişimini ve eğilim çizgisini göstermektedir. 1970 yılında  $8.80^{\circ}\text{C}$  olan ortalama  $T_d$  değeri, 2023 yılına gelindiğinde yaklaşık %10,05 oranında artış göstererek  $9.79^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşmıştır.

Şekil 2d, yıllık ortalama çığ noktası sıcaklık,  $T_d$  anomalilerinin dağılımını göstermektedir. Bu anomaliler, 1991-2020 yılları referans dönemi olarak alınarak hesaplanmıştır. Grafikte görüldüğü üzere 2014 yılından bu yana dünya genelindeki ortalama anomali sıcaklık değerlerinde pozitif  $T_d$  değer farkları kaydedilmektedir. Bu durum 2014 yılından bu yana devam etmektedir. 2023 yılında  $9.79^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilen küresel ortalama sıcaklık, 1991-2020 yılları arasındaki  $9.32^{\circ}\text{C}$  ortalama değerinin  $0.46^{\circ}\text{C}$  üzerinde kaydedilmiştir. Bu değer, 2023 yılına kadar kaydedilen en yüksek anomali olup, o yıl rekor düzeyde bir  $T_d$  artışı tespit edilmiştir.



**Şekil 2.** 1970 ile 2023 yılları arasındaki küresel çığ noktası sıcaklık verilerinin istatistiksel analizi: a) aylık zaman serisi grafiği, b) 1970 ve 2023 yılları için aylık ortalama çığ noktası sıcaklık verilerinin, 1970-2023 yılları arasındaki döneminin aylık ortalama değerleriyle karşılaştırılması, c) yıllık ortalama çığ noktası sıcaklık verilerinin dağılımı ve trend çizgisi, d) 1991-2020 ortalamasına göre yıllık ortalama çığ noktası sıcaklık anomalilerinin dağılımı

1970-2023 yılları arasındaki çığ noktası depresyon, DPD verilerini gösteren grafik (Şekil 3), bu dönemde çığ noktası depresyonunda genel bir artış eğilimi olduğunu göstermektedir. Bu artıştan, hava sıcaklığı ile çığ noktası sıcaklığı arasındaki farkın zamanla arttığı sonucu çıkarılabilir. Küresel ısınmaya bağlı sıcaklık artışları DPD değerinin yükselmesine neden olurken, belirli dönemlerde ve belirli bölgelerde bağıl nemde yaşanan düşüşler bu farklılığı daha da derinleştirmiştir. Çığ noktası depresyon değerindeki bu uzun vadeli artış, atmosferdeki sıcaklık-nem dengesinin iklim değişikliğiyle bozulduğunu göstermektedir. 1970-2023 yılları arasında en düşük DPD değeri Ocak 1974'te 4,34°C olarak ölçülürken, en yüksek DPD değeri Temmuz 2023'te 5,58°C olarak belirlenmiştir. Şekil 3a aylık ölçekli çığ noktası depresyon, DPD zaman grafiğini açıkça göstermektedir. Yüksek çığ noktası depresyon, DPD değerleri düşük nem koşullarını göstermekte ve bu eğilim iklim değişikliğinin belirli dönemlerde kuraklık riskini artırabileceğini düşündürmektedir. Şekil 3b, 1970 ve 2023 yılları arasındaki aylık küresel ortalama çığ noktası depresyon, DPD verileri ile 1970-2023 yılları arasındaki döneme ait aylık ortalama değerlerin karşılaştırılmasını göstermektedir. Şekilde sunulan verilere göre, dünyada aylık ortalama DPD değerinin en yüksek olduğu ay Aralık ayı iken, en düşük DPD değerinin olduğu ay Mayıs ayı olarak kaydedilmiştir. Öte yandan verilerin yıllık değişimi incelendiğinde, 1970-2023 yılları arasında aylık ortalama DPD değerinin en düşük olduğu ayın Ocak ayı olduğu görülmektedir. Ocak 1970'te ortalama DPD değeri 4,61°C iken, 2023'te yaklaşık %3,19'luk bir artışı yansıtarak 4,75°C'ye yükseldi. Buna karşılık, Mayıs ayı için ortalama DPD değeri 1970'te 5,32°C olarak kaydedilirken, 2023'te %3,21'lik bir artışı yansıtarak 5,49°C'ye yükseldi.



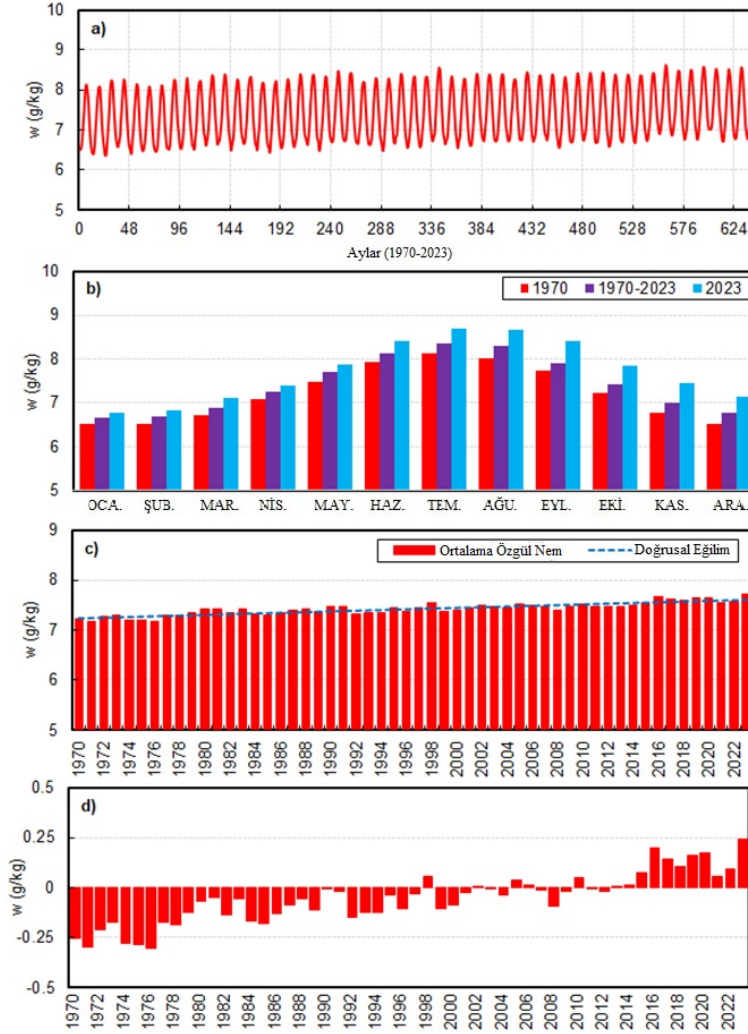
Şekil 3. 1970 ile 2023 yılları arasındaki küresel çığ noktası depresyon verilerinin istatistiksel analizi: a) aylık zaman serisi grafiği, b) 1970 ve 2023 yılları için aylık ortalama çığ noktası depresyon verilerinin, 1970-2023 yılları arasındaki döneminin aylık ortalama değerleriyle karşılaştırılması, c) yıllık ortalama çığ noktası depresyon verilerinin dağılımı ve trend çizgisi, d) 1991-2020 ortalamasına göre yıllık ortalama çığ noktası depresyon anomalilerinin dağılımı



1970 ile 2023 yılları arasında, yıllık ortalama çığ noktası depresyonu, DPD verileri, dağılım ve eğilim çizgisiyle birlikte Şekil 3c'de gösterilmektedir. Toplanan tüm verilere dayanarak, 2021 yılı bu zaman diliminde en yüksek DPD değerine sahip olan yıl olmuştur. 1970 yılında ortalama DPD değeri 4,98 santigrat derece iken, 2023 yılında neredeyse %3,85 oranında artarak 5,17 santigrat dereceye ulaşmıştır. 1978 yılında DPD değeri 4,83 santigrat derece olarak rapor edilmiş olup, bu 1970 ile 2023 yılları arasında kaydedilen en düşük değerdir. En yüksek DPD değeri ise 2021 yılında 5,20°C ile ölçülmüştür. çığ noktası depresyon, DPD anomalileri, yıllık ortalama çığ noktası depresyon oranlarının dağılımını gösteren Şekil 3d'de tasvir edilmiştir. Bu anomalilerin hesaplanmasında 1991'den 2020'ye kadar uzanan bir referans dönemi kullanılmıştır. Grafikte görüldüğü gibi 2004 yılından bu yana tüm gezegenin ortalama anomali sıcaklıklarında pozitif sapmalar yaşanıyor. 2023 yılında küresel ortalama DPD değeri 5,17°C olarak kaydedildi. Bu değer, 1991-2020 yılları arasında kaydedilen 5,04°C ortalamasına göre 0,13°C'lik bir artışı temsil ediyor. 2023 yılına kadar kaydedilen en yüksek anomali değeri 0,16°C ile 2021 kaydedilmiştir. Veriler, başlangıçta negatif anomali değerleri göstererek uzun bir süre normallerin altında kalmış, ancak zamanla pozitif yönde bir artış eğilimi göstermeye başlamıştır. Pozitif anomali değerlerinin özellikle son yıllarda giderek daha belirgin hale gelmesi, küresel iklim değişikliğinin sonuçlarının daha belirgin hale geldiğinin ve bu değişikliğin atmosferdeki özgül nem dengesini bozduğunun bir göstergesidir.

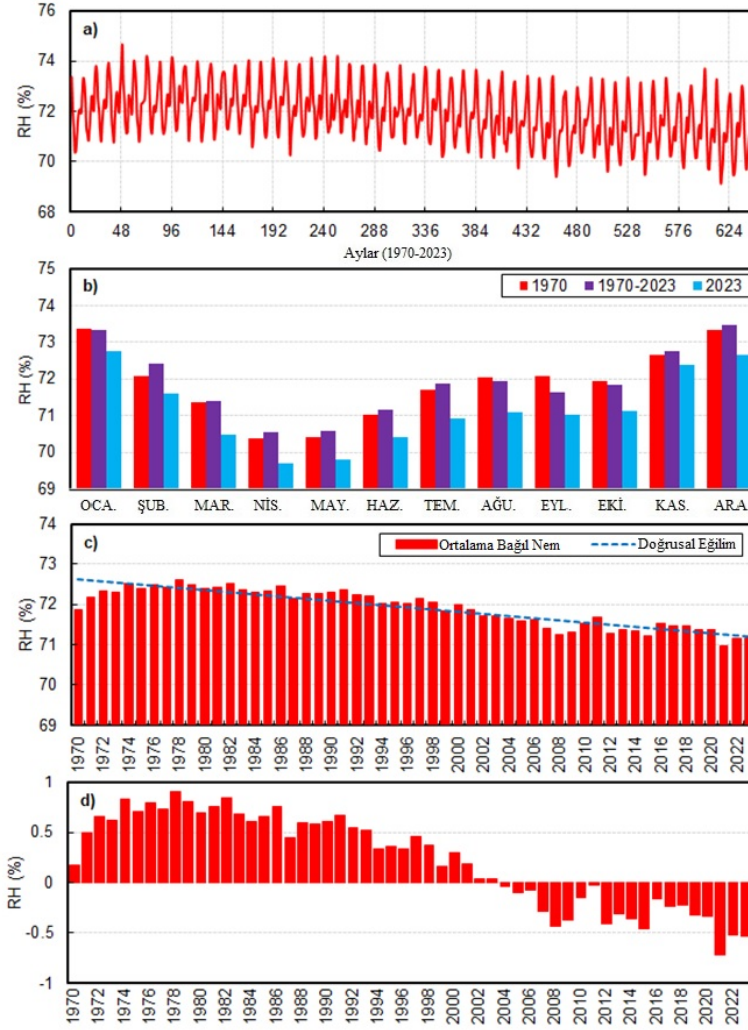
Özgül nem,  $w$  için temel belirleyiciler sıcaklık, atmosfer basıncı, rüzgâr dinamikleri ve yüzey su kütlelerinin (okyanuslar, denizler ve büyük göller) mevcudiyetidir. Sıcaklık arttıkça buharlaşma hızı da artar, bu da atmosferde daha fazla su buharının birikmesine ve dolayısıyla daha yüksek  $w$  değerlerinin oluşmasına neden olur. Hava kütlelerinin hareketi atmosfer basıncından etkilenir ve bu durum nemli veya kuru hava kütlelerinin belirli bölgelerde yoğunlaşmasına yol açar. Özgül nemdeki değişimler enerji dengesinin ve küresel iklim sisteminin birçok yönünü etkiler. Şekil 4a, aylık ölçek  $w$  değerlerinin zaman içindeki değişiminin ayrıntılı bir örneğini sunmaktadır. 1970-2023 yılları arasında ulaşılan en yüksek  $w$  değeri Temmuz 2023'te 8,70 g/kg olurken, en düşük  $w$  değeri Ocak 1972'de 6,36 g/kg olarak kaydedilmiştir. Şekil 4b, değerleriyle gösterilen en yüksek aylık ortalama özgül nemin Temmuz ayında meydana geldiğini, en düşük değerlerin ise Ocak ayında gözlemlendiğini göstermektedir. Kaydedilen en düşük ortalama  $w$  değeri Ocak 1970'te 6,50 g/kg iken, gözlemlenen en yüksek değer Temmuz 2023'te 8,70 g/kg olmuştur. Şekil 4c'de sunulan veriler, 1976 yılının 1850'den bu yana kaydedilen en düşük özgül nem,  $w$  değeri yılı olduğunu göstermektedir. 1970 yılında 7,22 g/kg olan ortalama  $w$ , 2023 yılında yaklaşık %7,6 artış göstererek 7,72 g/kg seviyesine ulaşmıştır. Bunu bir perspektife oturtmak gerekirse, bu zaman diliminde özgül nem,  $w$  değeri en yüksek olan yıl 2023 yılı olurken, en düşük değer ise 7,17 g/kg ile 1976 yılı olmuştur. Şekil 4d, yıllık ortalama özgül nemdeki anomalilerin dağılımını gösteren bir grafik sunmaktadır. 1991'den 2020'ye kadar olan zaman dilimi, bu anomalilerin hesaplanması için temel teşkil etmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi, küresel ortalama  $w$  anomalisi değerleri 2013 yılından bu yana sürekli pozitif değişimler göstermektedir. 2023 yılında küresel ortalama  $w$  değeri 8,70 g/kg olarak kaydedilmiş olup, bu değer 1991-2020 yılları arasında hesaplanan 8,46 g/kg olan ortalama değerden 0,24 g/kg daha fazladır. Pozitif anomali değeri açısından 2023 yılı en yüksek değere sahip olup bu yılda rekor  $w$  değer artışları görülmüştür. Bu yıl aynı zamanda genel olarak en yüksek değere sahiptir.

Bağıl nem, RH kısaca atmosferde bulunan su buharı miktarı ile sıcaklık ve basınç koşulları arasındaki etkileşim tarafından belirlenen bir değişkendir. Bağıl nemde meydana gelen azalma, havanın su buharını tutma kapasitesinin artmasına neden olan sıcaklıktaki artışın sonucudur. Özellikle küresel ısınma nedeniyle artan sıcaklıklar, RH'de genel bir azalma eğilimi oluşturmaktadır. Bağıl nem, RH genellikle artan sıcaklıklar, özellikle de küresel ısınmanın bir sonucu olarak azalmaktadır. Sonuç olarak, bu buharlaşma ve terleme süreçlerinin hızlanmasına neden olur ve bu da kuruluk olasılığını artırır. Şekil 5a, aylık ölçekli bağıl nem oranının zaman grafiğini açık bir şekilde göstermektedir. Grafikte 1970-2023 yılları arasında aylık RH değerlerinde yıllık döngüsel dalgalanmalarla birlikte gözle görülür uzun vadeli bir düşüşü göstermektedir. Mevsimsel değişikliklerin bağıl nem üzerindeki etkileri yıllık döngülere yansır ve bu da yıldan yıla karşılaştırılabilir artma ve azalma eğilimleri gösterir. Öte yandan, bağıl nem, RH seviyelerinin grafikte kademeli olarak düştüğü görülmektedir. Yıllar boyunca bağıl nem, RH değerlerindeki salınımların büyüklüğü nispeten tutarlı kalmasına rağmen, bağıl nem, RH ortalama değerlerinin %69-75 aralığında kademeli olarak azaldığı gözlemlenmiştir. Bu eğilimlerin atmosferde bulunan su buharı miktarında bir azalmaya veya sıcaklık artışlarının RH üzerindeki olumsuz etkilerine işaret etmesi mümkündür. Uzun vadeli iklim değişikliklerinin RH üzerindeki etkilerinin analizini yapabilmek için bu grafik önemli bir kaynaktır. Bu yıllar arasında en yüksek RH oranı Ocak 1975'te %74,64 olarak ölçülmüşken, en düşük oran ise Nisan 2021'te %69,15 olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.** 1970 ile 2023 yılları arasındaki küresel özgül nem verilerinin istatistiksel analizi: a) aylık zaman serisi grafiği, b) 1970 ve 2023 yılları için aylık ortalama özgül nem, w verilerinin, 1970-2023 yılları arasındaki döneminin aylık ortalama değerleriyle karşılaştırılması, c) yıllık ortalama özgül nem verilerinin dağılımı ve trend çizgisi, d) 1991-2020 ortalamasına göre yıllık ortalama özgül nem anomalilerinin dağılımı

Şekil 5b, aylık küresel ortalama bağıl nem, RH değerini göstermektedir. Bu şekil, 1970'ten 2023'e kadar olan aylık ortalama değerlerin, 1970 ve 2023 yılları arasındaki döneminin belirli aylık ortalama değerleriyle karşılaştırılmasını sunmaktadır. Grafik incelendiğinde en yüksek aylık ortalama bağıl nem oranının Aralık ayında %73,46 olduğu, en düşük oranın ise Nisan ayında gerçekleştiği görülmektedir. Ortalama bağıl nem, RH değerlerinin 1970 ve 2023 yılları karşılaştırıldığında genel ortalamadan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu olgu grafikte gözlenen mevsimsel değişikliklere bağlanabilir. Ayrıca grafikte gösterilen en düşük RH oranı Nisan 2023'te %69,70 olarak kaydedilmiştir. Şekil 5c, 1970'ten 2023'e kadar yıllık ortalama RH verilerinin dağılımını ve bunların ilerleme eğilim çizgisini göstermektedir. Veriler, bu zaman diliminde en büyük değer kaydedildiği yılın 1978 olduğunu gösteriyor. 1970 yılında ortalama 71,86% olan RH değeri ile karşılaştırıldığında, 2023 yılındaki değer yaklaşık %0,98 oranında düşerek 71,15% olarak gerçekleşmiştir. Bu zaman diliminde bağıl nem oranında nispeten küçük bir değişim yaşanmış olmakla birlikte, takip eden yıllarda yaşanan dalgalanmalar oldukça önemlidir. 1978 yılında kaydedilen en yüksek değer olan 72,59% ile 2021 yılında kaydedilen en düşük değer olan 70,96% arasında yaklaşık %2,24 oranında bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Şekil 5d, karşılaştırma çerçevesi olarak 1991 ile 2020 arasındaki zaman periyodunu kullanarak hesaplanan bağıl nem, RH anomalilerini göstermektedir. Şekil daha yakından incelendiğinde, 2004 yılından bu yana dünya çapındaki ortalama RH anomalisi okumalarında negatif sapmaların olduğu görülmektedir. 2023 yılında, küresel ortalama RH oranı %71,15 olarak kaydedilmiştir. 2023 yılına kadar gözlemlenen en düşük anomali değeri ise %0,72 ile 2021 yılında kaydedilmiştir.

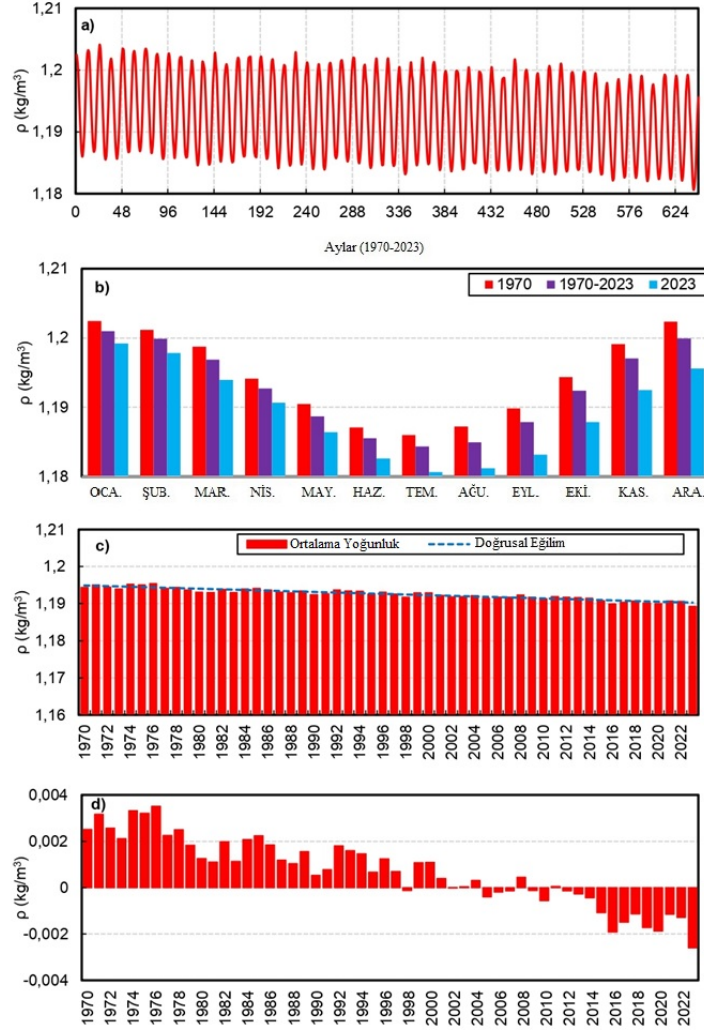


**Şekil 5.** 1970 ile 2023 yılları arasındaki küresel bağıl nem verilerinin istatistiksel analizi: a) aylık zaman serisi grafiği, b) 1970 ve 2023 yılları için aylık ortalama bağıl nem verilerinin, 1970-2023 yılları arasındaki döneminin aylık ortalama değerleriyle karşılaştırılması, c) yıllık ortalama bağıl nem verilerinin dağılımı ve trend çizgisi, d) 1991-2020 ortalamasına göre yıllık ortalama bağıl nem anomalilerinin dağılımı

1970-2023 yılları arasında dünya genelinde hava yoğunluğunda yaşanan azalma, küresel ısınmanın getirdiği sıcaklık artışının yanı sıra atmosferde özellikle karbondioksit olmak üzere sera gazlarının birikmesinden kaynaklandığı öngörülmektedir. Şekil 6a aylık ölçekli atmosferik yoğunluk,  $\rho$  değerinin zamanla değişim grafiğini açık bir şekilde göstermektedir. Artan sıcaklık, havanın genişlemesine yol açarak birim hacimdeki molekül sayısını azaltmış, bu da atmosferik yoğunluk,  $\rho$  miktarında azalmaya neden olmuştur. İklim değişikliğine bağlı olarak troposferdeki basınç farklarının ve nemin artması, yoğunluktaki azalmayı hızlandırmıştır. 1970 ve 2023 yılları arasında en yüksek  $\rho$  değeri Ocak 1972'de  $1,204 \text{ kg/m}^3$  olarak ölçülmüşken, en düşük  $\rho$  değeri Temmuz 2023'te  $1,1806 \text{ kg/m}^3$  olarak kaydedilmiştir. Şekil 6b, 1970 ve 2023 aylık küresel ortalama yoğunluk,  $\rho$  verilerinin, 1970-2023 yılları arasındaki döneminin aylık ortalama değerleriyle karşılaştırılmasını göstermektedir. Grafikte küresel olarak en yüksek aylık ortalama  $\rho$  değerlerinin Ocak ayında, en düşük aylık ortalama  $\rho$  değerlerinin ise Temmuz ayında kaydedildiği görülmektedir. Ocak ayının ortalama yoğunluğu 1970 yılında  $1,202 \text{ kg/m}^3$  iken, 2023 yılında yaklaşık %0,14'lik oranla  $1,199 \text{ kg/m}^3$  değerine düşmüştür. Öte yandan, Temmuz ayının ortalama  $\rho$  değeri 1970 yılında  $1,186 \text{ kg/m}^3$  iken, 2023 yılında %0,45'lik düşüşle  $1,180 \text{ kg/m}^3$ 'e ulaşmıştır.

Şekil 6c, 1970 ile 2023 yılları arasındaki yıllık ortalama yoğunluk,  $\rho$  verilerinin dağılımını ve eğilim çizgisini göstermektedir. Elde edilen verilere göre, 2023 yılı, 1850 yılından bu yana kayıtlardaki en düşük yoğunluğa sahip yıl olmuştur. 1970 yılında  $1,194 \text{ kg/m}^3$  olan ortalama  $\rho$  değeri, 2023 yılında yaklaşık

%0.43 azalarak  $1,189 \text{ kg/m}^3$  olarak kaydedilmiştir. Şekil 6d, yıllık ortalama yoğunluk,  $\rho$  anomalilerinin dağılımını göstermektedir. Bu veri seti anomalileri, 1991 ila 2020 referans alınarak hesaplanmıştır. Şekilden de görüleceği üzere 2012 yılından bu negatif  $\rho$  anomali değerlerinin farkları gözlenmektedir.



**Şekil 6.** 1970 ile 2023 yılları arasındaki küresel yoğunluk verilerinin istatistiksel analizi: a) aylık zaman serisi grafiği, b) 1970 ve 2023 yılları için aylık ortalama yoğunluk verilerinin, 1970-2023 yılları arasındaki döneminin aylık ortalama değerleriyle karşılaştırılması, c) yıllık ortalama yoğunluk verilerinin dağılımı ve trend çizgisi, d) 1991-2020 ortalamasına göre yıllık ortalama yoğunluk anomalilerinin dağılımı

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmaya temel oluşturan 1970-2023 yılları arasındaki küresel verilere dayalı analizler, küresel kuru termometre sıcaklığı,  $T_k$ , çiy noktası sıcaklığı,  $T_d$ , bağıl nem, RH ve atmosferik yoğunluk,  $\rho$  gibi iklim göstergelerinde belirgin değişiklikler olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmanın sonuçları, sıcaklıktaki artışın kuraklık ve yoğun yağış gibi aşırı hava olaylarının sıklığında artışa yol açabileceğini vurgulamaktadır. Bunun nedeni, kuru termometre sıcaklığındaki (%8,5) artışın atmosferdeki su buharı miktarında artışa yol açmasıdır. Bu durum, çiy noktası sıcaklıklarının yükselmesine (%10,05), mutlak nemin değişmesine ve gece soğumasının azalmasına neden olur. Bağıl nem ve çiy noktası düşüşü verilerinde görülen değişimler, küresel iklim sisteminin istikrarsızlaştığını gösteriyor. Bağıl nemdeki düşüş (%0,98) ile buharlaşmadaki artış arasında, özellikle sıcaklık daha yüksek olduğunda, bir korelasyon vardır. Bu olgu, atmosferin daha kuru hale geldiği zaman sayısında bir artış olduğunu gösterir. 2023 yılına ait verilerin analizinden elde edilen bulgulara göre, bu yılda küresel sıcaklık ve çiy noktası ölçümlerinin rekor seviyelere ulaştığı belirlendi. Bu durum iklim değişikliğinin etkilerinin hızla arttığını, sera gazı



emisyonlarının kontrol altına alınmaması durumunda bu eğilimlerin daha da kötüleşebileceğini göstermektedir.

Çalışmanın bulguları, iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında sera gazı emisyonlarını sınırlamayı amaçlayan tedbirlerin sıkılaştırılması ve değişen iklim koşullarına uyumun sağlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. İklim değişikliğinin olası sonuçları göz önüne alındığında, su kaynaklarının yönetiminin, tarımsal planlamanın ve altyapı yatırımlarının bölgesel ve küresel ölçekte yeniden yapılandırılması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, iklimin uzun vadeli izlenmesi ve modellenmesini içeren araştırmalar, gelecekteki iklim değişikliklerinin tahmin edilmesi ve uyum programlarının oluşturulması sürecinde önemli bir rol oynayacaktır. Daha önce yayınlanmış çalışmalarda yer alan bilgilerle uyumlu bulgular ortaya koyan bu çalışma sonucunda, iklim değişikliğinin dünya çapındaki etkilerine ilişkin somut analizler sunarak, bu etkilerin sonuçlarının anlaşılabilirliğinin artmasına katkı sağlamıştır. Öte yandan değişen iklim koşullarına karşı önleyici adımlar atılmazsa küresel ısınmanın olumsuz etkilerinin daha da şiddetli hale gelebileceği öngörülmüyor. Sonuç olarak, sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliğine uyum stratejilerinin oluşturulması ve sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasına yönelik acilen harekete geçilmesi büyük bir önem taşımaktadır.

## 6. KAYNAKLAR

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2021). Climate change 2021: The physical science basis. *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
2. Bilgili, M., Tımse, S. & Nar, S. (2024). Comprehensive overview on the present state and evolution of global warming, climate change, greenhouse gasses and renewable energy. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 49, 14503-14531.
3. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), (2023). Greenhouse gases continued to increase rapidly in 2022. *NOAA*. <https://www.noaa.gov/news-release/greenhouse-gases-continued-to-increase-rapidly-in-2022>
4. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2022). Climate change 2022: Mitigation of climate change. *IPCC Sixth Assessment Report*.
5. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2013). Climate change 2013: The physical science basis. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
6. Faquseh, H. & Grossi, G. (2024). Trend analysis of precipitation, temperature and snow water equivalent in Lombardy region, northern Italy. *Sustainable Water Resources Management*, 10(18), 1-15.
7. Kliengchuay, W., Mingkhwan, R., Kiangkoo, N., Suwanmanee, S., Sahanavin, N., Kongpran, J., Wai Aung, H. & Tantrakarnapa, K. (2024). Analyzing temperature, humidity, and precipitation trends in six regions of Thailand using innovative trend analysis. *Scientific Reports*, 14(7800).
8. Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D. W. & Medina-Elizade, M. (2010). Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*, 48(4), RG4004.
9. Held, I.M. & Soden, B.J. (2006). Robust responses of the hydrological cycle to global warming. *Journal of Climate*, 19(21), 5686-5699.
10. Dessler, A.E. (2010). A determination of the cloud feedback from climate variations over the past decade. *Science*, 330(6010), 1523-1527.
11. Trenberth, K.E., Fasullo, J.T. & Smith, L. (2009). Trends and variability in column-integrated atmospheric water vapor. *Climate Dynamics*, 32(6), 741-758.
12. Wang, J. & Gaffen, D.J. (2001). Late-twentieth-century climatology and trends of surface humidity and temperature in China. *Journal of Climate*, 14(22), 2843-2855.
13. Dai, A. (2006). Recent climatology, variability, and trends in global surface humidity. *Journal of Climate*, 19(15), 3589-3606.
14. Willett, K.M., Gillett, N.P., Jones, P.D. & Thorne, P.W. (2010). Recent changes in surface humidity: Development of the HadISDH dataset. *Journal of Climate*, 23(8), 1954-1973.
15. Willett, K.M., Williams, C.N. Jr., Dunn, R.J.H., Thorne, P.W., Bell, S., de Podesta, M., Jones, P.D. & Parker, D.E. (2013). HadISDH: An updateable land surface specific humidity product for climate monitoring. *Climate of the Past*, 9(2), 657-677.

16. Willett, K.M., Dunn, R.J.H., Thorne, P.W., Bell, S., de Podesta, M., Parker, D.E. & Jones, P.D. (2014). HadISDH: Land surface multi-variable humidity and temperature record for climate monitoring. *Climate of the Past*, 10(6), 1983-2006.
17. Climate Reanalyzer. (n.d.). *Monthly maps*. University of Maine. Retrieved October 30, 2024, from [https://climatereanalyzer.org/research\\_tools/monthly\\_maps/](https://climatereanalyzer.org/research_tools/monthly_maps/)