

Küresel Isınma Karaları Kuraklaştırıyor

Dr. Mahir E. Ocak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Bilimsel çalışmalar, karalardaki su miktarının içinde bulunduğumuz yüzyılda büyük miktarda azaldığını gösteriyor. Üstelik azalan sadece kalıcı buzullar değil. Yeraltı suları, göller ve nehirler giderek kuraklaşıyor. Küresel ısınmanın güncel gidişatı göz önüne alındığında karalardaki su miktarının yakın gelecekte yeniden artmaya başlaması da beklenmiyor.



Deprem, sel gibi doğal afetlerin aksine kuraklık yavaş yavaş gelişir. İlk olarak yağışlarda bir azalma başlar. Zamanla toprak nemi, yeraltı suları, göller ve ırmaklardaki sular gibi “karasal su kaynakları” azalır. Yüksek hava sıcaklıkları da buharlaşmayı ve bitkilerin su kaybını artırarak kuraklığa katkıda bulunur.

Karasal su kaynaklarının giderek azalmakta olduğunu gösteren veriler var. Örneğin kuraklıkların görülme sıklığı 1850-1990 ortalamasının 1,7 katına çıktı. Karalardaki su kaynakları azaldıkça okyanuslardaki su miktarı artıyor. Dolayısıyla küresel deniz seviyelerinde gözlemlenen yükselmeler,

karalardaki kuraklaşmanın önemli göstergelerinden. Asıl önemli olan, karasal su kaynaklarındaki azalmanın ne kadarının kısa vadeli mevsimsel değişimlerden kaynaklanan geçici bir azalma olduğu ne kadarınınsa süregiden küresel ısınmadan kaynaklanan daha kalıcı değişimler olduğunu tespit edebilmek.

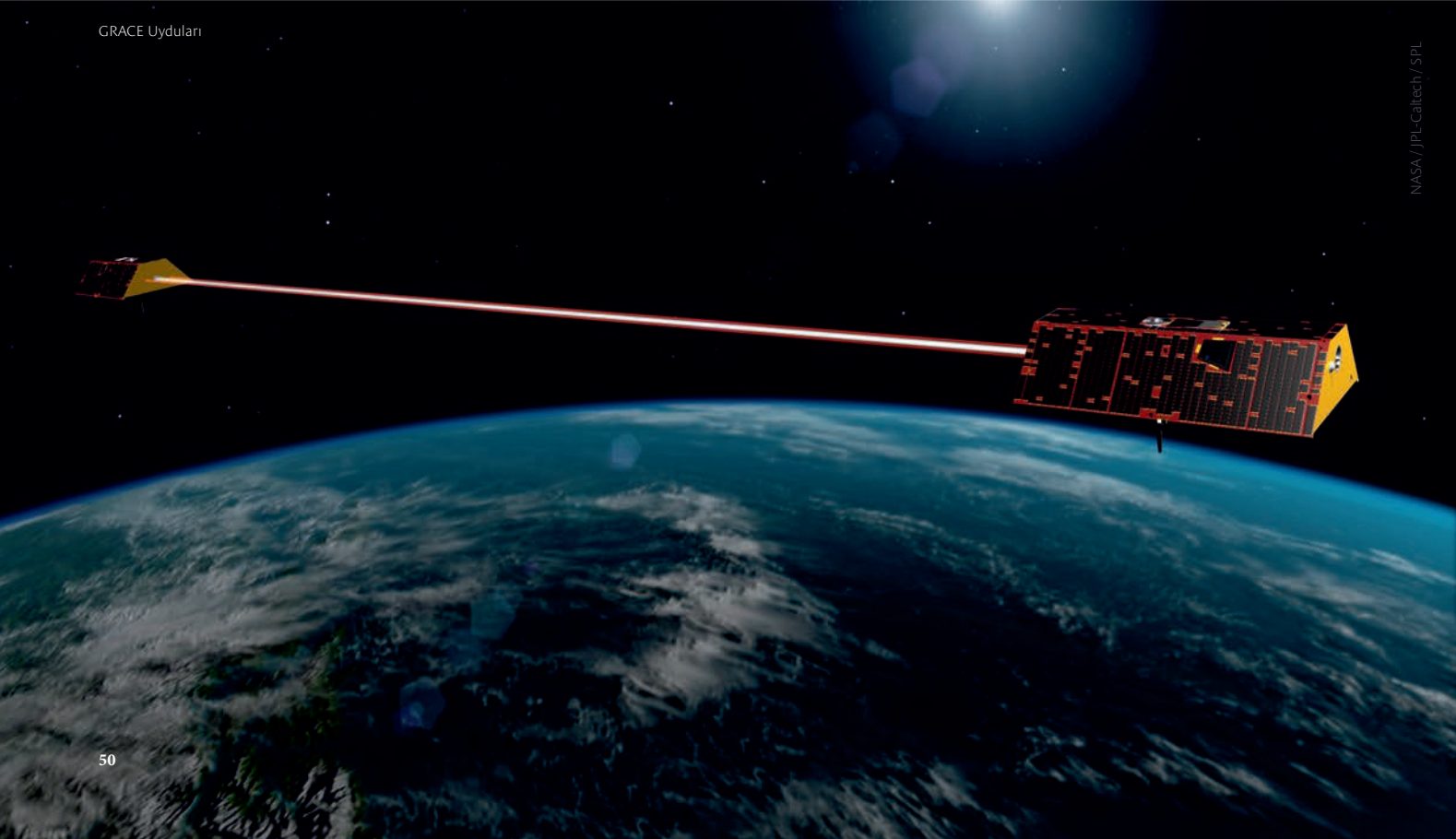
Uluslararası bir araştırma grubu çeşitli yöntemler kullanarak 2000-2020 döneminde karasal su kaynaklarındaki (toprak nemi, yeraltı suları, akarsular ve göller) değişimleri inceledi. Değerlendirmeler için kullanılan veri setleri toprak nemi, yerkürenin kütle çekim alanı, küresel deniz seviyelerindeki yükselmeler ve Dünya’nın kutuplarının hareketleri

Grace Uyduları

Aralarında yaklaşık 220 kilometre mesafe olan uydular 500 kilometre irtifada dolanıyor. Uydulardaki lazer sistemi, uyduların hızlarının ve aralarındaki mesafenin hassas bir biçimde ölçülmesine imkân veriyor. Tespit edilen ufak değişimler uyduların maruz kaldığı kütle çekim alanı ve dolaylı olarak yerküredeki kütle dağılımı hakkında bilgi veriyor. Dünya’nın etrafında günde 15 tur atan uydular her 30 günde bir yerkürenin tamamını kapsayacak şekilde veri topluyor. Farklı zamanlarda yapılan ölçümlerin karşılaştırılmasıyla yerküredeki kütle dağılımının zamanla nasıl değiştiği tespit edilebiliyor. Böylece karalardaki su kütlelerinde meydana gelen artmalar ve azalmalar belirlenebiliyor. Orijinal GRACE uyduları 2002-2017 döneminde görev yapmıştı. 2018’de GRACE-FO projesi hayata geçirilerek orijinal uydularla neredeyse özdeş donanımlara sahip iki uydü daha uzaya gönderildi.



GRACE Uyduları





Grönland buzullarındaki erime, küresel deniz seviyelerinin her yıl yaklaşık 0,8 mm yükselmesine yol açıyor. 2000-2002 dönemindeki toprak nemi kaybı ise deniz seviyelerinin her yıl yaklaşık 2 mm yükselmesine yol açtı.

deniz seviyelerinde sebep olduğu yükselme ise 2,76 mm oldu. GRACE uyduları ile toplanan verilere dayalı hesaplamalar da toprak nemi ile ilgili uydu verilerine dayalı bu sonuçları destekliyor.

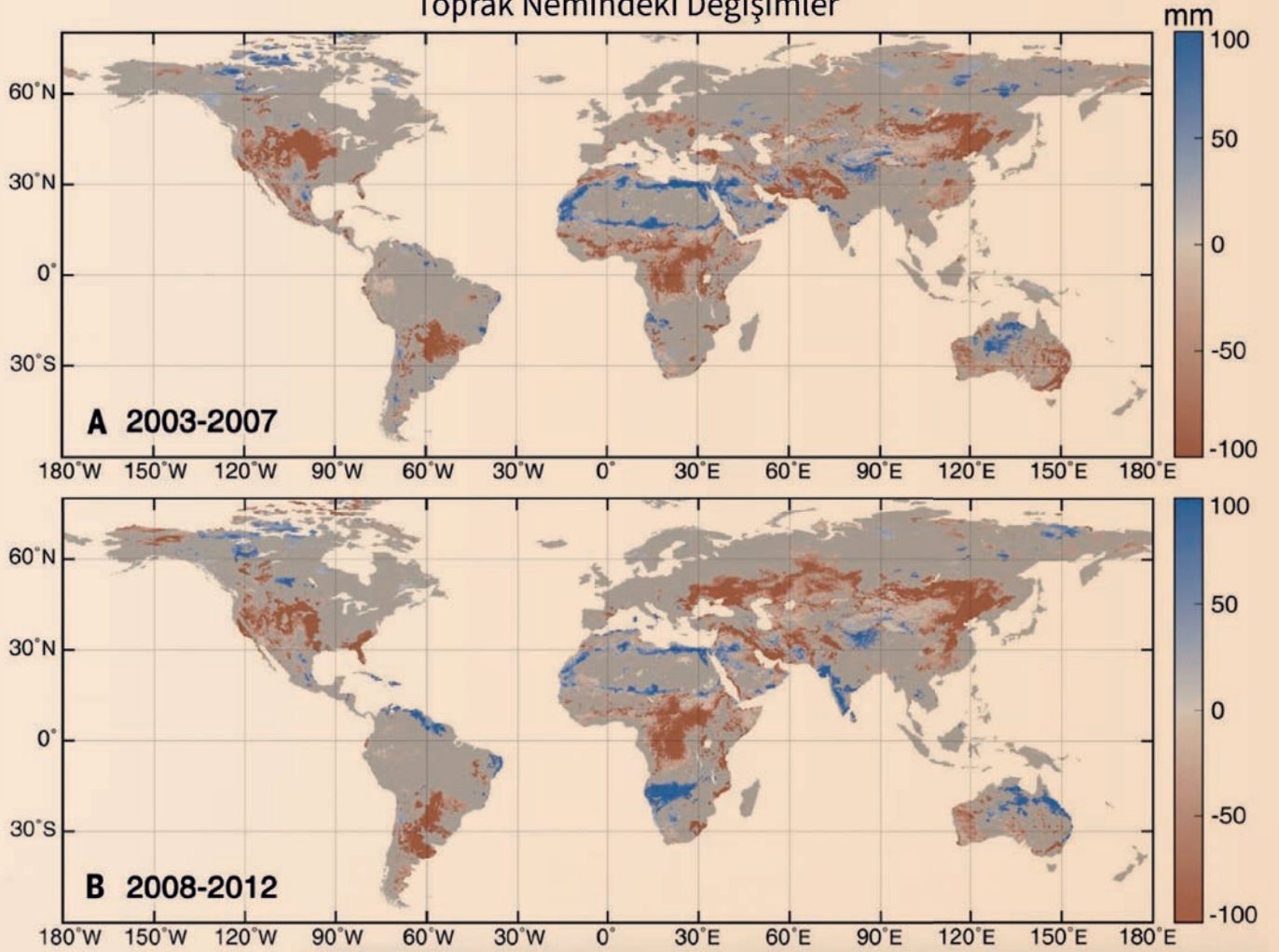
Detaylı analizler, 21. yüzyılın başındaki toprak nemi azalmasının küresel bir olay olduğunu gösteriyor. Orta ve Doğu Asya, Orta Afrika, Kuzey ve Güney Amerika'nın çok büyük bir kısmında azımsanamayacak derecede toprak nemi kaybı olduğu görülüyor. Ancak Hindistan, Avustralya, Kuzey ve Güney Amerika'nın bazı kısımlarında az da olsa bir artış gözlemleniyor. 2000-2002 dönemindeki toprak nemi kaybının büyüklüğünü daha iyi anlamak için buzul erimeleriyle bir karşılaştırma yapılabilir. Onlarca yıldır küresel deniz seviyelerindeki yükselmenin en önemli nedeni olarak görülen Grönland buzullarındaki erime, küresel ortalama deniz seviyesinin her yıl yaklaşık 0,8 mm yükselmesine yol açıyor. 2000-2002 dönemindeki toprak nemi kaybının yol açtığı yıllık deniz seviyesi yükselmesi yaklaşık 2 mm civarındaydı. Bu dönemdeki Grönland buzullarındaki kütle kaybı yaklaşık 900 milyar ton kadardı. Bu değer, toprak nemindeki 1.614 milyar tonluk kütle kaybının yanında küçük kalıyor.

ile ilgili ölçümlerin sonuçlarını içeriyor. Bu veri tabanlarında farklı zaman aralıklarına ait bilgiler bulunuyor. Hesaplamalar, tüm veri tabanlarının örtüştüğü 2005-2015 döneminde, karasal su kaynaklarının 1,3 trilyon ton azaldığını ve bunun sonucunda küresel ortalama deniz seviyesinin 3,5 mm yükseldiğini gösteriyor.

Araştırmacıların hesaplarına göre toprak nemi 1979-2016 döneminde 3.941 milyar ton azaldı. Bu kuraklaşma küresel deniz seviyelerinin 10,78 mm

yükselmesine yol açtı. İlginç bir nokta ise toprak nemindeki azalmanın büyük bir kısmının 2000-2002 döneminde gerçekleşmesi oldu. Bu dönemde toprak nemindeki kütle kaybı yaklaşık 1.614 milyar ton oldu. Karalardan okyanuslara geçen sular bu dönemde küresel ortalama deniz seviyesinin 4,4 mm yükselmesine yol açtı. 2003 ve sonrasında da toprak nemindeki kütle kaybı devam etti. Bu dönemde toprak nemindeki kütle kaybı 1.009 milyar ton, bu kütle kaybının küresel ortalama

Toprak Nemindeki Değişimler



Karasal su kaynaklarındaki değişimler Dünya'nın kendi etrafındaki dönüşünü de etkiliyor: Yerküredeki kütle dağılımı ve dolayısıyla Dünya'nın eylemsizlik momenti değiştikçe açısal momentumun korunumu yasası uyarınca Dünya'nın kendi etrafında dönme hızı ve dönme eksenini de değiştiriyor.

Kutupların hareket miktarını ifade etmek için iki açısal parametre kullanılıyor: x_1 ve x_2 . Bu parametrelerden ilki Kuzey Kutbu

noktasının Greenwich meridyeni, ikincisi ise 90° doğu meridyeni boyunca ne kadar hareket ettiğini ifade ediyor. Bu hareketleri ölçerken Kuzey Kutbu'nun 1900 yılındaki ortalama konumu referans alınıyor.

Karasal su kaynaklarındaki değişimler her ne kadar kutupların hareket etmesine neden olsa da yer değiştiren su kütlesi miktarı ile kutupların hareket miktarı arasında doğrudan bir ilişki yok. Başka bir

değişle karalardan okyanuslara geçen su miktarı ne kadar fazlaysa x_1 ve x_2 parametreleri de o kadar büyük olmuyor. Bu durumun nedeni Dünya'nın eylemsizlik momentinin ve dolayısıyla kutupların hareketlerinin sadece yer değiştiren kütlenin miktarına değil, kütlenin başlangıçtaki ve sondaki konumların da bağlı olması. Örneğin bilimsel çalışmalar, 2000-2002 döneminde Kuzey Amerika'daki toprak nemi azalmasının Kuzey Kutbu'nun 90° batı meridyeni yönünde



Karasal su kaynaklarındaki azalmanın ana nedeni küresel ısınma olarak görülüyor. Artan atmosfer ve okyanus sıcaklıkları karasal su döngüsünde önemli değişimlere yol açıyor. Yüksek sıcaklıklar daha fazla buharlaşmaya ve bitkilerin daha fazla su kaybetmesine neden oluyor. Bu durum atmosferdeki su buharı miktarında ve yağışlarda artışa neden olsa da daha fazla yağış karalardaki su miktarının artması anlamına gelmiyor. Sağanak yağmurların yeryüzüne indirdiği suların büyük bir kısmı toprakta birikmiyor aksine akarsulara karışıp denizlere akıyor. Artan sıcaklar ve değişen yağış örüntüleri sebebiyle giderek sulaklaşan alanlar, kuraklaşmaya yüz tutan alanların yanında çok küçük kalıyor.

Kuraklaşmayı artıran bir değer etkense yeraltı sularına olan talebin giderek artması. Tüm veriler karasal su kaynaklarının 21. yüzyılda önemli miktarda azaldığını gösteriyor. Küresel ısınmanın geleceği hakkındaki kuramsal tahminler göz önüne alındığında kuraklaşmış bölgelerdeki su kaynaklarının yakın gelecekte eski hâline dönmesi beklenmiyor. ■

kaymasına (x_2 'nin azalmasına) neden olduğunu gösteriyor. Aynı dönemde Avrasya'daki toprak nemi değişimleri ise Kuzey Kutbu'nun 90° doğu meridyeni yönünde hareket etmesine (x_2 'nin artmasına) yol açtı. Bu yüzden 2000-2002 dönemine odaklanıldığında toprak nemi

kaybına bağlı belirgin bir kutup hareketi olmadığı görülüyor. Ancak 2012 yılına ait x_1 ve x_2 parametrelerine bakıldığında Kuzey Kutbu'nun 2012 yılına kadar 90° doğu meridyeni yönünde 45 santimetre kaydığı görülüyor.

Kaynaklar

- Seo, Ki-Weon, ve ark., "Abrupt sea level rise and Earth's gradual pole shift reveal permanent hydrological regime changes in the 21st century", *Science*, Cilt 387, s. 1408, 2025.
- Gramling, C., "Earth's landmasses lost trillions of tons of water this century", *Science News*, <https://www.sciencenews.org/article/earth-water-loss-21st-century>, 21 Nisan 2025.