

Küresel Su Global Water Kaynaklarının Durumu 2023 Rapor

HAVA DURUMU İKLİM SU



WORLD
METEOROLOGICAL
ORGANIZATION

WMO-No. 1362



Geri bildirimlerinizi bize iletin!

<https://forms.office.com/e/P2kn2nDKwX>



Raporun etkileşimli versiyonu

<https://storymaps.arcgis.com/stories/c56d4a08c1ce4b05b900d3f5852a52af>

WMO-No. 1362

© Dünya Meteoroloji Örgütü, 2024

Basılı, elektronik ve diğer herhangi bir biçimde ve herhangi bir dilde yayınlama hakkı WMO tarafından saklı tutulmaktadır. WMO yayınlarından kısa alıntılar, tam kaynak açıkça belirtilmesi koşuluyla izin alınmadan çoğaltılabilir. Editöryal yazışmalar ve bu yayının bir kısmını veya tamamını yayınlama, çoğaltma veya çevirme talepleri şu adrese yapılmalıdır:

Yayın Kurulu Başkanı
Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) 7 bis,
avenue de la Paix
Posta Kutusu 2300
CH-1211 Cenevre 2, İsviçre

Tel.: +41 (0) 22 730 84 03 E-
posta: yayinlar@wmo.int

ISBN 978-92-63-11362-7

WMO 2020 Takvim Yarışması'nın kapak resmi: "Gerçeklik bir yanılsamadır", Rajit Banerjee, Pangong Gölü, Ladakh, Hindistan.

NOT

Burada kullanılan tanımlamalar ve materyalin sunumu, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) veya Birleşmiş Milletler Sekreterlikleri'nin herhangi bir ülke, alan veya bölgenin veya yetkililerinin yasal statüsü veya sınırlarının belirlenmesiyle ilgili herhangi bir görüşünün ifade edildiği anlamına gelmez. Haritalarda ve listelerde, tablolarda, belgelerde ve veritabanlarında sınırların, coğrafi adların ve ilgili verilerin tasviri ve kullanımı, hatasız olduğu garanti edilmez ve WMO veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

Belirli şirket veya ürünlerin belirtilmesi, bunların WMO tarafından benzer nitelikte olup belirtilmeyen veya reklamı yapılmayan diğerlerine tercih edildiği veya onaylandığı anlamına gelmez.

Adı geçen yazarların yer aldığı WMO yayınlarında ifade edilen bulgular, yorumlar ve sonuçlar yalnızca yazarlara aittir ve WMO'nun veya Üyelerinin görüşlerini yansıtmaz.

Burada yer alan makalelerde veya reklamlarda ifade edilen görüşler yazarlarına veya reklam verenlere aittir ve WMO'nun veya Üyelerinin görüşlerini yansıtmaz.

İçindekiler

Teşekkürler	ii
Kısaltmalar listesi	v
Özet	vi
Önsöz	
Giriş	1
Arka plan: 2023'te iklim koşullarına genel bakış	3
Veri kaynakları	5
Nehir akıntısı	6
Rezervuarlar	10
Seçili rezervuarlara giriş	10
Rezervuar depolaması	11
Göller	12
Yeraltı suyu seviyeleri	13
Toprak nemi	17
Uluslararası Toprak Nem Ağı'ndan gözlemlenen toprak nemi	17
Modellenmiş toprak nemi	18
Buharlaştırma ve terleme	20
Karasal su depolaması	22
2023 yılında Orta Avrupa'daki su depolama durumuna ilişkin vaka çalışması	23
Kar örtüsü ve buzullar	25
Kar suyu eşdeğeri	25
Kuzey Amerika havzalarındaki tepe kar kütlesi	26
Buzullar	26
Buzulların mevsimsel nehir akışına katkısı	
Yüksek etkili hidrolojik olaylar	31
Libya'daki sel felaketi	31
Mozambik ve Malavi'de Su Baskını	33
Yeni Zelanda'nın Kuzey Adası'ndaki sel	34
Sentez	35
Dipnotlar	39
Ek. Teknik ek	46

Teşekkürler

WMO aşağıdaki katılımcılara minnettardır.

WMO ÜYE DEVLETLERİ VE BÖLGELERİ HİDROLOJİK DANIŞMANLAR VE KÜRESEL SU KAYNAKLARI DURUMU RAPORU İÇİN ATANMIŞ ODAK NOKTALARI ARACILIĞIYLA

Arjantin; Ermenistan; Avustralya; Azerbaycan; Belçika; Belize; Benin; Bhutan; Botsvana; Brezilya; Bulgaristan; Kanada; Çin; Kosta Rika; Hırvatistan; Kıbrıs; Çekya; Danimarka; Mısır; El Salvador; Finlandiya; Fransa; Almanya; Gana; Guatemala; Honduras; Hong Kong, Çin; Macaristan; İzlanda; Hindistan; Irak; İsrail; Japonya; Kazakistan; Kenya; Kore Cumhuriyeti; Letonya; Lesotho; Malavi; Mauritius; Moldova Cumhuriyeti; Karadağ; Myanmar; Nepal; Yeni Zelanda; Nijerya; Norveç; Pakistan; Panama; Paraguay; Peru; Filipinler; Polonya; Rusya Federasyonu; Sırbistan; Singapur; Slovakya; Slovenya; Güney Afrika; Sri Lanka; İsveç; İsviçre; Birleşik Tanzanya Cumhuriyeti; Tayland; Türkmenistan; Büyük Britanya ve Kuzey İrlanda Birleşik Krallığı; Uruguay; Özbekistan; Vietnam.

Hidrolojik Danışmanlar ve odak noktaları, gözlemsel veriler, 2023 yılında meydana gelen önemli hidrolojik olaylar hakkında bilgiler ve diğer ilgili bilgiler sağlayarak mevcut raporun hazırlanmasına katkıda bulunmuş ve desteklemiş ve raporun incelenmesi ve doğrulanmasına katılmıştır.

YÖNLENDİRME KOMİTESİ ÜYELERİ

Jan Danhelka (Çekya, INFCOM Başkan Yardımcısı); Harry Dixon (Birleşik Krallık); Katie Facer-Childs (Birleşik Krallık, HydroSOS Teknik Ekip Lideri); Mohamed Housseini Ibrahim (Nijer, Hidrolojik Koordinasyon Paneli Başkanı); Michel Jean (Kanada, INFCOM Başkanı); Harry Lins (Amerika Birleşik Devletleri); Ian Lisk (Birleşik Krallık, SERCOM Başkanı); Ilias Pechlivanidis (İsveç, Araştırma Kurulu); Marcelo Uriburu Quirno (Arjantin, Hidrolojik Hizmetler Daimi Komitesi Başkan Yardımcısı); Yuri Simonov (Rusya Federasyonu, Hidrolojik Hizmetler Daimi Komitesi Başkanı); Narendra Tuteja (Avustralya, Operasyonel Hidrolojik Tahmin Sistemleri Uzman Ekibi Başkanı); Andy Wood (Amerika Birleşik Devletleri, Operasyonel Hidrolojik Tahmin Sistemleri Uzman Ekibi).

BÖLGESEL HİDROLOJİK DANIŞMANLAR

Raporun hazırlanmasına ve incelenmesine katkıda bulunan Angela Corina (Bölgesel Dernek VI), John Fenwick (Bölgesel Dernek V), Mohamed Housseini Ibrahim, Sung Kim (Bölgesel Dernek II), Jean-Claude Ntonga (Bölgesel Dernek I), Fabio Andres Bernal Quiroga (Bölgesel Dernek III) ve Jose Zuniga'ya (Bölgesel Dernek IV) teşekkür ederiz.

WMO UZMANLARI

Raporun hazırlanması ve incelenmesine katılan Daimi İklim Komitesi, Daimi Hidrolojik Hizmetler Komitesi, Tarım Hizmetleri Daimi Komitesi, Yenilenebilir Enerji Geçiş Çalışma Grubu ve eski Hidrolojik İzleme Ortak Uzman Ekibi uzmanları.



KÜRESEL HİDROLOJİK MODELLEME TOPLULUĞU ÜYELERİ

Jafet Andersson (İsveç Meteoroloji ve Hidroloji Enstitüsü (SMHI)), Berit Arheimer (SMHI), Hasnain Aslam (Tokyo Üniversitesi), Nishan Kumar Biswas (NASA), Martyn P. Clark (Saskatchewan Üniversitesi), Chris DeBeer (Saskatchewan Üniversitesi), Mohamed Elshamy (Çevre ve İklim Değişikliği Kanada (ECCC), Küresel Su Güvenliği Enstitüsü (GIWS) (Saskatchewan Üniversitesi)), Xing Fang (Saskatchewan Üniversitesi), Angelica Gutierrez (Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA)), Riley Hales (Brigham Young Üniversitesi (BYU)), Shaun Harrigan (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF)), Kristina Isberg (SMHI), Rohini Kumar (Helmholtz Çevre Araştırmaları Merkezi – UFZ), Sujay Kumar (Ulusal Havacılık ve Uzay Yönetim (NASA)), Henrik Madsen (DHI), Christopher Marsh (Saskatchewan Üniversitesi), Jim Nelson (BYU), Wanshu Nie (NASA), Emmanuel Nyenah (Goethe Üniversitesi Frankfurt), John Pomeroy (Saskatchewan Üniversitesi), Daniel Princz (ECCC, GIWS (Saskatchewan Üniversitesi)), Oldrich Rakovec (Helmholtz Çevre Araştırmaları Merkezi – UFZ), Robert Reinecke (Johannes Gutenberg Üniversitesi Mainz), Jörgen Rosberg (SMHI), Luis Samaniego (Helmholtz Çevre Araştırmaları Merkezi – UFZ), Hannes Müller Schmied (Goethe Üniversitesi Frankfurt, Senckenberg Leibniz Biyoçeşitlilik ve İklim Araştırma Merkezi (SBIK-F), Frankfurt), Tricia Stadnyk (Calgary Üniversitesi), Edwin H. Sutanudjaja (Utrecht Üniversitesi), Niko Wanders (Utrecht Üniversitesi), Albrecht Weerts (Deltares), Kosuke Yamamoto (Japonya Uzay Araştırma Ajansı), Kei Yoshimura (Tokyo Üniversitesi) ve Xing Yuan (Çin Bilimler Akademisi Atmosfer Fiziği Enstitüsü). İlk tartışmalara, rapor hazırlanmasına, küresel modellemeye ve uzaktan algılama verilerine, geri bildirimlere ve incelemeye katkıda bulundular.

GLOBAL VERİ MERKEZLERİ VE DIŞ UZMANLAR

Raporun hazırlanmasını destekleyen Elie Gerges (Uluslararası Yeryüzü Suyu Kaynakları Değerlendirme Merkezi (IGRAC), Elisabeth Lictevout (IGRAC), Simon Mischel (Küresel Akış Veri Merkezi (GRDC)), Arnaud Sterckx (IGRAC) ve Matthias Zink'e (Uluslararası Toprak Nem Ağı (ISMN)) teşekkür ederiz. Bu raporun hazırlık çalıştayına katkıda bulunan Jan Polcher'a (École Polytechnique, Fransa) teşekkür ederiz.

Ayrıca, Stefan Kollet (Forschungszentrums, Juelich, Almanya) ve Nico Sneeuw (Stuttgart Üniversitesi, Almanya) araştırma gruplarına, sırasıyla 2023'te Orta Avrupa'daki hidrolojik durum için bir vaka çalışması ve uydu gözlemleri aracılığıyla yerinde nehir deşarj verilerinin genişletilmesi için veri kümeleri sağladıkları için teşekkür ederiz. Jiawei Hou'ya (Avustralya Meteoroloji Bürosu) Küresel Su Monitörü'nden göl depolama verileri sağladığı için minnettarız.

BELİRLİ BÖLÜMLER İÇİN KATKIDA BULUNANLAR VE ORTAK YAZARLAR

Yeryüzü Suyu Seviyeleri:Raporun hazırlanmasına destek veren ve metodolojiyi geliştiren Elie Gerges (IGRAC), Elisabeth Lictevout (IGRAC), Arnaud Sterckx (IGRAC).

Toprak Nemi:Toprak nemi bölümüne yerinde verilerle katkıda bulunan ve ilgili bölümün taslağının hazırlanmasını destekleyen Matthias Zink (ISMN).

Karasal Su Depolama:Bu raporun önemli bir bölümünü oluşturan karasal su depolama verilerini sağlayan Andreas Güntner ve Eva Boergens (Alman Jeolojik Bilimler Araştırma Merkezi (GFZ)).

Kar Örtüsü ve Buzullar:Buzul kütlesi değişimleri hakkında sonuçlar sağlayan Inés Dussaillant (Dünya Buzul İzleme Servisi (WGMS), Zürih Üniversitesi, İsviçre), Lawrence Mudryk (ECCC) ve Michael Zemp (WGMS, Zürih Üniversitesi, İsviçre). Katkıda bulunan aşağıdaki uzmanlar



Bölümde gösterilen vaka çalışmaları için veriler ve görseller: Iulii Didovets (Potsdam İklim Etkisi Araştırmaları Enstitüsü, Yeşil Orta Asya programı); Abror Gafurov (GFZ); Nikolay Kassatkin (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) himayesindeki Orta Asya Bölgesel Buzul Bilimi Merkezi); Kabutov Khusrav (Tacikistan Ulusal Bilimler Akademisi Buzul Araştırmaları Merkezi); Gulomjon Umirzakov (Özbekistan Ulusal Üniversitesi); ve Ryskul Usubaliev (Orta Asya Uygulamalı Jeoloji Bilimleri Enstitüsü).

WMO SEKRETERYA BAŞ YAZARLARI

Raporun hazırlanması ve incelenmesinde Sekreteryaya içindeki hidroloji meslektaşlarının da desteğini alan Sulagna Mishra (Bilim Sorumlusu) ve Stefan Uhlenbrook (Hidroloji, Su ve Kriyosfer Direktörü).

BAĞIMSIZ DANIŞMANLAR

Nehir Deşarjı, Toprak Nemi, Buharlaşma, Rezervuarlar, Göller, Kar Örtüsü ve Buzullar ve Yüksek Etkili Hidrolojik Olaylar bölümleri için sonuçları üretmek üzere ham verilerin bilimsel analizini gerçekleştiren Anastasia Lobanova ve Iulii Didovets. Yukarıda belirtilen yazarların desteğiyle raporun yazılmasına önemli katkılarda bulundular. Raporu inceleyen ve infografikleri ve raporun etkileşimli Web sürümünü (ArcGIS StoryMap) tasarlayan Nilay Dogulu, [Burada](#).



Kısaltmalar listesi

AET	gerçek evapotranspirasyon
DJF	Aralık-Ocak-Şubat
EW4Hepimiz	Herkes İçin Erken Uyarılar girişimi
GSYİH	gayri safi yurtiçi Hasıla
GHMS	küresel hidrolojik modelleme sistemi
LÜTUF	Yerçekimi Kurtarma ve İklim Deneyi
BÜYÜK	Küresel Rezervuar ve Baraj
GRDC	Küresel Akış Veri Merkezi
HidroSOS	Küresel Hidrolojik Durum ve Görünüm Sistemi
IGRAC	Uluslararası Yeraltı Suyu Kaynakları Değerlendirme Merkezi
İOD	Hint Okyanusu Dipolü
ISMN	Uluslararası Toprak Nem Ağı
JJA	Haziran-Temmuz-Ağustos
ANNE	Mart-Nisan-Mayıs
NMHS	Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Servisi
Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri	Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi
OĞUL	Eylül-Ekim-Kasım
İsveç	kar suyu eşdeğeri
TWS	karasal su depolaması
KİM	WMO Hidrolojik Gözlem Sistemi

2023 YILININ HİDROLOJİK KOŞULLARI VE ÖNEMLİ OLAYLARI

- **Büyük ölçekli süreçler ve WMO *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO No. 1347)):** 2023 yılı, sanayi öncesi seviyelerin 1,45 °C üzerinde rekor sıcaklıkla kayıtlara geçen en sıcak yıl olarak benzeri görülmemiş bir sıcaklıkla işaretlendi. La Niña'dan El Niño koşullarına geçiş ve Hint Okyanusu Dipolünün (IOD) pozitif fazı, bu aşırı sıcağa ve yoğun yağmurlardan sellere ve kuraklıklara kadar çeşitli hava etkilerine katkıda bulundu.
- **Nehir debisi:** Tarihsel döneme kıyasla, 2023 çoğunlukla normalden daha kurak ila normal nehir deşarj koşullarıyla işaretlendi. 2022 ve 2021'e benzer şekilde, küresel su toplama alanlarının %50'sinden fazlası, çoğunlukla normalden düşük olan, normale yakın koşullardan nehir deşarj sapmaları gösterdi ve daha az havza normalin üstünde ve çok üstünde koşullar sergiledi.
- **Nehir debisi:** Kuzey, Orta ve Güney Amerika'nın geniş bölgeleri 2023'te şiddetli kuraklık ve azalan nehir deşarj koşulları yaşadı. Mississippi ve Amazon havzaları rekor düşük su seviyeleri gördü. Afrika'nın doğu kıyısı normalin üstünde ve çok üstünde deşarj yaşadı. Beş ardışık kurak yağmur mevsimi geçiren Afrika Boynuzu, taşkınlardan etkilendi. Asya ve Okyanusya'da büyük nehir havzaları - Ganj, Brahmaputra ve Mekong - neredeyse tüm havza bölgelerinde normalden düşük koşullar yaşadı. Yeni Zelanda'nın Kuzey Adası ve Filipinler normalin çok üzerinde yıllık deşarj koşulları sergiledi. Kuzey Avrupa'da, Birleşik Krallık ve İrlanda'nın tamamı, Finlandiya ve güney İsveç'te olduğu gibi normalin üzerinde deşarj gördü.
- **Rezervuarlar:** Rezervuarlara gelen akışlar, Hindistan, Kuzey, Orta ve Güney Amerika ve Avustralya'nın bazı bölgelerinde normalin altında akış koşullarının yaşandığı küresel nehir deşarjına benzer bir desen gösterdi. Havza genelindeki rezervuar depolaması, su yönetiminin etkisini yansıtarak önemli ölçüde değişti ve 2023'te nehir deşarjının normalin çok altında olduğu Amazon ve Paraná gibi havzalarda normalin çok üzerinde seviyeler görüldü.
- **Göller:** Amazon'daki Coari Gölü, normalin altında su seviyeleriyle karşı karşıya kaldı ve bu da aşırı su sıcaklıklarına yol açtı; Kenya ve Etiyopya arasında paylaşılan Turkana Gölü ise normalin çok üzerinde nehir deşarj koşullarının ardından normalin üzerinde su hacimlerine sahipti.
- **Yeraltı suyu seviyeleri:** Güney Afrika'da kuyuların çoğu, son yıllardaki ortalamanın üzerinde yağışların ardından normalin üzerinde yeraltı suyu seviyeleri gösterdi; aynı durum Hindistan, İrlanda, Avustralya ve İsrail'de de geçerliydi. Uzun süreli kuraklık nedeniyle Kuzey Amerika ve Avrupa'da yeraltı suyu mevcudiyetinde belirgin bir azalma gözlemlendi. Şili ve Ürdün'de de yeraltı suyu seviyeleri normalin altındaydı ve uzun vadeli düşüşler iklimsel faktörlerden ziyade aşırı su çekiminden kaynaklanıyordu.
- **Toprak nemi:** Toprak nem seviyeleri küresel olarak büyük bölgelerde çoğunlukla normalin altında veya çok altındaydı; Kuzey Amerika, Güney Amerika, Kuzey Afrika ve Orta Doğu Haziran-Ağustos aylarında özellikle kuraktı. Buna karşılık, Alaska, kuzeydoğu Kanada, Hindistan ve Rusya Federasyonu'nun bazı bölgeleri gibi belirli bölgelerde normalin çok üzerinde toprak nem seviyeleri yaşandı. Avustralya'nın kuzey ve güneydoğu kıyıları ile Yeni Zelanda'nın Kuzey Adası'nda da daha ıslak koşullar ve su baskınları nedeniyle normalin üzerinde toprak nem seviyeleri görüldü.

- **Buharlaşma-terleme:**Orta ve Güney Amerika, zellikle Brezilya ve Arjantin, Eylül-Ekim-Kasım aylarında normalin çok altında gerçek buharlaşma (AET) ile karşı karşıya kaldı. Meksika da 2023'n neredeyse tamamında, şiddetli kuraklık koşullarını yansıtan normalin altında AET yaşadı.
- **Kar suyu eşdeğeri:**Kuzey yarımküredeki çoğu havza (Kuzey Amerika Birleşik Devletleri ve doğu Rusya Federasyonu'nun en doğusundaki Lena havzası hariç) Mart ayında normalin çok altında kar suyu eşdeğeri (SWE) gösterdi ve bu da normalden düşük kar mevcudiyeti ve normalin altında bahar sel potansiyeli anlamına geliyor. 2023'teki mevsimsel zirve kar kütlesi Kuzey Amerika'da normalin çok üzerinde ve Avrasya'da normalin çok altındaydı.
- **Buzullar:**2023'te buzullar 600 gigaton (Gt)'dan fazla su kaybetti, bu son elli yılda kaydedilen en büyük kütle kaybı oldu. 2022'den sonra 2023, dünyadaki tüm buzul bölgelerinin buz kaybı bildirdiği st üste ikinci yıl oldu. Son yıllarda gözlemlenen yaz kütle kaybı, Avrupa, İskandinavya, Kafkasya, kuzeybatı Kanada, batı Güney Asya ve Yeni Zelanda'daki buzulların "tepe suyu"nu (erime nedeniyle maksimum akış eşiği) geçtiğini, güney And Dağları'nın (Patagonya bölgesinin hakim olduğu), Rus Arktika'nın ve Svalbard'ın ise hala artan erime oranları gösterdiğini gösteriyor.
- **Karasal su depolaması:**Kıtaların büyük bir kısmı 2023 yılında ortalamanın altında karasal su depolama (TWS) koşulları yaşadı. nemli istisnalar arasında Sahra Altı Afrika, Tibet Platosu ve Hindistan, Avustralya ve Güney Amerika'nın kuzey bölgeleri yer aldı.
- **Yüksek etkili hidrolojik olaylar:**Afrika, insan hayatı kaybı açısından aşırı hidrolojik olaylardan en çok etkilenen yer oldu: İki barajın taşkın nedeniyle çöktüğü Libya'da 11.000'den fazla insan hayatını kaybetti ve olay nüfusun %22'sini etkiledi. Sel baskınları ayrıca Afrika Boynuzu, Kongo Demokratik Cumhuriyeti, Ruanda, Mozambik ve Malavi'yi de etkiledi ve 1.600'den fazla ek lme yol açtı. Güney Amerika Birleşik Devletleri, Orta Amerika, Arjantin, Uruguay, Peru ve Brezilya yaygın kuraklık koşullarından etkilendi ve bu durum Arjantin'de gayri safi yurtiçi hasıladı (GSYİH) %3'lk bir kayba ve Amazon Nehri ile Titicaca Gölü'nde şimdiye kadar gözlemlenen en düşük seviyelere yol açtı.

2023 RAPORUNDAKİ ANA İYİLEşTİRMELER

- **Genişletilmiş kapsam:**2023 raporunda yeni bölümler ve üç yeni hidrolojik değişken (gl hacimleri, rezervuar hacimleri, kar suyu eşdeğeri) ile buzullara ilişkin genişletilmiş bir bölüm yer alıyor; böylece küresel su döngüsüne daha kapsamlı bir bakış sağlanıyor.
- **Gözlemlenen veriler:**Nehir debisi ölçüm istasyonlarının sayısı 14 ülkede 273'ten 33 ülkede 713'e çıkarken, yeraltı suyu veri toplama alanı bir önceki yıl 10 ülkede 8.246 kuyudan 40 ülkede 35.459 kuyuya çıktı ([şekil 1](#)). Ancak gözlemsel verilerdeki gelişmelere rağmen Afrika, Güney Amerika ve Asya hidrolojik veri toplamada yeterince temsil edilmemektedir ve bu durum özellikle Küresel Güney'de gelişmiş izleme ve veri paylaşımına olan ihtiyaç vurgulamaktadır.
- **Modellenmiş veriler:**On küresel hidrolojik modelleme sistemi (GHMS) (bkz.[Tablo A3](#)(Ek'te) değişkenlerin, özellikle nehir debisinin, buharlaşmanın, toprak neminin, kar ve buz örtüsünün ve karasal su depolanmasının analizini güçlendiren önemli girdiler sağlanmıştır.

- **Model doğrulaması:**Modellenmiş nehir deşarj değerleri, doğrulanmış havzaların %73'ünden fazlasında, özellikle Orta ve Kuzey Avrupa, Yeni Zelanda, Avustralya ve Hindistan, Myanmar ve Güney Amerika'daki seçili nehir havzalarında gözlenen verilerle uyum gösterdi. Yine de, modellenmiş ve gözlenen anomaliler arasındaki tutarsızlıklar ortadan kaldırılmadı. Gözlenen veri kullanılabilirliğinin artması, dünya genelindeki farklı bölgelerde model güvenilirliğini uygun şekilde değerlendirmek için doğrulama açısından önemlidir. Modeller arası karşılaştırma, havzaların %97'sinde uyum gösterdi.

RAPOR SONUÇLARI VE GELECEĞE BAKIŞ

Önceki baskılara kıyasla hem nitelik hem de nicelik olarak iyileştirilmiş gözlemsel veriler ve birden fazla kaynaktan modelleme sonuçları tarafından yönlendirilen yeni unsurları dahil ederek, bu rapor 2023 yılı için küresel su kaynaklarının durumuna ilişkin ayrıntılı bir genel bakış sunmaktadır.

Raporun gelecekteki baskıları için ek hedefler, gözlemsel verilerin erişilebilirliğini ve kullanılabilirliğini artırmak (hem daha iyi izleme hem de iyileştirilmiş veri paylaşımı yoluyla), ilgili değişkenleri rapora daha fazla entegre etmek ve su döngüsü dinamiklerini daha iyi anlamak ve raporlamak için ülke katılımını teşvik etmektir. Gelecekteki raporların, WMO'nun Küresel Hidrolojik Durum ve Görünüm Sistemi (HydroSOS), WMO Hidrolojik Gözlem Sistemi (WHOS) ve Küresel Akış Veri Merkezi (GRDC), Uluslararası Toprak Nem Ağı (ISMN), Uluslararası Yeraltı Suyu Kaynakları Değerlendirme Merkezi (IGRAC), GEMS/Su Veri Merkezi ve Göller ve Rezervuarlar Hidrolojisi Uluslararası Veri Merkezi (HYDROLARE) gibi küresel veri merkezleriyle işbirliği gibi girişimler tarafından desteklenen daha fazla gözlemsel veri içermesi beklenmektedir.

Önsöz



WMO'nun 2023 Küresel Su Kaynakları Durumu Raporu'nun yayınlanması, politika tartışmalarını bilgilendirmek için su kaynaklarının bağımsız ve tutarlı bir şekilde değerlendirilmesi yönündeki küresel çağrılara yanıt olarak sunulan bu yeni yıllık serideki son iki raporun başarısına dayanmaktadır. Raporlar, WMO Üye Devletleri ve Toprakları, uluslararası toplum, ortaklar ve medyadan önemli ilgi ve destek görmüştür. Su döngüsünü (aynı zamanda su döngüsü olarak da bilinir) temsil eden çeşitli değişkenlerdeki uzun vadeli ortalamalarla mevcut verileri karşılaştırarak, büyük havzalardaki su kaynaklarının durumu hakkında net bir genel bakış sağlarlar. **hidrolojik döngü**).

Raporun 2023 baskısı, yerinde toprak nem verileri ve rezervuar depolaması, kriyosfer bileşenlerine genel bakış gibi ek değişkenleri ekleyerek öncekilerden daha da fazlasını içeriyor

2023'te küresel olarak meydana gelen büyük hidrolojik felaketlerin bir incelemesiyle birlikte. Rapor ayrıca, hem yerinde veriler hem de modellenmiş veriler açısından WMO Üyelerinin (Hidrolojik Danışmanlar ve atanmış odak noktaları aracılığıyla) katkılarında üstel bir artış gördü. Raporun hazırlanması ayrıca küresel hidrolojik ve kara yüzeyi modelleme sistemlerinin yanı sıra uzaktan algılama verilerine de büyük ölçüde güvendi, bu da daha geniş küresel kapsamı garantiledi ve veri boşluklarını ele aldı. Veri paylaşımı ve katılımı artmış olsa da, yalnızca hidrolojik gözlemlere dayalı küresel olarak tek tip bir rapor elde etmek bir zorluk olmaya devam ediyor ve bu da izleme ve veri paylaşımına daha fazla yatırım yapılmasını gerektiriyor. **WMO Birleşik Veri Politikası** ve WMO Hidrolojik Gözlem Sistemi (WHOS) tarafından desteklenmiştir. Rapor ayrıca, gözlem zaman serilerindeki boşlukları doldurmak için Dünya sistemine dayalı gözlemlerin potansiyelini vurgulamaktadır ve bu da WMO Üyeleri için büyük bir fayda sağlayabilir. Gelecekte, WMO yıllık raporlara su kalitesi gibi ek değişkenleri dahil etmeyi ve bölgesel raporlar aracılığıyla yerel eğilimleri keşfetmeyi taahhüt etmektedir.

Gelecekteki raporlar, tam olarak faaliyete geçtiğinde WMO'nun Küresel Hidrolojik Durum ve Görünüm Sistemi'nden (HydroSOS) doğrudan faydalananacaktır. 2023 raporu, küresel su kaynaklarının yıllık sentezinin pratik değerini göstererek, büyük ölçekli karar alma ve politika geliştirme için temel içgörüler sunmaktadır. Ayrıca, Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri'nin kapsamlı bir erken uyarı sistemi vizyonunu (Herkes İçin Erken Uyarılar (EW4All) girişimi) desteklemek ve kolaylaştırmak için sağlam bir omurga oluşturmakta ve su ve iklimle ilgili Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin (SKH) başarılmasına katkıda bulunmaktadır. Yönlendirme komitesine, baş yazarlara ve WMO Üyesi Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Hizmetleri, küresel veri merkezleri ve destekleyici kuruluşlar dahil olmak üzere tüm katkıda bulunanlara takdirlerimizi sunarız.

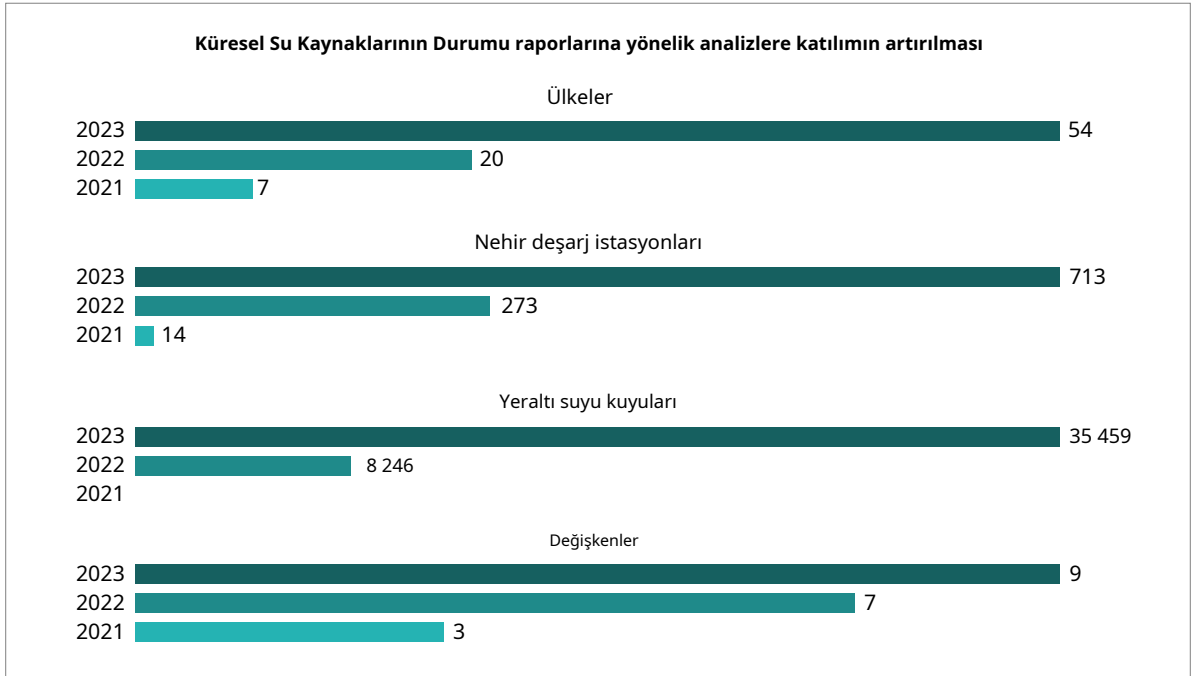
(Prof. Celeste Saulo)
Genel Sekreter

giriş

Küresel Su Kaynaklarının Durumu rapor dizisi, bir yıl boyunca hidrolojik değişkenlerin durumunu tasvir ederek dünya çapındaki su kaynaklarına ilişkin kapsamlı ve tutarlı bir genel bakış sunar. Rapor, küresel ölçekte su kaynaklarının sistematik ve standartlaştırılmış bir analizini sunar ve bu, "2030 yılına kadar sosyoekonomik dayanıklılık, ekolojik sürdürülebilirlik ve sosyal katılım için su, iklim ve arazi yönetimini desteklemek üzere Operasyonel Küresel Su Bilgi Sistemi" çağırısı yapan BM 2023 Su Konferansı'nın ana sonuçlarına yanıt verir.¹

2023 raporunun hazırlanması, Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Hizmetleri (NMHS'ler) ve veri merkezleri, küresel hidrolojik modelleme topluluğu ve Dünya gözlem topluluğu gibi diğer kuruluşlar tarafından temsil edilen WMO Üyelerinin sürekli katılımı sayesinde mümkün olmuştur. 2023 raporu metodoloji ve veri kaynaklarında ilerlemeler sunmaktadır: göl seviyesi, rezervuar hacimleri ve kar suyu eşdeğerini kapsayan değişkenler de dahil olmak üzere yeni bölümler ve değişkenler eklenerek küresel olarak 2023 yılı su durumuna ilişkin daha kapsamlı bir genel bakış sunulmuştur.

WMO Üyeleri, Küresel Akış Veri Merkezi (GRDC) ve diğer ortaklardan nehir debisi ölçümleri için alınan gözlemlenen veri noktalarının sayısı önemli ölçüde artarak 2022'de 14 ülkede 273 istasyondan 2023'te 33 ülkede 713 istasyona yükseldi. Benzer şekilde, yeraltı suyu için 2023'te 40 ülkeden 35.459 kuyudan veri toplanırken, 2022'de 10 ülkede 8.246 kuyu toplandı (Şekil 1). [Toprak nemi](#) Bölümü artık, modellenmiş sonuçları doğrulamak için kullanılan Uluslararası Toprak Nem Ağı (ISMN) Üyeleri tarafından sağlanan gözlemlenen verileri içermektedir.



Şekil 1. 2021, 2022 ve 2023 yıllarında gözlemlenen nehir deşarj verilerine (hem kalite kontrollü hem de kontrolsüz) sahip ülke, istasyon, yeraltı suyu kuyusu ve raporlama için mevcut değişken sayısındaki artış



Küresel hidrolojik modelleme ve Dünya gözlem toplulukları, buharlaşma, toprak nemi, kar ve buz örtüsü, karasal su depolaması, göl seviyeleri ve rezervuar hacimleri bölümlerine önemli katkılarda bulundu. Toplamda, 2023 raporu için 16 farklı modelleme ve Dünya gözlemi tabanlı veri ürünü kullanıldı. Bu katkılar, özellikle ölçülmemiş veya veri seyrek bölgelerde analizleri güçlendirdi ve kullanılan ürün sayısını artırarak bulgulardaki belirsizliği azaltmaya yardımcı oldu.

2023 baskısı şu bölümlerden oluşuyor: [Nehir deşarjı](#), [Rezervuarlar](#), [Göller](#), [Yeraltı suyu seviyeleri](#), [Toprak nemi](#), [Buharlaşma-terleme](#), [Karasal su depolaması](#) ve [Kar örtüsü ve buzullar](#). Her biri küresel ve/veya bölgesel içgörüler sunuyor. [Kar örtüsü ve buzullar](#) kar suyu eşdeğerine ve dünya çapındaki büyük buzulların durumuna odaklanır. [Yüksek etkili hidrolojik olaylar](#) Bölüm, 2023'teki önemli hidrolojik olaylara ilişkin küresel bir genel bakış sunarken, son bölüm [Sentez](#) 2023 yılına kadar küresel su kaynaklarının genel durumu hakkında önemli bulguları sunmaktadır.

Raporda sunulan bilgiler, politika yapıcılar ve karar vericiler ile su ve afet riski azaltma profesyonelleri için değerli bir kaynak görevi görerek küresel tatlı su durumu ve eğilimlerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Rapor, gelecek sürümlerde küresel su kaynaklarının durumu hakkında tarihsel bir bakış açısı da sunarak bölgesel ve küresel eğilimlerin anlaşılmasına katkıda bulunacaktır.

Mevcut rapor, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi, su kıtlığı, aşırı bolluğu ve su kalitesi sorunlarına yönelik kritik veriler sağlayarak Birleşmiş Milletler 2030 Gündemi'ni (Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH'ler)), özellikle SKH 6: Temiz Su ve Sanitasyon'u ve diğer suyla ilgili SKH'leri doğrudan desteklemektedir. Rapor ayrıca, iklimle ilgili etkilerin su (hidrolojik) sistemleri üzerindeki anlaşılmasını iyileştirerek, su kaynakları yönetimini iklim değişikliğinin azaltılmasıyla uyumlu hale getirme stratejilerini bilgilendiren SKH 13: İklim Eylemi'ni de desteklemektedir. Dahası, raporun gözlemlenen ve modellenen veri kümelerine odaklanması, küresel ortaklıklar kurarak ve ulusal, bölgesel ve küresel ölçeklerde iş birliğini artırarak SKH 17: Hedefler için Ortaklık'ı güçlendirerek açık veri paylaşımının önemini vurgulamaktadır.

WMO Üyelerinin Küresel Su Kaynakları Durumu raporunun gelecek baskılarında veri paylaşımını ve katılımını iyileştirmek, hidrolojik süreçlerin su kaynakları üzerindeki etkilerine ilişkin anlayışımızı ilerletecek, politika yapıcılar ve karar vericiler, su kaynağı yöneticileri, su kullanıcıları ve genel halk için fayda sağlayacak ve dünya çapındaki nehir havzaları için modelleme sonuçlarının daha iyi doğrulanmasını sağlayacaktır. Bu raporlar, çok çeşitli kaynaklardan gözlemlenen ve modellenen verileri içeren kapsamlı bir küresel hidrolojik değişkenler veri kümesi oluşturmaya yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, bu çalışma küresel veri paylaşım çabalarını geliştirerek küresel Herkes İçin Erken Uyarılar ([EW4Hepimiz](#)) 2027 yılına kadar suyla ilgili tehlikelerin izlenmesi ve tahmini için veri kalitesini ve erişimini iyileştirme ve herkes için erken uyarı sistemleri sağlama girişimi. Ayrıca WMO'nun Küresel Hidrolojik Durum ve Görünüm Sistemi ([HidroSOS](#)) hidrolojik koşulların mevcut durumunu ve mevsimsel ve mevsimsel olmayan tahminlerini açıklamak üzere standartlaştırılmış durum ve görünüm göstergelerinin üretilmesi için bir çerçeve sağlar.



ARKA PLAN: 2023'TE İKLİM KOŞULLARINA GENEL BAKIŞ

2023 yılı rekor sıcaklıklarla karakterize edildi ve küresel ortalama sıcaklığın sanayi öncesi seviyelerin $1,45\text{ °C}$ ($\pm 0,12\text{ °C}$) üzerine çıkmasıyla kayıtlara geçen en sıcak yıl oldu.² Birincil sera gazları olan karbondioksit (CO), metan ve azot oksitlerin konsantrasyonları 2023 boyunca artmaya devam etti ve yıl sonunda CO konsantrasyonları milyonda 419,3 parçacığa ulaştı.³ Ayrıca, on yıllık ortalama sıcaklık (2014-2023) sanayi öncesi ortalamanın $1,20 \pm 0,12\text{ °C}$ üzerinde seyretti ve bu dönemi, hem okyanuslar hem de atmosfer için benzeri görülmemiş aylık sıcaklıklarla kayıtlardaki en sıcak on yıl olarak işaretledi.⁴

Sıcaklığın da etkisiyle 2023 yılı dünyanın birçok yerinde benzeri görülmemiş aşırı olayların yaşandığı bir yıl oldu.⁵ Sıcak hava dalgaları Avrupa, Kuzey Amerika ve Çin'i etkisi altına alırken, Kanada şimdiye kadar kaydedilen en şiddetli orman yangını sezonu ile karşı karşıya kaldı; yangında 14,9 milyon hektardan fazla alan yok oldu.⁶ Libya'da yoğun yağışlar üç barajın çökmesine yol açtı, 4.700'den fazla kişi hayatını kaybetti ve 8.000 kişi kayıp olarak kabul edildi. İklim değişikliği muhtemelen olayın yağış yoğunluğunu %50'ye kadar artırmaya ve olayın olasılığını artırmaya katkıda bulundu.⁷

2023'ün başlarında sona eren üç ardışık La Niña yılının ardından, boreal yaz aylarında tropikal Pasifik Okyanusu'nda El Niño koşulları ortaya çıkmaya başladı. Ancak, atmosferik tepki gecikti ve El Niño koşullarının hem okyanusta hem de atmosferde tam olarak yerleşmesi Eylül ayının başına kadar gerçekleşmedi.⁸ El Niño'ya doğru bu kayma, şiddetli yağmurlar, seller, kuraklıklar ve sıcak hava dalgaları gibi çeşitli hava etkilerine yol açtı. Hint Okyanusu Dipolü (IOD), 2019'dan bu yana ilk pozitif fazını gösterdi ve Ekim ayında zirveye ulaştı, bu da Avustralya'daki kuru ve sıcak koşulları daha da kötüleştirdi ve Afrika Boynuzu'nda önemli sellere neden oldu. Kuzey Atlantik Salınımı (NAO), Haziran ve Temmuz aylarında alışılmadık bir negatif faz yaşadı ve Güney Grönland'da kar ve buz erimesine ve ayrıca doğu Kanada ve Avrupa'da (diğerleri arasında İrlanda, Belçika ve İtalya) rekor yüksek sıcaklıklara katkıda bulundu.

Şekil 23'te gösterildiği gibi **Küresel İklim Durumu 2023** (WMO-No. 1347), 2023'te toplam yağış, Asya'daki sıcak noktalar ve Afrika, Avrupa ve Kuzey Amerika'daki sıcak noktalarla birlikte birkaç bölgede normal seviyeyi aştı. Orta ve Güney Amerika, Kanada, Akdeniz bölgesi, Kuzey Afrika ve diğerlerinde önemli yağış açıkları gözlemlendi.

Eylül 2022-Ağustos 2023 için ön veriler, buzul kütlelerinde, ortalama -1,2 m su eşdeğeri dengesiyle, kayıtlardaki en yüksek (1950-2023) önemli bir kayıp gösteriyor. Bu ciddi kayıp, esas olarak İsviçre'nin buzullarının son iki yılda kalan hacimlerinin yaklaşık %10'unu kaybettiği Batı Kuzey Amerika ve Avrupa Alpleri'ndeki aşırı erimeden kaynaklanıyor. Kuzey yarımküredeki kar örtüsü, ilkbaharın sonu ve yaz aylarında azalıyor: Mayıs 2023'te kar örtüsü kapsamı, kayıtlardaki (1967-2023) en düşük sekizinci seviyedeydi. Kuzey Amerika için Mayıs kar örtüsü aynı dönemde en düşük seviyedeydi.



VERİ KAYNAKLARI

Raporda kullanılan veriler çeşitli kaynaklardan toplanmıştır (bkz. Kutu 1 ve [Veri kaynakları](#) Ek'te), NMHS'ler, Dünya gözlem topluluğu (uydu tabanlı gözlemler sağlayan) ve küresel modelleme topluluğu dahil olmak üzere sağlam, mekansal olarak tutarlı ve kapsamlı bir analizin sağlanması. [Nehir deşarjı](#) ve [Toprak nemi](#) bölümler modellenmiş ve gözlemlenmiş verilere dayanmaktadır. Mümkün olduğunda, modellenmiş sonuçları doğrulamak için yerinde veriler kullanılmıştır. Küresel hidrolojik modelleme sistemleri (GHMS'ler), özellikle toprak nemi, rezervuar girişleri, gerçek buharlaşma ve karasal su depolaması olmak üzere ek hidrolojik değişkenler için değerler elde etmeye katkıda bulunmuştur. [Yeraltı suyu seviyeleri](#) Bölüm tamamen gözlemlenen verilere dayanmaktadır.

Kutu 1

VERİ KAYNAKLARI 2023⁹

- **Gözlemlenen nehir debisi verileri:** Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Hizmetleri (NMHS'ler), Küresel Akış Veritabanı Merkezi (GRDC),¹⁰ Dünya sistemine dayalı ürünler kullanılarak geliştirilmiş akış gözlemleri.¹¹
- **Simüle edilmiş nehir deşarjı:** On küresel hidrolojik modelleme sistemi (GHMS).
- **Dünya genelinde seçili rezervuarlara giriş:** Üç GHMS.
- **Rezervuar hacim anomalileri:** Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA).¹²
- **Göl hacimleri:** Küresel Su Monitörü.^{13,14}
- **Yeraltı suyu verileri:** 40 seçilmiş ülke için Uluslararası Yeraltı Suyu Kaynakları Değerlendirme Merkezi (IGRAC).
- **Toprak nemi:** Üç GHMS.
- **Gözlemlenen toprak nemi:** Uluslararası Toprak Nem Ağı'ndan (ISMN) gözlemlenen veriler.
- **Buharlaşma-terleme:** Beş GHMS.
- **Karasal su depolaması (TWS):** Yerçekimi Kurtarma ve İklim Deneyi ve devamındaki uydular (GRACE/GRACE-FO),¹⁵ İki GHMS, Orta Avrupa için ParFlow/CLM modeli.¹⁶
- **Buzullar:** WMO Üye Devletleri ve Bölgeleri, Dünya Buzul İzleme Servisi (WGMS), Orta Asya Uygulamalı Jeoloji Bilimleri Enstitüsü (CAIAG), Alman Jeoloji Bilimleri Araştırma Merkezi (GFZ), Özbekistan Ulusal Üniversitesi, Tacikistan Ulusal Bilimler Akademisi Buzul Araştırmaları Merkezi ve dış uzmanlar.
- **Kar suyu eşdeğeri:** Çevre ve İklim Değişikliği Kanada (ECCC).^{17,18}
- **Yüksek etkili etkinlikler:** WMO Üyelerinin WMO Küresel İklim Durumu Raporu'na katkıları, EM-DAT veritabanı gibi açık veri kaynakları,¹⁹ ReliefWeb ve diğerleri.



ANOMALİ HESAPLAMA

Bölümlerde sunulan değişkenlerin her biri için anomali²⁰2023 yılındaki durumun tarihsel dönemden elde edilen yıllık uzun vadeli ortalamalarla karşılaştırılmasıyla hesaplanmıştır.²¹ (sırasıyla gözlemlenen ve tarihsel), Kutu 2'de açıklandığı gibi.

Yöntemlerin (tüm veri kaynaklarının genel bir bakışı dahil) daha fazla ayrıntısı, analizde kullanılan GHMS'ler, raporda kullanılan göstergelerin tanımları ve ek sonuçlar aşağıdaki belgelerde belgelenmiştir:[Ek](#).

Kutu 2

Her hidrolojik değişkenin (örneğin, nehir deşarjı, rezervuarlara giriş) yıllık ortalaması, tanımlanmış bir veri referans dönemi (modellenmiş veya gözlemlenmiş) için her yıl için hesaplandı. Her bir değişkenin 2023'teki sıralaması, aşağıdaki tanıma göre kategorilere ayrılır:

normalin çok altında:	$Q_{2023} \leq 10.$ yüzdelerik
normalin altında:	$10. < Q_{2023} < 25.$ yüzdelerik
normal: ²²	$25. \leq S_{2023} \leq 75.$ yüzdelerik
normalin üstünde:	$75. < S_{2023} < 90.$ yüzdelerik
normalin çok üstünde:	$Q_{2023} \geq 90.$ yüzdelerik

Sonuçlar birden fazla modelden elde edildiğinde, yukarıda belirtilen sıralamalara bir tam sayı atandı ("normalin çok altında" = 1, "normalin altında" = 2, "normal" = 3, "normalin üstünde" = 4, "normalin çok üstünde" = 5) ve ardından her havza için model topluluğunun çıktıları arasında bir ortalama hesaplandı. Elde edilen sayı yuvarlandı ve yukarıda listelenen kategorilerden birine geri çevrildi.

Veriler için referans döneminin farklı değişkenler için değiştiğine dikkat edin (nehir debisi için 30 yıl (1991–2020),²³ Yeraltı suyu için 20 yıl (2004–2023) ve karasal su depolaması için 19 yıl (2002–2020) veri kullanılabilirliğine dayalı olarak, sıralama sınıflandırması aynı kalır. Her değişken için kullanılan referans dönemi hakkında daha fazla bilgi için bkz. [Tablo A2Ek'te](#). Farklı referans dönemlerinin seçilmesinin hesaplanan sonuçları etkileyebileceğini unutmayın.

Nehir deşarjı

2023 Küresel Su Kaynaklarının Durumu raporu, önceki raporda benimsenen Hidrobasins seviye 4 tanımına dayanmaktadır.²⁴ nerilen sınır, yaklaşık 986 nehir havzasını (minimum alan eşiği 10.000 km²) temsil ediyor²) around the globe (Figure A1 in the Annex).

The river discharge analysis in the 2023 edition of the report, similar to the 2021 and 2022 editions, is based on in-situ data received from WMO Members represented by NMHSs, mainly obtained via the GRDC database, supplemented with substantial contributions from global hydrological models. The 10 GHMSs listed in the Annex, Table A3 were used for this year's report, and all 10 were used for river discharge calculations. For more information about the models, the input data used and other details, please refer to [Global hydrological modelling systems](#) in the Annex.

The volume of observational data for the year 2023 has substantially increased (Figure 1). Only stations with at least 345 days of data points for 2023 and covering the historical period of at least 20 years (2001–2020) were selected for the analysis. At the time of preparation of this

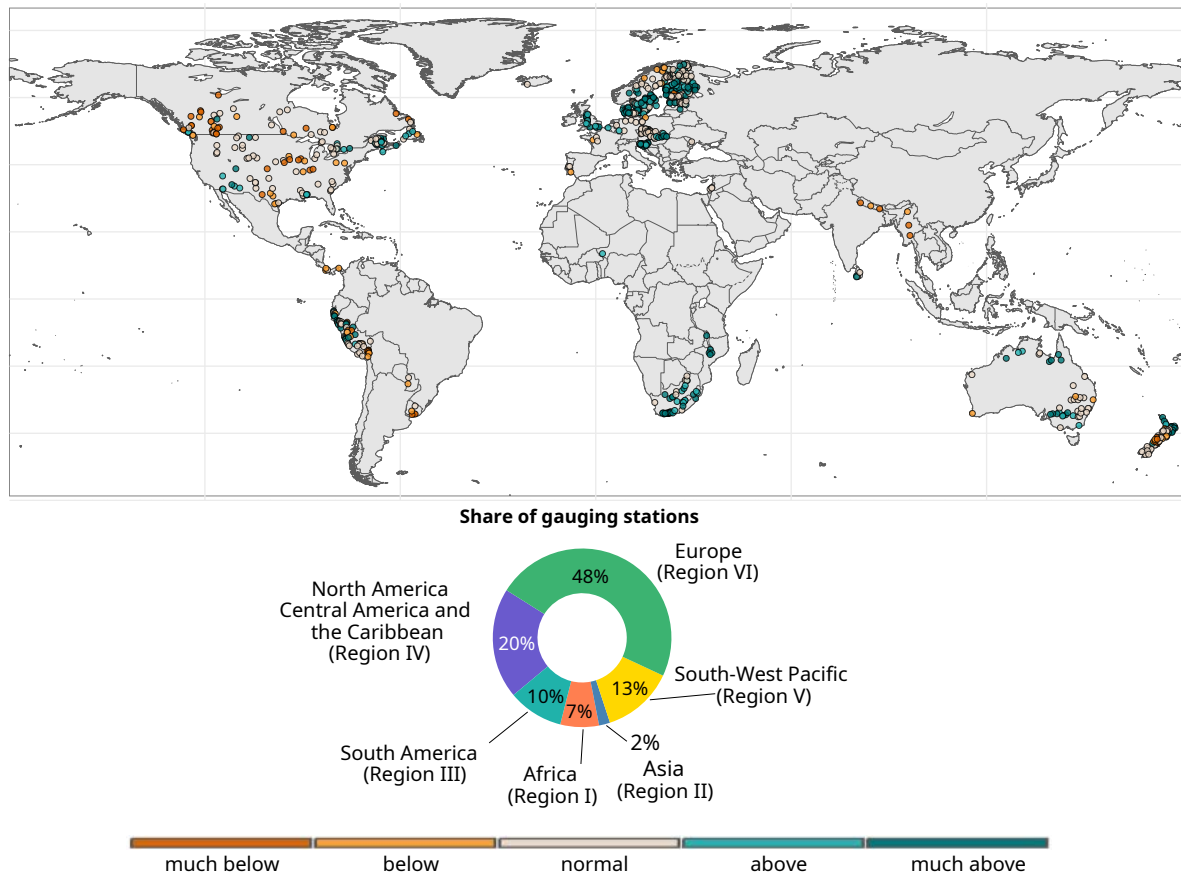


Figure 2. Observed mean river discharge for the year 2023 compared to the period 1991–2020 (for stations with a minimum of 20 years of data availability (2001–2020)); the dots are placed at the gauging station location (that is, the gauged basin outlet). The results presented here were derived from the observed river discharge data, which were obtained from NMHSs and the GRDC database. The results were also used to validate the simulated GHMS results in Figure 3, where the reference period was adjusted to match the available in-situ data (see Figure A7 in the Annex). Regions in the map refer to the WMO regions.

Note. The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply official endorsement or acceptance by the World Meteorological Organization or the United Nations.

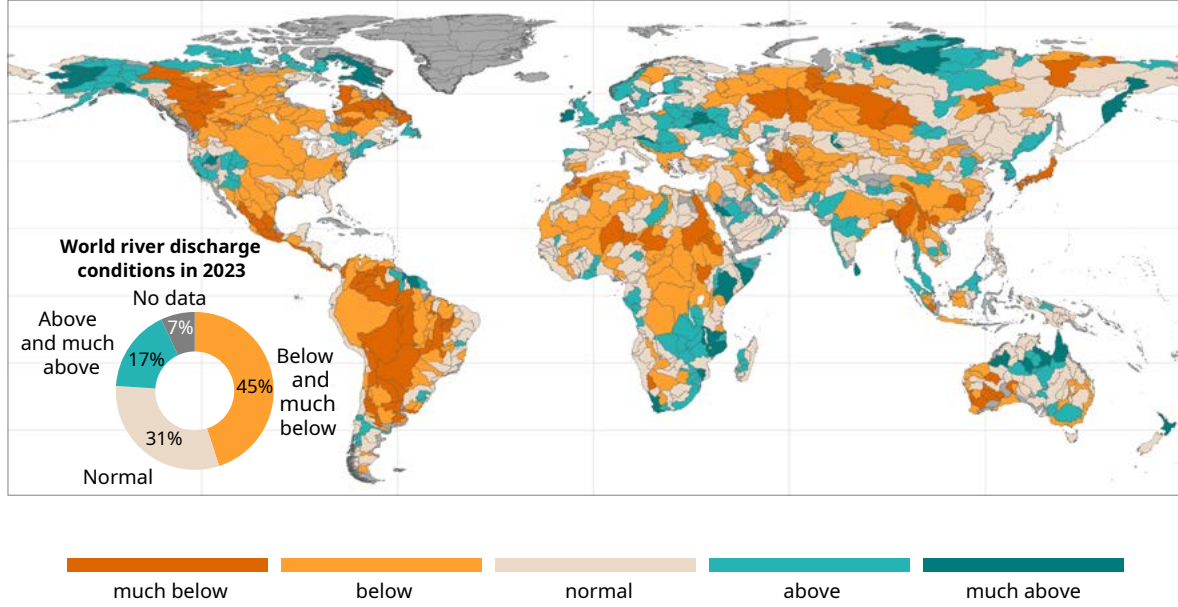


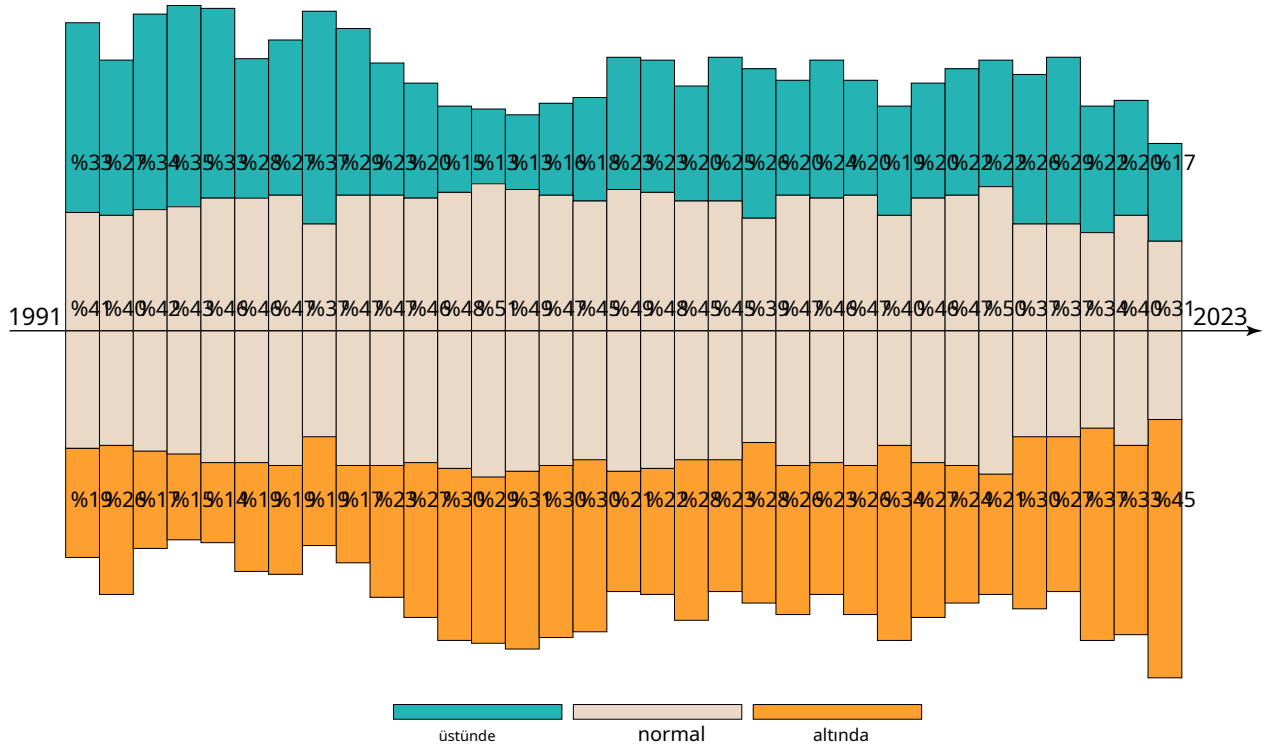
Figure 3. Mean river discharge for the year 2023 compared to the period 1991–2020 (for basins larger than 10 000 km²). The results presented here are derived from the modelled river discharge data obtained from an ensemble of 10 GHMS simulations (see [Methods](#) in the Annex). Inset (bottom left) shows the percentage distribution of the modelled catchment area under the given conditions. Dark gray areas indicate no modelling data. The results were validated against hydrological observations wherever available (see [Figure A6](#) in the Annex).

Note. The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply official endorsement or acceptance by the World Meteorological Organization or the United Nations.

report,²⁵ Gözlemlenen günlük nehir deşarj verileri (2023 yılının tamamını kapsayan) 713 istasyondan elde edildi (ölçüm yeri konumları için Şekil 2'ye bakın), 2022 baskısında kullanılan 273 istasyon ve 2021'de kullanılan 38 istasyonla karşılaştırıldığında. Bu istasyonların çoğu Avrupa'da (%48) ve Kuzey Amerika'da (%20) bulunurken, Afrika, Güney Amerika ve Avustralya'nın payı %2 ile %13 arasında değişmektedir. Mevcut istasyonların en küçük oranı (%1 civarı) Asya'da bulunmaktadır.

GHMS'lerden ve gözlemlenen nehir deşarj istasyonlarından elde edilen veriler için, 2023'teki ortalama yıllık nehir deşarjı, modellenmiş sonuçlar için 1991'den 2020'ye kadar olan tarihsel değerlerle veya gözlemlenen veriler için en az 20 yıl (2001–2020) ile karşılaştırıldı. Daha sonra deşarj seviyeleri bu tarihsel değerlere göre normal, normalin üstünde, normalin altında, normalin çok üstünde veya normalin çok altında olarak sınıflandırıldı (bkz. [Tablo A2](#) (Daha fazla ayrıntı için Ek'e bakın)). [Ek](#) kullanılan her GHMS'nin ayrıntılarını, bunların kurulumu ve tarihsel verilerle kalibrasyonu ve 2023 için simülasyonların nasıl üretildiği hakkında bilgiyle birlikte sunar. Ayrıca uygulanan modelleme çerçevesiyle ilişkili olası belirsizlik kaynaklarını da ana hatlarıyla belirtir. Gözlemlenen nehir deşarj verilerinin mevcut olduğu havzalarda, GHMS'ler tarafından simüle edilen eğilimler doğrulandı.

[Şekil 2](#) 2023 yılı için gözlemlenen ortalama nehir debisini seçilen tarihsel döneme (1991–2020) göre sunar ve [Şekil 3](#), 2023 yılı için modellenmiş ortalama nehir debisini seçilen tarihsel döneme (1991–2020) göre sunar. Hesaplama, GHMS'lerden gelen topluluk sonuçlarına dayanmaktadır (bkz. [Ek](#) Hesaplama yöntemine ilişkin ayrıntılar için). Gözlem verilerinin mevcut olduğu durumlarda, [Şekil 3](#)'te gösterilen model sonuçlarını doğrulamak için kullanıldılar. GHMS simülasyonlarının gözlemlenen verilerle uyumlu olduğu havzaları gösteren doğrulamanın ayrıntılı bir sunumu [Ek'te](#) verilmiştir. [Şekil A6](#).



Şekil 4. 1991-2023 yılları arasında farklı nehir deşarj koşullarındaki alanın dağılımı

Modellenmiş sonuçların doğrulanması genel olarak iyi bir uyum gösterdi²⁶(>Havzaların %69'u) 2023 yılı için gözlemlenen ve simüle edilen anomaliler (çoklu model ortalamasına dayalı) arasında, özellikle Orta ve Kuzey Avrupa, Yeni Zelanda, Avustralya, Brezilya ve Paraguay'daki Paraná Nehri'nin üst kısmı, Hindistan'daki Ganj ve Myanmar'daki Irrawaddy Nehri'nde. Aynı zamanda, modellenen anomaliler Güney Afrika'daki, Amazon'un üst havzasındaki, Lule havzasındaki (İsveç), Kuzey Amerika'daki Nelson ve Mississippi'nin üst havzalarındaki ve Afrika'daki Nijer Nehri'ndeki gözlemlerle uyuşmuyordu (tam doğrulama sonuçları için bkz.Şekil A6Ek'te sunulduğu gibi, gözlemlenen nehir deşarj verilerine sahip ölçüm cihazlarının konumu, güvenilir model doğrulaması için kritik öneme sahiptir.Şekil A5; Amazon nehri havzası gibi bazı yerlerde, doğrulama için kullanılan ölçüm cihazları modellenmiş çıkışlardan çok uzaktaydı ve bu da doğrulama sonuçlarını zayıflatabilir. Bu, gözlemlenen verilerin ve modellenmiş verilerin kullanılabilirliğinin ve karşılaştırılabilirliğinin önemini vurgular.

Tarihsel döneme göre, 2023 yılı çoğunlukla normalden daha kuru ile normal koşullarla karakterize edildi (Şekil 4). 2022 ve 2021'e benzer şekilde, küresel su toplama alanlarının %50'sinden fazlasında nehir deşarjı normal koşullardan sapmalar gösterdi; baskın olarak normalden düşüktü ve havzaların daha küçük bir oranı normalin üstünde ve çok üstünde koşullar sergiledi. Küresel ölçekte, 2021 ve 2022'deki nehir deşarj koşulları benzer bir örüntüyü izledi ve normalden daha ıslak koşullara sahip alanlara kıyasla daha fazla alan normalden daha kuru koşullar yaşadı. 2022'de, küresel olarak 2021'e göre daha fazla alan normal koşullar altındaydı.²⁷

1991'den 2023'e kadar her yıl için farklı nehir deşarj koşulları altındaki alanların sabit bir tarihsel normal (1991-2020) kullanılarak karşılaştırılması, kurak alanlarda artan bir eğilim olduğunu göstermiştir.



Son 33 yılın en kurak yılı olan 2023'ü, 2021 ve 2015 yılları takip etti. Son beş yıl üst üste, normal koşullar altında alan yüzdelerinin son 33 yılın en düşükleri arasında yer aldı.

2023'te Amerika'da normalin altında ve çok altında koşullar hakim oldu: Alaska hariç Kuzey Amerika'da 2023 ortalama deşarjı normalden çok daha düşüktü. Mississippi ve Ohio kol havzalarındaki 2023 kuraklığı, Missouri kol havzasındaki üç yıllık kuraklıktan kaynaklanan azalan yeraltı suyuyla birlikte Mississippi Nehri'nde rekor düşük su seviyelerine neden oldu.²⁸Kuzey Amerika'daki Yukon Nehri Havzası normalin çok üzerinde debi koşulları yaşadı.

Normalin altında veya çok altında koşullar Orta Amerika ve Güney Amerika'nın neredeyse tüm topraklarını etkisi altına aldı. 26 Ekim 2023'te Manaus limanındaki Amazon nehri havzasındaki su seviyeleri 1902'den beri kaydedilen en düşük seviyeye (12,70 m) ulaştı.²⁹La Niña'dan (2022/2023) El Niño'ya (2023) geçiş, dünya çapında okyanus üzerinde yaygın anormal ısınmayla birlikte, bu rekor kıran kurak ve sıcak durumda önemli bir iklimsel itici güç gibi görünüyor.³⁰

Afrika'nın doğu kıyısı, Limpopo ve Zambezi nehir havzalarında ve Tanzanya, Mozambik ve Afrika Boynuzu'ndaki kıyı su toplama alanlarında olduğu gibi normalin üstünde ve çok üstünde deşarjlarla karakterize edildi. Beş ardışık kurak yağmur mevsimi geçiren Afrika Boynuzu, El Niño koşullarının tetiklediği sel baskınlarından etkilendi.³¹Libya'da yıllık deşarj koşulları normalin üzerinde olarak gösterildi. Nijer, Çad Gölü, Nil ve Kongo havzaları normalin altında deşarj koşullarıyla karakterize edildi.

Avrupa'da Tuna ve Dinyeper havzaları normalin üzerinde koşullarla karakterize edildi. Ek olarak, Orta ve Batı Avrupa normal deşarj koşulları gördü ve İtalya'da nehir deşarjı normal kaldı. Kuzey Avrupa'da, Birleşik Krallık ve İrlanda'nın tüm toprakları, Güney İsveç, Norveç ve Finlandiya'da olduğu gibi normalin üzerinde deşarj gördü. Rusya Federasyonu'nda, ülkenin Avrupa kısmındaki havzalar ve Sibirya'daki (Volga, Ob ve Kuzey Dvina) havzalar normalin altında koşullarla karakterize edildi, Doğu Sibirya'daki ve ülkenin en doğu kısmındaki (Lena ve Ussuri gibi) bir dizi nehir havzası ve Kamçatka Yarımadası'nın nehirleri normalin üzerinde ve çok üzerinde deşarj koşulları gördü.

Orta Doğu ve Orta Asya'da deşarj koşulları normalden düşük kaldı. Asya ve Okyanusya'da, Ganj, Brahmaputra ve Mekong gibi büyük nehir havzaları, havza topraklarının neredeyse tamamında normalden düşük koşullar yaşadı. Avustralya'da, kuzey kıyısındaki havzalar normalin üzerinde deşarj koşulları gördü, Murray-Darling havzası ise çoğunlukla normal koşullara sahipti. Yeni Zelanda'nın Kuzey Adası ve Filipinler, normalin çok üzerinde yıllık deşarj koşulları sergiledi.

Rezervuarlar

Bu bölüm, Biswas ve ark. tarafından açıklanan uydu tabanlı ürünlerin bir kombinasyonu olarak NASA'dan elde edilen, küresel olarak seçili rezervuarlara modellenmiş giriş ve 2023'te rezervuar hacmindeki anomaliler olmak üzere iki kaynaktan gelen verilere dayalı olarak 2023'teki rezervuarların durumunu sunmaktadır.³²

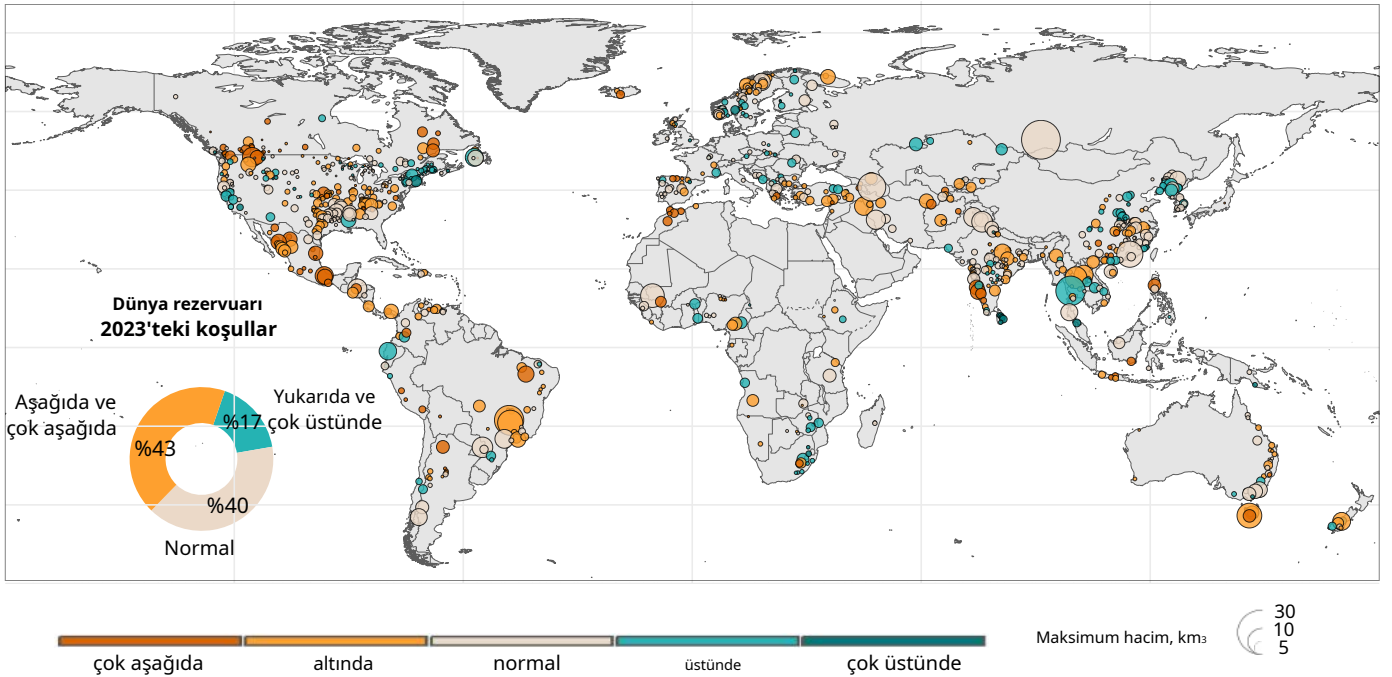
SEÇİLMİŞ REZERVUARLARA GİRİŞ

Giriş verileri uydu tabanlı ([Küresel Su İzleme](#)) ve GHMS'nin ürünleri, yani Wflow_sbm,³³CaMa-Barajlı Taşkın^{34,35}ve Dünya çapında HYPE (WWH) modelleri³⁶(daha fazla ayrıntı için bkz. [Tablo A3Ek'te](#)). Yukarıdaki kaynaklardan elde edilen tüm mevcut rezervuarlar analize dahil edildi ve GRanD ID'leri ile tanımlandı.³⁷

Seçilen GRanD rezervuarlarına günlük giriş verileri, 1991 ile 2020 arasındaki tarihsel dönem ve 2023 yılı için üç GHMS modelinden hesaplandı. Daha sonra giriş anomalileri, nehir deşarjı için kullanılan yöntemle hesaplandı (bkz. [Kutu 2](#)). Sonuçlar Şekil 5'te sunulmuştur. Rezervuarlara su girişi, rezervuar operasyonları gibi su kaynakları yönetim stratejilerine düşük bağımlılığı nedeniyle bir gösterge olarak seçilmiştir.

2023'te rezervuarlara gelen akış genel olarak genel deşarj koşullarını yansıtıyordu, küresel denge çoğunlukla normalin altında veya normaldi. Özellikle Hindistan'daki rezervuarlar, özellikle batı kıyısı boyunca, normalin altında ve çok altında gelen akışlar yaşadı. Benzer koşullar doğu kıyısında ve Yeni Zelanda'nın Güney Adası'nda da gözlemlendi. Avustralya'da Murray-Darling Nehri de normalin altında gelen akışlar kaydetti.

Kuzey ve Güney Amerika'da, özellikle Kuzey Amerika'daki Mackenzie Nehri'nde, Meksika'nın tüm topraklarında ve Güney Brezilya ve Arjantin'deki Paraná Nehri'nde, rezervuarlara normalden düşük girişlerle su bulunabilirliğinin azaldığı görüldü. Orta Doğu ve Orta Asya'da, rezervuarlara girişler normalden düşük kaldı.



Şekil 5.2023'te seçili rezervuarlara gelen ortalama yıllık giriş, 1991-2020 tarihsel dönemiyle karşılaştırılmıştır. Noktaların boyutu rezervuarların maksimum depolama hacmine karşılık gelir. Ekteki (alt sol) verilen koşullar altında rezervuarların yüzdelerini gösterir.

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

Buna karşılık, Güney Afrika rezervuarları normalden daha ıslak deşarj koşullarının ardından normalden daha yüksek girişler gördü. Kuzey Avrupa, özellikle İsveç ve güney Norveç de artan rezervuar girişleri yaşadı. Ancak, Norveç'in en kuzeyinde, girişler normalin altındaydı.

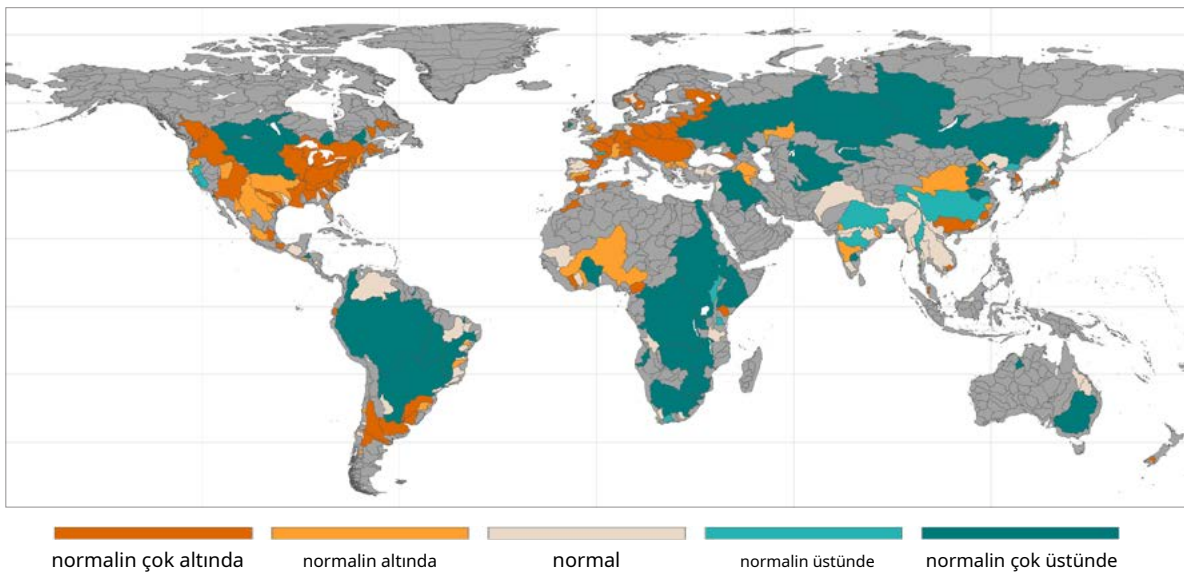
REZERVUAR DEPOLAMA

Bu bölüm, 2023'te havza genelindeki rezervuar depolama anomalilerine ilişkin sonuçları sunmaktadır. Kullanılan yaklaşım, Biswas ve diğerleri tarafından açıklandığı gibi, birkaç uydu tabanlı veri setinin birleştirilmesini içerir.³⁸Aylık bireysel rezervuar depolama zaman serileri hesaplandı ve daha sonra 237 havza için aylık havza çapında rezervuar depolama zaman serilerine biriktirildi (Şekil 6).

Rezervuar depolaması yalnızca iklim koşulları ve rezervuarlara gelen akıştan değil aynı zamanda depolamanın antropojenik düzenlemesinden de etkilenir. Yönetimin etkileri, gelen akışa kıyasla farklı sonuçlara yol açabilir; örneğin, gelen akış düşük olabilir ancak su depolanabilir ve bu da rezervuarların aşağı akışında artan hacim ve azalan deşarjla sonuçlanır.

Afrika'da, Orange, Zambezi, Kongo ve Nil nehir havzaları normalin çok üzerinde rezervuar depolama seviyeleri sergiledi. Avrupa'da, Tuna ve Ren havzaları ve İber Yarımadası normalin çok altında rezervuar depolaması yaşadı. Buna karşılık, Ukrayna'daki Dinyeper gibi Doğu Avrupa havzaları, Volga, Enisey ve Ob nehir havzaları gibi normalin çok üzerinde depolama gördü.

Kuzey Amerika'da Nelson Nehri ve Mississippi Nehri'nin üst kısımları havza genelinde normalin çok üzerinde depolamaya sahipti. Ancak, doğu ve güney Amerika Birleşik Devletleri ile Meksika'daki su toplama havzaları normalin çok altında veya altında rezervuar depolaması yaşadı. Güney Amerika'da, Amazon ve Paraná havzalarındaki rezervuarlar normalin çok üzerinde depolama seviyelerine sahipti. Asya'da, Hindistan'daki Ganj Havzası ve Çin'deki Yangtze Havzası normalin çok üzerinde rezervuar depolaması gördü. Avustralya'da, Murray-Darling Havzası normalin çok üzerinde rezervuar depolama seviyeleri yaşadı.



Şekil 6. Referans dönemine (2000-2023) göre 2023 yılında havza genelindeki aylık rezervuar depolamasının yıllık ortalaması

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

Göller

GloLakes ürününden seçilen 30 büyük göldeki su seviyeleri elde edildi.³⁹

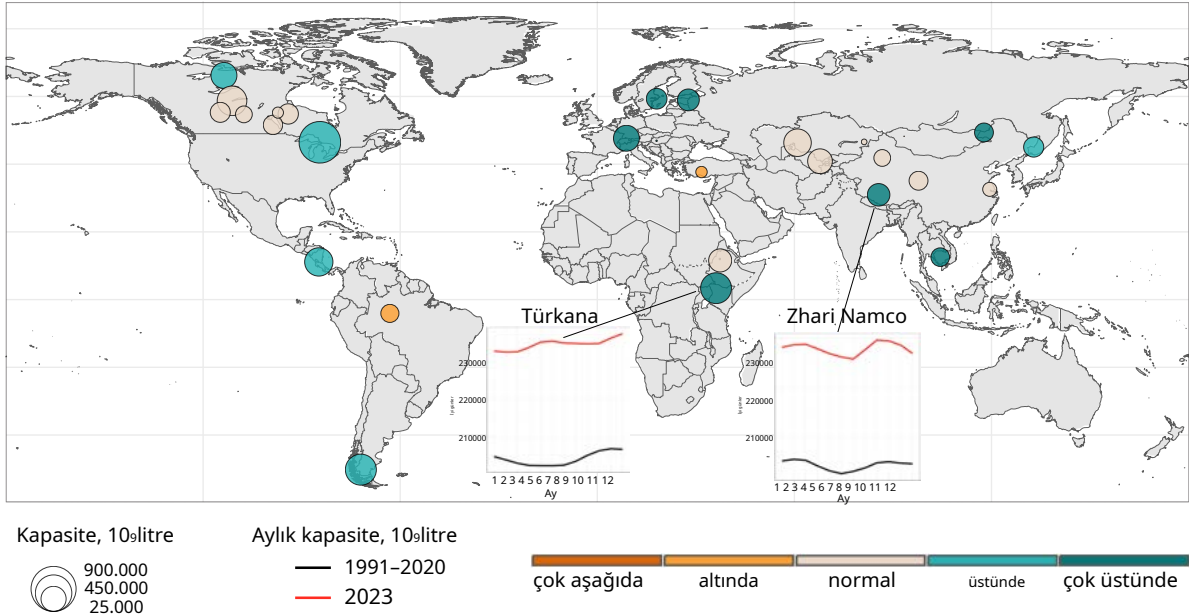
GloLakes ürünü, çeşitli uydulardan alınan su seviyesi ve su kütlesi kapsam ölçümlerini, gerektiğinde ek yerel topografya bilgileriyle birleştirerek göl ve rezervuar depolama verilerini tahmin eder.^{40,41} Veri kaydı 1984'te başlıyor ve düzenli olarak güncelleniyor. **Küresel Su Monitörü**ve ilişkili yıllık özet raporu. Göl ve rezervuar yüzey suyu kapsamalarının dinamiklerini belirlemek için Landsat ve Sentinel-2 uydularından yüksek çözünürlüklü optik uzaktan algılama verileri kullanıldı. Anomali 1991–2020 tarihsel dönemi açısından hesaplandı ve 2023 yıllık hacim anomalisi Şekil 7'de sunulmaktadır.

Amazon'da Coari Gölü'nün hacmi normalin altındaydı. Rekor kıran sıcak hava dalgaları ve azalan su seviyeleri su sıcaklığının 34 °C'ye çıkmasına neden oldu, bu da yosun patlamasına ve önemli sayıda pembe yunusun ölümüne yol açtı (*Inia geoffrensis*).^{42,43}

Kuzey Amerika'nın en büyük gölü olan Superior Gölü'nün hacmi 2023'te normalin üzerinde seyretti; bu durum 2022 Aralık ayında başladı.⁴⁴ Orta Amerika'yı etkileyen kuraklık olayına rağmen, Nikaragua Gölü 2023'te normalin üzerinde su hacimleri gördü. Benzer şekilde, Orta Avrupa'daki Balaton Gölü, Estonya'daki Peipus Gölü ve İsveç'teki Mälaren Gölü'nde de normalin çok üzerinde hacim seviyeleri yaşandı.

Asya'da, Kazakistan ve Özbekistan'daki Küçük Aral Denizi ve Aydar Gölü ile Çin'deki Eling Gölü, Kaoyu Gölü ve Bositeng Gölü 2023'te normal hacimlere ulaştı. Çin ve Rusya tarafından paylaşılan Hulun Gölü ve Khsanka Gölü de normalin üzerinde su hacimlerine ulaştı. Mekong nehri havzasında bulunan Kamboçya'daki Tonle Sap Gölü de normalin üzerinde su hacimlerine ulaştı.

Kenya ile Etiyopya arasında paylaşılan, dünyanın en büyük çöl gölü olan Turkana Gölü, normalin çok üzerinde deşarj koşullarının ardından, normalin üzerinde su hacmine sahip oldu.



Şekil 7. GloLakes ürününe göre 1991–2020 tarihsel dönemine göre sıralanan 2023 yılındaki 30 büyük gölün hacmi

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

Yeraltı suyu seviyeleri

Bu bölümde 2023 yılındaki yeraltı suyu seviyelerinin tarihsel kayıtlarla karşılaştırmalı bir değerlendirmesi sunulmaktadır.⁴⁵ Yeraltı suyu izlemesinden sorumlu ulusal (bazı durumlarda ulusal altı) kurumlar tarafından sağlanan yerinde yeraltı suyu seviyesi izleme verilerine dayanmaktadır. Toplamda, 40 ülkede 160.000'den fazla kuyu için yeraltı suyu seviyesi izleme verileri toplandı. Veriler, 2004'ten 2023'e kadar son 20 yılı kapsayan dönemde toplandı. Verilerin tüm bu dönem boyunca toplanması mümkün olmadığında, örneğin yeraltı suyu izlemesinin 20 yıldan daha eski olmadığı ülkelerde, bunun yerine son 10 yılı kapsayan veriler kullanıldı. Bu durum Brezilya, Bulgaristan, Kosta Rika ve İsrail için geçerlidir. Yeraltı suyu seviyesi izleme verileri, belirli bir veri tutarlılığı ve eksiksizliği düzeyini garantilemek için önce filtrelendi. Filtrelemeden sonra, yaklaşık 35.459 kuyu için veriler analiz edilebildi.⁴⁶ Toplamda 2023 yılında yeraltı su seviyesinin ortalamaları 6 756 kuyuda (%19) normalin çok altında, 4 087 kuyuda (%11) normalin altında, 14 030 kuyuda (%40) normal, 3 489 kuyuda (%10) normalin üstünde ve 7 097 kuyuda (%20) normalin çok üzerinde olmuştur.

Sonuçlar bir dünya haritasında ve bir dizi bölgesel haritada gösterilmiştir (Şekil 8a ve 8b). Sonuçlar, akiferlerin heterojen yapısı ve bir pompalama kuyusu veya bir nehrin yakınlığı gibi yeraltı suyu seviyelerini etkileyen yerel değişkenlerin önemi nedeniyle sıralamanın belirli bir alan üzerinde nadiren tekdüze olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, yeraltı suyunun da bölgesel etkilere tabi olduğunu gösteren bölgesel desenler gözlemlenmektedir.

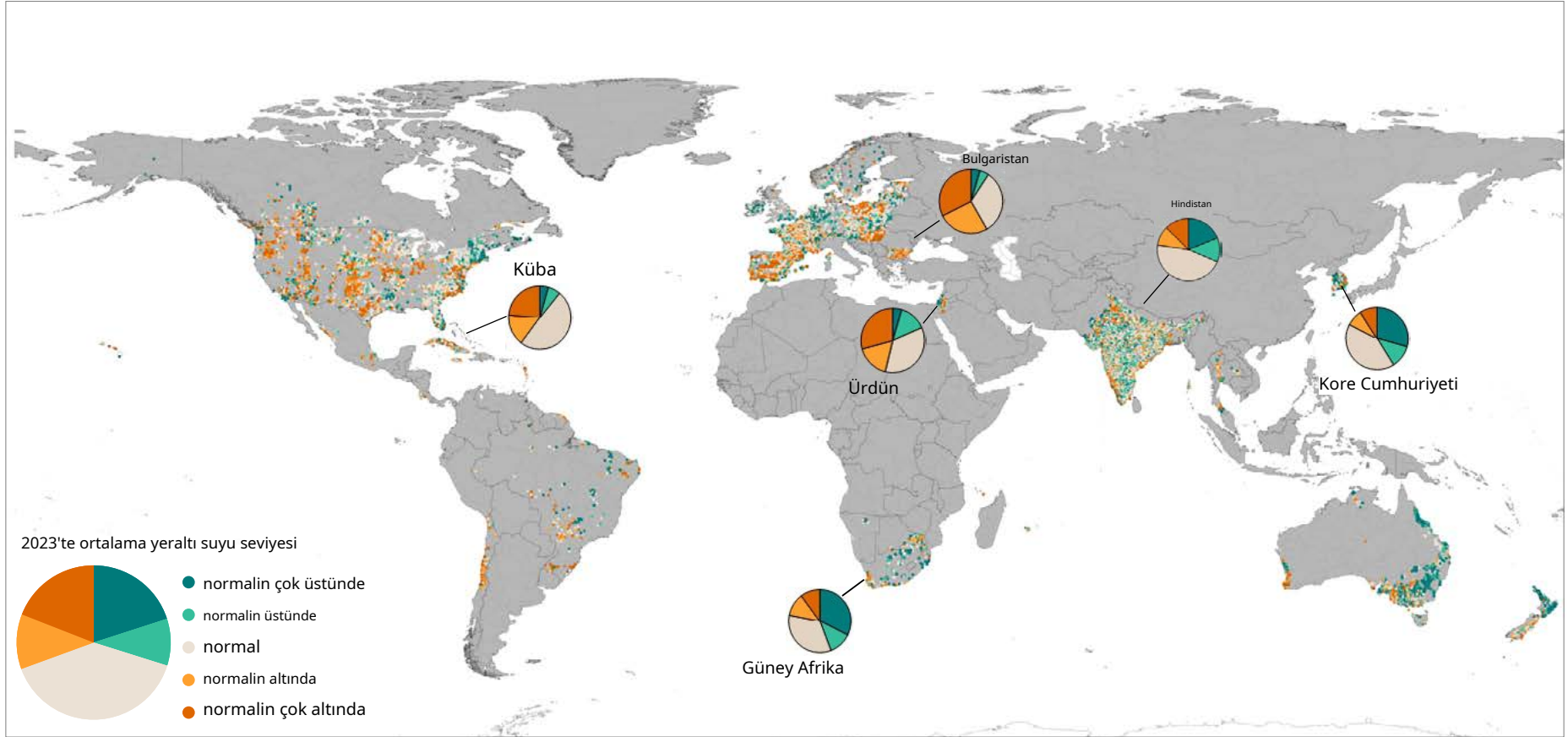
2023 yılında ortalama yeraltı suyu seviyesi, Kuzey Amerika'nın büyük bir bölümünde, özellikle ABD'nin batı ve orta batı kesimlerinde, Şili'nin orta ve kuzeyinde, Brezilya'nın batı ve güneyinde, Güney Avrupa'da (Portekiz, İspanya, Fransa'nın büyük bölümünde), Orta Avrupa'da (Macaristan, Avusturya, Bavyera (Almanya), Polonya'nın kuzeyi) ve Avustralya'nın batı ve güneyinde olmak üzere çok sayıda kuyuda normalin altında veya normalin çok altındaydı.

Buna karşılık, 2023 yılında yeraltı suyu seviyesinin ortalaması, New England'da (ABD), Kanada'nın deniz bölgelerinde, Brezilya'nın kuzeydoğusundaki Atlas Okyanusu kıyısında, Kuzey Avrupa'da (Britanya Adaları ve İskandinavya), İsrail'de, Güney Afrika'da, Hindistan'ın çeşitli bölgelerinde, Kore Cumhuriyeti'nde, doğu Avustralya'da ve Yeni Zelanda'nın Kuzey Adası'nda bulunan kuyuların büyük bir kısmında normalin üzerinde veya çok üzerindeydi.

Bu bölgesel eğilimlerin ardındaki nedenleri belirlemek kolay değildir, çünkü yeraltı suyu iklimsel değişkenlerin ve su çekme ve arazi kullanımı gibi diğer antropojenik değişkenlerin etkisi altındadır. Bazı akiferler, sınır koşullarındaki değişiklik (yeraltı suyu beslemesi gibi) ve buna karşılık gelen yeraltı suyu seviyesindeki değişiklik arasında hızlı bir tepki süresine sahiptir,⁴⁷ ancak diğer akiferlerdeki tepki süresi birkaç yıl veya on yıllar sürebilir. Yine de bazı açıklamalar yapılabilir. Güney Afrika'da, 2023'te ortalama yeraltı suyu seviyesinin normalin üzerinde olduğu kuyuların yüksek oranı, 2023'te ve öncesindeki yıllarda alınan normalin üzerinde yağış miktarıyla tutarlıdır.⁴⁸

normalin altında yeraltı suyu seviyelerine sahip bazı kuyular sulama için aşırı su çekimine bağlanabilir. Son yıllardaki yüksek yağışların yeraltı suyu seviyeleri üzerindeki etkisi Hindistan'ın bazı bölgelerinde de gözlemlenmiştir.⁴⁹ İrlanda'da,⁵⁰ Avustralya'da^{51,52} ve örneğin İsrail'de. Yüksek yağış, akiferlerin yeniden beslenmesi yoluyla doğrudan yeraltı suyu seviyelerinin artmasına katkıda bulunur. Avustralya gibi yeraltı suyu çekiminin önemli olduğu ülkelerde, yüksek yağış ayrıca daha fazla yüzey suyu mevcut olduğu ve toprak nemi daha yüksek olduğu için yeraltı suyu çekimini azaltma eğilimindedir, bu da dolaylı olarak yeraltı suyu seviyelerinin artmasına katkıda bulunur. Şili ve Ürdün'de 2023'te ortalama yeraltı suyu seviyesinin normalin altında olduğu kuyuların yüksek oranı iklimsel faktörlerle açıklanamaz, bunun yerine aşırı çekim nedeniyle yeraltı suyu seviyelerinin uzun vadeli düşüşünü yansıtır.^{53,54}

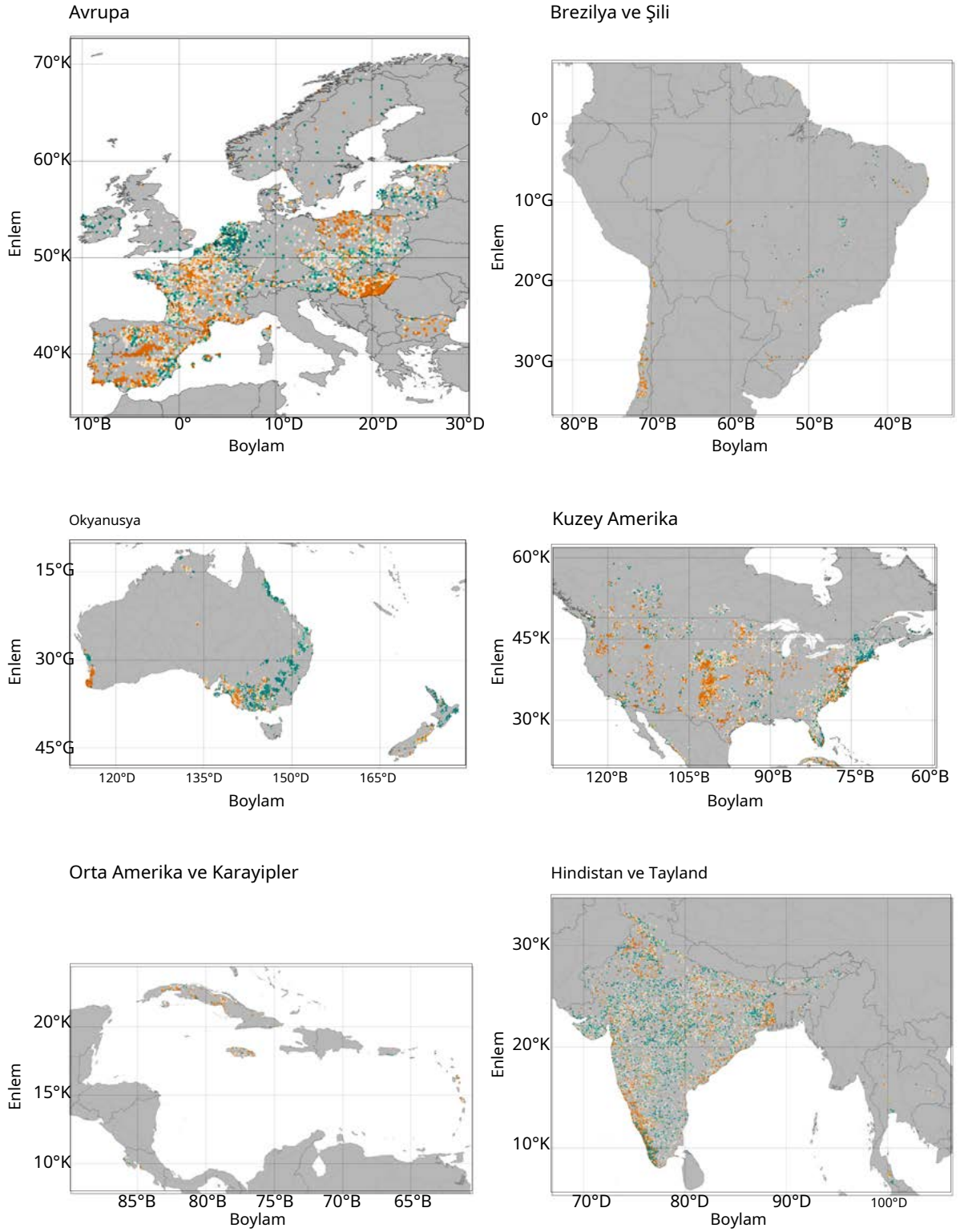
Hindistan'dan gelen sonuçlar karışıktır, ancak bunlar ağırlıklı olarak sığ kazılmış kuyularda toplanan verilere dayanmaktadır (%80 toplamın),⁵⁵ yeraltı suyu seviyelerinin iklimin etkisini yansıttığı yer. Sondajlarda toplanan izleme verilerini değerlendirmek için ayırmak gerekir



Şekil 8a 2023 yılındaki ortalama yeraltı suyu seviyelerinin 2004-2023 (Brezilya, Bulgaristan, Kosta Rika ve İsrail'de 2014-2023) tarihsel dönemiyle karşılaştırılması.

Notlar:

1. İki veya daha fazla izleme istasyonundan oluşan 3 175 izleme sahası bulunmaktadır. Bu istasyonların sonuçları, çakışmalarını önlemek için haritada hafifçe kaydırılmıştır.
2. Noktalı çizgi, Hindistan ve Pakistan tarafından kararlaştırılan Jammu ve Keşmir'deki Kontrol Hattı'nı yaklaşık olarak temsil eder. Jammu ve Keşmir'in nihai statüsü henüz taraflarca kararlaştırılmamıştır.



Şekil 8b. 2023'teki ortalama yeraltı suyu seviyelerinin tarihsel döneme kıyasla gösterildiği seçili ülkelere ait anlık görüntüler (Şekil 8a'da olduğu gibi)

Not. Noktalı çizgi, Hindistan ve Pakistan tarafından kararlaştırılan Jammu ve Keşmir'deki Kontrol Hattı'nı yaklaşık olarak temsil eder. Jammu ve Keşmir'in nihai statüsü henüz taraflarca kararlaştırılmamıştır.



Özellikle ülkenin kuzeybatısında önemli bir yer tutan yeraltı suyu sulamasından kaynaklanan aşırı su çekiminin etkisi.^{56,57,58} Son olarak, 2023'te ortalama yeraltı suyu seviyesinin normalin altında olduğu kuyuların yüksek oranı, iklimsel kuraklık ve aşırı su çekiminin bir kombinasyonunu yansıtabilir. Örneğin, Kuzey Amerika 2020-2023 Kuzey Amerika kuraklığından etkilendi, ancak aynı zamanda özellikle Kaliforniya ve Yüksek Ovalarda yeraltı suyu tükenmesine maruz kalmaktadır.⁵⁹ Son yıllarda Avrupa da kuraklıktan etkileniyor, ancak özellikle kıtanın güney kesimlerinde, örneğin Fransa, Macaristan ve İspanya'da yeraltı suyunun aşırı çekilmesi vakaları görülüyor.⁶⁰

Bu değerlendirmede yer alan önemli sayıda ülkeye rağmen, veri kullanılabilirliği o kadar fazladır ki dünyanın büyük bir kısmı, özellikle Afrika ve Asya'da bu analizden eksiktir. Ancak bu, veri olmadığı anlamına gelmez. Yeraltı suyu seviyesi izleme verilerinin 10 yıldan az bir süredir toplandığı birkaç ülke vardır (Gambiya, Ruanda ve Somali gibi). Bu ülkeleri birkaç yıl içinde değerlendirmeye dahil etmek mümkün olacaktır ki bu umut verici bir olasılıktır. Ayrıca en son verilere erişimde zorluklar da vardır. Hırvatistan ve Katar'dan gelen veriler kullanılamadı çünkü 2023'teki verilerin çoğu henüz paylaşımına açık değildi.

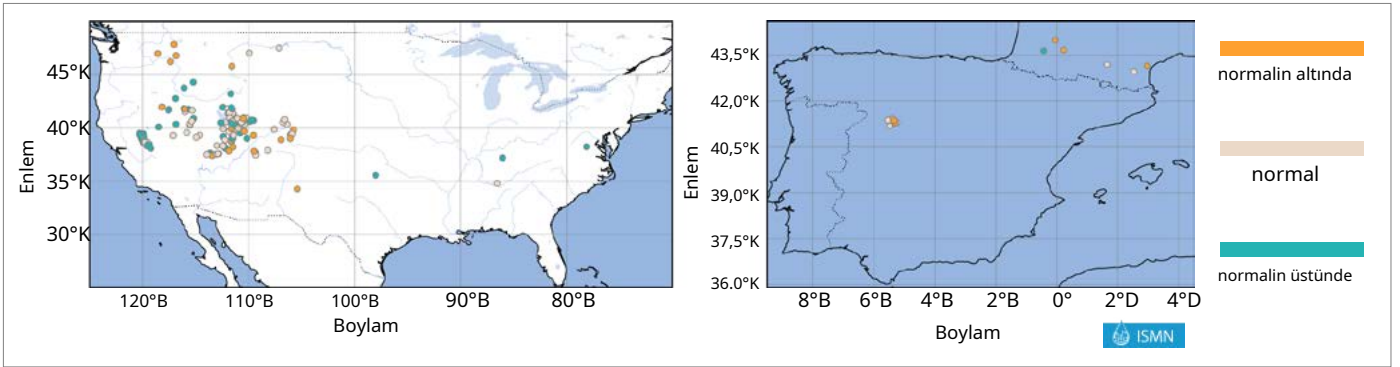
Toprak nemi

Yüzey toprak nemi, hidrolojik süreçler için kritik değişkenlerden biridir. Kara yüzeyi/atmosfer arayüzünde su ve enerji akışlarının değişimini etkiler, akış oluşumunu etkiler, biyojeokimyasal döngüler için önemlidir ve bitki örtüsü gelişimini birlikte kontrol eder. Toprak nem modellerini anlamak, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi ve gıda üretiminin değerlendirilmesi ve anlaşılması için önemlidir.^{61,62}

ULUSLARARASI TOPRAK NEM AĞI'NDAN GÖZLEMLENEN TOPRAK NEMLERİ

2023 değerlendirmesi için ISMN⁶³ katı filtreleme uygulandı, her biri en az 15 yıllık veri ve %50'den fazla veri kullanılabilirliği (aylık) olan yaklaşık 160 küresel istasyon seçilerek toprak nemi üç kategoride görselleştirildi: normalin altında, normal ve normalin üstünde. Rapor iki derinlikteki toprak nemine odaklanıyor: yüzeye yakın (10 cm'ye kadar) ve daha derin (0,5 m'ye kadar). Analiz, 154'e kadar yüzeye yakın istasyondan ve 90'a kadar daha derin istasyondan gelen verileri içeriyor. Toprak nemi gözlemleri sulama için geçerli değildir ve insan faaliyetlerinden etkilenebilir.

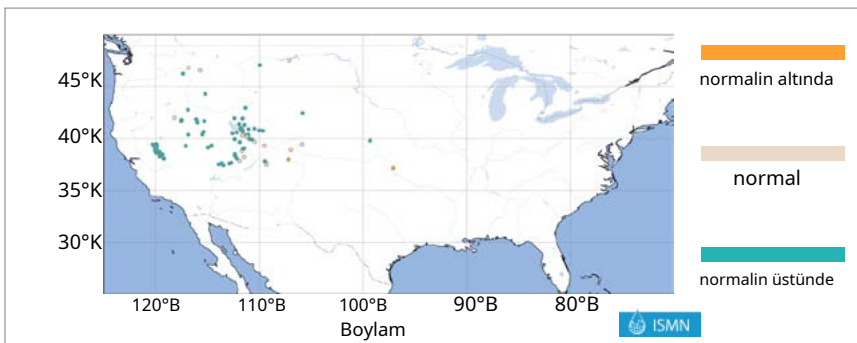
Veriler, bölgeler arasında toprak neminde değişkenlik olduğunu göstermektedir. Avrupa'da, yüzeye yakın istasyonların %47'si normalin altında veya normal koşullar bildirirken, Birleşik Devletler'de %81'i normal veya normalin üstünde koşullar gösterdi, ancak önemli bölgesel farklılıklar kaydedildi (Şekil 9). Temmuz ayının toprak suyu bulunabilirliği açısından çok çeşitli bir ay olduğu bildirilmektedir. Birleşik Devletler'in önemli kısımları kuru koşullar altındayken, aynı anda ülkenin diğer kısımlarında (bitişik Birleşik Devletler'in %10'u) ıslak koşullar gözlemlendi.⁶⁴ Yüzey toprak neminin, toprak suyunun daha kalıcı olduğu daha derin toprak katmanlarına kıyasla çok dinamik olduğunu unutmayın. Daha derin istasyonlardan gelen verilerde benzer bir mekansal kümeleme gözlemlenebilir (Şekil 10). Bu kümeler içinde çoğunluk



Şekil 9. Temmuz 2023'teki toprak nemi, toprağın en üst tabakası için (0,11 m'ye kadar) 2008-2022 (15 yıllık referans dönemi) tüm Temmuz aylarıyla karşılaştırılmıştır.

Sol panel bitişik Amerika Birleşik Devletleri'ndeki durumu gösterirken, güneybatı Avrupa sağda gösterilmiştir. Sınırlı veri kullanılabilirliği nedeniyle (veriler 150 istasyondan elde edildi - bitişik Amerika Birleşik Devletleri'nde 135 ve Avrupa'da 15 - hepsi yukarıdaki haritalarda gösterilmektedir), yerinde toprak nem verileri kullanılarak yalnızca sınırlı veri kapsamı elde edilmiştir.

Not. Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez. Katkıda bulunulan harita. Noktalı çizgiler yaklaşık ülke sınırlarını temsil eder.



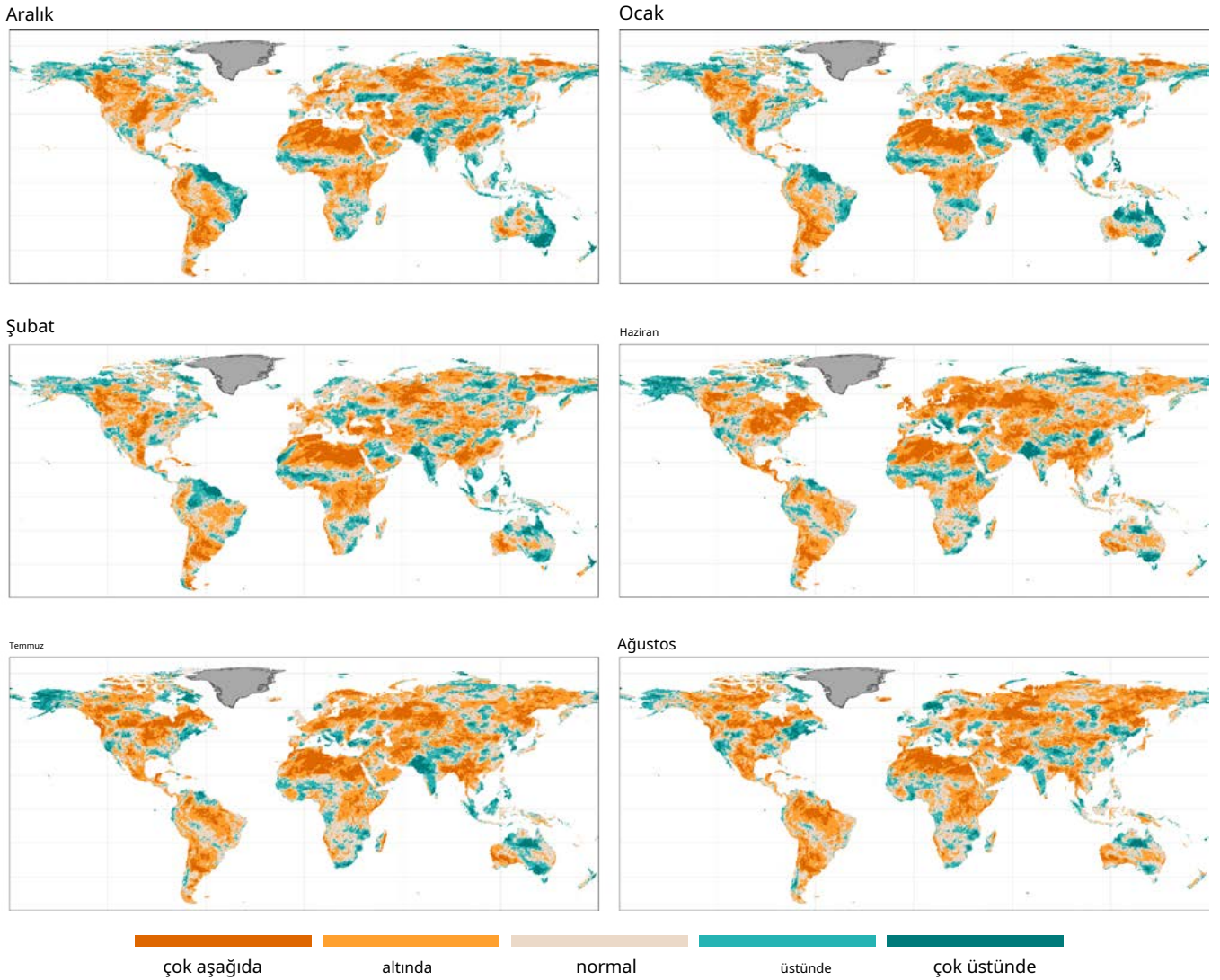
Şekil 10. Eylül 2023'te bitişik Amerika Birleşik Devletleri'nde 0,51 m derinliğe kadar toprak nem durumu. Referans verileri, 2008-2015 Eylül aylarının tamamının aylık ortalama toprak nemidir. Sınırlı veri kullanılabilirliği nedeniyle, yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan 88 istasyondan gelen veriler analiz edilebildi.

Not. Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez. Katkıda bulunulan harita. Noktalı çizgiler yaklaşık ülke sınırlarını temsil eder.

toprak nemi gözlem noktalarının normalin üzerinde koşullar bildirdiği bildirildi. Bu koşullar batı Amerika Birleşik Devletleri için bildirilirken, ülkenin diğer bölgeleri kuraklık koşullarına katlandı. Bu bulgular, bölgesel ve küresel ölçeklerde toprak nemi koşullarını doğru bir şekilde değerlendirmek için uzun vadeli, yaygın verilere olan ihtiyacı vurgulamaktadır.

MODELLEŞTİRİLMİŞ TOPRAK NEMLENDİRMESİ

2023 yılındaki yüzey toprağı nemindeki anormallik üç GHMS'den elde edildi (bkz. [Tablo A1](#)Ek'te model adları için) ve kök bölgesi toprak nem desenlerini (2 m derinlik) anlamak için aylık bazda 1991–2020 tarihsel dönemine göre sıralanmıştır. Kullanılan anomali hesaplaması, nehir deşarjı ve rezervuar girişi için kullanılanla aynıdır ([Kutu 1](#)). Sonuçlar Şekil 11'de sunulmaktadır.





2023'teki toprak nemi, yıl boyunca küresel olarak büyük bölgelerde çoğunlukla normalin altında ve normalin çok altındaydı. Örneğin, Kuzey Amerika, Güney Amerika, Kuzey Afrika ve Orta Doğu'nun neredeyse tüm bölgeleri, özellikle Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında normalin çok altında toprak nem seviyeleri yaşadı. Aslında, Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı'na (USDA) göre, ülkenin kuru veya çok kuru olarak sınıflandırılan üst toprağının oranı Eylül ortasında %58'e ulaştı. 2023 yılı, kuru topraklar için yakın tarihli tarihi kayıtlarda 2022'nin hemen arkasında yer alıyor.⁶⁵ Haziran-Ağustos döneminde, Avrupa, Rusya Federasyonu, Orta Asya ve Çin'in neredeyse tüm bölgeleri normalin çok altında veya çok altında toprak nem koşulları yaşadı. Aynı durum, aslında selden etkilenen Afrika Boynuzu da dahil olmak üzere Sahra Altı Afrika'da da gözlemlendi. Sadece 2023'ün normalden çok daha yağışlı olduğu Güney Afrika'da toprak nem koşulları normalin üzerindeydi.

Alaska, kuzeydoğu Kanada, Hindistan ve kuzeydoğu Rusya Federasyonu'nda normalin çok üzerinde toprak nem koşulları vardı. Benzer koşullar Avustralya'nın kuzey ve güneydoğu kıyılarında ve selden etkilenen Yeni Zelanda'nın Kuzey Adası'nda da gözlemlendi.

Modellenmiş toprak nem verileri ile ISMN istasyonlarından gelen veriler arasındaki mekansal temsiliyetteki uyumsuzluk ve ölçümlerin derinliğindeki çeşitlilik nedeniyle, modellenmiş sonuçların doğrulanması mümkün olmamıştır. Bu, gözlemlerin erişilebilir olmasını ve iyi mekansal kapsamla uygulanmasını sağlamanın önemini vurgulamaktadır. Ek olarak, modellenmiş ve gözlemlenen veriler arasındaki mekansal temsiliyet ölçeğinde bir farklılık vardı: gözlemlenen toprak nemi yalnızca birkaç cm için temsilidir; modeller birkaç km'yi temsil ederken.

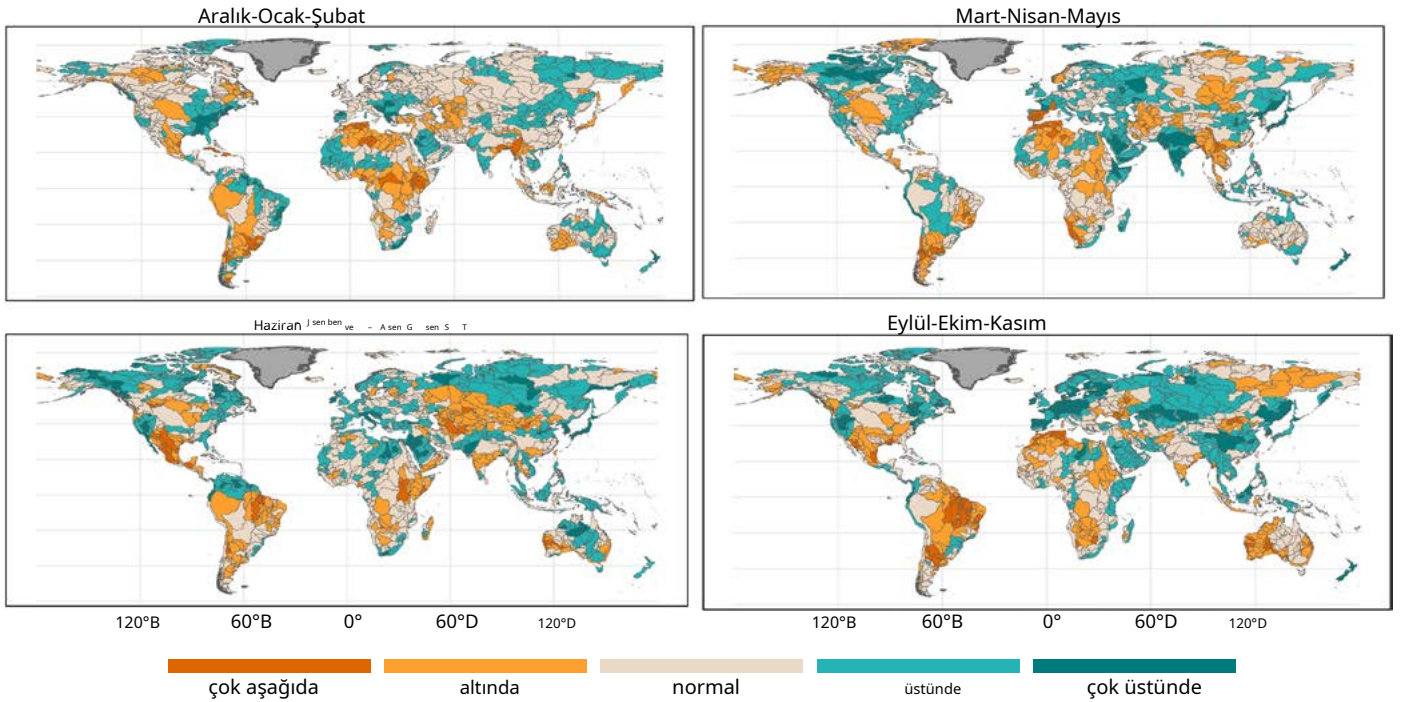
Buharlaşma-terleme

Hidrolojik döngünün temel unsurlarından biri olan gerçek evapotranspirasyon (AET), suyun buharlaşma sürecini ifade eder ve topraktan veya bitki yüzeyinden buharlaşmayı (kesişimsel buharlaşma dahil) ve bitkilerden terlemeyi kapsar.⁶⁶Buharlařma-terleme oranını etkileyen unsurlar arasında güneş radyasyonu seviyesi, atmosferik buhar basıncı, nem, hava sıcaklığı, rüzgar, toprak nem içeriği ve bitki örtüsü türü ve örtüsü yer alır. Bu süreç, bir ürünün büyüme döngüsü sırasında topraktan kaybedilen suyun büyük bir kısmından sorumludur ve su kaynaklarının durumunu anlamak için kritik öneme sahiptir. AET oranları, meteorolojik zorlamaya ek olarak, mevcut hidrolojik koşullara bağlı olan mevcut su miktarı tarafından kontrol edilir.

Bu bölüm, Ek'te listelenen beş GHMS'den türetilen 1991-2020 tarihsel dönemiyle ilgili olarak 2023'te dört mevsim için küresel ölçekte AET'nin bir anomalisini sunmaktadır. [Tablo A1](#)) ve Hidrobasin seviye 4 belirlemesinden türetilen nehir havzaları üzerinden ortalama alınmıştır.⁶⁷

Dikkate alınan mevsimler şunlardır: Aralık-Ocak-şubat (DJF) (Aralık 2022'yi içerir), Haziran-Temmuz-Ağustos (JJA), Mart-Nisan-Mayıs (MAM) ve Eylül-Ekim-Kasım (SON). şekil 12'de sunulduğu gibi, DJF ve JJA aylarında AET oranları, Batı Afrika, Nijer ve ad Gölü havzaları ve Güney Afrika'daki kıyı havzaları hariç, Sahra Altı Afrika'da normal ila normalin altında seyretti. Afrika Boynuzu'nda, durum MAM ve SON aylarında değişti ve normalin üzerinde AET gösterdi. Ekim ayında, yoğun yağış ve ilişkili su baskınları bölgeyi etkiledi. Siklon **Daniel**Eylül ayında, SON döneminde normalin çok üzerinde AET sergilendi.

Hindistan'da, tüm bölge MAM sırasında normalin çok üzerinde AET yaşadı, Arap Yarımadası ve Doğu Avrupa'daki Volga ve Don havzalarının bazı kısımları da aynı şeyi yaşadı. Rusya'da



şekil 12.Beş GHMS topluluğuna dayalı olarak 1991–2020 tarihsel dönemine göre sıralanan 2023'teki mevsimsel gerçek buharlaşma (AET)

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.



Federasyonun Ob ve Enisey gibi uzak doğu havzalarında AET hem JJA'da hem de SON'da normalin çok üzerindeydi. Syr Darya gibi Orta Asya havzalarında da SON sırasında normalin çok üzerinde AET görüldü.

2023'te sıcak hava dalgaları ve kuraklıktan ciddi şekilde etkilenen Orta ve Güney Amerika'da, Brezilya ve Arjantin SON sırasında geniş alanlarda normalin çok altında AET yaşadı. Meksika, DJF, JJA ve SON'da normalin çok altında AET gördü. Amerika Birleşik Devletleri'nin orta kesiminde, AET yıl boyunca normalin altında veya normaldi, Mackenzie gibi kuzey havzalarında ise MAM, JJA ve SON'da normalin üzerinde AET vardı.

Yeni Zelanda'da tüm yıl boyunca AET normalin çok üzerindeydi. Avustralya havzaları SON sırasında AET'de normalden normalin altında, MAM'da çoğunlukla normal ve DJF ve JJA sırasında kuzey bölgelerinde normalin üzerindeydi.

Avrupa'da, İber Yarımadası'nın havzaları MAM sırasında normalin çok altında AET gördü. SON üzerinde, Orta, Doğu ve Kuzey Avrupa'nın tüm toprakları normalin üstünde ve çok üstünde AET sergiledi.

Karasal su depolaması

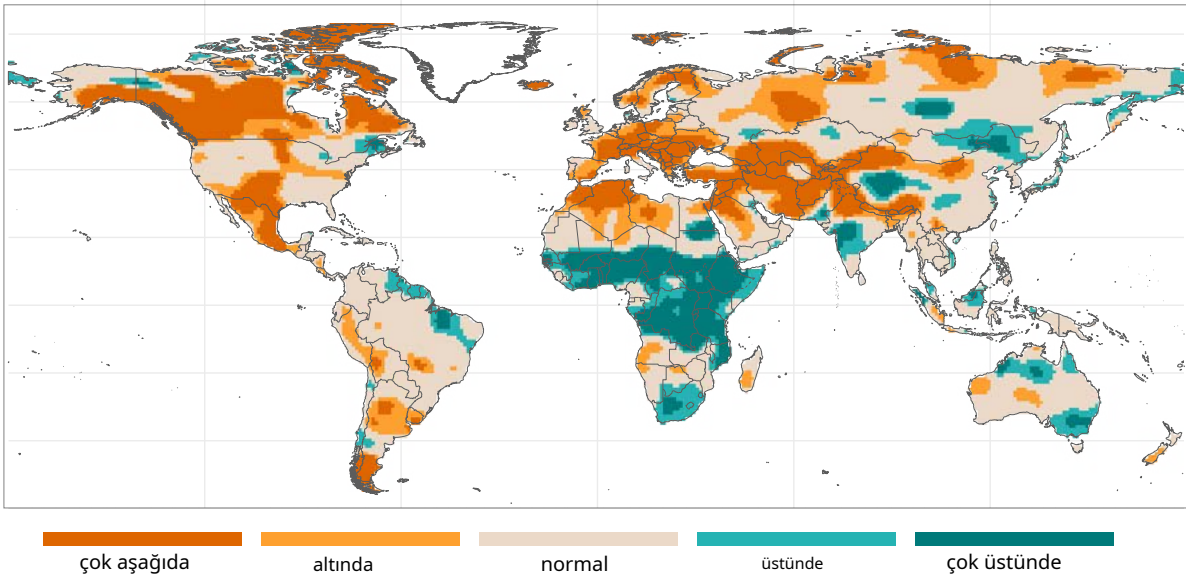
Uydu gravimetrisi uzaktan algılama tabanlı bir yöntemdir (GRACE ve GRACE-FO uyduları tarafından kullanılır)^{68,69}Dünya yüzeyinde ve altında tüm büyük ölçekli kütle değişimlerini gözlemleyebilen. Buna, özellikle yüzey suyu, toprak nemi, yeraltı suyu ve kar ve buz gibi su depolama değişimlerinden kaynaklananlar dahildir. Tüm bu depolama bölmelerinin toplamı olarak tanımlanan karasal su depolaması (TWS), ele alınan alan üzerindeki su sütununun alan ortalamalı yüksekliği olarak santimetre cinsinden eşdeğer su yüksekliklerindeki uzun vadeli ortalamasına göre bir anomali olarak ifade edilir. Bu bölüm, GRACE/GRACE-FO tabanlı üründen elde edilen 2023 yılındaki TWS anomalisinin sonuçlarını sağlar.

Bölüm **Karasal su depolaması** Ek'te TWS hakkında daha fazla ayrıntı ve TWS anomalilerinin nasıl hesaplandığı yer almaktadır.

Şekil 13, 2023'e ilişkin TWS anomalilerini 2002-2020 tarihsel dönemiyle, yani 2020'ye ilişkin aynı referans dönemiyle karşılaştırmaktadır. **Küresel Su Kaynaklarının Durumu 2022** (WMO-No. 1333). 2023'e ait TWS gözlemleri, diğer değişkenler için önceki bölümlerde sunulan anomalileri yansıtıyor ve 2023 yılı için birkaç kritik sıcak noktayı daha da vurguluyor. Burada gösterilen bütünleştirici TWS sinyalinin, yeraltı suyunun yanı sıra, önceki bir bölümde gösterilen toprak nem verilerinden daha derindeki doymamış bölgedeki su depolama değişimlerini de temsil ettiği unutulmamalıdır.

Özellikle, dünya genelindeki geniş bölgeler 2023'te normalin altında ve çok altında TWS değerleri gördü: Kanada, Meksika ve güney Amerika Birleşik Devletleri'nin yanı sıra Güney, Orta ve Doğu Avrupa'nın büyük bölümleri. Ayrıca, Kuzey Avrupa'da İsveç ve Norveç'te normalin çok altında TWS koşullarının bazı sıcak noktaları görüldü.

Afrika'da, Sahra Altı Afrika'nın tüm alanı 2023'te normalin çok üzerinde TWS sergiledi, Afrika Boynuzu da öyle. Bu pozitif TWS anomalileri, özellikle 2019'dan sonra bu alanlardaki güçlü genel ve uzun vadeli su depolama artışını, yani daha uzun süreli kalıcılık veya hafıza etkilerine sahip bir sinyali yansıtırken, ortalamanın altında toprak nem koşulları



Şekil 13. 2023 yılında karasal su depolanması, 2002-2020 tarihsel dönemiyle, yani 2010 yılıyla aynı referans dönemiyle karşılaştırıldığında; **Küresel Su Kaynaklarının Durumu 2022** (WMO-No. 1333). Grönland ve Antarktika'nın dahil edilmediğine dikkat edin, çünkü bu bölgelerdeki buz kütlesi denge eğilimleri büyüktür ve bu nedenle aynı renk aralığıyla çizildiğinde diğer TWS anomalileri gizlenir.

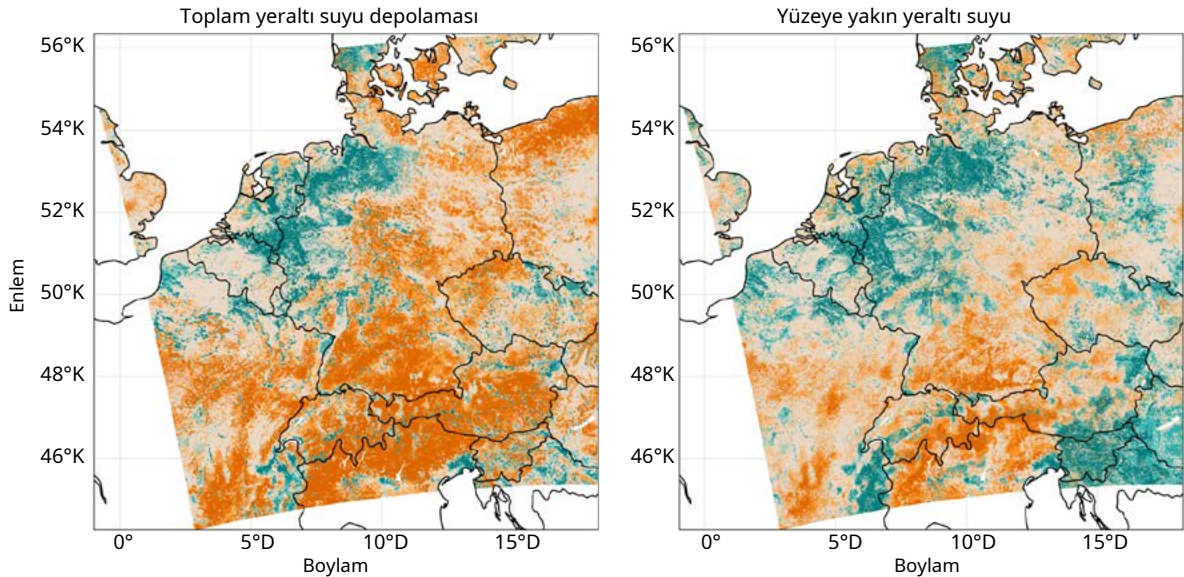
Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

2023 yılında bölgenin bazı bölgelerinde (bkz. [Toprak nemi](#) bölüm) kısa vadeli yüzey yakınındaki dinamikleri temsil eder. Aynı zamanda, Libya ve Cezayir'deki TWS 2023'te normalin çok altında kaldı. Orta Doğu, Orta Asya ve Kuzey Hindistan'ın tüm toprakları normalin çok altında TWS gördü. Öte yandan, Hindistan'da, ülkenin orta ve batı kesimindeki üst Godavari nehri havzası ve havzaları 2023'te normalin çok üzerinde TWS anomalileri yaşadı.

Güney Amerika'da, La Plata bölgesinde normalin altında TWS ile kuru koşullar yaşandı ve gözlemler toprak nemi için olanlara benzerdi (bkz. [Toprak nemi](#) bölüm). Normalin çok altında TWS, özellikle Patagonya'da, buz kütlesi kaybindan kaynaklanan And Dağları boyunca Güney Amerika'da da görüldü. Avustralya'da TWS, Murray-Darling havzasında normalin çok üzerinde ila normalin çok üzerindeydi. Yeni Zelanda'nın Kuzey Adası normal TWS gördü, Güney Adası ise tam tersine normalin çok altında TWS gördü.

2023 YILINDA ORTA AVRUPA'DA SU DEPOLAMA DURUMUNA İLİŞKİN VAKA ÇALIŞMASI

Şekil 14, 2011-2022 yılları arasında yeraltı suyu depolaması (kara yüzeyinden 60 m derinliğe kadar sığ yeraltı suyu) ve kök bölgesini de içeren (0 ila 2 m derinlik) yüzey altı suyu depolaması için 2023'teki simüle edilmiş yıllık anomaliyi göstermektedir. Yukarıda tartışılan uydu gravimetrisinden elde edilen TWS'nin aksine, bu su depolama verilerinin yüzey suyu kütlelerinde, kar örtüsünde ve buzullarda depolama anomalilerini temsil etmediğine dikkat edin. Hollanda Krallığı ve kuzeybatı Almanya'da, o bölgede yıl sonunda sellere yol açan pozitif yağış anomaliisi nedeniyle çok fazla normalin üzerinde yeraltı suyu depolaması simüle edilmiştir. Fransa, güney ve doğu Almanya, Alpler, kuzey İtalya ve Baltık Denizi çevresinde kuru koşullar hakimdi. Bu kuru anomali, bölgedeki 2022 kuraklığının ve önceki kuraklık yıllarının bir devamıdır. Ancak, yüzey altı suyu



Şekil 14.Orta Avrupa'da 2023 yılında toplam yeraltı suyu depolaması (0-60 m) ve yüzeye yakın yeraltı suyu depolaması (0-2 m) tarihi döneme (2011-2022) göre sıralanmıştır

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.



depolama modellemesi, ilkbahar ve sonbaharda normalin üzerinde yağış nedeniyle 2023'te negatif anomalilerin zayıfladığını gösteriyor. Bu, hafıza etkilerinin ve bu tür negatif yeraltı suyu anomalileriyle ilişkili sürekliliğin göstergesidir.⁷⁰

Tüm veriler 0,6 km çözünürlükte, kalibre edilmemiş, fizik tabanlı ParFlow/CLM modeli ile hesaplanmıştır.⁷¹ Bu tür modelleme yaklaşımları, mekansal olarak sürekli bir analize olanak tanır ve sonunda su kaynaklarının daha iyi planlanmasına ve yönetilmesine yol açar. Örneğin, bu hidrolojik modelleme yaklaşımı, dokuz günlük bir ön süre ile günlük tahminler üreten yarı operasyonel bir tahmin sisteminde kullanılır (tesisın kullanılabilir suyu için Alman Wasser-Monitor'a bakın, www.wasser-monitor.de) ve deneysel bir Su Kaynakları Bülteni (www.adapter-projekt.de/bulletin) önümüzdeki yedi ay boyunca toplam yeraltı suyu depolamasının mevsimsel tahminlerini yılda dört kez sağlar. Ancak, simülasyon sonuçları ayrıca örneğin doğrulama, veri asimilasyonu ve model-veri birleştirme için su döngüsünün çeşitli bileşenlerinin (toprak nem içeriği, yeraltı suyu seviyesi, nehir deşarjı, vb.) yerinde gözlemlenmesine ihtiyaç olduğunu da göstermektedir.⁷² Bu da ancak yoğun hidrolojik izleme ağları ve açık veri paylaşımı ile mümkündür.

Kar örtüsü ve buzullar

Bu bölümde 2023 yılında kar örtüsü ve buzulların durumu ele alınmakta olup, Mart ayındaki kar su eşdeğeri, Kuzey Yarımküre'deki en yüksek kar kütlesi ve buzul kütle dengesi üzerinde durulmaktadır.

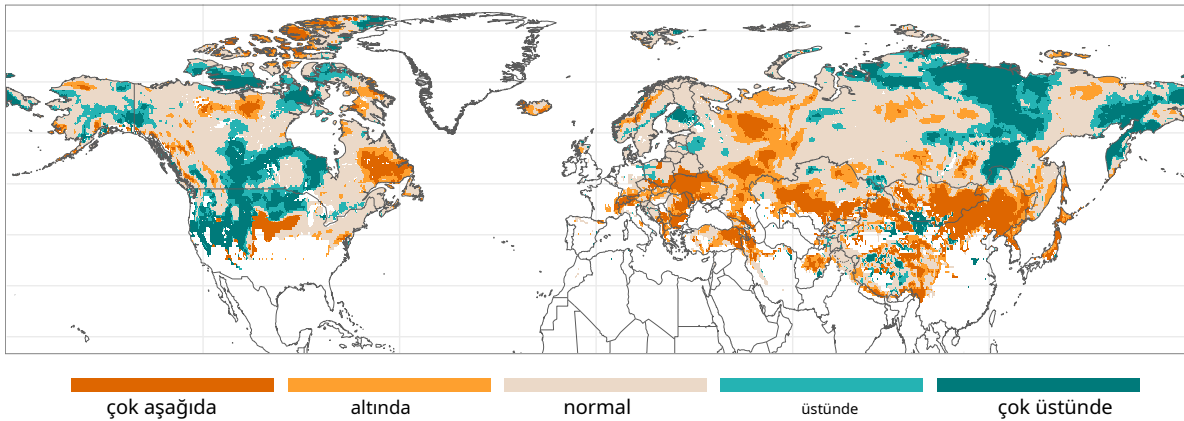
KAR SUYU EŞDEĞERİ

Kuzey yarımküredeki Mart SWE, 1991-2023 dönemi için dört ayrı ızgara ürününden bir topluluk ortalaması olarak elde edildi:

- (1) Avrupa Uzay Ajansı Snow CCI SWE sürüm 2 ürünü, uydu pasif mikrodalga parlaklık sıcaklıkları ve iklim istasyonu kar derinliği gözlemlerinin bir kombinasyonu yoluyla elde edildi;⁷³
- (2) Modern Dönem Araştırma ve Uygulamalar için Retrospektif Analiz sürüm 2 (MERRA-2) günlük SWE alanları;⁷⁴
- (3) ERA5-Land analizinden SWE çıktısı;⁷⁵
- (4) Fiziksel kar örtüsü modeli Crocus⁷⁶ERA5 meteorolojik zorlaması tarafından yönlendirilmektedir.

Her üründen gelen Mart ayı ortalama verileri ortak bir $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ düzenli ızgaraya yeniden yerleştirildi ve birlikte ortalamaları alındı (Şekil 15). Bu, şu anda Arctic Report Card için yıllık olarak güncellenen SWE verilerini üretmek için kullanılan aynı ürün paketidir⁷⁷ve Amerikan Meteoroloji Derneği Bülteni (BAMS) İklim Durumu Raporu.⁷⁸Mart 2023 SWE değerleri, Kutu 1'e göre piksel bazında 1991–2020 referans dönemi kullanılarak anomalilere dönüştürüldü.

Mart ayında, SWE, Rusya Federasyonu'nun en doğusundaki Lena ve Khatanga Nehirlerinin kuzey havzalarında normalin çok üzerindeydi. Dinyeper, Don, Tuna, Ural, Yangtze ve Amur havzalarının hepsi, artan sıcaklıklar sonucu referans dönemine kıyasla kar erimesinin daha erken başlaması nedeniyle muhtemelen normalin çok altında veya çok altında Mart SWE seviyeleri yaşadı. Kuzey Amerika'da, Nelson havzasındaki Mart SWE normalin üzerindeydi ve Columbia havzasında normalin çok üzerindeydi. Mackenzie ve Yukon havzalarının bazı kısımlarındaki SWE normaldi.



Şekil 15. Mart 2023 kar suyu eşdeğeri anomalisi referans dönemiyle (1991–2020) karşılaştırılmıştır. Sonuçlar dört ızgaralı ürüne dayanmaktadır (bkz. [Kar suyu eşdeğeri](#)) (Daha fazla ayrıntı için Ek'teki bölüme bakınız).

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

KUZEY AMERİKA HAVZALARINDAKİ EN FAZLA KAR KÜTLELERİ

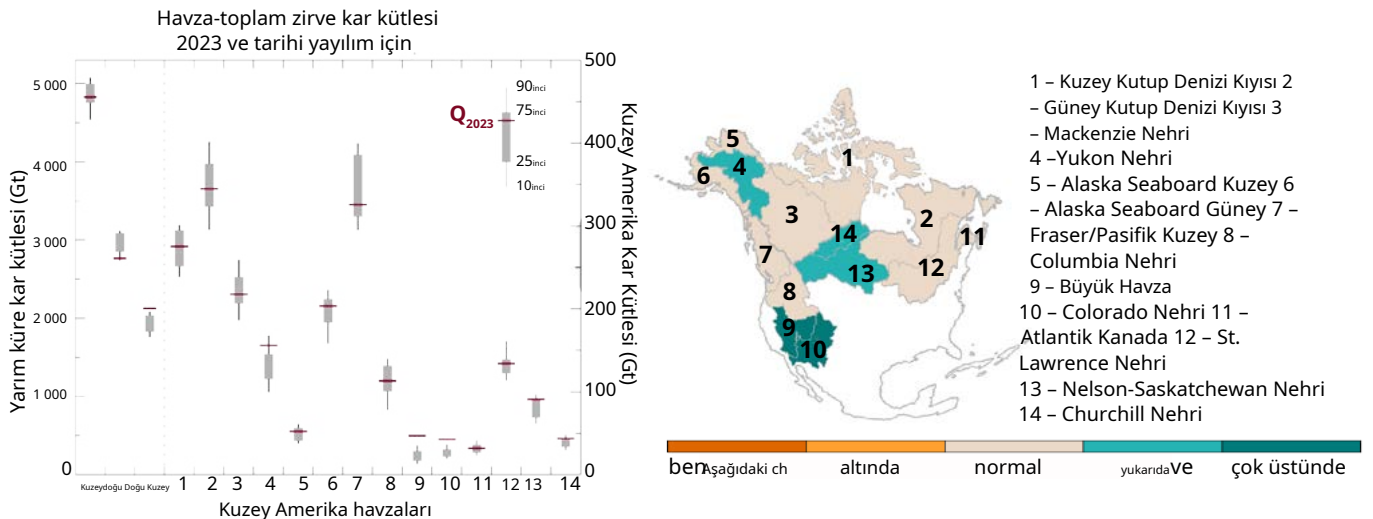
Crocus-ERA5 kar modelinden günlük frekans SWE çıktısı⁷⁹ Belirli bir kara bölgesi üzerinde toplanarak günlük kar kütlesi zaman serileri üretildi. Daha sonra her su yılı için en yüksek kar kütlesi değerleri hesaplandı ve ortaya çıkan değer serileri, 1991–2020 referans dönemine göre 2023 yüzdeliklerini hesaplamak için kullanıldı (Şekil 16). Kuzey Amerika havzalarının çoğunda, 2023'teki en yüksek kar kütlesi tarihsel normalin içindeydi. Sadece Yukon, Nelson-Saskatchewan, Churchill ve Colorado nehir havzaları ile Büyük Havza'da en yüksek kar kütlesi normalin üzerinde veya çok üzerindeydi. 2023'teki mevsimsel en yüksek kar kütlesi Kuzey Amerika'da normalin çok üzerinde ve Avrasya kıtasında normalin çok altındaydı.

BUZULLAR

Küresel buzul kütlesi kaybının mevcut değerlendirmesi, Dünya Buzul İzleme Servisi tarafından derlenen Buzul Dalgalanmaları (FoG) veritabanından elde edilen buzulbilimsel saha ölçümleri (~500 buzul veya küresel buzulların %1'i) ve jeodezik uydu ölçümlerinin (>200.000 buzul veya küresel buzulların %96'sı) birleşimine dayanmaktadır.^{80,81} Kış ve yaz bölgesel dengeleri, FoG'den elde edilen mevsimsel gözlemler ve Zemp ve Welty tarafından önerilen sinüs fonksiyonu analitik modeli kullanılarak yıllık değerlerin küçültülmesiyle hesaplanır (Şekil 17).⁸²

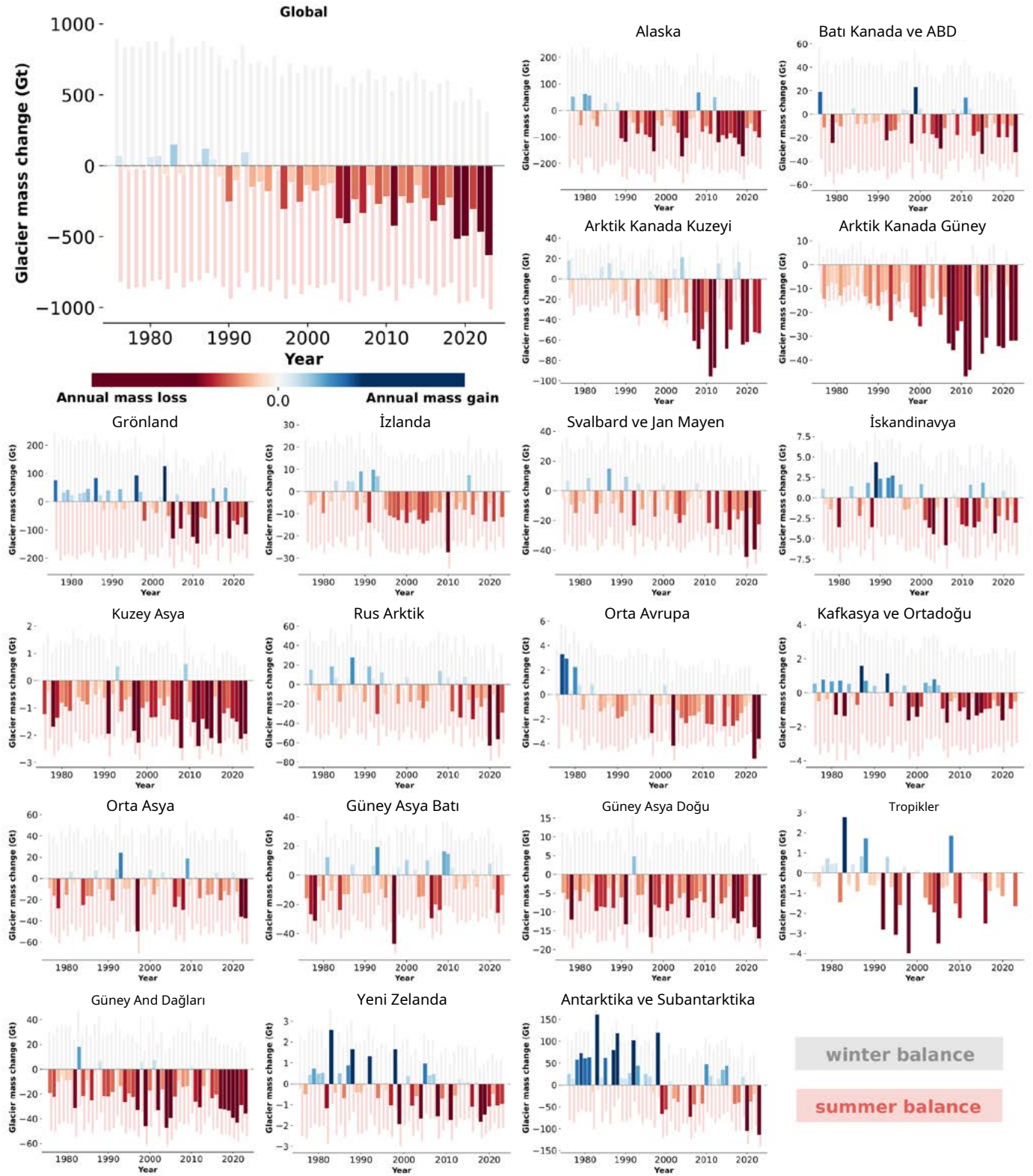
MEVSİMSSEL NEHİR AKIŞINA BUZUL KATKISI

Kış kar birikimi (kütle kazanımı) ile yaz erimesi (kütle kaybı) arasındaki fark olarak tanımlanan bir buzulun yıllık kütle dengesi, atmosfer koşullarını yansıtır ve iklim değişikliğinin temel göstergesi olarak hizmet eder. Buzul kütlesinin küresel net kaybı deniz seviyesinin yükselmesine katkıda bulunur. Buz ve karın mevsimsel erimesi akışa katkıda bulunur. Bu nedenle, buzullar



Şekil 16. Kutu ve bıyık çizimi (sol t), 2023'teki mevsimsel zirve kar kütlesini çeşitli bölgelerdeki tarihsel yayılımla (1991–2020) karşılaştırarak gösteriyor: tüm kuzey yarımküre (NH), Avrasya kıtası (EA), Kuzey Amerika kıtası (NA) ve seçili Kuzey Amerika havzaları (numaralandırılmış). Kutu ve bıyıklar, efsanede gösterildiği gibi yüzdelik değerlerle tarihsel yayılımı gösteriyor. 2023 değerleri kırmızı çizgilerle gösteriliyor. Harita (sağ), 2023 kar kütlesi için referans dönemine kıyasla kategori sıralamalarını gösteriyor.

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.



Şekil 17.19 GTN-G buzul bölgesi için 1976'dan 2023'e kadar gigaton (Gt) cinsinden yıllık ve mevsimsel kütle değişimleri. Yıllık net kütle kaybı kırmızıyla, net kütle kazancı ise maviyle gösterilirken beyaz, dengeli yıllara karşılık gelir. Renk ölçeği bölgesel yıllık net kütle değişim aralığına göre ayarlanmıştır ve koyu renklerle en olumsuz ve en olumlu yılları temsil eder.⁸³



dengeli koşullar veya pozitif yıllık kütle dengesi olan yıllarda bile mevsimsel akışa katkıda bulunur. Bu, Şekil 17'de görülebilir; burada negatif yaz kütle dengesi değerleri (nehir akışına katkıda bulunan buz kütlesi kaybı) bölgelerin net pozitif yıllık kütle dengesi yaşadığı yıllarda bile ölçülür (örneğin mavi çubuklar, İskandinavya'da 1990'ların başı veya çoğu bölgede 1983).

Birçok bölgede, yağış ve kar erimesi esas olarak mevsimsel akışları yönlendirir, ancak buzullar özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde belirli aylarda önemli bir rol oynar. Burada, buzullardan eriyen suyun gecikmeli salınması, en kurak aylarda ve kuraklık dönemlerinde nehir akışlarının sürdürülmesine yardımcı olur.^{.84,85,86,87,88}

Buzullar ısınmaya tepki verdikçe, başlangıçta akışları artar ve "zirve su" noktasına ulaşır.⁸⁹Daha sonra buzul hacimlerinin küçülmesiyle birlikte düşüşe geçer.⁹⁰Sıcaklıklar artmaya devam ederse, buzul kaybolacak ve onunla birlikte hidrolojik katkısı da kaybolacak. Bu eğilimin küresel olarak, yüzyılın sonuna kadar buzul akışında önemli azalmalarla, özellikle buzulların havza akışının %50'sinden fazlasını sağladığı Orta Asya ve And Dağları'nda, beklendiği gibi olması bekleniyor. Daha küçük buzullara sahip birçok bölge muhtemelen zirve su seviyesini çoktan geçmiştir.⁹¹

2023 YILI BAĞLAMINDA

2023'te buzullar 600 Gt'den fazla su kaybetti, bu son elli yılda kaydedilen en büyük kütle kaybı. Bu, 1976'dan beri kayıtlara geçen herhangi bir yıldan yaklaşık 100 Gt daha fazla, küresel ortalama deniz seviyesi artışına 1,7 mm'lik bir katkıya eşdeğer. 2022'den sonra 2023, dünyadaki tüm buzul bölgelerinin buz kaybı bildirdiği üst üste ikinci yıl oldu.

Yıllık buzul kütlesi kaybının küresel tahminleri, küresel deniz seviyesinin yükselmesine yıllık buzul katkısının iyi göstergeleridir. Ancak, kışlar ve yazlar iki yarımkürede takvim yılının farklı zamanlarında gerçekleştiğinden, küresel kış ve yaz tahminlerine bakmak, yıllık buzul kütlesi kaybının hidrolojik döngü üzerindeki etkisini anlamak için iyi bir vekil değildir. Ancak, bölgesel kış ve yaz kütle dengeleri, buzulun akışa katkısının evrimi ve etkisi hakkında daha iyi bir anlayış sağlayabilir.

Birçok bölgedeki buzullar 1970'ler ve 1980'lerde dengeye yakındı veya hafif negatif koşullara sahipti, pozitif ve negatif denge yılları dönüşümlüydü. 1990'lardan beri buz kaybı neredeyse tüm bölgelerde artmakta ve 2000'den sonra önemli ölçüde hızlandı.⁹²Bunun başlıca nedeni, 1990'lardan sonra bazı bölgelerde yaz erimesinin kış birikiminden sürekli olarak daha fazla olmasıdır (Şekil 18).

Küçük buzulların hakim olduğu bölgelerin çoğunda su zirvesine ulaşılmış durumda veya önümüzdeki on yıllar içinde ulaşılması bekleniyor.⁹³Son yıllarda Orta Avrupa, İskandinavya, Kafkasya ve Orta Doğu, Kuzey Arktik Kanada, Güney Asya Batı ve Yeni Zelanda'da gözlemlenen hafifçe azalan yaz dengesi eğilimleri, bu bölgelerin zirve su koşullarını geçtiğini gösterebilir. Buna karşılık, Güney And Dağları (Patagonya bölgesinin hakim olduğu) ve Rus Arktik'i ile Svalbard ve Jan Mayen, hala hafifçe artan erime oranları sunuyor gibi görünüyor (Şekil 17).

Orta Asya'da, Tien Shan ve Pamir dağlarındaki yaklaşık 28.000 buzul, yoğun nüfuslu ovalarda tarımsal, evsel ve endüstriyel kullanım için gerekli eriyik suyu sağlayarak hayati tatlı su kaynakları olarak hizmet eder. Ancak, yıllar içinde Orta Asya'daki buzulların çoğu kütle dengesinde negatif bir eğilim göstermiştir. Özellikle küçük buzullar, alanda ve yüzey yüksekliğinde önemli bir azalma ile kanıtlandığı gibi daha yoğun bir geri çekilme sergiler.



Kaynak: Nikolay Kassatkin, UNESCO himayesindeki 2. kategori Orta Asya bölgesel buzulbilim merkezi; Kabutov Khusrav, Tacikistan Ulusal Bilimler Akademisi Buzul Araştırmaları Merkezi; Abror Gafurov, GFZ Alman Jeolojik Bilimler Araştırma Merkezi; Gulomjon Umirzakov, Özbekistan Ulusal Üniversitesi; Ryskul Usualiev- Orta Asya Uygulamalı Jeolojik Bilimler Enstitüsü (CAIAG); İlül Didovets, Potsdam İklim Etkisi Araştırma Enstitüsü, Yeşil Orta Asya programı

Şekil 18. 2023 yılında Orta Asya'da gerçekleştirilen buzulbilimsel keşifler tarafından ölçülen buzullar ve kütle dengeleri

Kaynak: Nikolay Kassatkin, UNESCO himayesindeki Orta Asya Bölgesel Buzulbilim Merkezi; Kabutov Khusrav, Tacikistan Ulusal Bilimler Akademisi Buzul Araştırmaları Merkezi; Abror Gafurov, GFZ; Gulomjon Umirzakov, Özbekistan Ulusal Üniversitesi; Ryskul Usualiev, CAIAG, İlül Didovets, Potsdam İklim Etkisi Araştırma Enstitüsü, Yeşil Orta Asya programı

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.



Örneğin, Kazakistan'daki Orta Tuyuksu Buzulu, 1958'den 2022'ye kadar yılda -28,0 m veya -0,42 m su eşdeğeri kütle dengesi kaydetti. Özbekistan'da 2022/2023 sezonunda Barkrak Buzulu, -81 cm'lik bir değişiklikle 2016'da araştırmaların başlamasından bu yana en yüksek erimesini yaşadı. Şekil 18, Barkrak ve Tuyuksu buzulları için kütle dengesi verilerini, 2023'teki keşifler sırasında elde edilen bölgedeki diğer buzullardan alınan fotoğraflarla birlikte sunarak bu değişiklikleri vurgulamaktadır.

Benzer şekilde, Güney Amerika'nın kuzeyindeki (özellikle Kolombiya'daki) tropikal alanların (alçak enlemler) buzulları da iklim değişikliği eğiliminin doğal göstergeleridir. Kolombiya'daki buzul alanı, 2021 ve 2022'de La Niña iklim değişkenliği fenomeninin meydana gelmesine rağmen azalmaya devam ediyor. 2022'nin başında $33,09 \pm 0,63$ km idi; 2021 yılı başındaki alanla karşılaştırıldığında ($34,20 \pm 0,67$ km²), yaklaşık 1,11 km'lik bir azalma gösteriyor² (%3,2) ülke buzul örtüsünün.⁹⁴

Yüksek etkili hidrolojik olaylar

Bu bölüm, 2023 yılında meydana gelen seçilmiş büyük aşırı olayların kapsamlı olmayan bir incelemesini sunmaktadır (Şekil 19). Olaylar, EM-DAT veritabanı da dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan alınan veriler kullanılarak, ölüm sayısına (>100) veya etkilenen/yerinden edilen kişiler üzerindeki genel etkiye göre seçildi.⁹⁵Dünya Meteoroloji Örgütü *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO-No. 1347), WMO Üyelerinin WMO Sekreterliğine çevrimiçi form ve ReliefWeb gibi diğer kamu kaynakları aracılığıyla doğrudan iletilmesi.

LİBYA'DA SEL

Aşırı Akdeniz tropikal siklonu **Daniël** 10 ve 11 Eylül'de kuzeydoğu Libya'ya ulaşarak benzeri görülmemiş bir yağışa yol açtı. Al-Bayda istasyonu 24 saatlik bir süre içinde olağanüstü 414 mm yağış kaydetti ve bu da bölge genelinde ciddi sellere neden oldu. En felaket etkileri Derna'da görüldü, burada şehir merkezinin önemli bölümleri sel suları ve iki barajın çökmesi nedeniyle yıkıldı ve denize sürüklendi.⁹⁶Bu felaket daha önce benzeri görülmemiş bir felaketti; en az 4 bin 700 kişi hayatını kaybetti, 8 binden fazla kişi ise kayboldu.⁹⁷Ülke nüfusunun yaklaşık %22'sini etkiledi.⁹⁸Yıkıcı sel felaketinin ardından yeniden inşa ve iyileştirme çalışmalarının tahmini maliyeti 1,8 milyar ABD doları olup, bu miktar Libya'nın 2022 yılı gayri safi yurt içi hasılasının (GSYH) yüzde 3,6'sına denk geliyor.⁹⁹Konut sektörü özellikle ağır darbe aldı; ülkedeki toplam konutların %7'sini oluşturan 18.500'den fazla ev yıkıldı veya hasar gördü.¹⁰⁰

KONGO DEMOKRATİK CUMHURİYETİ VE RUANDA'DA SEL

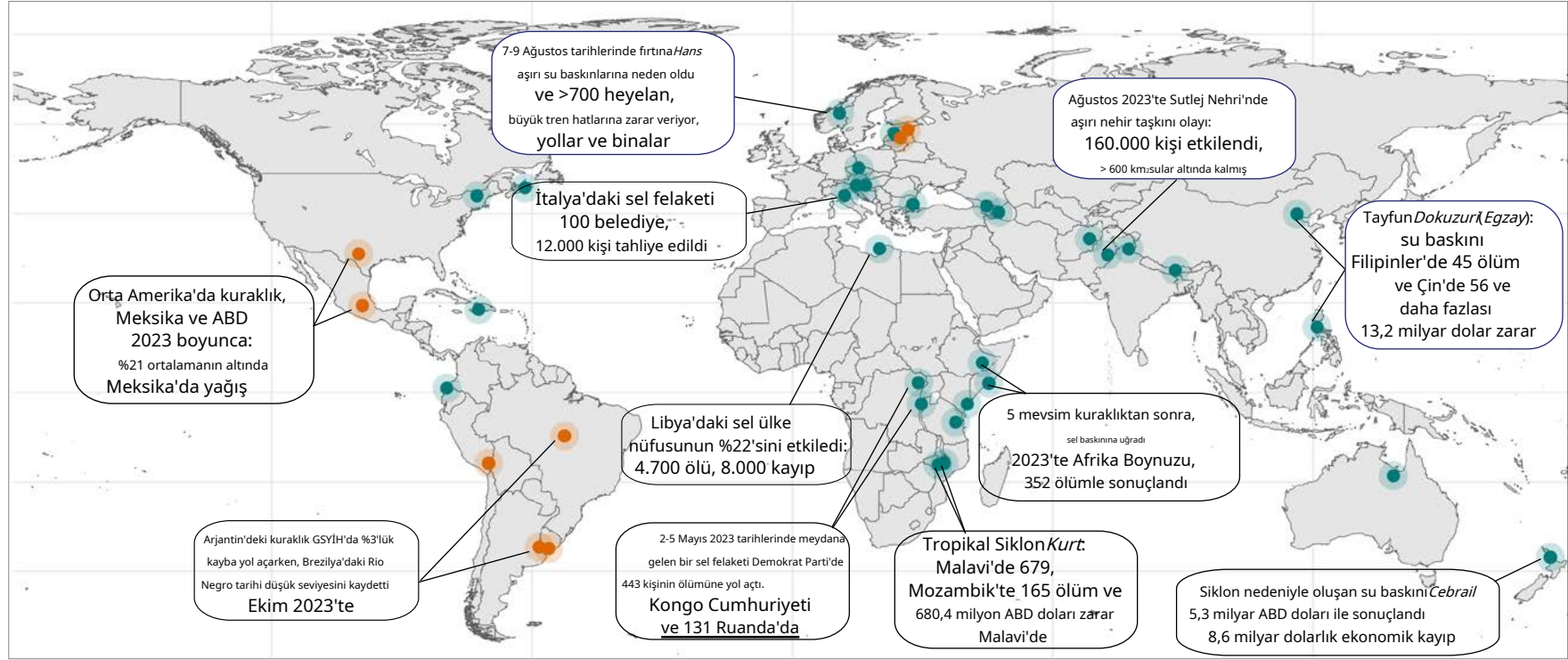
2-5 Mayıs 2023 tarihleri arasında, Orta Afrika'da Ruanda ve Kongo Demokratik Cumhuriyeti sınırında bulunan Kivu Gölü bölgesini heyelanlarla birlikte gelen önemli bir sel felaketi etkiledi. 2 Mayıs'ta Ruanda'daki Mushubati 182,6 mm yağış kaydederek yeni bir ulusal günlük rekor kırdı.¹⁰¹Olayda en az 574 kişi hayatını kaybetti; bunlardan 443'ü Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nde, 131'i ise Ruanda'da öldü.¹⁰²

AFRİKA BOYNUZU'NDA TAŞKIN

Bölgede kaydedilen en şiddetli kuraklıklardan birine yol açan beş ardışık ortalamanın altında yağış mevsiminin ardından, Afrika Boynuzu, özellikle yılın ilerleyen zamanlarında El Niño ve pozitif Hint Okyanusu Dipolü ile bağlantılı yoğun yağışlar nedeniyle 2023'te önemli su baskınları yaşadı.¹⁰³Ekim ayından itibaren etkili olan şiddetli yağışlar, Somali, Kenya ve Etiyopya'da yaklaşık 4 milyon kişinin yerinden edilmesine neden oldu.¹⁰⁴Bu yıkıcı olaylarda Somali, Kenya ve Etiyopya'da 350'den fazla kişi hayatını kaybetti.¹⁰⁵

MOZAMBİK VE MALAVİ'DE SEL

Mart 2023'te Malavi ve Mozambik, kayıtlara geçen en şiddetli tropikal siklonlardan biri olan Tropikal Siklon ile karşı karşıya kaldı **Kurt** Batı Hint Okyanusu'ndan başlayıp doğuya doğru ilerleyen.¹⁰⁶Bu fırtına güney Malavi'ye eş benzeri görülmemiş bir yağış getirdi. En yıkıcı etkileri **Kurt** son karaya ulaştığında hem Mozambik'i hem de Malavi'yi etkileyen ve Mozambik'te 672 mm'ye kadar ulaşan olağanüstü yoğun yağışlara neden oldu.¹⁰⁷



Veri kaynakları: WMO Üyeleri, *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO-No. 1347), EM-DAT ve diğerleri

● Kuraklık ● Sel/Yoğun yağış

Şekil 19. 2023 yılında dünya genelindeki seçilmiş önemli yüksek etkili hidrolojik olaylar

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.



Her iki ülke de 2022'de hâlâ fırtınalarla boğuşuyordu.^{108,109} Özellikle Malavi, şu durumlardan önemli ölçüde etkilendi: **Kurten** az 679 can kaybıyla,¹¹⁰ Mozambik'te ise 165 ölüm bildirildi.¹¹¹ Malavi'de kurtarma ve yeniden inşa çalışmalarının toplam maliyeti 680,4 milyon ABD dolarıdır.¹¹²

ORTA AMERİKA VE GÜNEY AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ'NDE KURAKLIK

2023 yılı boyunca şiddetli kuraklık ABD'nin güneyinden başlayarak Meksika ve Orta Amerika'nın büyük bölümüne yayıldı.¹¹³ Nisan ayında ilk olarak Honduras ve Panama'da ortaya çıkan kuraklık, mayıs ayına doğru Orta Amerika'nın doğusunun büyük bölümüne yayıldı ve haziran ve temmuz aylarında Meksika'nın büyük bölümüne ulaştı.¹¹⁴ Ağustos sonuna doğru, doğu Teksas ve Louisiana'daki (Amerika Birleşik Devletleri) bölgeler olağanüstü kuraklık koşulları yaşıyordu. Meksika, yağış seviyelerinin normalin %21 altında olmasıyla şimdiye kadarki en kurak yılını kaydetti ve yıl boyunca çeşitli zamanlarda neredeyse tüm bölgeleri etkiledi. Ancak yılın sonlarında, tropikal siklonlar Baja California ve bazı Pasifik kıyı bölgelerindeki kuraklık koşullarını hafifleten önemli yağışlar getirdi.¹¹⁵ Ayrıca Ağustos 2023'te, negatif yağış anomalisi Doğu Orta Amerika'da, özellikle Honduras, Nikaragua ve Guatemala'da hafif bir iyileşme gösterdi, ancak bölge genelinde meteorolojik kuraklık koşulları devam etti.¹¹⁶ ABD'de sıcak hava dalgası ve buna bağlı kuraklık 14,5 milyar dolarlık kayba yol açtı.¹¹⁷

ARJANTİN, URUGUAY VE BREZİLYA'DA KURAKLIK

Arjantin'de Ağustos 2022'den Mart 2023'e kadar yağışlar, kuzey ve orta bölgelerin çoğunda normalin %20 ila %50 altında seyretti ve bu, yağışların önemli ölçüde azaldığı dördüncü yıl üst üste oldu.¹¹⁸ Uruguay'da su depolama seviyeleri kritik düzeyde düşüktü ve bu durum Montevideo ve diğer büyük merkezlerdeki su tedarikini etkiliyordu.¹¹⁹ Brezilya'da Amazon'da normalin altında yağış görüldü, sekiz eyalette Temmuz-Eylül ayları arasında son 40 yılın en düşük yağışı görüldü.¹²⁰ 26 Ekim'de Manaus'taki Rio Negro'da su seviyesi 12,70 metreye ulaşarak 1902'den bu yana kaydedilen en düşük seviyeye ulaştı.¹²¹ Amazon bölgesi 2022-2023 yılları arasında depolama kaybı yaşadı ve bu durum havzada kaydedilen en uzun kuraklığa neden oldu.^{122,123} Brezilya'nın orta ve kuzeydoğu bölgelerinde, yeraltı suyu depolamasındaki kazanım, 2022-2023 yılları arasında yoğun yağış süreçleriyle ilişkilendirilebilir.^{124,125} Uzun süredir devam eden depolama kaybı eğilimini kesintiye uğrattıyor.¹²⁶ Tamamlayıcı bir şekilde, Brezilya'nın güneydoğu kesiminde, La Niña'nın neden olduğu tipik yağış düzeninden kaynaklanan muhtemel bir kaynakla, izleme kuyularında bir depolama kaybı gözlemlendi - kuzeydoğu ile güneybatı arasındaki anomalilerin bir dipolü.¹²⁷ Kuraklık, Arjantin'de 2023 yılında GSYİH'nın %3 azalmasına yol açtı.¹²⁸

PERU'DA KURAKLIK

Ocak 2023'te Peru'daki Titicaca Gölü drenajındaki (TLD) birkaç nehir, Peru Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Servisi (SENAMHI) tarafından aşırı olarak nitelendirilen hidrolojik kuraklıklar gösterdi. Bu nedenle, Peru'daki Titicaca Gölü'ne TLD kollarının (Ramis, Coata, Huancané ve Ilave) nehir deşarjları, SENAMHI tarafından "normalin çok altında" olarak nitelendirilen anomaliler gösterdi; bu kuraklıklar 1990'lardan beri daha aşırıydı.¹²⁹ TLD'deki bu nehirlerin deşarj anomalileri, TLD ve bitişik And Dağları-Amazon bölgesinin yağışta %60'a varan azalmalar yaşadığı yağmur öncesi mevsim döneminde (Ekim-Aralık 2022) meydana gelen yağış açıklarıyla ilişkilidir. Sonuç olarak, Titicaca Gölü'nün su seviyeleri Aralık'tan Ocak'a 0,05 m azaldı. Bu tür koşullar 1982/1983'teki El Niño ile ilişkili kuraklıktan beri görülmemişti. Bu yeni



tarihi kuraklık, Amazon Havzası'ndan TLD'ye nem yüklü rüzgarların girişini azaltan güney nem akışı anomalileriyle ilişkilendirilmiştir. Nem taşınımında bu tür anomaliler en azından 1950'lerden beri gözlemlenmemiştir.¹³⁰

YENİ ZELANDA'NIN KUZEY ADASINDA TAŞKIN

2023'ün başlarında, Yeni Zelanda'nın Kuzey Adası'nın doğu kıyısı, Siklon sırasında şiddetli su baskınlarıyla karşı karşıya kaldı. **Cebrai'i** 13-14 Şubat'ta bazı bölgelerde günde 500 mm'den fazla yağışa neden olan ve 15 ölüme yol açan¹³¹ ve ekonomik kayıpların 5,3 milyar ile 8,6 milyar ABD doları arasında olduğu tahmin ediliyor.^{132,133}

ÇİN VE FİLİPİNLER'DE SEL

Temmuz 2023'te Tayfun **Dokuzuri Egzay** hem Filipinler'de hem de Çin'de önemli sellere neden oldu, fırtınanın kalıntılarından en önemli sellerin bir kısmı Pekin bölgesinde meydana geldi. Pekin yakınlarındaki tepelerde bulunan Wangjiayuan Rezervuarı'nda 24 saatlik toplam 744,8 mm gözlemlendi. **Dokuzuri** Çin'de 56, Filipinler'de ise 45 kişinin ölümüne yol açtı.^{134,135} Çin yetkilileri ekonomik kaybın 13,2 milyar dolardan fazla olduğunu tahmin ediyor.¹³⁶

İTALYA'DA SEL

Mayıs ayının ilk yarısında (1-3 Mayıs, 16-18 Mayıs) meydana gelen iki yoğun yağış İtalya'da yoğun su baskınlarına yol açtı.¹³⁷ Benzer yağış miktarlarına sahip olan (ilkinde toplam 210 mm yağış, ikincisinde 240 mm yağış) iki yoğun hava olayının hidrolojik bileşimi,¹³⁸ İkinci depremin etkileri daha da artarak 540 km²'lik bir alanın sular altında kalmasına neden oldu.² yaklaşık 350 milyon metreküp su bulunmaktadır.¹³⁹ Bu, Emilia-Romagna bölgesindeki 100 belediyeyi etkiledi. Yirmi üç nehir, çoğunlukla dağın set ihlalleri nedeniyle taşıdı ve 13 nehir daha endişe verici seviyelere çıkarak binlerce heyelana neden oldu, bu da 15 kişinin hayatını kaybetmesine ve 23.067 kişinin tahliye edilmesine yol açtı.¹⁴⁰ Tahliye edilenlerin büyük çoğunluğu Ravenna bölgesinde (16.445), 4.462'si Forlì-Cesena ilinde ve 2.160'ı Bologna bölgesindeydi.¹⁴¹ Sel felaketi 8,6-9,75 milyar ABD doları maddi hasara yol açtı.^{142,143}

İtalya'daki erken uyarı sistemleri^{144,145}

EMİLİA-ROMAGNA SELLERİ SIRASINDA OLAĞANÜSTÜ DURUM VE ALINAN ÖNLEMLER,

MAYIS 2023

Ulusal erken uyarı servisi (bölgesel koordineli merkezler ağı) 16 Mayıs'ta 24 saat önceden bildirimde bulunarak kırmızı alarmlar yayınladı ve beklenen etkilerin açıklamasını yaptı, özellikle set seviyelerine yakın sel tahminleri ve Romagna havzalarında ve Reno Nehri kollarında tarihi maksimumlar ve çok sayıda ve kapsamlı heyelan olasılığı. Mayıs ayının ilk yarısında gözlemlenen yağış miktarı, iklimsel aylık ortalamanın sekiz katıydı.¹⁴⁶ 25 Mayıs 2023 itibarıyla 23 nehir taşmış, 13'ü tehdit edici su seviyelerine ulaşmış, binlerce heyelana, 15 ölüme, 23.000'den fazla kişinin tahliyesine ve yaklaşık 700 yolun kapanmasına neden olmuştur.

^{147,148,149}

Herkes İçin Erken Uyarılar (EW4All) girişiminin rolü:

Olayın önceden tahmin edilmesi, sivil koruma kırmızı alarminin yayınlanması, ulusal Kriz Birimi ve bölgesel mobil birliklerin harekete geçirilmesiyle en üst düzeyde seferberliğin gerçekleştirilmesine olanak sağladı.¹⁵⁰ Hem önleyici hem de olay sırasında çok sayıda tahliye gerçekleştirildi.

Sentez

2023 Küresel Su Kaynaklarının Durumu raporu, WMO Üyeleri, NMHS'ler ve küresel hidrolojik modelleme topluluklarının artan katılımı üzerine inşa edilmeye devam ediyor.

2023 raporu, gözlemlenen veri noktalarındaki önemli artıştan faydalandı. Yerinde deşarj ölçüm istasyonlarının sayısı, önceki yıllık raporda 14 ülkede 273'ten 33 ülkede 713 istasyona (toplamda mevcut olan 1.595 istasyondan, bunların çoğu zaman serisindeki boşluklar nedeniyle kullanılamadı) yükseldi. Ayrıca, yeraltı suyu veri toplamada da önemli bir artış oldu; 40 ülkede 35.000'den fazla kuyudan veri kullanıldı (başlangıçta verilerin toplandığı 130.000'den fazla kuyudan), 2022'de 10 ülkede 8.246 kuyudan elde edilen veriler kullanıldı. Verilerin bu artan kullanılabilirliği, su kaynağı koşullarının daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi ve kullanılan modelleme araçlarının doğrulanması için çok önemli olmuştur. Deşarj için veri noktalarının çoğu, sırasıyla %46 ve %21 istasyonlarıyla Avrupa ve Kuzey Amerika'da yoğunlaşmıştır. Bu arada, Afrika, Güney Amerika ve Asya hala yeterince temsil edilmiyordu ve bu durum, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, yeterince temsil edilmeyen bölgelerde artan ve iyileştirilmiş hidrolojik izleme çabaları ve veri paylaşımına olan ihtiyacın altını çiziyordu. Ayrıca, Avrupa'daki istasyonlar çoğunlukla İskandinavya'da bulunuyordu ve bu durum, yalnızca yerinde gözlemlere dayalı herhangi bir analizde Güney/Orta Avrupa'dan gelen sinyalin eksik olması nedeniyle sonuçların yorumlanmasını etkileyebilir. Uluslararası Toprak Nem Ağı'nın (ISMN) katkısı, yerinde toprak nem verilerinin önemini vurgulamaktadır. Bu toprak nem ölçümleri, uydu ve modellenmiş toprak nem ürünlerinin doğrulanması için temel teşkil eder ve çevresel değerlendirmeler için çok önemlidir. Ancak, yerinde verilerle ilgili zorluklar devam etmektedir (ISMN ağındaki 3.000 istasyondan, veri boşlukları nedeniyle bu çalışma için yalnızca 160'ı kullanılabilmektedir); bunlar arasında yerelleştirilmiş yapıları, kurumlar arasında standardizasyon eksikliği ve sensörler değiştirildiğinde veri sürekliliğinin sağlanmasındaki zorluklar yer almaktadır. Bu zorluklara rağmen, yerinde veriler, toprak suyu mevcudiyetinin tek doğrudan ölçüsü olarak hayati öneme sahiptir. 2023 raporu ayrıca, boşlukları doldurarak mevcut gözlem verilerini artırmak için Dünya gözlem tabanlı ürünlerin potansiyel kullanımını vurguladı. Genel olarak, WMO Üyelerinden daha iyi izleme ağıları kurmak ve veri yönetimini ve veri paylaşımını iyileştirmek için yenilikçi yöntemler kullanmak için daha fazla desteğe acil ihtiyaç duyulmaktadır.

2023 raporu, göl hacimleri, rezervuar hacimleri ve kar suyu eşdeğeri gibi yeni bölümler ve değişkenler içererek küresel su döngüsünün daha kapsamlı bir resmini sunmaktadır. Bu genişletilmiş kapsam, farklı hidrolojik faktörlerin birbiriyle olan bağlantısının ve su kaynakları yönetimi üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Küresel hidrolojik modelleme topluluğundan gelen önemli katkılar, buharlaşma, toprak nemi, kar ve buz örtüsü ve karasal su depolaması (TWS) gibi değişkenlerin analizini güçlendirmiştir. Bu katkılar, özellikle veri açısından seyrek bölgeler için değerlidir ve bulgulardaki belirsizliği azaltmaya yardımcı olarak politika yapımı için daha güvenilir bilgiler sağlar.

2023 yılı için modellenmiş sonuçların doğrulanması, özellikle Orta ve Kuzey Avrupa, Yeni Zelanda, Avustralya, Brezilya ve Paraguay'daki Yukarı Paraná Nehri, Hindistan'daki Ganj ve Myanmar'daki İravadi Nehri'nde havzaların %73'ünden fazlasında gözlenen ve simüle edilen anomaliler arasında uyum olduğunu gösterdi. Ancak, Güney Afrika, Yukarı Amazon havzası, İsveç'teki Lule havzası, Kuzey Amerika'daki Nelson ve Yukarı Mississippi havzaları ve Afrika'daki Nijer Nehri'nde modellenmiş ve gözlenen anomaliler arasında tutarsızlıklar kaydedildi. Modeller, dünyanın dört bir yanındaki birçok havzadaki deşarj koşullarının tutarlı ve güvenilir bir resmini sunabilse de, sonuçların doğrulanması, sonuçların değerlendirilmesinde kritik bir rol oynar. Genel olarak, yerinde ölçümlerin ve/veya veri değişiminin eksikliği nedeniyle, küresel hidrolojik döngü için küresel sistematik bir gözlem sistemi hala eksiktir. Bu rapor, Üyelerin mevcut durumu değerlendirmelerine yardımcı olan ve hidrolojik modelleri kalibre edip çalıştırabilmelerini sağlamak için hidrolojik gözlemler için hem daha iyi izleme hem de WMO Birleşik Veri Politikasının uygulanmasının faydalarını vurgulamaktadır.



tahminler, böylece su yönetimine yardımcı olur. Gösterge hesaplamaları ve ortak değişkenler için dünya çapında kullanılan ortak bir yöntemle sahip olma ilkesi, WMO HydroSOS girişiminin dünya çapında hidrolojik izleme ve tahmin sistemlerini birleştirme girişiminin de temelini oluşturur.

2023 yılı benzeri görülmemiş bir sıcaklıkla damgalandı ve sanayi öncesi seviyelerin 1,45 °C üzerine çıkarak kayıtlardaki en sıcak yıl oldu. Avrupa, Kuzey Amerika ve Çin sıcak hava dalgalarıyla karşı karşıya kalırken, Kanada 18 milyon hektardan fazla alanı etkileyen şimdiye kadarki en aşırı orman yangını sezonunu yaşadı. La Niña'dan El Niño koşullarına geçiş, bu aşırı sığağa ve yoğun yağışlar, seller ve kuraklıklar gibi çeşitli hava etkilerine katkıda bulundu. 2023'teki toplam yağış, Doğu ve Orta Asya, Kuzey Asya'nın bazı bölgeleri, batı Hint yaz muson bölgesi ve Afrika, Avrupa ve Kuzey Amerika'nın bazı bölgeleri dahil olmak üzere çeşitli bölgelerde uzun vadeli normali aştı. Güneydoğu Güney Amerika, Amazon havzası, Orta Amerika'nın büyük kısmı, güney Kanada, batı Akdeniz bölgesi ve Afrika ve Asya'nın bazı bölgelerinde önemli yağış açıkları gözlemlendi.

2023 yılı, tarihsel döneme kıyasla, çoğunlukla normalden daha kuru ila normal deşarj koşullarıyla işaretlendi. 2022 ve 2021'e benzer şekilde, küresel su toplama alanlarının %50'sinden fazlası, çoğunlukla normalden düşük olan, normale yakın koşullardan nehir deşarj sapmaları gösterdi ve daha az havza normalin üstünde ve çok üstünde koşullar sergiledi.

Amerika'da, geniş bölgelerde normalin altında ve çok altında koşullar hakim oldu. Alaska hariç, Kuzey Amerika'nın çoğunda, 2023 normalin altında veya çok altında deşarj koşulları ile karakterize edildi. Aslında, güney Amerika Birleşik Devletleri'nde kuraklık koşulları üç yıldan uzun süredir zaten mevcuttu. 2023'te Orta Amerika ve Güney Amerika da neredeyse tüm bölgelerinde normalin altında veya çok altında koşullar yaşadı. 2023'te Amazon havzasındaki her ülke rekor düzeyde düşük yağış seviyeleri gördü. Sonuç olarak, rezervuar girişleri Kuzey ve Güney Amerika'da, özellikle Kuzey Amerika'daki Mackenzie Nehri, Meksika ve Güney Brezilya ve Arjantin'deki Paraná Nehri'nde normalden düşüktü. Kuzey Amerika'daki yeraltı suyu seviyeleri de normalin altındaydı, özellikle batı ve orta Amerika Birleşik Devletleri'nde, orta ve kuzey Şili'de ve batı ve güney Brezilya'da olduğu gibi, muhtemelen uzun süren kuraklık koşulları nedeniyle. Ayrıca, Haziran-Ağustos aylarında Kuzey ve Güney Amerika'da toprak nemi normalin altındaydı. ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi'nin (NOAA) bildirdiğine göre,¹⁵¹

2023, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kuru topraklar için yakın tarihi kayıtlarda 2022'nin hemen gerisinde yer alıyor. Azalan su mevcudiyetinin ardından, AET değerleri Eylül-Kasım aylarında Orta Amerika, Brezilya ve Arjantin'de ve Meksika'da tüm yıl boyunca normalin çok altındaydı. Normalin çok altında olan TWS değerleri bu bölgede önemli su depolama açıklarını yansıtıyordu; örneğin, La Plata bölgesi kuru toprak nem koşullarıyla tutarlı olarak normalin altında TWS gördü. Kuzey Amerika'nın Nelson ve Columbia havzaları sırasıyla normalin üzerinde ve çok üzerinde Mart SWE gördü. Ayrıca, güney Colorado havzasındaki ve Büyük Havza'daki en yüksek kar kütlesi normalin çok üzerindeydi. Güney And Dağları'ndaki buzullar (Patagonya bölgesinin hakim olduğu) hafifçe artan erime oranları gösterdi.

Avrupa'daki deşarj koşulları farklı kalıplar gördü. Birleşik Krallık ve İrlanda da dahil olmak üzere Kuzey Avrupa, normalin üzerinde nehir deşarjı yaşadı ve yeraltı suyu seviyeleri de normalin üzerindeydi. Kuzey Avrupa'daki, özellikle İsveç'teki rezervuar girişleri, deşarj kalıplarını yansıtacak şekilde normalden daha yüksekti. Sadece Norveç'in en kuzeyinde normalin altında girişler görüldü. Orta ve Batı Avrupa normal yıllık deşarj koşulları sergiledi; ancak, Kuzey İtalya yıkıcı bir selden etkilendi. Pozitif yağış anomalileri nedeniyle Hollanda ve Kuzeybatı Almanya'da normalin çok üzerinde yeraltı suyu depolaması gözlemlendi ve bu bölgelerde yıl sonu sellerine yol açtı. Bu arada, Fransa, Güney ve Doğu Almanya, Alpler, Kuzey İtalya ve Baltık Denizi bölgesinde kuru koşullar devam etti ve önceki yıllardaki kuraklık eğilimleri devam etti, ancak yüzeye yakın su depolaması



2023'te normalin üzerinde ilkbahar ve sonbahar yağışları nedeniyle bir miktar iyileşme gösterdi. TWS, İsveç ve Norveç'teki bazı sıcak noktalarla birlikte Güney, Orta ve Doğu Avrupa'da normalin altında ve çok altındaydı.

İber Yarımadası ilkbaharda normalin çok altında AET ile karşı karşıya kalırken, Orta, Doğu ve Kuzey Avrupa sonbahar aylarında normalin üstünde ve çok üstünde AET sergiledi. Yeraltı suyu seviyeleri Portekiz, İspanya ve Fransa'nın çoğu da dahil olmak üzere Güney Avrupa ile Orta Avrupa'da normalin altındaydı. Toprak nem koşulları özellikle Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ağırlıklı olarak normalin altındaydı. 2023 yılı Mart ayı kar kütlesi Avrasya kıtasında normalin çok altındaydı, Dinyeper, Don, Tuna, Ural, Amur ve Yangtze havzalarının hepsinde normalin çok altında veya çok altında Mart SWE seviyeleri yaşandı. Portekiz, İspanya ve Fransa'nın çoğu da dahil olmak üzere Güney Avrupa ile Orta Avrupa'daki yeraltı suyu seviyeleri normalin altındaydı. Avrupa ve Kafkasya buzulları 2023 yılında ve önceki yıllarda hafif azalmış yaz dengesi eğilimleri gösterdi.

Afrika 2023'te ciddi sellerle karşılaştı. Libya, Mozambik, Malavi, Kongo Demokratik Cumhuriyeti, Ruanda ve Afrika Boynuzu (beş ardışık düşük yağışlı mevsim geçiren) büyük ihtimalle El Niño koşullarının tetiklediği ciddi sellerle karşı karşıya kaldı. Sel felaketleri toplamda 12.600'den fazla can kaybına yol açtı ve 11.000'den fazla kişi tek başına Libya'da hayatını kaybetti. Limpopo ve Zambezi nehir havzaları da dahil olmak üzere Afrika'nın doğu kıyısı, normalin üzerinde ve çok üzerinde nehir deşarjları yaşadı. Güney Afrika'daki rezervuarlar, normalin üzerinde deşarj koşullarını takiben normalin üzerinde girişler gördü. Sahra Altı Afrika'daki toprak nem seviyeleri, normalin üzerinde toprak nem koşulları yaşayan Güney Afrika hariç, genel olarak normalin altındaydı. Sahra Altı Afrika'daki evapotranspirasyon (AET) oranları, Aralık-Şubat ve Haziran-Ağustos aylarında, Batı Afrika ve Güney Afrika'daki kıyı havzaları hariç, normal ile normalin altındaydı. Afrika Boynuzu, Mart-Mayıs ve Eylül-Kasım aylarında normalin üzerinde AET gösterdi ve Ekim ayında yoğun yağış ve buna bağlı sel yaşandı. Libya da dahil olmak üzere Kuzey Afrika'nın büyük bölümündeki yeraltı suyu seviyeleri normalin altındaydı ve bu, iklimsel faktörlerden ziyade aşırı su çekiminden kaynaklanan uzun vadeli düşüşleri yansıtıyordu. Sahra Altı Afrika ve Afrika Boynuzu, 2023'te normalin çok üzerinde TWS yaşadı ve bu, 2019'dan bu yana su depolamasında önemli ve kalıcı bir artışı yansıtarak bu bölgelerdeki uzun vadeli olumlu eğilimleri vurguladı.

Asya'da Tayfun nedeniyle Filipinler ve Çin'de önemli su baskınları meydana geldi **Dokuzurü**Yeni Zelanda'nın Kuzey Adası'nın doğu kıyısı, Siklon sırasında şiddetli su baskınlarıyla karşı karşıya kaldı **Cebrazil**. Ganj, Brahmaputra ve Mekong gibi büyük nehir havzaları yılın büyük bölümünde normalin altında koşullar yaşadı. Avustralya'nın kuzey ve doğu kıyıları normalin üzerinde deşarj koşulları gördü, Murray-Darling havzası ise ağırlıklı olarak normal koşullar yaşadı; buradaki rezervuarlarda normalin üzerinde girişler vardı. Murray-Darling Havzası da normalin üzerinde veya çok üzerinde TWS yaşadı, Yeni Zelanda ise karışık koşullar gördü, Kuzey Adası normal TWS'ye ve Güney Adası normalin çok altında TWS'ye sahipti. Toprak nem seviyeleri yaz aylarında Orta Asya ve Çin'de ağırlıklı olarak normalin altındaydı. Ancak Hindistan, bölgesel değişkenliğe işaret eden normalin çok üzerinde toprak nem koşulları gördü. Evapotranspirasyon (AET) oranları birkaç bölgede yükseldi. Hindistan, Mart-Mayıs döneminde normalin çok üzerinde AET yaşadı ve Ob ve Enisey gibi en doğu Rusya Federasyonu'ndaki su havzaları da Haziran-Ağustos ve Eylül-Kasım aylarında normalin çok üzerinde AET gördü. Syr Darya gibi Orta Asya havzaları Eylül-Kasım aylarında normalin üzerinde AET yaşadı. Hindistan'ın birçok yerindeki yeraltı suyu seviyeleri artan yağış nedeniyle normalin üzerindeydi. Ancak aşırı su çekimi, çoğu verinin iklim koşullarını yansıtmasıyla Hindistan'ın kuzeyindeki yeraltı suyu seviyelerini etkiledi. Tuna ve Dinyeper'in doğu havzaları normalin üzerinde deşarj koşulları gördü. 2023'te SWE seviyeleri değişti ve kuzey havzaları



Uzak Doğu Rusya Federasyonu'ndaki Lena ve Khatanga Nehirleri'nin Mart ayında normalin çok üzerinde SWE yaşaması. Ancak, 50°N enleminin altındaki çoğu havzada Mart ayında normalin altında veya çok altında SWE vardı ve bu da artan sıcaklıklar nedeniyle kar erimesinin daha erken başladığını gösteriyordu. Son birkaç yıldır Batı Güney Asya ve Yeni Zelanda'da gözlemlenen hafifçe azalan yaz buzul dengesi eğilimleri, bu bölgelerin zirve su koşullarını geçtiğini gösterebilirken, Rus Arktik ve Svalbard'ın hala hafifçe artan erime oranları gösterdiği görülüyor. Orta Asya'da, çoğu buzul kütle dengesinde negatif bir eğilim göstermiştir. Özellikle küçük buzullar, Kazakistan'daki Orta Tuyuksu Buzulu ve Özbekistan'daki Barkrak Buzulu'nda olduğu gibi, alan ve yüzey yüksekliğinde önemli bir azalma ile kanıtlandığı gibi daha yoğun bir geri çekilme sergiler.

Dipnotlar

- ¹ Birleşmiş Milletler (BM). *Genel Kurul Başkanı Tarafından Yapılan Tutanakların Özeti: Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma İçin Su Eylem On Yılı Hedeflerinin Uygulanmasına İlişkin Ara Dönem Kapsamlı İnceleme Konferansı, 2018–2028*; BM, 2023. <https://www.un.org/pga/77/wp-content/uploads/sites/105/2023/05/PGA77-Su-Konferansi-2023-Özeti.pdf>.
- ² Bu bölümde sunulan bulgular büyük ölçüde WMO'nun sunduğu bilgileri takip etmektedir. *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO-No. 1347).
- ³ Lindsey, R. *İklim Değişikliği: Atmosferik Karbondioksit* web sayfası. Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) Climate.gov. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/iklim-değişimi-atmosferik-karbon-dioksit>.
- ⁴ Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *WMO Küresel Yıllık İla On Yıllık İklim Güncellemesi: 2024–2028*; WMO: Cenevre, 2024.
- ⁵ <https://www.worldweatherattribution.org/climate-change-made-the-deadly-heatwaves-that-hit-millions-of-highlyvulnerable-people-across-asia-more-frequent-and-extreme/>
- ⁶ Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO No. 1347). Cenevre, 2024.
- ⁷ <https://www.worldweatherattribution.org/climate-change-fuelled-extreme-weather-in-2023-expect-more-records-in-2024/>
- ⁸ WMO Üyelerinin ENSO modlarını ilan etmek için farklı kriterleri vardır ve önce okyanus parametrelerine bakanlar El Niño'yu daha erken ilan etmiş olabilir.
- ⁹ Görmek **Tablo A1** Her değişikene katkıda bulunan GHMS'lerin listesi için Ek'e bakın.
- ¹⁰ Küresel Akış Veri Merkezi (GRDC). WMO *Havzalar ve Alt Havzalar*; 3. rev. ext. ed., Federal Hidroloji Enstitüsü (BfG): Koblenz, Almanya, 2023.
- ¹¹ Elmi, O.; Tourian, MJ; Saemian, P. ve diğerleri. GRDC Deşarj Zaman Serisinin Uzaktan Algılama Tabanlı Uzantısı - Belirsizlik Tahminlerine Sahip Aylık Bir Ürün. *Bilimsel Veriler* **2024**, 11(1), 240. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03078-6>.
- ¹² Biswas, NK; Hossain, F.; Bonnema, M. ve diğerleri. Hidrolojik Tahmin İçin Küresel Bir Rezervuar Değerlendirme Aracına Doğru Mevcut ve Planlanan Rezervuarların Etkileri ve İşletme Modelleri. *Çevresel Modelleme ve Yazılım* **2021**, 140, 105043. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105043>.
- ¹³ Hou, J.; van Dijk, AIJM; Beck, HE ve diğerleri. Uzaktan Algılanan Rezervuar Suyu Depolama Dinamikleri (1984–2015) ve Küresel Ölçekte İklim Değişkenliğinin Etkisi ve Yönetimi. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri* **2022**, 26(14), 3785–3803. <https://doi.org/10.5194/hess-26-3785-2022>.
- ¹⁴ Hou, J.; Van Dijk, AIJM; Renzullo, LJ ve ark. GloLakes: 1984'ten 1984'e kadar dünya çapında 27.000 Göl için Su Depolama Dinamikleri Uydu Altimetresi ve Optik Görüntülemeye Edilen Mevcut Bilgiler. *Dünya Sistem Bilimi Verileri* **2024**, 16(1), 201–218. <https://doi.org/10.5194/essd-16-201-2024>.
- ¹⁵ Landerer, FW; Flechtner, FM; Save, H. ve diğerleri. Küresel Kitle Değişimi Veri Kaydının Genişletilmesi: GRACE Takibi Enstrüman ve Bilim Veri Performansı. *Jeofizik Araştırma Mektupları* **2020**, 47(12), e2020GL088306. <https://doi.org/10.1029/2020GL088306>.
- ¹⁶ Belleflamme, A.; Goergen, K.; Wagner, N. ve diğerleri. Etki Ölçeğinde Hidrolojik Tahmin: Entegre ParFlow Almanya'da İklim Dayanıklı Su Kaynakları Yönetimi için 0,6 Km'de Hidrolojik Model. *Su Sınırları* **2023**, 5. <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1183642>.
- ¹⁷ Mudryk, LR; Elias Chereque, A.; Derksen, C. ve ark. *NOAA Arctic Karne Notu 2023: Karasal Kar Örtüsü*; NOAA Teknik OAR ARC Raporu; 23-03; Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA): 2023. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/56613>.
- ¹⁸ Mudryk, LR; Elias Chereque, A.; Derksen, C. ve diğerleri. Karasal Kar Örtüsü ["2023'te İklim Durumu"nda]. *Bülteni Amerikan Meteoroloji Derneği* **2024**, 105(8), S307–S310. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-24-0101.1>.
- ¹⁹ EM-DAT, CRED/UCLouvain, Brüksel, Belçika. <http://www.emdat.be>.
- ²⁰ Bu raporda, her havzadaki su kaynaklarının durumunu diğer havzalarla karşılaştırmak için "anomali" terimi kullanılmıştır. o havza için uzun vadeli tarihsel normale yakın koşullar.
- ²¹ Tarihsel dönemler, gözlemlenen deşarj verileri için değişikenden değişikene ve mekansal olarak farklılık gösterir; bkz. **Tablo A2** Ek'te.



- ²²Metin boyunca "normal" teriminin her değişken için normale yakın koşulları ifade ettiğini unutmayın.
- ²³Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) Hidrolojik Koordinasyon Paneli. *Hidrolojik Normal Terimi Hakkında Açıklama*. https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/Eet3IjBnhyZIoWU5xIATC7UBAF0GsATvEuhf8SE_Xzes0Q.
- ²⁴Lehner, B.; Verdin, K.; Jarvis, A. Uzaydan Taşınan Yükseklik Verilerinden Türetilen Yeni Küresel Hidrografi. *Eos, İşlemler Amerikan Jeofizik Birliği* **2008**, 89(10), 93–94. <https://doi.org/10.1029/2008EO100001>.
- ²⁵Gelecekte tüm bölgeler için daha fazla verinin mevcut ve erişilebilir olması muhtemeldir, ancak kalite güvenceli veriler şu anda mevcut değildi. Bu raporda dikkate alınması gereken zaman.
- ²⁶Modellerin %50'den fazlası, alanın %97'si için trendi kabul etti.
- ²⁷2022 yılında havza sınırlarının belirlenmesinde değişiklik yapıldığı ve model sayısının yıldan yıla farklılık gösterdiği görülmektedir.
- ²⁸Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) Ulusal Çevre Bilgi Merkezleri (NCEI). *Yıllık 2023 Kuraklık Raporu*; NCEE: 2024. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/kuraklik/202313>.
- ²⁹Espinoza, J.-C.; Jimenez, JC; Marengo, JA ve diğerleri. 2023'te Amazon'da Kuraklık ve Sıcaklığın Yeni Rekoru İlgili Bölgesel ve Küresel İklim Özelliklerine. *Bilimsel Raporlar* **2024**, 14(1), 8107. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58782-5>.
- ³⁰Espinoza, J.-C.; Jimenez, JC; Marengo, JA ve diğerleri. 2023'te Amazon'da Kuraklık ve Sıcaklığın Yeni Rekoru İlgili Bölgesel ve Küresel İklim Özelliklerine. *Bilimsel Raporlar* **2024**, 14(1), 8107. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58782-5>.
- ³¹Dünya Sağlık Örgütü (WHO). *DURUM RAPORU: 01 Kasım–31 Aralık 2023. Büyük Afrika Boynuzu Gıda Güvensizlik ve Sağlık Derece 3 Acil Durum*; DSÖ: Cenevre, 2024. <https://www.who.int/publications/m/item/situation-report-bu-yuk-afrika-boynuzu-gida-guvensizligi-ve-saglik---3.-derece-acil---01-kasim---31-aralik-2023>.
- ³²Biswas, NK; Hossain, F.; Bonnema, M. ve diğerleri. Hidrolojik Tahmin İçin Küresel Bir Rezervuar Değerlendirme Aracına Doğru Mevcut ve Planlanan Rezervuarların Etkileri ve İşletme Modelleri. *Çevresel Modelleme ve Yazılım* **2021**, 140, 105043. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105043>.
- ³³van Verseveld, WJ; Weerts, AH; Visser, M. ve diğerleri. Wflow_sbm v0.6.1, Mekansal Olarak Dağıtılmış Bir Hidrolojik Model: Küresel Verilerden Yerel Uygulamalara. *Jeobilimsel Model Geliştirme Tartışmalar* **2022**[ön baskı]. <https://doi.org/10.5194/gmd-2022-182>.
- ³⁴Hanazaki, R.; Yamazaki, D.; Yoshimura, K. Küresel Taşkın Modelleri için Bir Rezervuar Taşkın Kontrol Planının Geliştirilmesi. *Dünya Sistemlerinin Modellenmesinde İlerlemeler Dergisi* **2022**, 14(3), e2021MS002944. <https://doi.org/10.1029/2021MS002944>.
- ³⁵Yamazaki, D.; Kanae, S.; Kim, H. ve diğerleri. Küresel Bir Nehirdeki Taşkın Ovası Su Baskını Dinamiklerinin Fiziksel Temelli Bir Tanımı Yönlendirme Modeli. *Su Kaynakları Araştırması* **2011**, 47(4). <https://doi.org/10.1029/2010WR009726>.
- ³⁶Arheimer, B.; Pimentel, R.; Isberg, K. ve diğerleri. Dünya çapında HYPE (WWH), Açık Veri ve Adımsal Parametre Tahmini. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri* **2020**, 24(2), 535–559. <https://doi.org/10.5194/hess-24-535-2020>.
- ³⁷Lehner, B.; Reidy Liermann, C.; Revenga, C. ve ark. *Küresel Rezervuar ve Baraj Veritabanı, Sürüm 1 (GRANv1): Barajlar, Revizyon 01*; NASA Sosyoekonomik Veri ve Uygulama Merkezi (SEDAC), 2011. <https://doi.org/10.7927/H4N877QK>.
- ³⁸Biswas, NK; Hossain, F.; Bonnema, M. ve diğerleri. Hidrolojik Tahmin İçin Küresel Bir Rezervuar Değerlendirme Aracına Doğru Mevcut ve Planlanan Rezervuarların Etkileri ve İşletme Modelleri. *Çevresel Modelleme ve Yazılım* **2021**, 140, 105043. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105043>.
- ³⁹Veri seti, alanı 500 km²'yi aşan göller veya rezervuarlar için göl hacmi verilerini içerir, eğer doğrusa Uzaktan algılama ile ölçülmüştür (tüm büyük göller dahil değildir).
- ⁴⁰Hou, J.; van Dijk, AIJM; Beck, HE ve diğerleri. Uzaktan Algılanan Rezervuar Suyu Depolama Dinamikleri (1984–2015) ve Küresel Ölçekte İklim Değişkenliğinin Etkisi ve Yönetimi. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri* **2022**, 26(14), 3785–3803. <https://doi.org/10.5194/hess-26-3785-2022>.
- ⁴¹Hou, J.; Van Dijk, AIJM; Renzullo, LJ ve ark. GloLakes: 1984'ten itibaren Dünya çapında 27.000 Göl için Su Depolama Dinamikleri Uydur Altımetresi ve Optik Görüntüleme Edilen Mevcut Veriler. *Dünya Sistem Bilimi Verileri* **2024**, 16(1), 201–218. <https://doi.org/10.5194/essd-16-201-2024>.
- ⁴²Marmontel, M.; Fleischmann, A.; Val, A. ve diğerleri. Amazon'un Su Hayvanlarını İklim Değişikliğine Karşı Korumak. *Doğa* **2024**, 625(7995), 450–450. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-00114-8>.



- ⁴³Santos de Lima, L.; Magalhaes de Oliveira, HF; Fleischmann, AS ve diğerleri. Aşırı Kuraklık Yine İnsanları İzole Ediyor Amazon. *Doğa* **2023**, 622(7984), 697–697. <https://doi.org/10.1038/d41586-023-03311-z>.
- ⁴⁴Çevre ve İklim Değişikliği Kanada (ECCC). Büyük Göller – St. Lawrence Nehri Su Seviyeleri. *SEVİYE Haberler* **2023**, 31(1). https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/eccc/En162-1-31-1-eng.pdf.
- ⁴⁵Bu raporlama metodolojisi, ulusal departmanlardan ve araştırmalardan gelen çeşitli uzmanlar tarafından akran denetiminden geçirilmiştir. kurumlar. Önceki baskıda yer alan pilot çalışma üzerine inşa edilmiştir. Özellikle veri filtreleme ve mekansal toplama adımları iyileştirilmiştir. Metodolojinin tam açıklaması metodoloji raporunda bulunabilir (<https://github.com/UNIGRAC/Global-Reporting-Groundwater-Levels>).
- ⁴⁶Veri filtreleme aşamasında atılan kuyuların sayısı ülkeden ülkeye değişmektedir.
- ⁴⁷Chávez García Silva, R.; Reinecke, R.; Coptý, NK ve diğerleri. Çok On Yıllık Yeraltı Suyu Gözlemleri Şaşırtıcı Şekilde Ortaya Çıkıyor Güneybatı Avrupa'da İstikrarlı Seviyeler. *İletişim Dünya ve Çevre* **2024**, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01554-w>.
- ⁴⁸Su ve Sanitasyon Dairesi (DWS). *Ulusal Su Durumu Raporu 2023*; Entegre Su Kaynakları Çalışmaları Rapor Numarası WII/IWRS/NSoW 2023; DWS: Pretoria, Güney Afrika, 2024. https://www.dws.gov.za/Projects/National%20State%20of%20Water%20Report/Documents/National%20State%20of%20Water%20Report%202023_FinalVer3.0.pdf.
- ⁴⁹Bhatnagar, I.; Dhanya, CT; Chahar, BR Yeraltı Suyu Sistemleri 'Sessiz' Bir Stres Yaşıyor mu? Yükselen Bir Paradoks Yeraltı Suyu Seviyeleri ve Stresli Akiferler. *Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yeraltı Suyu* **2024**, 25, 101111. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2024.101111>.
- ⁵⁰Çevre Koruma Ajansı (EPA). *Yağış, Nehir Akışları, Göl Seviyeleri, Yeraltı Suyu Seviyeleri ve Hidroloji Bülteni Bahar Dış Akışları* **2023**, 40. <https://www.epa.ie/publications/monitoring--assessment/tatli-su--marine/hidrolojibulletin/hidroloji-bulletin/EPA-Hydrology-Bulletin-August-2023.pdf>.
- ⁵¹Meteoroloji Bürosu (BOM). Avustralya Yeraltı Suyu İçgörü web sayfası. <http://www.bom.gov.au/water/groundwater/ıçgörü/#/gwlevel/özet>.
- ⁵²Meteoroloji Bürosu (BOM). *Yıllık İklim Beyanı 2023: Yeraltı Suyu Doğu'da İyileşmeye Devam Ediyor Victoria-Güney Avustralya Sınır Bölgesi ve Güneybatı Batı Avustralya'da düşüş* web sayfası. <http://www.bom.gov.au/climate/current/annual/aus/#tabs=Water&waterSection=Yeraltı%20Suyu>.
- ⁵³Taucare, M.; Viguiet, B.; Figueroa, R. ve diğerleri. Orta Şili'nin Yeraltı Suyu Kaynaklarının Endişe Verici Durumu: Paradigmatik Kalıcı Aşırı Sömürü Vakası. *Toplam Çevre Bilim* **2024**, 906, 167723. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167723>.
- ⁵⁴Brückner, F.; Bahlis, R.; Alqadi, M. ve diğerleri. Ürdün'de Uzun Vadeli Yeraltı Suyu Aşırı Çekiminin Nedenleri ve Sonuçları. *Hidrojeoloji Dergisi* **2021**, 29(8), 2789–2802. <https://doi.org/10.1007/s10040-021-02404-1>.
- ⁵⁵Hindistan'ın izleme ağının toplam %63'ü siğ kazılmış kuyulardan oluşmaktadır (bkz. Merkez Yeraltı Suyu Kurulu (CGWB). *Yeraltı Suyu Yıllığı Hindistan 2022–2023*. (CGWB, 2023).
- ⁵⁶Dangar, S.; Asoka, A.; Mishra, V. Hindistan'da Yeraltı Suyu Tükenmesinin Nedenleri ve Sonuçları: Bir İnceleme. *Hidroloji Dergisi* **2021**, 596, 126103. <https://doi.org/10.1016/j.jhidrol.2021.126103>.
- ⁵⁷Merkezi Yeraltı Suyu Kurulu (YSUK). *Yeraltı Suyu Yıllığı Hindistan 2022–2023*. CGWB, 2023.
- ⁵⁸Merkezi Yeraltı Suyu Kurulu (YSUK). *Hindistan'ın Dinamik Yeraltı Suyu Kaynakları Üzerine Ulusal Derleme*, 2023. CGWB, 2023.
- ⁵⁹Mieno, T.; Foster, T.; Kakimoto, S. ve diğerleri. ABD'nin Yüksek Ovalarında Akifer Tükenmesi Tarımsal Kuraklık Kayıplarını Artırıyor. *Doğa Su* **2024**, 2(1), 41–51. <https://doi.org/10.1038/s44221-023-00173-7>.
- ⁶⁰Avrupa Çevre Ajansı (AÇA). *Avrupa'nın Yeraltı Suyu – Baskı Altındaki Önemli Bir Kaynak*; AEA, 2022. <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-groundwater>.
- ⁶¹Avrupa Çevre Ajansı (AÇA). *Toprak Nem Açığı*; AEA, 2021. <https://www.eea.europa.eu/ims/toprak-nem-eksiği>.
- ⁶²Küresel İklim Gözlem Sistemi (GCOS). *Toprak Nemi: Temel İklim Değişkeni (ECV) Bilgi Formu* web sayfası. <https://gcos.wmo.int/tr/esansiyel-iklim-değişkenleri/toprak-nemi>.
- ⁶³SMN, serbestçe erişilebilen en büyük küresel toprak nem gözlemleri koleksiyonuna ev sahipliği yapar, bunları uyumlu hale getirir ve kalite kontrolünü sağlar dünyanın dört bir yanından veriler. Ağ, esas olarak araştırma kurumlarından oluşur ve yaklaşık 3.000 sitede ortalama 10 yıl süren nispeten kısa gözlem dönemlerine yol açar.



- ⁶⁴Mevcut gözlem noktalarının kümelenmesi nedeniyle Şekil 9'daki harita bu gözlemi yeniden üretemedi.
- ⁶⁵Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) Ulusal Çevre Bilgi Merkezleri (NCEI). *Yıllık 2023 Kuraklık Raporu*; NCEE: 2024. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/kuraklik/202313>.
- ⁶⁶Burada gerçek evapotranspirasyondan AET veya metin boyunca evapotranspirasyon olarak bahsediyoruz. Gerçek ET karıştırılmamalıdır ile **potansiyel ETAET**, gerçekte buharlaşan su miktarını ölçer ve mevcut su miktarıyla sınırlıdır; PET ise yeterli su mevcut olduğunda buharlaşacak maksimum su miktarını ifade eder.
- ⁶⁷Lehner, B.; Verdin, K.; Jarvis, A. Uzaydan Taşınan Yükseklik Verilerinden Türetilen Yeni Küresel Hidrografi. *Eos, İşlemler Amerikan Jeofizik Birliği* **2008**, *89*(10), 93–94. <https://doi.org/10.1029/2008EO100001>.
- ⁶⁸Tapley, BD; Watkins, MM; Flechtner, F. ve diğerleri. GRACE'in İklim Değişikliğini Anlamadaki Katkıları. *Doğa İklim Değiştirmek* **2019**, *9*(5), 358–369. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0456-2>.
- ⁶⁹Landerer, FW; Flechtner, FM; Save, H. ve diğerleri. Küresel Kitle Değişimi Veri Kaydının Genişletilmesi: GRACE Takibi Enstrüman ve Bilim Veri Performansı. *Jeofizik Araştırma Mektupları* **2020**, *47*(12), e2020GL088306. <https://doi.org/10.1029/2020GL088306>.
- ⁷⁰Hartick, C.; Furusho-Percot, C.; Goergen, K. ve ark. Yeraltı Su Depolamasının Yıllar Arası Olasılık Değerlendirmesi Tam Çiftli Karasal Model Kullanılarak Avrupa Üzerinde. *Su Kaynakları Araştırması* **2021**, *57*(1), e2020WR027828. <https://doi.org/10.1029/2020WR027828>.
- ⁷¹Belleflamme, A.; Goergen, K.; Wagner, N. ve diğerleri. Etki Ölçeğinde Hidrolojik Tahmin: Entegre ParFlow Almanya'da İklim Dayanıklı Su Kaynakları Yönetimi için 0,6 Km'de Hidrolojik Model. *Su Sınırları* **2023**, *5*. <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1183642>.
- ⁷²Naz, BS; Kollet, S.; Franssen, H.-JH ve diğerleri. 3 km'lik Mekansal ve Zamansal Olarak Tutarlı Avrupa Günlük Toprak Nemi 2000-2015 yılları arasında yeniden analiz. *Bilimsel Veriler* **2020**, *7*(1), 111. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0450-6>.
- ⁷³Luoju, K.; Moisan, M.; Pulliainen, J. ve diğerleri. *ESA Kar İklim Değişikliği Girişimi (Snow_cci): Kar Suyu Eşdeğeri (SWE) Seviye 3C Günlük Küresel İklim Araştırma Veri Paketi (CRDP) (1979–2020), sürüm 2.0*; NERC EDS Çevresel Veri Analizi Merkezi, 2022. <https://doi.org/10.5285/4647cc9ad3c044439d6c643208d3c494>.
- ⁷⁴Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) Küresel Modelleme ve Asimilasyon Ofisi (GMAO). *MERRA-2 tavg1_2d_ind_Nx: 2d, 1-Saatlik, Zaman Ortalamalı, Tek Seviyeli, Asimilasyon, Kara Yüzeyi Tanılama V5.12.4*; GMAO, 2015. <https://doi.org/10.5067/RKPH8KC1Y1T>.
- ⁷⁵Munoz Sabater, J. *ERA5-1950'den Günümüze Kara Saatlik Verileri*. Copernicus İklim Değişikliği Servisi (C3S) İklim Verileri Mağaza (CDS); 2019 <https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac>.
- ⁷⁶Decharme, B.; Barbu, A. Crocus-ERA5 Kuzey Yarımküre'de 0,25° Çözünürlükte Günlük Kar Ürünü; Sürüm 2023; *Zenodo* **2024**. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10943718>.
- ⁷⁷Mudryk, LR; Elias Chereque, A.; Derksen, C. ve ark. *NOAA Arctic Karne Notu 2023: Karasal Kar Örtüsü*; NOAA Teknik OAR ARC Raporu; 23-03; Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA): 2023. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/56613>.
- ⁷⁸Mudryk, LR; Elias Chereque, A.; Derksen, C. ve diğerleri. Karasal Kar Örtüsü ["2023'te İklim Durumu"nda]. *Bülteni Amerikan Meteoroloji Derneği* **2024**, *105*(8), S307–S310. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-24-0101.1>.
- ⁷⁹Decharme, B.; Barbu, A. Crocus-ERA5 Kuzey Yarımküre'de 0,25° Çözünürlükte Günlük Kar Ürünü; Sürüm 2023; *Zenodo* **2024**. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10943718>.
- ⁸⁰Dünya Buzul İzleme Servisi (WGMS). *Küresel Buzul Değişimi Bülteni No. 5 (2020–2021)*. Zemp, M.; Gärtner-Roer, I.; Nussbaumer, SU ve diğerleri, Editörler; WGMS: Zürih, İsviçre, 2023, 134 sayfa. [yayın, doi:10.5904/wgms-fog-2023-09 veritabanı sürümüne dayanmaktadır]. https://wgms.ch/downloads/WGMS_GGCB_05.pdf.
- ⁸¹Dussaillant, I.; Bannwart, J.; Paul, F. ve diğerleri. *1976'dan Günümüze Buzul Kütlesi Değişimi İzgara Verileri Buzulların Dalgalanmaları Veritabanı*, Copernicus İklim Değişikliği Servisi İklim Veri Deposu, 2023. <https://doi.org/10.24381/CDS.BA597449>.
- ⁸²Zemp, M.; Welty, E. Mevsimsel Gözlemler Kullanılarak Buzul Kütlesi Dengesinin Zamansal Küçültülmesi. *Dergi Buzulbilim* **2023**, *1*–6. <https://doi.org/10.1017/jog.2023.66>.
- ⁸³Bir hidrolojik yılın kış ve yaz mevsimleri kuzey yarımküre (NH), güney yarımküre (SH) için aynı değildir (SH) ve tropikal (düşük enlem) bölgeleri. Bir hidrolojik yıl döngüsü kışın başlangıcında başlar, yazın sonunda biter ve döngünün sonunda yılın adı verilir. NH için kışın Ekim-Mart ve yazın



Nisan-Eylül ayları arasında olması gerekir; SH için kışın Nisan-Eylül, yazın ise Ekim-Mart ayları arasında olması gerektiğini varsayıyoruz ve düşük enlem mevsimi için mevsimsellik olmadığını varsayarak yalnızca bu bölge için yıllık değerleri çizdik.

- ⁸⁴Huss, M.; Hock, R. Gelecekteki Buzul Kütle Kaybına Küresel Ölçekli Hidrolojik Tepki. *Doğa İklim Değişikliği* **2018**, *8*(2), 135–140. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0049-x>.
- ⁸⁵Kaser, G.; Großhauser, M.; Marzeion, B. Farklı İklim Rejimlerinde Buzulların Su Kullanılabilirliğine Katkı Potansiyeli. *Ulusal Bilimler Akademisi Bildirileri* **2010**, *107*(47), 20223–20227. <https://doi.org/10.1073/pnas.1008162107>.
- ⁸⁶Radić, V.; Hock, R. Dünya'nın Hidrolojik Döngüsünde Buzullar: Küresel Buzul Kütlesi ve Akış Değişimlerinin Değerlendirilmesi ve Bölgesel Ölçekler. *Jeofizikte Araştırmalar* **2014**, *35*(3), 813–837. <https://doi.org/10.1007/s10712-013-9262-y>.
- ⁸⁷Pritchard, HD Asya'nın Küçülen Buzulları Büyük Popülasyonları Kuraklık Stresinden Koruyor. *Doğa* **2019**, *569*(7758), 649–654. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1240-1>.
- ⁸⁸Dussaillant, I.; Berthier, E.; Brun, F. ve diğerleri. And Dağları Boyunca Yirmi Yıl Boyunca Buzul Kütle Kaybı. *Doğa Jeolojisi* **2019**, *12*(10), 802–808. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0432-5>.
- ⁸⁹"Tepe suyu", buzullardan gelen yıllık akışın maksimum seviyeye ulaştığı noktayı ifade eder. Bu tepeden sonra, Buzullar kütle kaybetmeye devam ettikçe akış azalmaya başlar (bkz. Huss, M.; Hock, R. Gelecekteki Buzul Kütle Kaybına Küresel Ölçekli Hidrolojik Tepki. *Doğa İklim Değişikliği* **2018**, *8*(2), 135–140. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0049-x>).
- ⁹⁰Huss, M.; Hock, R. Gelecekteki Buzul Kütle Kaybına Küresel Ölçekli Hidrolojik Tepki. *Doğa İklim Değişikliği* **2018**, *8*(2), 135–140. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0049-x>.
- ⁹¹Huss, M.; Hock, R. Gelecekteki Buzul Kütle Kaybına Küresel Ölçekli Hidrolojik Tepki. *Doğa İklim Değişikliği* **2018**, *8*(2), 135–140. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0049-x>.
- ⁹²Hugonnet, R.; McNabb, R.; Berthier, E. ve diğerleri. Yirmi Birinci Yüzyılın Başlarında Hızlanan Küresel Buzul Kütle Kaybı. *Doğa* **2021**, *592*(7856), 726–731. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03436-z>.
- ⁹³Huss, M.; Hock, R. Gelecekteki Buzul Kütle Kaybına Küresel Ölçekli Hidrolojik Tepki. *Doğa İklim Değişikliği* **2018**, *8*(2), 135–140. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0049-x>.
- ⁹⁴Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Fikir). *Kolombiya buzullarının durumu hakkında bilgi 2022*. Fikir: Bogota, 2023.
- ⁹⁵EM-DAT, CRED/UCLouvain, Brüksel, Belçika. <http://www.emdat.be>.
- ⁹⁶Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Önemli Hava ve İklim Olayları*; WMO: Cenevre, 2024.
- ⁹⁷Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Önemli Hava ve İklim Olayları*; WMO: Cenevre, 2024.
- ⁹⁸Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Önemli Hava ve İklim Olayları*; WMO: Cenevre, 2024.
- ⁹⁹Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Önemli Hava ve İklim Olayları*; WMO: Cenevre, 2024.
- ¹⁰⁰Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Önemli Hava ve İklim Olayları*; WMO: Cenevre, 2024.
- ¹⁰¹Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Önemli Hava ve İklim Olayları*; WMO: Cenevre, 2024.
- ¹⁰²EM-DAT, CRED/UCLouvain, Brüksel, Belçika. <http://www.emdat.be>.
- ¹⁰³Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Önemli Hava ve İklim Olayları*; WMO: Cenevre, 2024.
- ¹⁰⁴Dünya Sağlık Örgütü (WHO). *DURUM RAPORU: 01 Kasım–31 Aralık 2023. Büyük Afrika Boynuzu Gıda Güvensizlik ve Sağlık Derece 3 Acil Durum*; DSÖ: Cenevre, 2024. <https://www.who.int/publications/m/item/situation-report-büyük-afrika-boynuzu-gıda-güvensizliği-ve-sağlık---3.-derece-acil---01-kasım---31-aralık-2023>.
- ¹⁰⁵Dünya Sağlık Örgütü (WHO). *DURUM RAPORU: 01 Kasım–31 Aralık 2023. Büyük Afrika Boynuzu Gıda Güvensizlik ve Sağlık Derece 3 Acil Durum*; DSÖ: Cenevre, 2024. <https://www.who.int/publications/m/item/situation-report-büyük-afrika-boynuzu-gıda-güvensizliği-ve-sağlık---3.-derece-acil---01-kasım---31-aralık-2023>.
- ¹⁰⁶Malavi Hükümeti. *Malawi 2023 Tropikal Siklon Freddy Afet Sonrası İhtiyaç Değerlendirmesi*; Malavi Hükümeti, Lilongwe. <https://www.preventionweb.net/media/87994/indir?startDownload=20240926>.
- ¹⁰⁷Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Önemli Hava ve İklim Olayları*; WMO: Cenevre, 2024.
- ¹⁰⁸<https://floodlist.com/africa/malawi-flood-storms-december-2022>



- ¹⁰⁹<https://reliefweb.int/report/mozambique/mozambique-operasyonel-yillik-rapor-2022>
- ¹¹⁰Malavi Hükümeti. *Malawi 2023 Tropikal Siklon Freddy Afet Sonrası İhtiyaç Değerlendirmesi*; Malavi Hükümeti, Lilongwe. <https://www.preventionweb.net/media/87994/indir?startDownload=20240926>.
- ¹¹¹<https://reliefweb.int/rapor/mozambique/unhcr-mozambique-cyclone-freddy-flash-güncelleme-3-24-mart-2023>
- ¹¹²Malavi Hükümeti. *Malawi 2023 Tropikal Siklon Freddy Afet Sonrası İhtiyaç Değerlendirmesi*; Malavi Hükümeti, Lilongwe. <https://www.preventionweb.net/media/87994/indir?startDownload=20240926>.
- ¹¹³Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO No. 1347). Cenevre, 2024.
- ¹¹⁴Toreti, A.; Bavera, D.; Acosta, NJ ve ark. *Orta Amerika ve Meksika'da kuraklık – Ağustos 2023*; JRC135033. Yayınlar Avrupa Birliği Ofisi: Lüksemburg, 2023. <https://doi.org/10.2760/00589>.
- ¹¹⁵Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO No. 1347). Cenevre, 2024.
- ¹¹⁶Toreti, A.; Bavera, D.; Acosta, NJ ve ark. *Orta Amerika ve Meksika'da kuraklık – Ağustos 2023*; JRC135033. Yayınlar Avrupa Birliği Ofisi: Lüksemburg, 2023. <https://doi.org/10.2760/00589>.
- ¹¹⁷Smith, A. 2023: ABD'nin Tarihi Yılı *Milyar dolarlık Hava ve İklim Felaketleri* Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) Climate.gov; 2024. <https://www.climate.gov/news-features/blogs/beyond-data/2023-historic-year-us-billion-dollar-weather-and-climate-disasters>.
- ¹¹⁸Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO No. 1347). Cenevre, 2024.
- ¹¹⁹Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO No. 1347). Cenevre, 2024.
- ¹²⁰Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO No. 1347). Cenevre, 2024.
- ¹²¹Espinoza, J.-C.; Jimenez, JC; Marengo, JA ve diğerleri. 2023'te Amazon'da Kuraklık ve Sıcaklığın Yeni Rekoru İlgili Bölgesel ve Küresel İklim Özelliklerine. *Bilimsel Raporlar* **2024**, 14(1), 8107. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58782-5>.
- ¹²²Espinoza, J.-C.; Jimenez, JC; Marengo, JA ve diğerleri. 2023'te Amazon'da Kuraklık ve Sıcaklığın Yeni Rekoru İlgili Bölgesel ve Küresel İklim Özelliklerine. *Bilimsel Raporlar* **2024**, 14(1), 8107. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58782-5>.
- ¹²³Li, B.; Rodell, M. 2023'te Karasal Su Depolama. *Doğa İncelemeleri Dünya ve Çevre* **2024**, 5(4), 247–249. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00545-x>.
- ¹²⁴Vasconcelos Junior, F. das C.; Zachariah, M.; Silva, TL do V. ve diğerleri. Çok Yoğun Yağış Olaylarının Bir Atıf Çalışması Doğu Kuzeydoğu Brezilya. *Hava ve İklim Ekstremleri* **2024**, 45, 100699. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2024.100699>.
- ¹²⁵Lyra, M.; Herdies, D.; Gomes, H. ve diğerleri. *2022 Kışları ve Kuzeydoğu Brezilya'da Aşırı Yağış Olayları* 2023; EGU24-12954; Copernicus Toplantıları, 2024. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-12954>.
- ¹²⁶Renna Camacho, C.; Getirana, A.; Rotunno Filho, OC ve ark. Brezilya'da Büyük Ölçekli Yeraltı Suyu İzleme Desteği Uydu Tabanlı Yapay Zeka Teknikleri. *Su Kaynakları Araştırması* **2023**, 59(9), e2022WR033588. <https://doi.org/10.1029/2022WR033588>.
- ¹²⁷Li, B.; Rodell, M. 2023'te Karasal Su Depolama. *Doğa İncelemeleri Dünya ve Çevre* **2024**, 5(4), 247–249. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00545-x>.
- ¹²⁸<https://reliefweb.int/rapor/arjantin/kuraklik-güney-amerika-nisan-2023-gdo-analitik-raporu>
- ¹²⁹Servicio Nacional de Meteorología ve Hidrología del Perú (SENAMHI). Hidrografik bölgedeki hidrolojik koşullar Titicaca (Peru): Caudales Déficit – Período Setiembre 2022 ve Enero 2023; SENAMHI: Lima, 2023. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02662SENA-7.pdf>.
- ¹³⁰Gutierrez-Villarreal, RA; Espinoza, J.-C.; Lavado-Casimiro, W. ve diğerleri. Güney Amerika Altiplano'da 2022-23 Kuraklığı: ENSO'nun Batı Amazon'daki Yağış Öncesi Mevsimdeki Nem Akışına Etkileri. *Hava ve İklim Ekstremleri* **2024**, 45, 100710. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2024.100710>.
- ¹³¹Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO No. 1347). Cenevre, 2024.
- ¹³²Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO No. 1347). Cenevre, 2024.
- ¹³³Hazine Yeni Zelanda. *Kuzey Adası Hava Olaylarının Etkileri*; Hazine, 2023. <https://www.hazine.govt.nz/sites/default/files/2023-04/impacts-from-the-north-island-weather-events.pdf>.



- ¹³⁴Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO No. 1347). Cenevre, 2024.
- ¹³⁵EM-DAT, CRED/UCLouvain, Brüksel, Belçika. <http://www.emdat.be>.
- ¹³⁶<https://disasterphilanthropy.org/disasters/2023-china-floods/>
- ¹³⁷Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO). *Küresel İklim Durumu 2023* (WMO No. 1347). Cenevre, 2024.
- ¹³⁸https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/news-stories/news/floods-eu-acil-ekipman-harekete-geciriyor-italyan-yetkililere-yardimci-2023-05-22_tr
- ¹³⁹<https://reliefweb.int/rapor/italya/italya-sel-2023-dref-operasyonu-mdrit004>
- ¹⁴⁰<https://reliefweb.int/rapor/italya/italya-sel-2023-dref-operasyonu-mdrit004>
- ¹⁴¹<https://reliefweb.int/rapor/italya/italya-sel-2023-dref-operasyonu-mdrit004>
- ¹⁴²WMO Üyesi'nden doğrudan iletişim.
- ¹⁴³EM-DAT, CRED/UCLouvain, Brüksel, Belçika. <http://www.emdat.be>.
- ¹⁴⁴<https://reliefweb.int/rapor/italya/italya-sel-2023-dref-operasyonu-mdrit004>
- ¹⁴⁵Valente, M.; Zanellati, M.; Facci, G. ve diğerleri. İtalya'nın Emilia-Romagna kentindeki 2023 Sel Felaketine Sağlık Sisteminin Tepkisi: Bir Saha Raporu. *Hastane Öncesi ve Afet Tıbbı* **2023**, 38(6), 813–817. <https://doi.org/10.1017/S1049023X23006404>.
- ¹⁴⁶<https://www.cimafoundation.org/en/news/the-italian-floods-of-may-2023-a-scientific-analytics/>
- ¹⁴⁷<https://reliefweb.int/rapor/italya/italya-sel-2023-dref-operasyonu-mdrit004>
- ¹⁴⁸Valente, M.; Zanellati, M.; Facci, G. ve diğerleri. İtalya'nın Emilia-Romagna kentindeki 2023 Sel Felaketine Sağlık Sisteminin Tepkisi: Bir Saha Raporu. *Hastane Öncesi ve Afet Tıbbı* **2023**, 38(6), 813–817. <https://doi.org/10.1017/S1049023X23006404>.
- ¹⁴⁹<https://www.regione.emilia-romagna.it/alluvione/aggiornamenti/2023/maggio/piene-e-allagamenti-gli-ultimi-aggiornamenti>
- ¹⁵⁰Bölgesel mobil birlikler, hızla konuşlandırılabilen acil durum personeli, araçları ve ekipmanlarından oluşan organize birimlerdir. Bir kriz veya felakete yanıt olarak farklı bölgelere. Bu birimler genellikle mobil ve esnek olacak şekilde tasarlanır ve bu sayede en çok ihtiyaç duyulan bölgelere hızla gönderilebilirler.
- ¹⁵¹Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) Ulusal Çevre Bilgi Merkezleri (NCEI). *Yıllık 2023 Kuraklık Raporu*; NCEE: 2024. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/kuraklik/202313>.

Ek. Teknik ek

YÖNTEMLER

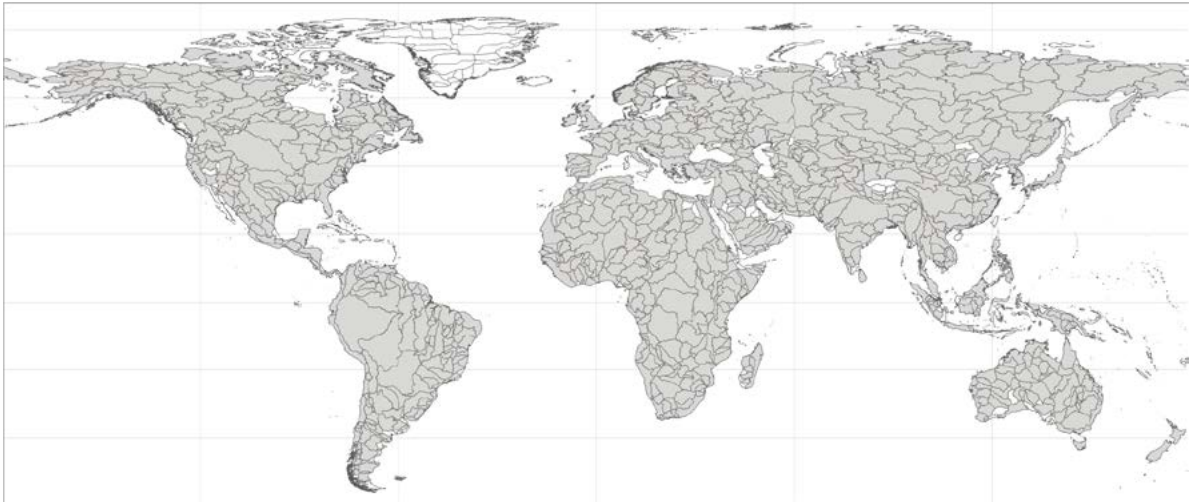
Bu Ek, 2023 yılında küresel su kaynaklarının durumunu tasvir etmek için uygulanan temel metodolojik adımlara ilişkin üst düzey bilgiler sunmaktadır.

İçin **Küresel Su Kaynaklarının Durumu 2023** raporda, birincil hidrolojik havzaların çözünürlüğü artırıldı ve bunun sonucunda dünya çapında 986 havza ortaya çıktı. Havza haritası Hydrosheds seviye 4 verilerine dayanıyordu.¹ Orijinal veri seti yaklaşık 1.300 havza içeriyordu. Ancak, küresel hidrolojik modelleme sistemi (GHMS) çözünürlüğü nedeniyle, 10.000 km²'den az drenaj alanına sahip havzalar² Bazı bölgelerle (örneğin Grönland) birlikte filtrelenerek 986 havza bırakıldı (Şekil A1).

VERİ KAYNAKLARI

Bu raporu hazırlamak için su kaynaklarına ilişkin çeşitli bilgi kaynakları kullanıldı (ayrıca bkz. [Tablo A1](#) (Bu Ek'in) özellikle aşağıdakiler:

- Gözlemlenen nehir deşarj verileri Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Servisleri'nden (NMHS'ler), Küresel Akış Veri Merkezi'nden (GRDC) elde edildi² ve Dünya sistemine dayalı ürünler kullanılarak geliştirilmiş akış gözlemleri.³
- Simüle edilmiş nehir deşarj verileri 10 GHMS'den elde edildi. Kullanılan modeller hakkında daha fazla bilgi için lütfen şuraya bakın: [Küresel hidrolojik modelleme sistemleri](#) Bu Ek'in bölümü.
- Dünya genelinde seçili rezervuarlara giriş Wflow_sbm'den elde edildi.⁴ CaMa-Sels ve Dünya Çapında HYPE modeli (WWH).⁶
- Rezervuar hacim anomalileri, Biswas ve arkadaşları tarafından açıklanan metodolojiye uygun olarak ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'nden (NASA) elde edildi.⁷
- Göl hacmi verileri Global Water Monitor tarafından sağlanmıştır.^{8,9}



Şekil A1.Seçili hidrolojik havzaların küresel kapsamı

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

Tablo A1. Bölüm başına veri kaynakları

Kurum	Ürün adı	Anahtar referans	Nehir deşerj	Rezervuarlar	Göller	Zemin- su seviyeleri	Toprak nemi	Buharlaştırma-transferi pire	Karasal su depolama	Kar örtüsü ve buzullar	Aşırı olaylar
Gözlemlenen veri kümeleri											
Üyeler											
Küresel Akış Veritabanı Merkez (GRDC), Almanya		GRDC, 2023 ¹⁰									
Uluslararası Yeraltı Suyu Kaynakları Değerlendirmesi Merkez (IGRAC), Hollanda											
Uluslararası Toprak Nem Ağı (ISMN), Almanya											
Dünya Buzul İzleme Servisi (WGMS), Almanya											
Orta Asya Uygulamalı Jeoloji Bilimleri Enstitüsü (CAIAG)											
Ulusal Üniversitesi Özbekistan											
Buzul Merkezi Tacikistan Ulusal Bilimler Akademisi Araştırmaları											

<i>Kurum</i>	<i>Ürün adı</i>	<i>Anahtar referans</i>	<i>Nehir deşajı</i>	<i>Rezervuarlar</i>	<i>Göller</i>	<i>Zemin- su seviyeleri</i>	<i>Toprak nemi</i>	<i>Buharlaştırma-transferi pire</i>	<i>Karasal su depolama</i>	<i>Kar örtüsü ve buzullar</i>	<i>Aşırı olaylar</i>
Modeller ve Dünya gözlem veri kümeleri											
Goethe Üniversitesi Frankfurt, Almanya	SuGAP 2.2e	Müller Schmied ve diğerleri, 2021; ¹¹ Müller Schmied ve diğerleri, 2023 ¹²									
Atmosfer Fiziği Enstitüsü, Çin Bilimler Akademisi	CSSPv2 Bağlaç Yüzey- Yeraltı İşlem sürümü 2 (CSSPv2)	Yuan ve diğerleri, 2018 ¹³									
Helmholtz Merkezi Çevresel Araştırma – UFZ, Almanya	mezoskala Hidrolojik Modeli (mHM)	Samaniego ve diğerleri, 2010; ¹⁴ Kumar ve diğerleri, 2013; ¹⁵ Samaniego ve diğerleri. 2019 ¹⁶									
İsveç Meteorolojisi ve Hidrolojik Enstitü (SMHI), İsveç	Dünya çapında HYPE (HAYIR) sürüm 1.3.9	Arheimer ve diğerleri, 2020 ¹⁷									
DHI, Danimarka	DHI-GHM	Murray ve diğerleri, 2023 ¹⁸									
Tokyo Üniversitesi, Japonya	CaMa-Sel Baraj ile	Hanazaki ve diğerleri, 2022; ¹⁹ Yamazaki ve diğerleri, 2011 ²⁰									
Tokyo Üniversitesi/Japonya Uzay Araştırmaları Ajansı, Japonya	Bugünün Dünyası – Küresel (TEJRA55)	Yoshimura ve diğerleri, 2008; ²¹ Ma ve diğerleri, 2021 ²²									

<i>Kurum</i>	<i>Ürün adı</i>	<i>Anahtar referans</i>	<i>Nehir deşaj</i>	<i>Rezervuarlar</i>	<i>Göller</i>	<i>Zemin- su seviyeleri</i>	<i>Toprak nemi</i>	<i>Buharlaştırma-transferi pire</i>	<i>Karasal su depolama</i>	<i>Kar örtüsü ve buzullar</i>	<i>Aşırı olaylar</i>
Modeller ve Dünya gözlem veri kümeleri											
Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC)	Küresel Sel Farkındalık Sistem (GloFAS)	Alfieri ve diğerleri, 2013; ²³ Grimaldi ve diğerleri, 2022 ²⁴									
Deltares, Hollanda	Wflow_sbm	Verseveld ve diğerleri, 2022; ²⁵ Imhoff ve diğerleri, 2021; ²⁶ Eilander ve diğerleri, 2021 ²⁷									
Brigham Young Üniversitesi, ABD	Jeoişlıtlar	Hales ve diğerleri, 2022 ²⁸									
Araştırma Merkezi Jülich, Almanya	ParFlow/CLM	Belleflamme ve diğerleri, 2023 ²⁹									
Çevre ve İklim Değişikliği Kanada	Çiğdem ERA5	Mudryk ve diğerleri, 2023; ³⁰ Mudryk ve diğerleri, 2024 ³¹									
NASA, ABD	-	Biswas ve diğerleri, 2021 ³²									
Avustralyalı Ulusal Üniversite, Avustralya	Küresel Su İzlemek	Hou ve diğerleri, 2022; ³³ Hou ve diğerleri, 2024 ³⁴									
GFZ Jeolojik Bilimler Araştırma Merkezi, Almanya	LÜTUF	Landerer ve diğerleri, 2020 ³⁵									
Stuttgart Üniversitesi Almanya	Uzaktan Algılama- tabanlı Uzantı GRDC'nin (RSEG)	Elmi ve diğerleri, 2024 ³⁶									



- Yeraltı suyu verileri, Uluslararası Yeraltı Suyu Kaynakları Değerlendirme Merkezi (IGRAC) tarafından seçilen 40 ülke için sağlanmıştır.
- Küresel karasal su depolama (TWS) anomalisi GRACE projesinden elde edildi³⁷
Orta Avrupa için küresel ve yerel olarak, fizik tabanlı ParFlow/CLM modeline dayalı Su Kaynakları Bülteni'nden alınmıştır.³⁸
- Buzul verileri WMO Üye Devletleri ve Bölgeleri, Dünya Buzul İzleme Servisi (WGMS), Orta Asya Uygulamalı Jeoloji Bilimleri Enstitüsü (CAIAG), Alman Jeoloji Bilimleri Araştırma Merkezi (GFZ), Özbekistan Ulusal Üniversitesi, Tacikistan Ulusal Bilimler Akademisi Buzul Araştırmaları Merkezi ve dış uzmanlardan elde edildi.
- Kar-su eşdeğeri verileri Çevre ve İklim Değişikliği Kanada'dan elde edildi^{39,40} ve iki GHMS'den: Bugünün Dünyası – Küresel (TEJRA55)^{41,42} ve mezoskalalı Hidrolojik Model (mHM).
- Yüksek etkili olaylara ilişkin nitel ve nicel bilgiler, EM-DAT veritabanı (CRED, 2023) gibi açık veri kaynaklarından elde edildi.⁴³ ReliefWeb, WMO İklim Durumu raporları ve diğerleri.

DEĞİŞKEN SIRALAMASI (ANOMALİYET HESAPLAMASI)

Elde edilen farklı veri kümeleri arasında tutarlı bir resim elde etmek için, önceki bölümde listelenen değişkenlere tutarlı bir değişken sıralaması yöntemi uygulandı: nehir debisi, rezervuarlara giriş, yeraltı suyu seviyesi, toprak nemi, buharlaşma ve TWS.

Modellenmiş ve gözlemlenen veri kümeleri için tarihsel dönemler boyunca ortalamalar her yıl için hesaplandı. Ortaya çıkan dizi sıralandı. Daha sonra 2023 yılı için seçili bir değişkenin yıllık ortalaması bu sıralanmış diziyle karşılaştırıldı ve aşağıdaki kurala göre sınıflandırıldı:

normalin çok altında:	$Q_{2023} \leq 10.$ yüzdelerik
normalin altında:	$10. < Q_{2023} < 25.$ yüzdelerik
normal:	$25. \leq S_{2023} \leq 75.$ yüzdelerik
normalin üstünde:	$75. < S_{2023} < 90.$ yüzdelerik
normalin çok üstünde:	$Q_{2023} \geq 90.$ yüzdelerik

Söz konusu değişkene bağlı olarak, tarihsel dönem, veri kullanılabilirliğiyle sınırlandırılarak değişmiştir. [Tablo A2](#) Seçili tarihsel dönemler için ve daha fazla ayrıntı için ana raporun veri kümesine özgü bölümlerine bakın.

Modellenmiş veriler için, birkaç veri kaynağı (model toplulukları) kullanıldığında (özellikle, rezervuarlara giriş ve çıkışla ilgili GHMS'lerden gelen veriler için), değişken sıralama sonuçlarının ortalaması havza düzeyinde yapıldı. Topluluktaki her model için, yukarıda belirtilen sıralamalara bir tam sayı atandı ("normalin çok altında" = 1, "normalin altında" = 2, "normal" = 3, "normalin üstünde" = 4, "normalin çok üstünde" = 5) ve ardından bir ortalama

her havza için model topluluğunun çıktıları üzerinden hesaplandı. Ortaya çıkan sayı yuvarlandı ve her havza için yukarıda listelenen eşiklere göre ortalama deşarj sıralaması türetilti.

Tablo A2. Seçili veri kümelerinin tarihsel dönemleri

<i>Veri seti</i>	<i>Seçilmiş tarihi dönem</i>	<i>Uzunluğu tarihi dönem</i>
GHMS'lerden simüle edilmiş nehir deşarjı	1991–2020	30 yıl
GRDC ve NMHS'lerden gözlemlenen nehir deşarjı	<2001–2020	Arasında değişen 20 ila 30 yıl
Rezervuarlara giriş	1991–2020	30 yıl
Rezervuar depolama	2000–2023	24 yıl
Göl seviyesi	1991–2020	30 yıl
Yeraltı su seviyesi	2004–2023	20 yıl ^A
Buharlaşma-terleme	1991–2020	30 yıl
Toprak nemi modellendi	1991–2020	30 yıl
Toprak nemi gözlemlendi	2008–2022	15 yıl
Kar suyu eşdeğeri	1991–2020	30 yıl
Karasal su depolama (TWS)	2002–2020	19 yıl

^ABrezilya, Bulgaristan, Kosta Rika ve İsrail için 10 yıl

KÜRESEL HİDROLOJİK MODELLEME SİSTEMLERİ

2023 raporu ağırlıklı olarak modelleme topluluğundan alınan GHMS'lerden elde edilen sonuçları kullanır. Geliştirilmiş kullanılabilirliğe rağmen, gözlemlenen deşarj verileri tutarlı bir küresel genel bakış sağlamak için hala yeterli değildi ve deşarj verileri için alternatif bir kaynağa ihtiyaç duyuluyordu. Birden fazla GHMS tarafından üretilen simüle edilmiş deşarj, seviye 4 Hydrosheds veri setinin işlenmesinden sonra elde edilen alt havza haritası kullanılarak analiz edildi (Şekil A1).

Modelleme çalışmasında toplam 10 GHMS kullanıldı:

- Dünya çapında HYPE v1.3.9⁴⁴
- SuGAP 2.2e⁴⁵
- CSSPv2 Bağlantılı Yüzey-Yeraltı İşlemi (CSSPv2)⁴⁶



- Mezoskalalı Hidrolojik Model (mHM)^{47,48,49}
- DHI-GHM⁵⁰
- CaMa-Barajlı Taşkın^{51,52}
- Bugünün Dünyası – Küresel (TEJRA55)^{53,54}
- Küresel Sel Farkındalık Sistemi (GloFAS)^{55,56}
- Wflow_sbm^{57,58,59}
- JEOPARLAMALAR⁶⁰

Küresel hidrolojik modelleme topluluğundan, seçtikleri 986 havza için 1991-2020 yılları ve 2023 hedef yılı için kendi seçtikleri meteorolojik girdi verilerini kullanarak tarihsel simülasyonlar sağlamaları istendi. Çıktıları göndermeden önce, modelleme ekiplerinin model ve girdi veri kaynakları hakkında gerekli teknik ayrıntıları sunan bir modelleme sözlüğünü tamamlamaları gerekiyordu. Simülasyonlardaki olası belirsizlikleri gidermek için bir model topluluğu kullanıldı ve 2023 deşarj sıralaması başlangıçta her havza için her modelden simüle edilen deşarj için yapıldı, ardından her havza için tüm modeller arasında ortalaması alındı (bkz. [Değişken sıralama](#)) (Daha fazla ayrıntı için bölüme bakınız).

Tablo A3 çeşitli GHMS'lerin teknik bir dökümünü gösterir ve **Modellenmiş sonuçların doğrulanması** bölüm, modellerin mekansal kapsamını özetler ve her havza için her model tarafından simüle edilen eğilimlerin grafiksel bir gösterimini sağlar. Zaman kısıtlamaları nedeniyle, tüm modelleme grupları arasında model kurulumu için girdi veri kaynaklarını homojenleştirmek mümkün değildi. İklim zorlamasıyla ilgili olarak, tüm GHMS'ler ERA5 yeniden analiz verilerini kullandı,⁶¹ HydroGFD tarafından sürülen WWH ve TEJRA55 modelleri hariç⁶² ve JRA-55⁶³ sırasıyla veri kümeleri.

NEHİR DEŞARJI

GÖZLEMLENEN VERİLER VE MODELLENEN SONUÇLARIN DOĞRULANMASI

2023 yılı için GRDC ve NMHS'lerden deşarj verilerinin genel kullanılabilirliği

Gözlemlenen deşarj verileri GRDC'den elde edildi⁶⁴ ve NMHS'lerden alındı. Gözlemlenen verilerin potansiyel hacmini artırmak için iki seçim kriteri ayarlandı: tarihsel dönemin, modellenmiş veriler için olduğu gibi 30 yıl yerine en az 20 yılı kapsamına izin verildi ve henüz kalite kontrollerine tabi tutulmamış veri kümeleri dahil edildi. NMHS'ler ayrıca veri hassasiyeti durumunda hesaplanmış anomaliler sağlayabilir.

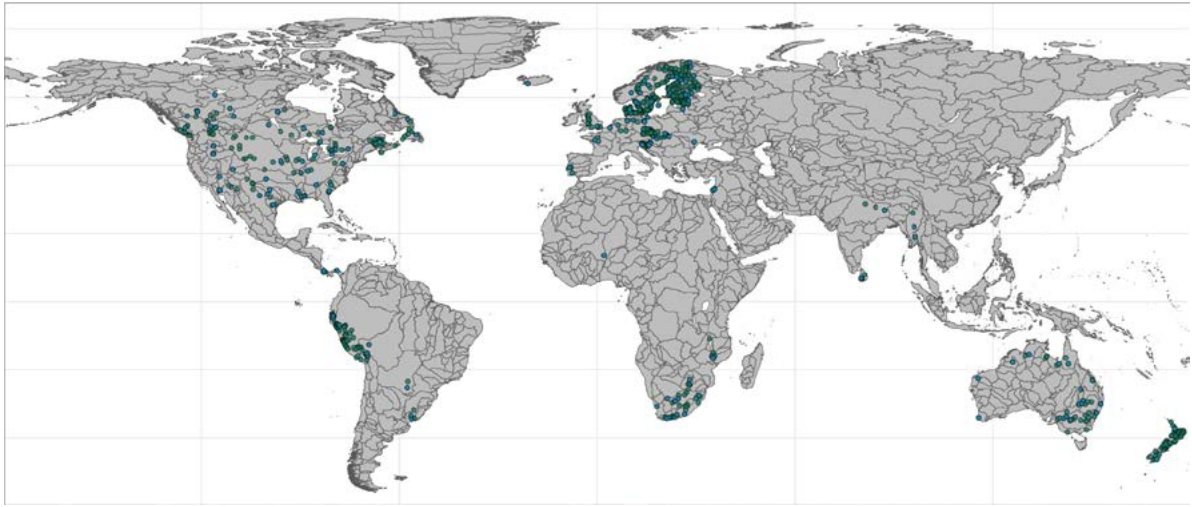
Toplamda, 2023 yılı için 713 istasyondan gözlemlenen veriler GRDC veritabanından ve NMHS'lerden toplandı. Daha ayrıntılı analiz için toplam havuzdan iki alt küme türetildi. 2023'te en fazla 20 günlük eksik veriye sahip 713 istasyondan oluşan ilk alt küme, 2023 deşarj anomalisini değerlendirmek için seçildi. 131 istasyondan oluşan ikinci alt küme, GHMS'lerin sonuçlarını doğrulamak için belirlendi. Bu istasyonlar, gözlenen ve modellenen veriler arasında daha yakın bir eşleşme sağlamak için seçilen HydroBASIN çıkışına yakınlıklarına göre 713 istasyondan seçildi.

Tablo A3. Raporda kullanılan küresel hidrolojik modelleme sistemlerinin özellikleri

<i>Model adı</i>	<i>Kurum</i>	<i>Mekansal kapsam</i>	<i>Mekansal model çözünürlük</i>	<i>İklim verileri kullanılan ürün</i>
SuGAP 2.2e	Goethe Üniversitesi Frankfurt	Küresel	0,5° × 0,5°	GSWP3-ERA5
Bağlayıcı Yüzey-Yeraltı İşlemi sürüm 2 (CSSPv2)	Atmosfer Fiziği Enstitüsü, Çin Bilimler Akademisi	Küresel	0,25°	ERA5 ile yağış değiştirildi MSWEPv2 tarafından
Mezokalalı Hidrolojik Model (mHM)	Helmholtz Merkezi Çevresel Araştırma – UFZ	İki kurulum mevcuttur: (1) küresel ve (2) ayrı ayrı belirlenmiş ve kalibre edilmiş GRDC havzaları	Son versiyon 0,25°'ye dayalı çözünürlük	ERA5
Dünya çapında HYPE (WWH) sürüm 1.3.9	İsveç Meteoroloji ve Hidroloji Enstitüsü (SMHI)	Tüm kıtalar hariç Antarktika	Ortalama olarak 1 000 km ₂	HidroGFD
DHI-GHM	DHI	Model, dünyanın 80°K ile 60°G arasındaki kara yüzeyini kapsıyor	0,1° × 0,1°	ERA5
CaMa-Barajlı Taşkın	Tokyo Üniversitesi	90K°–60°G, 180°B–180°D (Grönland hariç)	0,25° enlem/boylam derece	ERA5-arazi akışı
Bugünün Dünyası – Küresel (TEJRA55)	Tokyo Üniversitesi/Japonya Uzay Araştırma Ajansı	90K°–60°G, 180°B–180°D (Grönland hariç)	0,25° enlem/boylam derece	JRA-55
Küresel Sel Farkındalığı Sistem (GloFAS)	Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC)	Antarktika hariç küresel (90°K–60°G, 180°B–180°D)	0,05° (~5 km, kareli)	ERA5
Jeoışlıtlar	Brigham Young Üniversitesi	Küresel	Düzensiz ızgara, ~150 km ₂	ERA5
Wflow_sbm	Deltalar	Küresel	30 yay saniyesi (0,0083° ~ 1 km)	ERA5

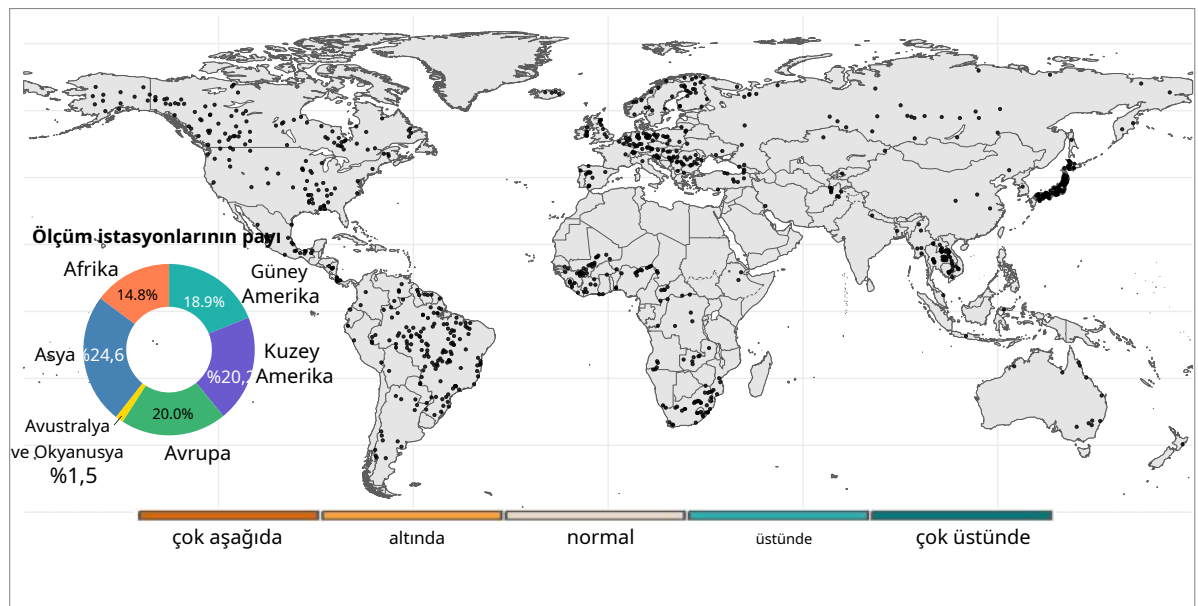
Şekil A2, 2023 yılı için deşarj anomalisi analizi için GRDC veritabanından ve NMHS'lerden veri alınan 713 ölçüm cihazının yerini ve bunların bulunduğu ilgili Hidrohavzaları da içeren modelleme sonuçlarının doğrulanması için seçilen 131 ölçüm cihazının yerini göstermektedir. GHMS topluluğundan tahmin edilen 2023 akış hızının sıralamasının, daha ince bir mekansal ölekte gözlenen akış hızı verilerinden elde edilen sonuçlardan farklı olabileceğini unutmayın. Bu nedenle WMO, bu raporda sunulan değerlendirmeler gibi doğru küresel ürünler üretmek için yerel yerinde verilerin kullanılabilirliğinin önemini vurgulamaktadır.

Şekil A3, ölçüm istasyonunun ölçüm deşarjını ve uzaktan algılama gözlemlerini birleştiren GRDC Uzaktan Algılama Tabanlı Uzantısı (RSEG) veri setinden elde edilen 828 ölçüm istasyonunun yerlerini göstermektedir.⁶⁵Bu ürün, uzaktan algılama verilerinden türetilen stokastik parametrik olmayan bir eşleme algoritması kullanarak GRDC zaman serisini genişletir.



Şekil A2. GRDC veritabanındaki ölçüm cihazlarının konumu ve NMHS'lerden veri alınanlar (yeşil noktalar) ve doğrulama için seçilenler ile bu ölçüm cihazlarının bulunduğu ilgili Hidro Havzalar (mavi noktalar)

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.



Şekil A3. GRDC Uzaktan Algılama Tabanlı Uzantısı (RSEG)'nden veri elde edilen ölçüm cihazlarının konumu

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

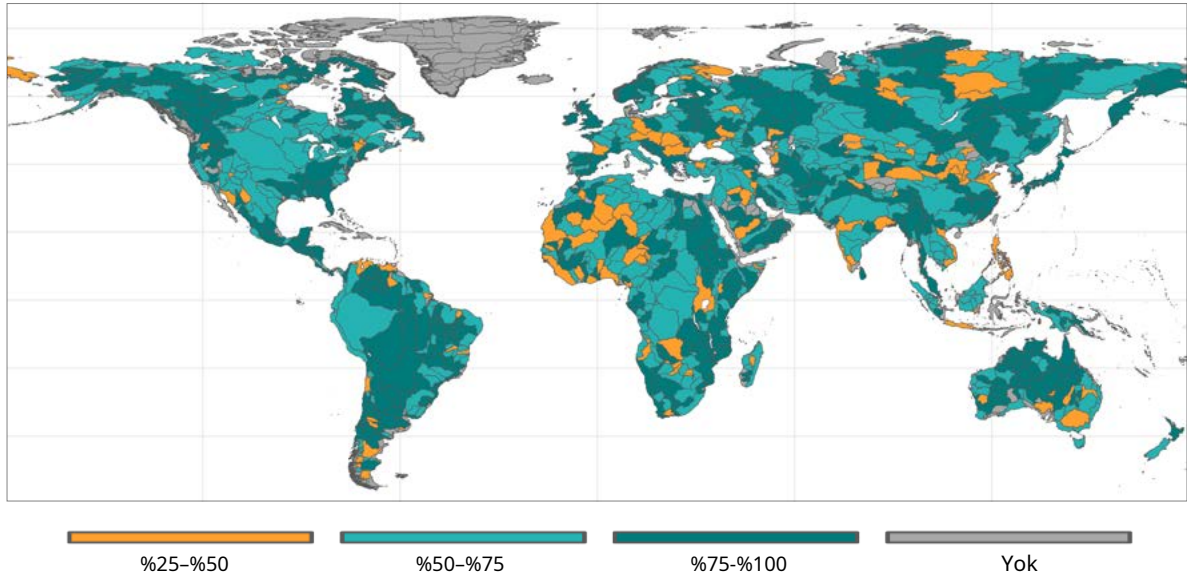
MODELLEŞTİRİLMİŞ SONUÇLARIN DOĞRULANMASI

GHMS simülasyonlarından elde edilen deşarj sıralaması, mevcut gözlemlenen verilerden elde edilen deşarj sıralaması ile doğrulandı. 2023'ten itibaren akış gözlemlerinin yıllık ortalamaları, her WMO havzasında (gözlemlenen akış verilerinin mevcut olduğu yerlerde) hidrolojik normallere (en az 20 yıllık akış gözlemlerinden elde edilen) göre sıralandı. 2023 yılı için simüle edilen ve gözlenen verilerden elde edilen deşarj sıralamaları, uzun vadeli normale göre değişim işaretine göre sınıflandırıldı (yani, "altında", "üstünde" veya "normal") ve daha sonra birbirleriyle karşılaştırıldı. Aşağı akıştaki bazı birimlerin (WMO havza sınıflandırmasına göre) yukarı akış havzalarından önemli miktarda su kaynağı ithal ettiği büyük havzalarda, modellenmiş verilerden elde edilen sonuçlar ile WMO havzası başına yalnızca bir ölçüm cihazı için yapılan gözlemler arasında yapılan karşılaştırmalar/doğrulamalar yanlış sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, sonuçlardaki belirsizlikleri en aza indirmek için gelecekte ara ölçüm cihazlarından gelen gözlemlerin kullanılması veya havza alanlarının yeniden tanımlanması düşünülmelidir.

Şekil A4, her havza için simülasyon görevinde kullanılan GHMS'ler arasında ortalamaya (yukarıda, aşağıda, normal (yani, değişiklik yok)) göre yıllık nehir deşarjının durumuyla ilgili model uyumunu göstermektedir. Sonuçlar, GHMS'lerin %50'sinden fazlasının küresel olarak alanın %97'si için eğilimlerin işareti konusunda hemfikir olduğunu göstermektedir. Dahası, Avustralya ve Güney Amerika için uyum daha yüksektir ve %75 ile %100 arasındadır.

Şekil A5Seçili havzalar için 2023 yılı için gözlenen deşarj anomalisini sunar.**Şekil A6** 2023 deşarjı için trend simülasyonlarının doğrulamasını gösterir. Simüle edilen ve gözlenen trendlerin değişim yönü konusunda uyuşmadığı alanlar karma ile gösterilir.

Modellenmiş sonuçların doğrulanması, 2023 yılı için Yeni Zelanda, Avustralya'nın doğu ve kuzey kısmı, Myanmar, kuzey Hindistan, Birleşik Krallık, Norveç, Finlandiya, Letonya, Estonya, Avusturya, Slovakya, Macaristan, Ukrayna'nın doğu kısmı, Kanada'nın batı kısmı, Amerika Birleşik Devletleri'nin doğu ve güney kısmı ve Paraguay'da gözlenen ve simüle edilen anomaliler arasında uyum olduğunu gösterdi. Modellenmiş eğilimler gözlemlerle uyuşmuyor

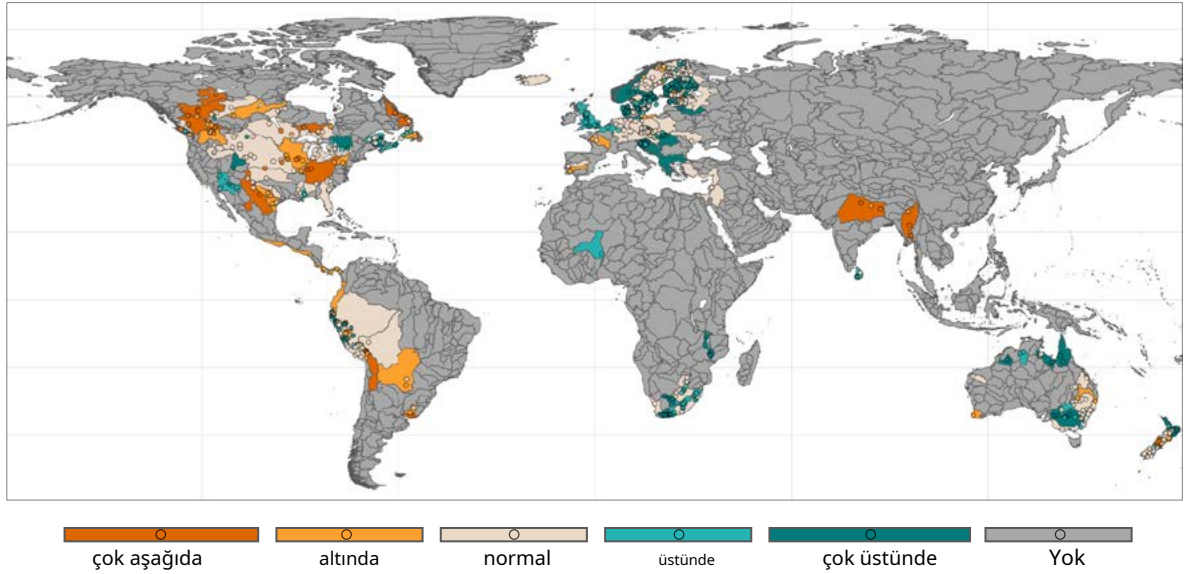


Şekil A4.Her havza için ortalamaya (yukarıda, aşağıda, normal) göre yıllık nehir debisindeki değişikliklerin işareti konusunda hemfikir olan GHMS'lerin payı

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

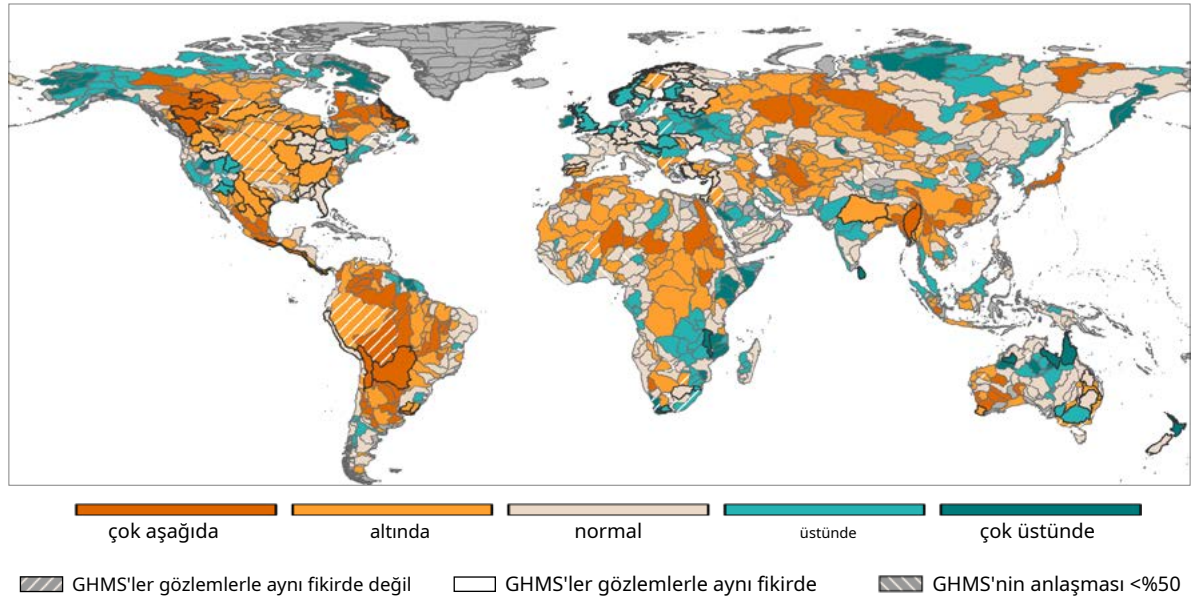
Avrupa'nın güney kesiminde (örneğin Yunanistan ve Arnavutluk), İsveç'te, Güney Afrika'da, Amazon'un üst kesiminde ve Amerika Birleşik Devletleri'nin orta kesiminde. Genel olarak, GHMS simülasyonları mevcut gözlem verilerine sahip havzaların %69'undaki gözlemlerle uyumludur.

Bazı bölgelerde (örneğin Büyük Britanya ve İrlanda) modellerin çözünürlükleri arasında bir uyumsuzluk vardı (10.000 km'nin üzerindeki su havzaları)₂(analiz için seçildi) ve gözlemlenen



Şekil A5.2023'te nehir deşarjı, 1991-2020 tarihsel dönemine göre sıralanmıştır. Burada sunulan sonuçlar, NMHS'lerden ve GRDC veritabanından elde edilen gözlemlenen deşarj verilerinden türetilmiştir. Noktalar, alınan gözlemlenen ölçüm cihazlarının yerini temsil eder. Gri alanlar eksik deşarj verilerini gösterir.

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

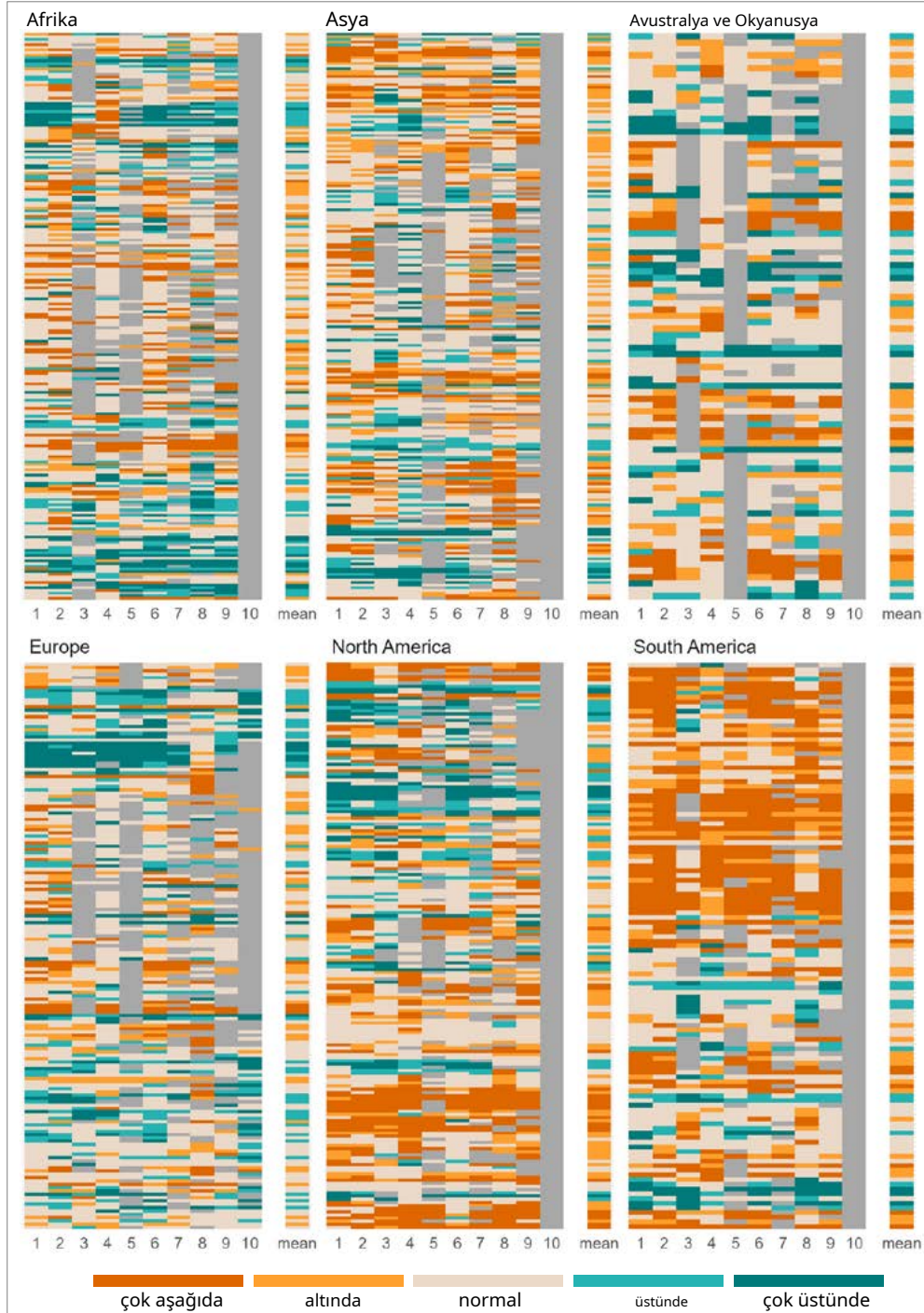


Şekil A6.2023 deşarjı için trend simülasyonlarının doğrulanması. Simüle edilen ve gözlemlenen trendlerin değişim yönü konusunda hemfikir olduğu alanlar kalın bir ana hatla gösterilmiştir. GHMS'lerin birbirleriyle uyummadığı alanlar sola eğik karma ile işaretlenmiştir ve GHMS'lerin gözlemlerle uyummadığı alanlar sağa eğik karma ile işaretlenmiştir.

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

veri kümeleri. Birleşik Krallık için bir "ulusal çıkış" veri dizisinin sağlanması, bu model sonuçlarının basit bir şekilde doğrulanmasına olanak sağladı, ancak bu durum küçük uluslarda ölçeğin önemini ve ilgili havzaların daha iyi mekansal temsiline olan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Şekil A7, 10 GHMS'den her havza için elde edilen deşarj sıralaması sonuçlarını sunar. Wflow_sbm modelinin sonuçları yalnızca Avrupa için sunulur.



Şekil A7. Her bir GHMS'nin bölgelere göre gruplandırılmış hali olan her bir havza için 2023 yılı için simüle edilmiş deşarj sıralamaları.
Not: 1 - DHI-GHM, 2 - GloFAS, 3 - TEJRA55, 4 - WWH, 5 - mHM, 6 - WaterGAP 2.2e, 7 - CaMa-Flood, 8 - CSSPv2, 9 - GEOGLWS, 10 - Wflow_sbm. Gri alan, belirli bir havza için veri değeri olmadığını gösterir.



REZERVUARLAR

SEÇİLMİŞ REZERVUARLARA GİRİŞ

Dünya genelinde 926 rezervuara gelen akışa ilişkin modellenmiş sonuçlar üç ana kaynaktan elde edildi: Wflow_sbm,⁶⁶CaMa-Barajlı Taşkın^{67,68}ve WWH.⁶⁹Rezervuarlar bu üç kaynak arasındaki örtüşmeye göre seçildi ve GRanD id'lerine göre tanımlandı.⁷⁰ Seçili GRanD rezervuarlarına günlük giriş 1991–2023 dönemi için hesaplanmıştır.

Wflow_sbm:⁷¹Seçilen GRanD rezervuarları için 1991–2023 dönemi için günlük giriş ve günlük rezervuar hacimleri hesaplandı.

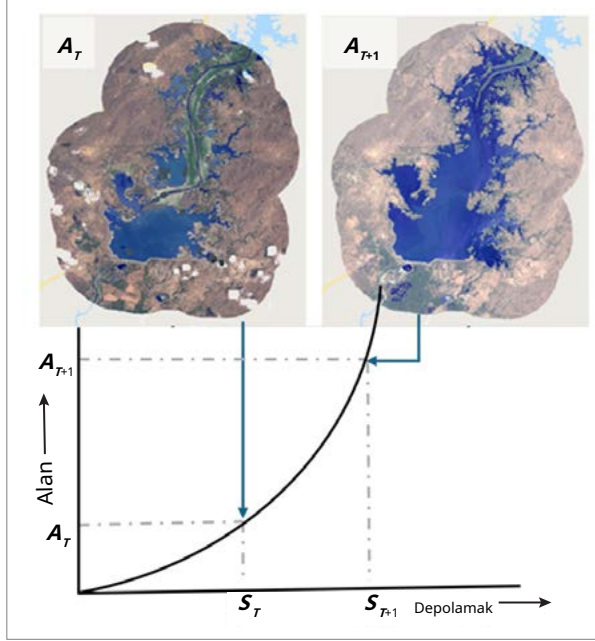
CaMa Barajlı Taşkın:CaMa-Flood modeli⁷²Hanazaki ve diğerleri tarafından hazırlanan Baraj işletme şemasıyla birlikte,⁷³küresel simülasyonlar yürütmek için kullanıldı. Model, en az 1.000 km²'lik drenaj alanına sahip 2.169 küresel baraj ve rezervuarı kapsayan nehir akışlarını simüle edebilir.⁷⁴Modeldeki her bir rezervuara ait baraj adı, koordinatları, depolama kapasitesi ve drenaj alanı gibi bilgiler GRanD'den alınan bilgilere dayanmaktadır.⁷⁴Hanazaki ve diğerleri tarafından yapılan model yapılandırması,⁷⁵MERIT Hydro'yu kullanarak 0,25°'lik mekansal çözünürlükte küresel simülasyonlara olanak tanır.⁷⁶temel topografya olarak. Aynı model yapılandırma ayarları, ERA5-Land yeniden analiz verilerini kullanarak⁷⁷1991'den 2023'e kadar akış zorlaması için, mevcut küresel simülasyonlar için kullanılmıştır. Modelin zamansal çözünürlüğü bir saattir. Ancak, raporlama gereklilikleri göz önünde bulundurularak, çıktılar 24 saatlik aralıklarla hazırlanmıştır.

Modelin Baraj işletme şemasıyla kalibrasyonu mevcut değildir. Ancak, Hanazaki ve ark.⁷⁸2001'den 2019'a kadar uzanan simülasyonlara dayalı model doğrulaması yürütüldü. Modelin doğrulaması, GRDC ve dünya çapındaki diğer kurumlardan 687 ölçüm cihazının (barajların aşağı akışında bulunan) günlük akış deşarjı için erişilebilirdir. Deşarj hidrograflarının gözlemlere kıyasla doğruluğu, Nash-Sutcliffe verimliliğinin (NSE) hesaplanmasıyla değerlendirildi⁷⁹ ve tepe deşarj hatası (PDE).⁸⁰687 adet küresel ölçüm cihazına ek olarak, Seminole ve Trinity rezervuarlarında giriş, çıkış ve depolama için yerinde gözlem verileri kullanılarak doğrulama da yapılabilir.

Dünya çapında HYPE v1.3.9: 1991–2023 dönemi için GRanD rezervuarlarına günlük giriş ve günlük rezervuar hacmi sağlandı. Dünya çapında HYPE modeli, 2.475 deşarj göstergesi kullanılarak kademeli bir şekilde kalibre edildi ve ek 2.863 bağımsız deşarj göstergesine göre değerlendirildi.⁸¹ Model yaklaşık 13.000 göl ve 2.500 rezervuar içeriyor. Bunlar GRanD veritabanından alınan bilgilere dayanarak genel bir şekilde tanımlanıyor. Birkaç yer dışında, rezervuarların çalışma rutinleri henüz WWH'de kalibre edilmedi.

REZERVUAR DEPOLAMA

Havza genelindeki rezervuar depolamalarındaki anomaliler, Biswas ve ark. tarafından açıklanan metodolojiye uygun olarak hesaplandı.⁸²Dünya çapında farklı baraj veri kümelerinden toplam 50.068 rezervuar seçildi.^{83,84,85,86}bunların hepsi dünya çapında seçilen 233 havzanın içindeydi. Seçilen rezervuarların her biri için, alan-yükseklik eğrisi, Küresel Rezervuar Değerlendirme Aracı'nda açıklanan metodolojiyi izleyerek SRTM yükseklik veri kümesi kullanılarak oluşturuldu.⁸⁷Alan-yükseklik eğrisinden, her yükseklik bandı için birikmiş depolama alanı



Şekil A8.1. zaman damgasında yüzey suyu kapsamı ve T-1 ve Aylık depolama hesaplamasında kullanılan alan-yükseklik-depolama eğrisi

Denklem 1 kullanılarak hesaplanan, bireysel rezervuarlar için tam bir alan-yükseklik-depolama eğrisi oluşturuldu. İkinci olarak, her bir rezervuar için su kapsamı alan zaman serisi, uygulama programlama arayüzü (API) ve GWW (Küresel Su İzleme) kullanılarak çıkarıldı⁸⁸ zaman serisi verileri.

$$S_{Ben} = \frac{Bir + Bir}{2} \cdot (H_{Ben} - h_{Ben}) + S_{Ben} \text{ için } Ben=0 \text{ dan } N-1 \quad (1)$$

Neresi S depolama, A alan ve H yüksekliği gösterir.

Su yayılım alanı zaman serileri, birden fazla uydudan (Landsat serisi, Sentinel 2) alınan veriler kullanılarak hazırlandı. Yüzey suyu yayılım alanı zaman serisi verileri daha sonra 2000'den 2023'e kadar uzanan aylık medyan zaman serilerine dönüştürüldü. Bireysel rezervuarın yüzey suyu yayılım alanı zaman serilerinden, alan-yükseklik-depolama eğrisi kullanılarak aylık depolama hesaplandı (Şekil A8'de gösterilmiştir). Son olarak, aylık bireysel rezervuar depolama zaman serileri, 237 havza için aylık havza çapında rezervuar depolama zaman serilerine birleştirildi.

Modellenmiş verilerin referans dönemi (2000–2023) için havza genelindeki aylık rezervuar depolamasının yıllık ortalaması her yıl için hesaplandı ve daha sonra aşağıda açıklanan kurala göre sıralandı: [Anomali hesaplaması](#) bölüm.

GÖLLER

GloLakes ürünündeki göl ve rezervuar depolama verileri, çeşitli uydulardan alınan su seviyeleri ve su kütlesi kapsamalarının uydu ölçümleri ile gerektiğinde yerel topoğrafya bilgilerinin birleştirilmesiyle tahmin edilmektedir.^{89,90} Veri kaydı 1984'ten itibaren uzanmaktadır. Göl ve rezervuar yüzey suyu kapsamalarının dinamikleri Landsat ve Sentinel-2'den yüksek çözünürlüklü optik uzaktan algılama verileri kullanılarak tahmin edilmiştir. Su seviyesi dalgalanmaları ICESat-2 lazer altimetresi ile ölçülmüştür ve Topex/Poseidon, Jason-1, -2, -3 ve Sentinel-3 ve -6 araçlarından gelen radar altimetre verileriyle desteklenmiştir.

Yüzey alanı 0,1 km olan göller için ve 500 km², 1984'ten 2020'ye kadar mutlak su depolama dinamikleri, mevcut su alanı ve çevredeki eğim ölçümlerine dayalı bir jeostatistiksel model kullanılarak tahmin edildi. Tarihsel mutlak su depolama tahminleri, 2020'den sonra radar veya lidar altimetre verileri mevcut olduğunda hacim-yükseklik ilişkisini kullanarak neredeyse gerçek zamanlı izlemeye genişletildi.

Yüzey alanı 500 km'den büyük olan göller için, kapasitedeki yükseklik ve alan, sırasıyla gözlemlenen maksimum yüzey suyu yüksekliği ve kapsamı belirlenerek ve göl depolama hacmi hesaplanarak tahmin edildi. Uydudan türetilen su yüksekliği ve kapsamı aynı anda mevcut değilse, göl depolama hacmi tahminleri, mevcut gözlemlenen yükseklik veya kapsam temelinde hacim-yükseklik veya hacim-kapsam ilişkileri kullanılarak genişletildi.

YERALTI SUYU

Yeraltı suyu seviyelerini raporlamak için kullanılan metodoloji 2023 yılında geliştirildi ve konsolide edildi. Şubat 2024'te yayınlanan ve şu adreste bulunan bir metodoloji raporunda açıklanmaktadır: [IGRAC'ın GitHub deposu](#) Bu belge, verilerin toplanması ve seçimi ile sonuçların haritalanması hakkında tamamlayıcı bilgiler sunmaktadır.

Yeraltı suyu seviyesi izleme verileri 40 ülkeden toplandı. Veriler, mümkünse yeraltı suyu izlemesinden sorumlu kurumların web sitelerinden indirildi. Aksi takdirde, veriler talep edildi. Tablo A4, verilerin her ülke için nasıl toplandığını göstermektedir.

Tablo A4. Ülkelere göre yeraltı suyu veri kaynakları

#	Ülke		Veri kaynağı	Bağlanı
1	Avustralya		İndirildi	http://www.bom.gov.au/water/groundwater/explorer/map.shtml
2	Avusturya		İndirildi	https://ehyd.gv.at/
3	Belçika	Brüksel	İstenildi	Brüksel Başkent Bölgesi Çevre ve Enerji İdaresi
		Valonya	İndirildi	https://piezometrie.wallonie.be/home.html
		Flamanlar	İndirildi	https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/
4	Brezilya		İstenildi	Brezilya Jeolojik Araştırması (SGB)
5	Bulgaristan		İstenildi	Çevre ve Su Bakanlığı – TheExecutive Environment Agency (ExEA)
6	Kanada		İstenildi	Kanada Doğal Kaynakları (NRCan/RNCan)
7	Şili		İstenildi	Su Genel Müdürlüğü (DGA)
8	Kosta Rika		İstenildi	Çevre ve Enerji Bakanlığı – Su Geliştirme Dairesi
9	Küba		İstenildi	Ulusal Hidrolik Kaynakları Enstitüsü (INRH)
10	Çek Cumhuriyeti		İstenildi	Çek Hidrometeoroloji Enstitüsü
11	Danimarka		İndirildi	https://data.geus.dk/JupiterWWW/

12	El Salvador	İstenildi	Çevre Bakanlığı
13	Estonya	İstenildi	Estonya Jeolojik Araştırması
14	Fransa	İndirildi	https://ades.eaufrance.fr/Spip?p=
15	Almanya ^A	İndirildi	https://gruvo.bgr.de/website/fss
16	Macaristan	İstenildi	Macar Hidrolojik Tahmin Servisi
17	Hindistan	İstenildi	Hindistan Su Kaynakları Bilgi Sistemi (WRIS)
18	İrlanda	İndirildi	https://www.epa.ie/
19	İsrail	İstenildi	Hidrolojik Hizmet
20	Jamaika	İstenildi	Su Kaynakları Otoritesi
21	Ürdün	İstenildi	Su ve Sulama Bakanlığı
22	Kore Cumhuriyeti	İstenildi	Kore Su Kaynakları Şirketi (K-WATER)
23	Letonya	İndirildi	https://videscentrs.lv/gmc.lv/noverojumu-arhivs/pazemes/
24	Litvanya	İndirildi	https://www.lgt.lt/epaslaugos/elpaslauga.xhtml
25	Lüksemburg	İstenildi	Su Yönetimi İdaresi
26	Meksika	İstenildi	Ulusal Su Komisyonu (CONAGUA)
27	Namibya	İstenildi	Tarım, Su ve Orman Bakanlığı – Su İşleri ve Ormanlık Dairesi – Su Çevre Dairesi
28	Hollanda	İndirildi	https://www.broloket.nl/ondergrondgegevens
29	Yeni Zelanda	İstenildi	GNS Bilim
30	Norveç	İndirildi	https://www.nve.no/ingilizce/
31	Polonya	İndirildi	https://www.pgi.gov.pl/psh/materiale-informacyjne-psh/
32	Portekiz	İndirildi	https://snirh.apambiente.pt/
33	Slovakya	İstenildi	Slovak Hidrometeoroloji Enstitüsü
34	Güney Afrika	İstenildi	Su ve Sanitasyon Dairesi (DWS)
35	İspanya	İstenildi	Ekolojik Geçiş ve Demografik Sorunlar Bakanlığı (MITECO)
36	İsveç	İndirildi	https://www.sgu.se/grundvatten/grundvattennivaer/matstationer/
37	İsviçre	İstenildi	İsviçre Federal Çevre Ofisi (FOEN)
38	Tayland	İstenildi	Yeraltı Suyu Kaynakları Dairesi (DGR)
39	İngiltere	İstenildi	İngiliz Jeolojik Araştırması (BGS)
40	Amerika	İndirildi	https://cida.usgs.gov/ngwmn/index.jsp

^Aİnternet sitesinde ülkedeki referans izleme istasyonları belirtiliyor ve verilerin indirilebileceği eyalet internet sitelerine bağlantılar veriliyor.

Veri seçme prosedürü, en az bir veri noktasının mevcut olduğu minimum yıl sayısını belirtmek için bir eşikle çalışır. Eşik varsayılan olarak %80 olarak ayarlanmıştır, bu da seçilen zaman serilerinin 20'den en az 16'sı için veriye sahip olduğu anlamına gelir. Ancak, Namibya durumunda eşik 2017-2021 dönemindeki veri boşluklarını karşılamak için %60'a düşürülmüştür.

Çeşitli derinliklerdeki farklı akiferleri izlemek için aynı yerde birkaç sondaj deliği bulunur. Çakışan sondaj deliklerinin net bir gösterimini sağlamak için "yer değiştirme aracı" adı verilen bir coğrafi bilgi sistemi (CBS) aracı kullanılmıştır. Bu araç, Şekil A9'da gösterildiği gibi, çakışan noktaları hafifçe kaydırarak yan yana yerleştirir. Şekildeki ilk örnekte, üç farklı sondaj deliği aynı yerdedir; 2023'teki ortalama yeraltı suyu seviyesi ikisinde "normal" ve üçüncüsünde "normalin üzerinde"dir. İkinci örnekte, iki sondaj deliği aynı yerdedir; 2023'teki ortalama yeraltı suyu seviyesi her ikisinde de "normalin altında"dır.

Daha fazla ayrıntı için şuraya bakın:



Şekil A9. Çakışan sondaj deliklerinin gösterimi

TOPRAK NEMLENDİRMESİ

2023 yılındaki yüzey toprağı nemindeki anormallik üç GHMS'den elde edildi (bkz. [Tablo A1](#) (model adları için) ve 1991–2020 tarihsel dönemine göre sıralanmıştır ([Şekil 9](#)) Aylık bazda kök bölgesi toprak nem modellerini anlamak için (2 m derinlik).

buharlaştırma-terleme

1991-2020 tarihsel dönemine göre 2023 yılında dört mevsim için küresel ölçekte gerçek buharlaştırma, beş GHMS'den türetilmiştir (listelenmiştir) [Tablo A1](#)) ve Hidrobasins seviye 4 belirlemesinden türetilen nehir havzaları üzerinden ortalama alınmıştır.⁹¹

KAR SUYU EŞDEĞERİ

Günlük SWE çıktısı Crocus-ERA5 kar modelinden elde edildi⁹² ve günlük kar kütlesi zaman serisini üretmek için belirli bir kara bölgesi üzerinde toplandı. Daha sonra her su yılı için zirve kar kütlesi değerleri hesaplandı ve ortaya çıkan değer serileri 1991–2020 referans dönemine göre 2023 yüzdelliklerini hesaplamak için kullanıldı.

1991–2023 dönemi için topluluk ortalaması, Mart ortalaması SWE alanları, dört ayrı ızgaralı üründen elde edilen veriler kullanılarak hesaplandı:

(1) Avrupa Uzay Ajansı Snow CCI SWE sürüm 2 ürünü, uydu pasif mikrodalga parlaklık sıcaklıkları ve iklim istasyonu kar derinliği gözlemlerinin bir kombinasyonu yoluyla elde edildi;⁹³

(2) Modern Dönem Araştırma ve Uygulamalar için Retrospektif Analiz sürüm 2 (MERRA-2, GMAO 2015) günlük SWE alanları;

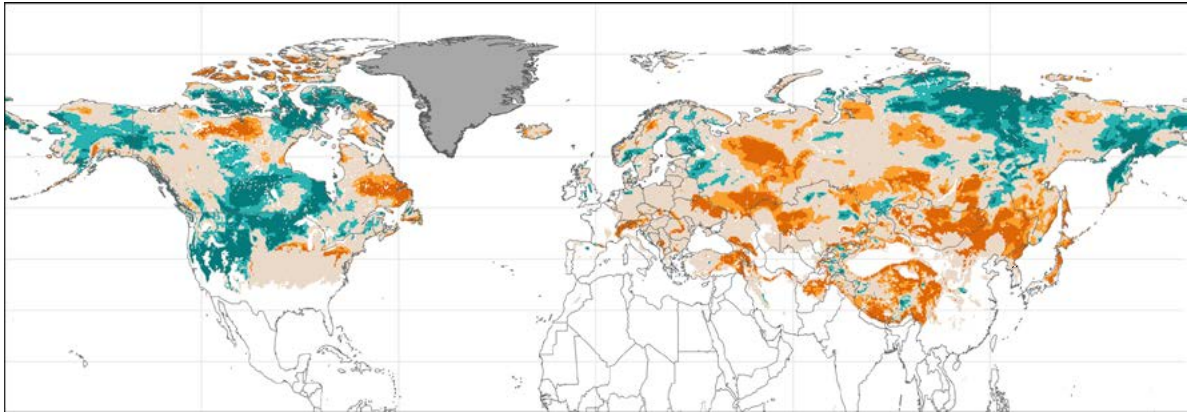
(3) ERA5-Land analizinden SWE çıktısı;⁹⁴

(4) Fiziksel kar örtüsü modeli Crocus⁹⁵ ERA5 meteorolojik zorlaması tarafından yönlendirilmektedir.

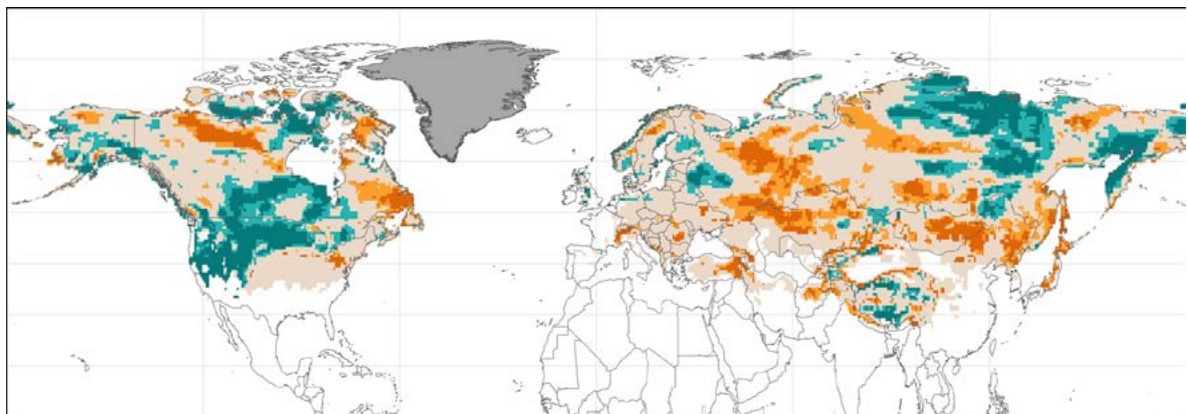
Her üründen Mart ortalaması alanları ortak bir $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ düzenli ızgaraya yeniden ızgaralandı ve birlikte ortalaması alındı. Bu, Arctic Report Card için yıllık olarak güncellenen SWE verilerini üretmek için kullanılan aynı ürün paketidir⁹⁶ ve Amerikan Meteoroloji Derneği Bülteni (BAMS) İklim Durumu Raporu.⁹⁷ Mart 2023 SWE değerleri, piksel bazında 1991–2020 referans dönemi kullanılarak yüzdelik değerlere dönüştürüldü.

Ek olarak, Kuzey Yarımküre'deki Mart SWE 2023 için elde edildi ve iki GHMS'ye dayalı olarak 1991–2020 referans dönemiyle karşılaştırıldı: mHM ve TEJRA55. Sonuçlar Şekil A10'da sunulmuştur.

mHM



TEJRA55



çok aşağıda altında normal üstünde çok üstünde Yok

Şekil A10. Mart 2023 kar suyu eşdeğer anomalisi referans dönemiyle (1991–2020) karşılaştırıldı

Not: Bu haritada gösterilen sınırlar ve isimler ve kullanılan tanımlamalar Dünya Meteoroloji Örgütü veya Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.



KARASAL SU DEPOLAMA

KÜRESEL

Uydu gravimetrisi, yüzey suyu, toprak nemi, yeraltı suyu ve kar ve buz dahil olmak üzere tüm su sütununu gözlemleyebilen tek uzaktan algılama tabanlı yöntemdir. Bu rapor, Yerçekimi Kurtarma ve İklim Deneyi (GRACE) görevi (2002–2017) ve halefi GRACE-Follow-On (Grace-FO) (2018'den beri) ile gözlemlenen 2002 ve 2023 yılları arasındaki TWS anomalisinin bir analizini sunmaktadır.^{98,99} GRACE verileri, 2004-2009 başlangıç değerine kıyasla TWS anomalisini sağlar ve ardından Denklem 2, TWS anomalisini 2002-2020 başlangıç değerine kıyasla ayarlamak için kullanılır.

Denklem 2'ye göre eşdeğer su yüksekliklerindeki TWS anomali santimetre olarak hesaplandı:

$$TWS_{anomali} = TWS - \bar{TWS} \quad (2)$$

Neresi (cm) TWSayın değeri Tcari yılın ve X-uzun vadeli ortalamadır TWS (cm), 2002-2020 yılları için hesaplanmıştır. Eşdeğer su yüksekliği, dikkate alınan bütün su sütununun teorik ortalama yüksekliğidir.

2023 yılı için TWS, taburculuk için kullanılabenzer bir şekilde sıralandı. Ancak, TWS verilerinin zaman serisi yıllık değerlere göre sıralama yapmak için çok kısaydı (19 yıl), bu nedenle her ay için bir endeks hesaplandı ve ardından yıllık ortalama değerlere toplandı.

KARASAL SU DEPOLAMA ÜZERİNE VAKA ÇALIŞMASI

Orta Avrupa'daki hidrolojik durumu ele alan vaka çalışmasında, ilgi çeken temel değişken yer altı suyu depolanmasındaki anormalliktir.

Yeraltı suyu depolaması, ParFlow entegre hidrolojik modelinden elde edilen prognostik çıktıya ve her model katmanı ve ızgara elemanı için dış parametre alanları aracılığıyla sağlanan öngörülen ParFlow toprak hidrolik özelliklerine dayanarak Denklem 3'te olduğu gibi hesaplandı:

$$S = \text{doygunluk} \Phi \quad aZ \quad (3)$$

Nerede S(D) model katmanı başına su depolaması nedir, doygunluk Φ (–) simüle edilmiş bağıl doygunluktur, Φ (–) indeksi bir ızgara elemanı için gözenekliliktir ben, şak, kyanal ve dikey yönde ve dz(D) her model katmanının dikey uzantısıdır; katmanlar yanal olarak sabit bir kalınlığa sahiptir.

Toplam yeraltı suyu depolaması, eklenerek elde edilebilir. S dikey eksen boyunca genel model katmanları; burada kullanılan verilerde, bu değişken kalınlıkta 15 katmandır ve dikey model uzantısı –60 m'den 0 m'ye kadardır. Yüzeye yakın kök bölgesi su depolaması, –2 m'den 0 m derinliğe kadar en üstteki 9 katman için sağlanmıştır.

Dipnotlar

- ¹ Lehner, B.; Verdin, K.; Jarvis, A. Uzaydan Taşınan Yükseklik Verilerinden Türetilen Yeni Küresel Hidrografi. *Eos, İşlemler Amerikan Jeofizik Birliği* **2008**, 89(10), 93–94. <https://doi.org/10.1029/2008EO100001>.
- ² Küresel Akış Veri Merkezi (GRDC). *WMO Havzaları ve Alt Havzaları*, 3. rev. ext. ed., Federal Hidroloji Enstitüsü (BfG): Koblenz, Almanya, 2023.
- ³ Elmi, O.; Tourian, MJ; Saemian, P. ve diğerleri. GRDC Deşarj Zamanı Serisinin Uzaktan Algılama Tabanlı Uzantısı – Belirsizlik Tahminlerine Sahip Aylık Bir Ürün. *Bilimsel Veriler* **2024**, 11(1), 240. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03078-6>.
- ⁴ van Verseveld, WJ; Weerts, AH; Visser, M. ve diğerleri. Wflow_sbm v0.6.1, Mekansal Olarak Dağıtılmış Bir Hidrolojik Model: Küresel Verilerden Yerel Uygulamalara. *Jeobilimsel Model Geliştirme Tartışmaları* **2022**[ön baskı]. <https://doi.org/10.5194/gmd-2022-182>.
- ⁵ Yamazaki, D.; Kanae, S.; Kim, H. ve diğerleri. Küresel Nehir Yönlendirme Modelinde Taşkın Ovası Su Baskın Dinamiklerinin Fiziksel Tabanlı Bir Tanımı. *Su Kaynakları Araştırması* **2011**, 47(4). <https://doi.org/10.1029/2010WR009726>.
- ⁶ Arheimer, B.; Pimentel, R.; Isberg, K. ve diğerleri. Dünya çapında HYPE (WWH), açık veri ve kademeli parametre tahmini kullanılarak küresel havza modellemesi. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri* **2020**, 24(2), 535–559. <https://doi.org/10.5194/hess-24-535-2020>.
- ⁷ Biswas, NK; Hossain, F.; Bonnema, M. ve diğerleri. Mevcut ve Planlanan Rezervuarların Hidrolojik Etkilerini ve İşletme Modellerini Tahmin Etmek İçin Küresel Bir Rezervuar Değerlendirme Aracına Doğru. *Çevresel Modelleme ve Yazılım* **2021**, 140, 105043. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105043>.
- ⁸ Hou, J.; van Dijk, AIJM; Beck, HE ve diğerleri. Uzaktan Algılanan Rezervuar Suyu Depolama Dinamikleri (1984–2015) ve Küresel Ölçekte İklim Değişkenliği ve Yönetiminin Etkisi. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri* **2022**, 26(14), 3785–3803. <https://doi.org/10.5194/hess-26-3785-2022>.
- ⁹ Hou, J.; Van Dijk, AIJM; Renzullo, LJ ve diğerleri. GloLakes: Uydu Altimetrisi ve Optik Görüntülemelerden Türetilen 1984'ten Günümüze Dünya Çapında 27.000 Göl İçin Su Depolama Dinamikleri. *Dünya Sistem Bilimi Verileri* **2024**, 16(1), 201–218. <https://doi.org/10.5194/essd-16-201-2024>.
- ¹⁰ Küresel Akış Veri Merkezi (GRDC). *WMO Havzaları ve Alt Havzaları*, 3. rev. ext. ed., Federal Hidroloji Enstitüsü (BfG): Koblenz, Almanya, 2023.
- ¹¹ Müller Schmied, H.; Cáceres, D.; Eisner, S. ve diğerleri. Küresel Su Kaynakları ve Kullanım Modeli WaterGAP v2.2d: Model Tanımı ve Değerlendirmesi. *Jeobilimsel Model Geliştirme* **2021**, 14(2), 1037–1079. <https://doi.org/10.5194/gmd-14-1037-2021>.
- ¹² Müller Schmied, H.; Trautmann, T.; Ackermann, S. ve diğerleri. Küresel Su Kaynakları ve Kullanım Modeli WaterGAP v2.2e: Değişikliklerin ve Yeni Özelliklerin Tanımlanması ve Değerlendirilmesi. *Jeobilimsel Model Geliştirme Tartışmaları* **2023** [ön baskı]. <https://doi.org/10.5194/gmd-2023-213>.
- ¹³ Yuan, X.; Ji, P.; Wang, L. ve diğerleri. Sanjiangyuan Üzerindeki Hidrolojik Değişimlerin Yüksek Çözünürlüklü Kara Yüzeyi Modellemesi Doğu Tibet Platosu Bölgesi: 1. Model Geliştirme ve Değerlendirme. *Dünya Sistemlerinin Modellenmesinde İlerlemeler Dergisi* **2018**, 10(11), 2806–2828. <https://doi.org/10.1029/2018MS001412>.
- ¹⁴ Samaniego, L.; Kumar, R.; Attinger, S. Şebeke Tabanlı Bir Hidrolojik Modelin Çok Ölçekli Parametre Bölgeselleştirilmesi Mezokala. *Su Kaynakları Araştırması* **2010**, 46(5). <https://doi.org/10.1029/2008WR007327>.
- ¹⁵ Kumar, R.; Samaniego, L.; Attinger, S. Dağıtılmış Hidrolojik Model Parametrelendirmesinin Su Akışları Üzerindeki Etkileri Çoklu Ölçek ve Lokasyon. *Su Kaynakları Araştırması* **2013**, 49(1), 360–379. <https://doi.org/10.1029/2012WR012195>.
- ¹⁶ Samaniego, L.; Kaluza, M.; Kumar, R. ve diğerleri. *Mezokala Hidrolojik Model*; Zenodo, 2019. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3239055>.
- ¹⁷ Arheimer, B.; Pimentel, R.; Isberg, K. ve diğerleri. Dünya çapında HYPE (WWH), Açık Veri ve Adımsal Parametre Tahmini. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri* **2020**, 24(2), 535–559. <https://doi.org/10.5194/hess-24-535-2020>.
- ¹⁸ Murray, AM; Jørgensen, GH; Godiksen, PN ve diğerleri. DHI-GHM: Tüm Gezegen için Gerçek Zamanlı ve Tahmini Hidroloji. *Hidroloji Dergisi* **2023**, 620, 129431. <https://doi.org/10.1016/j.jhidrol.2023.129431>.
- ¹⁹ Hanazaki, R.; Yamazaki, D.; Yoshimura, K. Küresel Taşkın Modelleri için Bir Rezervuar Taşkın Kontrol Planının Geliştirilmesi. *Dünya Sistemlerinin Modellenmesinde İlerlemeler Dergisi* **2022**, 14(3), e2021MS002944. <https://doi.org/10.1029/2021MS002944>.
- ²⁰ Yamazaki, D.; Kanae, S.; Kim, H. ve diğerleri. Küresel Bir Nehirdeki Taşkın Ovası Su Baskını Dinamiklerinin Fiziksel Temelli Bir Tanımı Yönlendirme Modeli. *Su Kaynakları Araştırması* **2011**, 47(4). <https://doi.org/10.1029/2010WR009726>.



- ²¹Yoshimura, K.; Sakimura, T.; Oki, T. ve diğerleri. Taşkın Riski Tahminine Doğru: 29 Yıllık Bir Nehir Tahmini Kullanan İstatistiksel Bir Yaklaşım Japonya Üzerinde Deşarj Simülasyonu. *Hidrolojik Araştırma Mektupları***2008**, 2, 22–26. <https://doi.org/10.3178/hrl.2.22>.
- ²²Ma, W.; Ishitsuka, Y.; Takeshima, A. ve diğerleri. 2019 Hagibis Tayfunu için Ülke Çapında Bir Sel Tahmin Sisteminin Uygulanabilirliği. *Bilimsel Raporlar***2021**, 11(1), 10213. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89522-8>.
- ²³Alfieri, L.; Burek, P.; Dutra, E. ve diğerleri. GloFAS – Küresel Toplu Akış Tahmini ve Sel Erken Uyarısı. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri***2013**, 17(3), 1161–1175. <https://doi.org/10.5194/hess-17-1161-2013>.
- ²⁴Grimaldi, S.; Salamon, P.; Disperati, J. ve ark. *GloFAS v4.0 Hidrolojik Yeniden Analiz*. Avrupa Komisyonu, Ortak Araştırma Merkez (JRC), 2022 [Veri Seti]. <http://data.europa.eu/89h/f96b7a19-0133-4105-a879-0536991ca9c5>.
- ²⁵van Verseveld, WJ; Weerts, AH; Visser, M. ve diğerleri. Wflow_sbm v0.6.1, Mekansal Olarak Dağıtılmış Bir Hidrolojik Model: Küresel Verilerden Yerel Uygulamalara. *Jeobilimsel Model Geliştirme Tartışmalar***2022**[ön baskı]. <https://doi.org/10.5194/gmd-2022-182>.
- ²⁶Imhoff, R.; Brauer, C.; van Heeringen, K.-J. ve diğerleri. Operasyonel Radar Yağış Önyargısının Azaltılması için İklimsel Bir Ölçüt. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri***2021**, 25(7), 4061–4080. <https://doi.org/10.5194/hess-25-4061-2021>.
- ²⁷Eilander, D.; van Verseveld, W.; Yamazaki, D. ve diğerleri. Ölçek Değişmez Parametrelendirme için Bir Hidrografi Yükseltme Yöntemi Dağıtılmış Hidrolojik Modeller. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri***2021**, 25(9), 5287–5313. <https://doi.org/10.5194/hess-25-5287-2021>.
- ²⁸Hales, RC; Nelson, EJ; Souffront, M. ve diğerleri. GEOGloWS ECMWF ile Küresel Hidrolojik Modellemeyi Geliştirme Streamflow Hizmeti. *Taşkın Risk Yönetimi Dergisi***2022**, e12859. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12859>.
- ²⁹Belleflamme, A.; Goergen, K.; Wagner, N. ve diğerleri. Etki Ölçeğinde Hidrolojik Tahmin: Entegre ParFlow Almanya'da İklim Dayanıklı Su Kaynakları Yönetimi için 0,6 Km'de Hidrolojik Model. *Su Sınırları***2023**, 5. <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1183642>.
- ³⁰Mudryk, LR; Elias Chereque, A.; Derksen, C. ve ark. *NOAA Arctic Karne Notu 2023: Karasal Kar Örtüsü*; NOAA Teknik OAR ARC Raporu; 23-03; Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA): 2023. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/56613>.
- ³¹Mudryk, LR; Elias Chereque, A.; Derksen, C. ve diğerleri. Karasal Kar Örtüsü ["2023'te İklim Durumu"nda]. *Bülteni Amerikan Meteoroloji Derneği***2024**, 105(8), S307–S310. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-24-0101.1>.
- ³²Biswas, NK; Hossain, F.; Bonnema, M. ve diğerleri. Hidrolojik Tahmin İçin Küresel Bir Rezervuar Değerlendirme Aracına Doğru Mevcut ve Planlanan Rezervuarların Etkileri ve İşletme Modelleri. *Çevresel Modelleme ve Yazılım***2021**, 140, 105043. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105043>.
- ³³Hou, J.; van Dijk, AIJM; Beck, HE ve diğerleri. Uzaktan Algılanan Rezervuar Suyu Depolama Dinamikleri (1984–2015) ve Küresel Ölçekte İklim Değişkenliğinin Etkisi ve Yönetimi. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri***2022**, 26(14), 3785–3803. <https://doi.org/10.5194/hess-26-3785-2022>.
- ³⁴Hou, J.; Van Dijk, AIJM; Renzullo, LJ ve ark. GloLakes: 1984'ten 1984'e kadar dünya çapında 27.000 Göl için Su Depolama Dinamikleri Uydu Altimetresi ve Optik Görüntülemeye Elde Edilen Mevcut Bilgiler. *Dünya Sistem Bilimi Verileri***2024**, 16(1), 201–218. <https://doi.org/10.5194/essd-16-201-2024>.
- ³⁵Landerer, FW; Flechtner, FM; Save, H. ve diğerleri. Küresel Kitle Değişimi Veri Kaydının Genişletilmesi: GRACE Takibi Enstrüman ve Bilim Veri Performansı. *Jeofizik Araştırma Mektupları***2020**, 47(12), e2020GL088306. <https://doi.org/10.1029/2020GL088306>.
- ³⁶Elmi, O.; Tourian, MJ; Saemian, P. ve diğerleri. GRDC Deşarj Zaman Serisinin Uzaktan Algılama Tabanlı Uzantısı – Aylık Belirsizlik Tahminleri Olan Ürün. *Bilimsel Veriler***2024**, 11(1), 240. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03078-6>.
- ³⁷Boergens, E.; Güntner, A.; Dobsław, H. ve diğerleri. GRACE ile 2018 ve 2019'daki Orta Avrupa Kuraklıklarının Miktarlandırılması Devam. *Jeofizik Araştırma Mektupları***2020**, 47(14), e2020GL087285. <https://doi.org/10.1029/2020GL087285>.
- ³⁸Belleflamme, A.; Goergen, K.; Wagner, N. ve diğerleri. Etki Ölçeğinde Hidrolojik Tahmin: Entegre ParFlow Almanya'da İklim Dayanıklı Su Kaynakları Yönetimi için 0,6 Km'de Hidrolojik Model. *Su Sınırları***2023**, 5. <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1183642>.
- ³⁹Mudryk, LR; Elias Chereque, A.; Derksen, C. ve ark. *NOAA Arctic Karne Notu 2023: Karasal Kar Örtüsü*; NOAA Teknik OAR ARC Raporu; 23-03; Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA): 2023. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/56613>.



- ⁴⁰Mudryk, LR; Elias Chereque, A.; Derksen, C. ve diğerleri. Karasal Kar Örtüsü ["2023'te İklim Durumu"nda]. *Bülteni Amerikan Meteoroloji Derneği***2024**, 105(8), S307–S310. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-24-0101.1>.
- ⁴¹Ma, W.; Ishitsuka, Y.; Takeshima, A. ve diğerleri. 2019 Hagibis Tayfunu için Ülke Çapında Bir Sel Tahmin Sisteminin Uygulanabilirliği. *Bilimsel Raporlar***2021**, 11(1), 10213. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89522-8>.
- ⁴²Yoshimura, K.; Sakimura, T.; Oki, T. ve diğerleri. Taşkın Riski Tahminine Doğru: 29 Yıllık Bir Nehir Tahmini Kullanan İstatistiksel Bir Yaklaşım Japonya Üzerinde Deşarj Simülasyonu. *Hidrolojik Araştırma Mektupları***2008**, 2, 22–26. <https://doi.org/10.3178/hrl.2.22>.
- ⁴³EM-DAT, CRED/UCLouvain, Brüksel, Belçika. <http://www.emdat.be>.
- ⁴⁴Arheimer, B.; Pimentel, R.; Isberg, K. ve diğerleri. Dünya çapında HYPE (WWH), Açık Veri ve Adımsal Parametre Tahmini. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri***2020**, 24(2), 535–559. <https://doi.org/10.5194/hess-24-535-2020>.
- ⁴⁵Müller Schmied, H.; Trautmann, T.; Ackermann, S. ve diğerleri. Küresel Su Kaynakları ve Kullanım Modeli WaterGAP v2.2e: Değişikliklerin ve Yeni Özelliklerin Tanımlanması ve Değerlendirilmesi. *Jeobilimsel Model Geliştirme Tartışmalar***2023** [ön baskı]. <https://doi.org/10.5194/gmd-2023-213>.
- ⁴⁶Yuan, X.; Ji, P.; Wang, L. ve diğerleri. Sanjiangyuan Üzerindeki Hidrolojik Değişimlerin Yüksek Çözünürlüklü Kara Yüzeyi Modellemesi Doğu Tibet Platosu Bölgesi: 1. Model Geliştirme ve Değerlendirme. *Dünya Sistemlerinin Modellenmesinde İlerlemeler Dergisi***2018**, 1(11), 2806–2828. <https://doi.org/10.1029/2018MS001412>.
- ⁴⁷Samaniego, L.; Kumar, R.; Attinger, S. Şebeke Tabanlı Bir Hidrolojik Modelin Çok Ölçekli Parametre Bölgeselleştirilmesi Mezokala. *Su Kaynakları Araştırması***2010**, 46(5). <https://doi.org/10.1029/2008WR007327>.
- ⁴⁸Kumar, R.; Samaniego, L.; Attinger, S. Dağıtılmış Hidrolojik Model Parametrelendirmesinin Su Akışları Üzerindeki Etkileri Çoklu Ölçek ve Lokasyon. *Su Kaynakları Araştırması***2013**, 49(1), 360–379. <https://doi.org/10.1029/2012WR012195>.
- ⁴⁹Samaniego, L.; Kaluza, M.; Kumar, R. ve diğerleri. *Mezokalalı Hidrolojik Model*, Zenodo, 2019. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3239055>.
- ⁵⁰Murray, AM; Jørgensen, GH; Godiksen, PN ve diğerleri. DHI-GHM: Tüm Gezegen için Gerçek Zamanlı ve Tahmini Hidroloji. *Hidroloji Dergisi***2023**, 620, 129431. <https://doi.org/10.1016/j.jhidrol.2023.129431>.
- ⁵¹Hanazaki, R.; Yamazaki, D.; Yoshimura, K. Küresel Taşkın Modelleri için Bir Rezervuar Taşkın Kontrol Planının Geliştirilmesi. *Dünya Sistemlerinin Modellenmesinde İlerlemeler Dergisi***2022**, 14(3), e2021MS002944. <https://doi.org/10.1029/2021MS002944>.
- ⁵²Yamazaki, D.; Kanae, S.; Kim, H. ve diğerleri. Küresel Bir Nehirdeki Taşkın Ovası Su Baskını Dinamiklerinin Fiziksel Temelli Bir Tanımı Yönlendirme Modeli. *Su Kaynakları Araştırması***2011**, 47(4). <https://doi.org/10.1029/2010WR009726>.
- ⁵³Ma, W.; Ishitsuka, Y.; Takeshima, A. ve diğerleri. 2019 Hagibis Tayfunu için Ülke Çapında Bir Sel Tahmin Sisteminin Uygulanabilirliği. *Bilimsel Raporlar***2021**, 11(1), 10213. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89522-8>.
- ⁵⁴Yoshimura, K.; Sakimura, T.; Oki, T. ve diğerleri. Taşkın Riski Tahminine Doğru: 29 Yıllık Bir Nehir Tahmini Kullanan İstatistiksel Bir Yaklaşım Japonya Üzerinde Deşarj Simülasyonu. *Hidrolojik Araştırma Mektupları***2008**, 2, 22–26. <https://doi.org/10.3178/hrl.2.22>.
- ⁵⁵Alfieri, L.; Burek, P.; Dutra, E. ve diğerleri. GloFAS – Küresel Toplu Akış Tahmini ve Sel Erken Uyarısı. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri***2013**, 17(3), 1161–1175. <https://doi.org/10.5194/hess-17-1161-2013>.
- ⁵⁶Grimaldi, S.; Salamon, P.; Disperati, J. ve ark. *GloFAS v4.0 Hidrolojik Yeniden Analiz*. Avrupa Komisyonu, Ortak Araştırma Merkez (JRC), 2022 [Veri Seti]. <http://data.europa.eu/89h/f96b7a19-0133-4105-a879-0536991ca9c5>.
- ⁵⁷Van Verseveld, WJ; Weerts, AH; Visser, M. ve diğerleri. Wflow_sbm v0.6.1, Mekansal Olarak Dağıtılmış Bir Hidrolojik Model: Küresel Verilerden Yerel Uygulamalara. *Jeobilimsel Model Geliştirme Tartışmalar***2022**[ön baskı]. <https://doi.org/10.5194/gmd-2022-182>.
- ⁵⁸Imhoff, R.; Brauer, C.; van Heeringen, K.-J. ve diğerleri. Operasyonel Radar Yağış Önyargısının Azaltılması için İklimsel Bir Ölçüt. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri***2021**, 25(7), 4061–4080. <https://doi.org/10.5194/hess-25-4061-2021>.
- ⁵⁹Eilander, D.; van Verseveld, W.; Yamazaki, D. ve diğerleri. Ölçek Değişmez Parametrelendirme için Bir Hidrografi Yükseltme Yöntemi Dağıtılmış Hidrolojik Modeller. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri***2021**, 25(9), 5287–5313. <https://doi.org/10.5194/hess-25-5287-2021>.
- ⁶⁰Hales, RC; Nelson, EJ; Souffront, M. ve diğerleri. GEOGloWS ECMWF ile Küresel Hidrolojik Modellemeyi Geliştirme Streamflow Hizmeti. *Taşkın Risk Yönetimi Dergisi***2022**, e12859. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12859>.



- ⁶¹Hersbach, H.; Bell, B.; Berrisford, P. ve diğerleri. ERA5 Küresel Yeniden Analizi. *Kraliyet Meteoroloji Topluluğu'nun Üç Aylık Dergisi* **2020**, 146(730), 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- ⁶²Berg, P.; Almén, F.; Bozhinova, D. HydroGFD3.0 (Hidrolojik Küresel Zorlama Verileri): 25 Km Küresel Yağış ve Sıcaklık Veri Seti Gerçek Zamanlıya Yakın Güncellenir. *Dünya Sistem Bilimi Verileri* **2021**, 13(4), 1531–1545. <https://doi.org/10.5194/essd-13-1531-2021>.
- ⁶³Kobayashi, S.; Ota, Y.; Harada, Y. ve diğerleri. JRA-55 Yeniden Analizi: Genel Özellikler ve Temel Özellikler. *Dergi Japonya Meteoroloji Derneği. Seri II* **2015**, 93(1), 5–48. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2015-001>.
- ⁶⁴Küresel Akış Veri Merkezi (GRDC). *WMO Havzaları ve Alt Havzaları*; 3. rev. ext. ed., Federal Hidroloji Enstitüsü (BfG): Koblenz, Almanya, 2023.
- ⁶⁵Elmi, O.; Tourian, MJ; Saemian, P. ve diğerleri. GRDC Deşarj Zaman Serisinin Uzaktan Algılama Tabanlı Uzatması - Aylık Belirsizlik Tahminleri Olan Ürün. *Bilimsel Veriler* **2024**, 11(1), 240. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03078-6>.
- ⁶⁶van Verseveld, WJ; Weerts, AH; Visser, M. ve diğerleri. Wflow_sbm v0.6.1, Mekansal Olarak Dağıtılmış Bir Hidrolojik Model: Küresel Verilerden Yerel Uygulamalara. *Jeobilimsel Model Geliştirme Tartışmalar* **2022**[ön baskı]. <https://doi.org/10.5194/gmd-2022-182>.
- ⁶⁷Hanazaki, R.; Yamazaki, D.; Yoshimura, K. Küresel Taşkın Modelleri için Bir Rezervuar Taşkın Kontrol Planının Geliştirilmesi. *Dünya Sistemlerinin Modellenmesinde İlerlemeler Dergisi* **2022**, 14(3), e2021MS002944. <https://doi.org/10.1029/2021MS002944>.
- ⁶⁸Yamazaki, D.; Kanae, S.; Kim, H. ve diğerleri. Küresel Bir Nehirdeki Taşkın Ovası Su Baskını Dinamiklerinin Fiziksel Temelli Bir Tanımı Yönlendirme Modeli. *Su Kaynakları Araştırması* **2011**, 47(4). <https://doi.org/10.1029/2010WR009726>.
- ⁶⁹Arheimer, B.; Pimentel, R.; Isberg, K. ve diğerleri. Dünya çapında HYPE (WWH), Açık Veri ve Adımsal Parametre Tahmini. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri* **2020**, 24(2), 535–559. <https://doi.org/10.5194/hess-24-535-2020>.
- ⁷⁰Lehner, B.; Reidy Liermann, C.; Revenga, C. ve ark. *Küresel Rezervuar ve Baraj Veritabanı, Sürüm 1 (GRanDv1): Barajlar, Revizyon 01*; NASA Sosyoekonomik Veri ve Uygulama Merkezi (SEDAC), 2011. <https://doi.org/10.7927/H4N877QK>.
- ⁷¹van Verseveld, WJ; Weerts, AH; Visser, M. ve diğerleri. Wflow_sbm v0.6.1, Mekansal Olarak Dağıtılmış Bir Hidrolojik Model: Küresel Verilerden Yerel Uygulamalara. *Jeobilimsel Model Geliştirme Tartışmalar* **2022**[ön baskı]. <https://doi.org/10.5194/gmd-2022-182>.
- ⁷²Yamazaki, D.; Kanae, S.; Kim, H. ve diğerleri. Küresel Bir Nehirdeki Taşkın Ovası Su Baskını Dinamiklerinin Fiziksel Temelli Bir Tanımı Yönlendirme Modeli. *Su Kaynakları Araştırması* **2011**, 47(4). <https://doi.org/10.1029/2010WR009726>.
- ⁷³Hanazaki, R.; Yamazaki, D.; Yoshimura, K. Küresel Taşkın Modelleri için Bir Rezervuar Taşkın Kontrol Planının Geliştirilmesi. *Dünya Sistemlerinin Modellenmesinde İlerlemeler Dergisi* **2022**, 14(3), e2021MS002944. <https://doi.org/10.1029/2021MS002944>.
- ⁷⁴Lehner, B.; Reidy Liermann, C.; Revenga, C. ve ark. *Küresel Rezervuar ve Baraj Veritabanı, Sürüm 1 (GRanDv1): Barajlar, Revizyon 01*; NASA Sosyoekonomik Veri ve Uygulama Merkezi (SEDAC), 2011. <https://doi.org/10.7927/H4N877QK>.
- ⁷⁵Hanazaki, R.; Yamazaki, D.; Yoshimura, K. Küresel Taşkın Modelleri için Bir Rezervuar Taşkın Kontrol Planının Geliştirilmesi. *Dünya Sistemlerinin Modellenmesinde İlerlemeler Dergisi* **2022**, 14(3), e2021MS002944. <https://doi.org/10.1029/2021MS002944>.
- ⁷⁶Yamazaki, D.; Ikeshima, D.; Sosa, J. ve diğerleri. MERIT Hydro: En Son Verilere Dayalı Yüksek Çözünürlüklü Küresel Hidrografi Haritası Topoğrafya Veri Seti. *Su Kaynakları Araştırması* **2019**, 55(6), 5053–5073. <https://doi.org/10.1029/2019WR024873>.
- ⁷⁷Munoz Sabater, J. *ERA5-1950'den Günümüze Kara Saatlik Verileri*; Copernicus İklim Değişikliği Servisi (C3S) İklim Verileri Mağaza (CDS), 2019. <https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac>.
- ⁷⁸Hanazaki, R.; Yamazaki, D.; Yoshimura, K. Küresel Taşkın Modelleri için Bir Rezervuar Taşkın Kontrol Planının Geliştirilmesi. *Dünya Sistemlerinin Modellenmesinde İlerlemeler Dergisi* **2022**, 14(3), e2021MS002944. <https://doi.org/10.1029/2021MS002944>.
- ⁷⁹Nash, JE ve Sutcliffe, JV Kavramsal modeller aracılığıyla nehir akış tahmini Bölüm I - Prensiplerin tartışılması. *Dergi Hidroloji* **1970**, 10(3), 282–290. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6).
- ⁸⁰Hanazaki, R.; Yamazaki, D.; Yoshimura, K. Küresel Taşkın Modelleri için Bir Rezervuar Taşkın Kontrol Planının Geliştirilmesi. *Dünya Sistemlerinin Modellenmesinde İlerlemeler Dergisi* **2022**, 14(3), e2021MS002944. <https://doi.org/10.1029/2021MS002944>.
- ⁸¹Arheimer, B.; Pimentel, R.; Isberg, K. ve diğerleri. Dünya çapında HYPE (WWH), Açık Veri ve Adımsal Parametre Tahmini. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri* **2020**, 24(2), 535–559. <https://doi.org/10.5194/hess-24-535-2020>.



- ⁸²Biswas, NK; Hossain, F.; Bonnema, M. ve diğerleri. Hidrolojik Tahmin İçin Küresel Bir Rezervuar Değerlendirme Aracına Doğru Mevcut ve Planlanan Rezervuarların Etkileri ve İşletme Modelleri. *Çevresel Modelleme ve Yazılım***2021**, 140, 105043. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105043>.
- ⁸³Lehner, B.; Döll, P. Göller, Rezervuarlar ve Sulak Alanların Küresel Veritabanının Geliştirilmesi ve Doğrulanması. *Dergi Hidroloji***2004**, 29(1), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.jhidrol.2004.03.028>.
- ⁸⁴Lehner, B.; Reidy Liermann, C.; Revenga, C. ve ark. *Küresel Rezervuar ve Baraj Veritabanı, Sürüm 1 (GRanDv1): Barajlar, Revizyon 01*; NASA Sosyoekonomik Veri ve Uygulama Merkezi (SEDAC), 2011. <https://doi.org/10.7927/H4N877QK>.
- ⁸⁵Messenger, ML; Lehner, B.; Grill, G. ve diğerleri. Küresel Göllerde Depolanan Suyun Hacmini ve Yaşını Tahmin Etme Jeo-İstatistiksel Bir Yaklaşım. *Doğa İletişimleri***2016**, 7(1), 13603. <https://doi.org/10.1038/ncomms13603>.
- ⁸⁶Donchyts, G.; Winsemius, H.; Baart, F. ve diğerleri. Dünyanın Küçük ve Orta Ölçekli Denizlerindeki Yüksek Çözünürlüklü Yüze Suyu Dinamikleri Rezervuarlar. *Bilimsel Raporlar***2022**, 12(1), 13776. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17074-6>.
- ⁸⁷Biswas, NK; Hossain, F.; Bonnema, M. ve diğerleri. Hidrolojik Tahmin İçin Küresel Bir Rezervuar Değerlendirme Aracına Doğru Mevcut ve Planlanan Rezervuarların Etkileri ve İşletme Modelleri. *Çevresel Modelleme ve Yazılım***2021**, 140, 105043. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105043>.
- ⁸⁸Donchyts, G.; Winsemius, H.; Baart, F. ve diğerleri. Dünyanın Küçük ve Orta Ölçekli Denizlerindeki Yüksek Çözünürlüklü Yüze Suyu Dinamikleri Rezervuarlar. *Bilimsel Raporlar***2022**, 12(1), 13776. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17074-6>.
- ⁸⁹Hou, J.; van Dijk, AIJM; Beck, HE ve diğerleri. Uzaktan Algılanan Rezervuar Suyu Depolama Dinamikleri (1984–2015) ve Küresel Ölçekte İklim Değişkenliğinin Etkisi ve Yönetimi. *Hidroloji ve Dünya Sistem Bilimleri***2022**, 26(14), 3785–3803. <https://doi.org/10.5194/hess-26-3785-2022>.
- ⁹⁰Hou, J.; Van Dijk, AIJM; Renzullo, LJ ve ark. GloLakes: 1984'ten 1984'e kadar dünya çapında 27.000 Göl için Su Depolama Dinamikleri Uydu Altimetresi ve Optik Görüntülemeye Edilen Mevcut Bilgiler. *Dünya Sistem Bilimi Verileri***2024**, 1(1), 201–218. <https://doi.org/10.5194/essd-16-201-2024>.
- ⁹¹Lehner, B.; Verdin, K.; Jarvis, A. Uzaydan Taşınan Yükseklik Verilerinden Türetilen Yeni Küresel Hidrografi. *Eos, İşlemler Amerikan Jeofizik Birliği***2008**, 89(10), 93–94. <https://doi.org/10.1029/2008EO100001>.
- ⁹²Decharme, B.; Barbu, A. *Kuzey Yarımküre'de 0,25° Çözünürlükte Crocus-ERA5 Günlük Kar Ürünü*; sürüm 2023; Zenodo, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10943718>.
- ⁹³Luoju, K.; Moisan, M.; Pulliainen, J. ve diğerleri. *ESA Kar İklim Değişikliği Girişimi (Snow_cci): Kar Suyu Eşdeğeri (SWE) Seviye 3C Günlük Küresel İklim Araştırma Veri Paketi (CRDP) (1979–2020)*, sürüm 2.0; NERC EDS Çevresel Veri Analizi Merkezi, 2022. <https://doi.org/10.5285/4647cc9ad3c044439d6c643208d3c494>.
- ⁹⁴Munoz Sabater, J. *ERA5-1950'den Günümüze Kara Saatlik Verileri*; Copernicus İklim Değişikliği Servisi (C3S) İklim Verileri Mağaza (CDS), 2019. <https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac>.
- ⁹⁵Decharme, B.; Barbu, A. *Kuzey Yarımküre'de 0,25° Çözünürlükte Crocus-ERA5 Günlük Kar Ürünü*; sürüm 2023; Zenodo, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10943718>.
- ⁹⁶Mudryk, LR; Elias Chereque, A.; Derksen, C. ve ark. *NOAA Arctic Karne Notu 2023: Karasal Kar Örtüsü*; NOAA Teknik OAR ARC Raporu; 23-03; Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA): 2023. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/56613>.
- ⁹⁷Mudryk, LR; Elias Chereque, A.; Derksen, C. ve diğerleri. Karasal Kar Örtüsü [“2023'te İklim Durumu”nda]. *Bülteni Amerikan Meteoroloji Derneği***2024**, 105(8), S307–S310. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-24-0101.1>.
- ⁹⁸Tapley, BD; Watkins, MM; Flechtner, F. ve diğerleri. GRACE'in İklim Değişikliğini Anlamadaki Katkıları. *Doğa İklim Değiştirmek***2019**, 9(5), 358–369. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0456-2>.
- ⁹⁹Landerer, FW; Flechtner, FM; Save, H. ve diğerleri. Küresel Kitle Değişimi Veri Kaydının Genişletilmesi: GRACE Takibi Enstrüman ve Bilim Veri Performansı. *Jeofizik Araştırma Mektupları***2020**, 47(12), e2020GL088306. <https://doi.org/10.1029/2020GL088306>.

Daha fazla bilgi için lütfen bizimle iletişime geçin:

Dünya Meteoroloji Örgütü

7 bis, avenue de la Paix – PO Box 2300 – CH 1211 Cenevre 2 – İsviçre

Stratejik İletişim Ofisi

Tel: +41 (0) 22 730 83 14 – Faks: +41 (0) 22 730 80 27

E-posta: communications@wmo.int

<https://wmo.int/>