

DÜNYA'NIN YERÇEKİMİ GÖZLENİYOR

DÜNYA NE KADAR YUVARLAK?

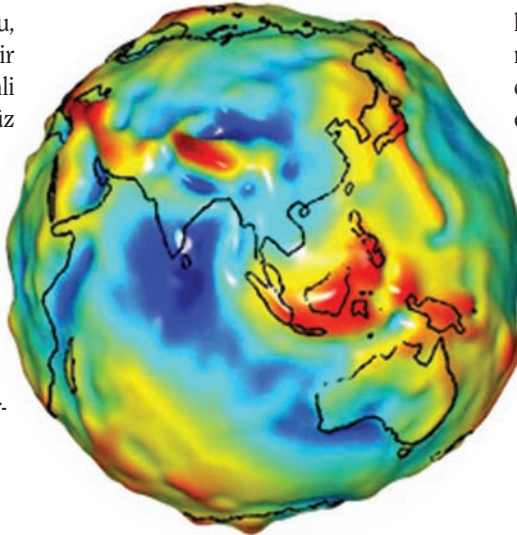
Üzerinde yaşadığımız dünyanın, yüzeyi pürüzsüz bir kusursuz küre olduğunu söyleyebilir miyiz? Elbette, yanıtımız “Hayır!” Dünyanın değişen şeklinde yerçekiminin de etkisi var. “Yerçekiminin harekete neden olan çekim gücü, Isaac Newton’un varsaydığı gibi yalnızca evrenin büyük kütleleri arasında değil de bu kütleleri oluşturan çok küçük parçacıkların arasında da etkili olsaydı... Kendi çekim gücünün etkisi altındaki her tepe, komşu tepelerin içinde bulunan aşırı yoğun yerlerdeki çekime dayalı hareketin yönünü de değiştirmek zorunda kalacaktı...” şeklindeki bir varsayım, ilk kez 18. yüzyılda ortaya atıldı. İşte daha o zaman ortaya atılan bu düşüncenin kanıtlarını toplamak için, günümüzde uydulardan yararlanılıyor. NASA ve Alman Uzay Merkezi’nin ortak girişimi GRACE, yerçekimsel iniş çıkışların yol açtığı değişimleri aydınlatıyor: Okyanusların, kıtaların bilinmeyen ötesine bakıp gezegenimizin, irili ufaklı yumru ve çukurlarla kaplı, pütürlü bir küre olduğunu gösteriyor; yetinmeyip iklimsel değişiklikleri; suyun yerin altında ya da üstündeki hareketlerini izlemeye yardımcı oluyor; daha da ötede gezegenin geçmişine giden yolun kapılarını aralıyor.

Yerçekimindeki bölgesel değişiklikler dünyanın yüzey şeklinin oluşmasında bir etken mi? Dünya, derinliği her yerde eşit bir okyanusla kaplı ve yoğunluk dağılımı her noktada aynı kusursuz bir küre olsaydı, jeoid de kusursuz bir küre olmalıydı. Jeoidin, yerçekiminin çekim gücüne her yerde, düzenli bir şekilde dik olması halinde, yerin çekim kuvveti üzerindeki her şeyi Dünya’nın tam merkezine doğru, sürekli çekmeliydi. Ancak Dünya hiçbir yerde kusursuza yakın ya da aynı biçimli değil; bu da, yerçekiminin aşağı yöne düz bir şekilde yönelmediği anlamına geliyor; yani bir dağ sırası, yerçekimi kuvvetinin yönünü bir parça saptırıp örneğin sola çevirebilir. Tümüyle görünmez olmalarına karşın yüksek yoğunluklu bir yeraltı kaya çökeltisi ya da bir denizaltı dağı da jeoidin yani Dünya’nın yüzey şeklinin kusursuz düzgünlükte olmasını engelleyip eğriyor-

lar. Okyanus, tümüyle sakin olduğunda bile, düz değil. Jeodezik ölçümler, okyanusun bazı bölümlerinin ortalama 119 metre altta, öteki bölümlerinin de yaklaşık 91 metre üstte olduğunu ortaya koyuyor. Günümüzde, Dünya’nın şekli ve boyutlarının belirlenmesi ve incelenmesine yönelik jeodezik

çalışmalarda klasik yöntemlerin yanı sıra uydulardan da yararlanılıyor.

Dünya’nın çekim alanının uydularla ölçülebileceği düşüncesi uzay çağına kadar uzanıyor. 1960’lı yıllar boyunca roket araştırmacıları, yerçekiminin daha küçük, bölgesel değişiklikleri olabildiğini farkettiler. Bu değişiklikler bilim insanlarına olası bir jeoid haritası üretilmesinin ne kadar yararlı olacağını düşündürürken, mühendisler de değişimlerin ölçümünde en hassas yolun bir yerine bir uydudan çifti olabileceğini buldular: Yörüngede birbirinden yeterince uzak dolanan iki uydudan farklı çekimsel etkilere uğrayacakları ve yalnızca aralarındaki uzaklığın ölçülmesini gerektirecekti: Öndeki uydudan, bir yere ortalama daha çok yaklaşırken, uğradığı aşırı çekimsel kuvvet sayesinde bir miktar hızlanır. Kısa bir aranın ardından ikincisi de aynı duruma maruz kalır. Sonra, çekim gücü yük-

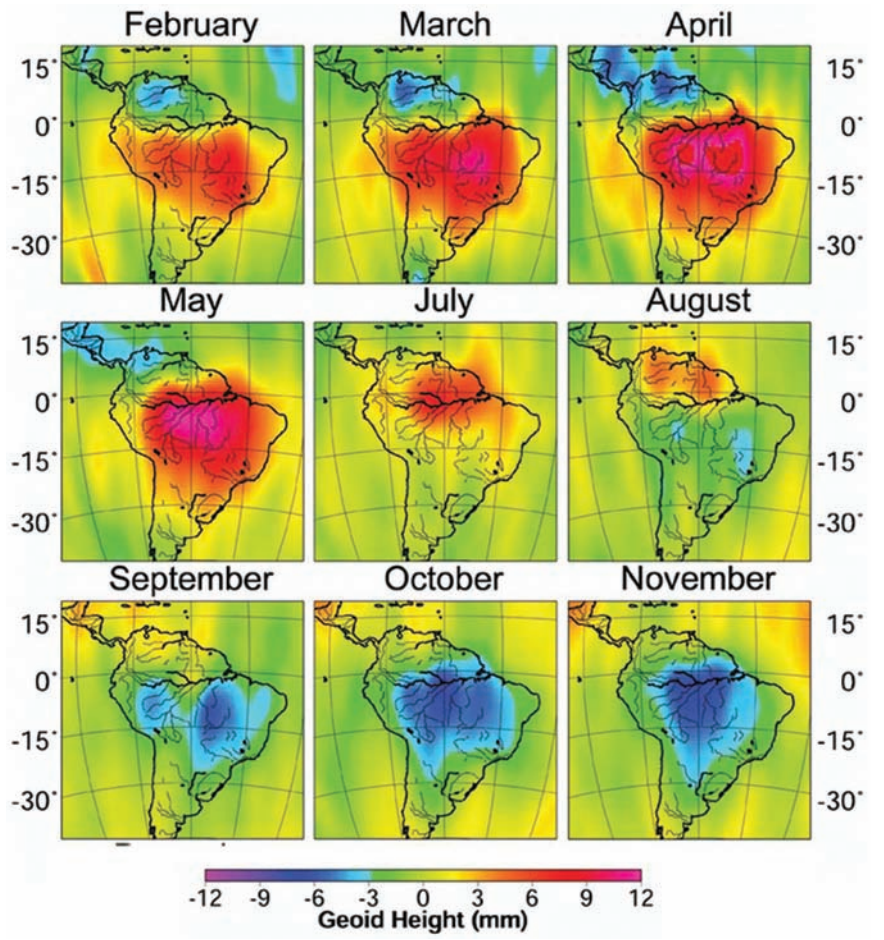


sek bölge geride kalırken, her uydu, elbette önce öndeki sonra arkadaki olmak üzere, bir miktar eski konumuna döner. İkisi arasında mikrodalgaların gönderilmesiyle, aşamalı hızlanmalarının hesaplanabilmesi olanağı doğacak ve böylece Dünya'nın yüzeyi üzerine etkiyen yerçekimsel çekme gücündeki değişimi gösterecekti. Ancak iki uydu arasında, uzaklıktaki değişim öylesine küçüktü ki, o yıllarda, bu değişimi farkedebilecek, bir teknolojinin kullanımı, fiilen olanaksızdı. 1976'da NASA'nın LAGEOS, 1990'ların başında da Amerikan Fransız ortak girişimi TOPEX (Okyanus Döngüleri için Topografya Deneyi)/Poseidon, bu amaca hizmet etmesi beklenerek uzaya gönderilmişlerdi. Temel olarak, jeoidin kendisinin değişmediği varsayımı üzerine, deniz yüzeyindeki değişikliklere bakmakla görevliydi ama pek de başarılı sayılmazlardı. 1990'ların ortalarında, ikiz uydu göndermeyi başaracak teknoloji, iki şekilde kullanışlı hale geldi: Birincisi, küçük bir uzay aracına monte edilebilecek kadar güvenilir ve uydular arasındaki uzaklığın kalibrasyonunu yapmakta kullanışlı, küçük ve verimli mikrodalga verici ve alıcılardı; ikincisiyse Küresel Konumlandırma Sistemi yani GPS'di.

GRACE

Uzaya fırlatıldığı Mart 2002'den beri, ikiz uydu GRACE (Yerçekim Kayıtları ve İklim Deneyi), Dünya'nın yerçekim alanının, kütleçekimi ve Dünya'nın doğal sistemlerine ilişkin keşiflere öncü olacak ayrıntılı ölçümlendirmelerini yapıyor. Bu sayede, Dünya'nın yerçekim alanındaki algılanması güç, gizli değişimlerinin, kraterlerin, denizaltı dağlarının ve iklim değişikliklerinin sınırlarını açığa çıkarıyor. Bilim insanlarının beklediği üzere, gezegenin yüzeyine etki eden yerçekimi kuvvetindeki bölgesel değişikliklerin dağılımlarını, okyanus çukurlarını yanı sıra da yeraltı su havzalarını ve öteki gizli kütlelerin yoğunlaşmalarını ortaya koyacak şekilde jeoit haritasını çıkarıyor.

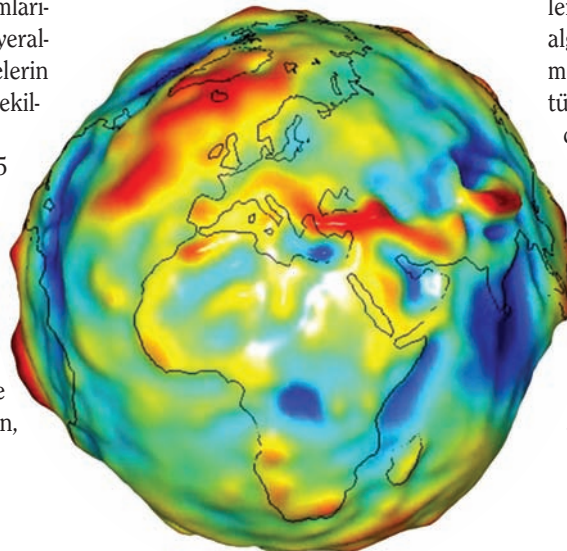
İkiz uydular, biri ötekinin 220,5 km önünde olacak şekilde, yaklaşık 500 km yükseklikteki bir kutupsal yörüngede, yaklaşık her 94 dakikada bir kez, Dünya'nın çevresini hızlıca dönüyorlar. Uzaydaki bir gözlemciye aynı çemberde dönen iki uydu gibi görünseler de, gezegen de altlarında durmaksızın döndüğünden,



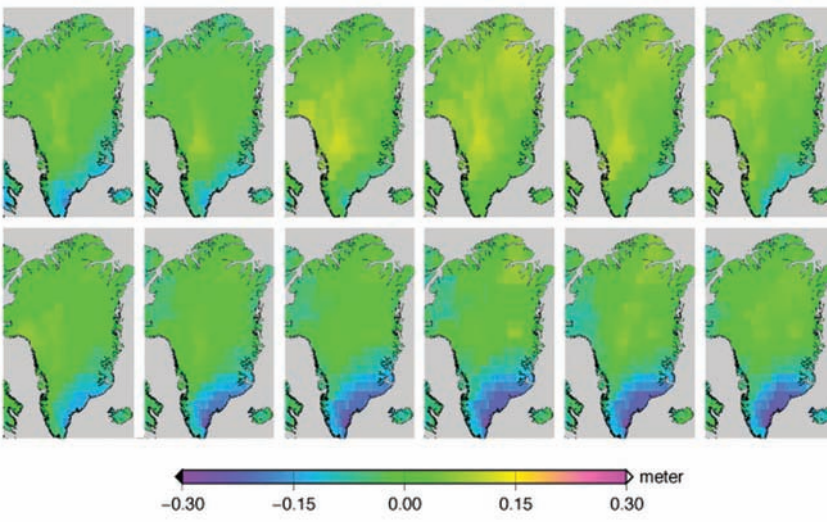
GRACE'in 2003'teki okumalarından yararlanılarak oluşturulmuş Güney Amerika haritası, Amazon ve Orinoco nehirlerinin havzalarındaki suyun, yağıştaki mevsimsel değişikliklerle azalıp artarak nasıl biriktiğini gösteriyor. Kırmızı, daha yüksek çekim kuvvetini, bu yüzden de su birikiminin çok olduğu yerleri, mavimsi tersini yani su birikiminin az ya da yerçekiminin düşük olduğu yerleri gösteriyor.

uydular Dünya'nın bütün yüzeyini, her 30 günde bir kez tarıyorlar. Uydular, üzerindeki araç gereçlerle, iki uydu arasındaki uzaklığı değil, daha çok uzaklıktaki değişimi, yani böylece, yerçekimi yüzünden oluşan hızlanmayı ölçüyorlar. Ölçüm, mikrodalga demetlerinin birbirleriyle girişerek oluşturdukları deseni izleyip, dalga boylarındaki değişimin doğrudan ölçülmesiyle yapılıyor. Bir uydu (öndeki), ikinci (arkadaki) tarafından tutulan mikrodalga akışını sürekli şutluyor ve dalgaların ikisi de yeryüzüne gönderiliyor. Giden ve gelen dalga demetleri üst üste biniyorlar

Dünyanın yerçekimi haritası: Daha büyük yumrular ve kırmızı gölgeler en büyük kütle bölgelerini, dolayısıyla da yerçekimsel çekme gücünü gösteriyor.



ve bir girişim deseni oluşturuyorlar; girişim desenindeki değişim dalgaların evrede ne kadar yaklaştıklarının kusursuzluğuna, yani dalgaların tepe ve çukurlarının ne yakınlıkta sıralandığına bağlı. Uydudan uyduya uzaklıktaki çok küçük bir farklılık -ve böylece yerin yüzeyinden etkiyen yerçekiminin çekme gücündeki artış ya da azalış- girişim deseninde belirgin bir farklılık oluşturuyor. Uydular birlikte ya da saniyede 150 nanometre (metrenin milyarda biri) gibi çok küçük bir farklılıkla ayrı hareket ederlerse, GRACE'in izleyicisi bilim insanları, bu farklılığı görebiliyor. Çok ince farklılıkları ayırt etmek çok önemli ancak bazen uyduların bulunduğu bu yükseklikte hava moleküllerinin de bulunması GRACE uydularının algısını yavaşlatmaya yetebiliyor. Hava moleküllerinden kaynaklanan bir gürültü, GRACE verilerini izleyen bir gözlemciye, "aşağıda bir şey, belki de bir buzul uzanıyor" gibi yanlış bir kaniya varmasına neden olabilir. Bunu önlemek için, her bir uydu, bir odanın içinde, uydunun kendisine fiziksel bir bağla bağlanmadan yüzen "kontrol kütlesi" olarak bilinen bir nesneye sahip. Kontrol kütlesi bulunduğu yerde kendi yörüngesinde dolanıyor. Çekimsel değişiklikler yüzünden uydulardan



GRACE'in 2005 Ocak ayından başlayarak (sol üst) Aralık ayına (sağ alt) kadar Grönland'dan yakaladığı görüntüler, buradaki buz kütlelerinin büyük bir kayba uğradığını (koyu mavi ve eflatun renkle gösterilmiş), açığa çıkarıyor.

birinin hızı arttığında ya da yavaşladığında kütle de aynısını yapıyor. Ama bir yudu, hava direnci yüzünden yavaşladığında, kontrol kütle, içeride, bu değişimden habersizce, kendi özgün hızındaki hareketini koruyor. Kütle, uydunun iç duvarlarına çarpamıyor, çünkü yerleşik elektrik plakaları bunu yapmasını engelliyor; aşırı duyarlı elektronik yapı bu uyumsuzluğun izlerini tutuyor; böylece mühendisler, hesaplarını hava moleküllerinin neden olduğu sapmaları gerçek sinyallerden çıkarıp yapıyorlar.

GRACE'in Keşifleri

GRACE'in verileri gezegendeki bütün bilim insanlarına açık. Bu da onun verilerinin birbirinden çok farklı alanlardaki araştırmalarda kolayca kullanılmasına, birbirinden ilginç, yeni keşif ya da sonuçların açıklanmasına neden oluyor. İşte bir kaç örnek: Ocak 2005'te, Doğu Antarktika buz tabakasının yüzeyinden yaklaşık 1609 metre alttaki bir kayada, ancak uzaydan dev bir etkinin yer kabuğunu ezmesiyle oluşabilecek bir yoğunluğa sahip bir kütle bulundu. Buzla kaplı kaya yatağının radar görüntüleriyle GRACE verilerini karşılaştıran bilim insanları, bu kütle-

nin, genişliği yaklaşık 483 km'lik bir daire alanın -bir uçtan ötekine yaklaşık 48 km çaplı bir nesnenin çarpmasından beklendiği üzere- tam olarak merkezinde olduğunu buldular. Bir asteroit! 65 milyon yıl önce dinazorları tümüyle yok eden asteroitinkinden yaklaşık 4-5 kat daha büyük bir çapa sahip. Bulunan krater de çok daha yaşlı! O dönemde yaşayan sürüngenler, süngerler, mercanlar, deniz yıldızları, tarak midyeleri, deniz akrepleri ve balıkların da içinde olduğu türlerin büyük çoğunluğunu yok edip, bu sayede dinozorları baskın hale getiren, evrimsel temizliğe yol açan bir "şey(?)" olduğundaki zamana yaklaşık 250 milyon yıl öncesine -tartışmalı olsa da- tarihleniyor. Bu keşif, paleontologlara ve evrim biyologlarına bilinen tarihin "en büyük kitlesel imhası"nın nasıl olduğuna ilişkin bir görüş sunabiliyor artık...

GRACE'in yeni keşiflere en büyük katkısı, onun, jeoidi yaklaşık her ay yeniden ölçmesinden kaynaklanıyor. Bu ölçümler, jeologlara, Hint Okyanusu'ndaki korkunç tsunamiyi tetikleyen 26 Aralık 2006'daki Sumatra-Andaman depreminde deniz tabanının kendini nasıl yeniden düzenlediğinin değerlendirmelerini, depremden önce ve sonra şeklinde, yapma-

olanağını da verdi. Böylece artık görünmeyen yerlerin de görünebilir olmasının yolu açıldı.

İkiz uydular, daha önce hiç olası olmayan bir yolla, suyun kendi hareketini de açığa çıkardılar. Bu olağanüstü bir gelişme, çünkü su yeraltına gidebilir, okyanusların çevresinde hareket edebilir, buzdan suya dönüşebilir ve yağışlarla fazlalaşabilir! Su, bir buz tabakası, bir yeraltı su havzası ya da okyanusun bir parçası şeklinde olabilir. Ancak GRACE'in sayesinde kütlelerini artık saklayamaz! İşte örnekler: 2007 Mart ayında, "Science Express" adlı bilimsel bir dergide yayınlanan bir makale, Antarktika'yı kaplayan buz tabakasının yılda 58 km³ ortalamayla küçüldüğünü gösteriyordu. Bu çok şaşırtıcıydı! Çünkü var olan iklim modellerinin çoğu, daha yüksek küresel sıcaklıkların daha çok buharlaşma ve yağışa yol açarken bir buz kalınlaşması olacağını öngörüyordu. GRACE verileri, bu modellerin pek de iyi olmadıklarını açığa çıkardı: 2007'nin başlarında 2002-2005 yılları arasında Grönland buzunun yılda yaklaşık 92 km³ kadar kayba uğradığı, sonlarında da, Alaska'nın 2002-2005 yılları arasındaki her yıl, buzunun yaklaşık ortalama 16,9 km³'lük bir miktarını kaybettiği yine GRACE verileriyle gösterildi. Araştırmacıların endişeleri haksız değil. Çünkü buz tabaklarından okyanusa gidebilecek çok miktarda tatlı su var. Hem buz tabakaları önemli ölçüde kütle kaybediyor hem de deniz seviyesini değiştiriyor. Deniz seviyesindeki artış sürerse, kıyısız alanların da sularla kaplanması tehlikesi söz konusu.

Bugünlerde deniz bilimciler, jeologlar ve iklim bilimciler, GRACE verilerinin bolluğuna dayanarak gezegene ilişkin kendi modellerini güncellemek için adeta yarışıyorlar. Ancak birkaç yıl içinde GRACE'in yeni ve yükseltilmiş bir türü üretildiğinde, bu modeller kuşkusuz ilkel görünmeye başlayacaklar. Mikrodalga türden çok daha hassas lazer girişimölçerlerle donatılmış bir GRACE'in verilerini kullanan bilim insanları, çok daha yüksek çözünürlüklere ulaşabiliyor olacaklar; böylece çok daha küçük ya da gizli yerçekimi değişimlerini ve çok daha mükemmel ayrıntıları bulabilecekler. Biz de Dünya'mızın yeni sınırlarının açığa çıkmasını heyecanla bekliyoruz.

Kısaltılmış çeviri: Serpil Yıldız

http://discovermagazine.com/2007/mar/grace-in-space/article_08-C-ew7b_start=0&C=

Jeoit Nedir?

Jeoit, jeodezide, her yerde ortalama deniz düzeyi temel alınarak, yani Dünya'nın yüzeyinin tümüyle denizlerle kaplı olduğu varsayılarak geliştirilen bir yerküre şekli. Şeklin yüzeyi her noktada, yerçekimi vektörünün doğrultusuna dik. Jeoit, biçim olarak kutuplarından basık bir küreye benzetmekle birlikte daha düzensizdir; bu düzensizlikler, Dünya'nın karalarla kaplı bölümleriyle deniz tabanları arasındaki düzey farklılıklarından ve yerkürenin belirli bölgelerinde daha yüksek yoğunlukta kütlelerin bulunmasından kaynaklanır. Matematiksel açıdan jeoit bir eşpotansiyel yüzeydir, yani her yerinde potansiyel fonksiyonu, Dünya'nın kütle-

den kaynaklanan çekim kuvvetiyle kendi ekseninde dönmesinden kaynaklanan merkezkaç kuvvetinin birleşik etkilerini tanımlar. Jeoit, jeofiziksel jeodezinin temel yüzeyi olarak kabul edilir. Kutuplarından basık küreye jeoit arasındaki ilişki- den elde edilen formülle, Yer yüzeyinin herhangi bir noktasındaki kütle çekimi, Ekvator'daki kütle çekimi değerinden yararlanılarak hesaplanabilir. Jeoidin en yüksek olduğu nokta +85 metreyle Büyük Okyanus'ta, en alçak olduğu noktaysa -106 metreyle Hint Okyanusu'nda bulunuyor. Yüzey şekilleri jeoidi göre yaklaşık 20 kilometrelik bir aralık içinde yer alıyor: En yüksek nokta 8.850 metreyle Everest tepesi, en alçak nokta -10.910 metreyle Marianara çukurudur.