



# Uzaydan Yeryüzü

30 Eylül Cuma günü, fırlatılışının hemen ardından Endeavour Uzay Mekiği'nin astronotları beklenmedik bir olaya tanık oldular. Kamçatka'daki Kliuchevskoi Yanardağı, 49 yıllık bir uyku döneminin ardından 22 000 metre yüksekliğe kül püskürtmeye başlamıştı. O gün Endeavour'un yolcuları arasında daha önce sadece bir kez (Nisan 1994'de) uçmuş olan bir radar da bulunuyordu. Amacı dünyanın jeolojik yapısını ve çevre koşullarını incelemek olan bu yeni düzenek için kaçırılmaz bu tarihi fırsatın görüntülenebilmesi için mekiğin uçuş yörüngesi yeniden belirlendi.

**Y**ALNIZCA birkaç gün sonra, 4 Ekim'de, bu defa bir yer sarsıntısı, Japonya'nın Hakkaido Adası yakınlarında kaydedildi. Endeavour, tsunami dalgaları sonrası kıyı şeridi boyunca meydana gelen yıkımı bir iki saat içinde belgelemeyi başarmıştı.

Uzaydan radarla elde edilen yeryüzüne ilişkin veriler oldukça basit bir temele dayanır: Yayımlanan ışının yeryüzünden yansıtılarak kaynağına, yani uyduya geri dönmesi. Dönen ışının ilk yayım anındaki özgün hali ve geri dönüşüne değin geçen süre yer kabuğunun ayrıntılı bir biçimde görüntülenmesini sağlar.

Burada kullanılan tekniklerden biri altimetridir (yükseklik ölçümü). Yörüngeye dik bir açıyla gönderilen ışının, alıcıya geri dönmesi, yer şekillerinin radara daha yakın ya da uzak olmalarına bağlı olarak göreceli sürelerde gerçekleşir (şekil 1). Işık hızına dayalı olarak yapılan hesaplamalarla, yeryüzünün üçüncü boyutuna ilişkin değerler elde edilir.

Radar fotoğraflarının elde edilmesi için farklı bir yöntem uygulanır. Bu teknikte ışın yeryüzüne belirli bir

açıyla gönderilir (şekil 2). Yüzeyin özelliklerine göre yansıyan ışının miktarı değişkenlik gösterir. En yüksek yansıtma katsayısına sahip denizler, göller ve akarsular, ışını geliş açısının simetriği (pembe oklar) doğrultusunda gönderir, dolayısıyla hemen hemen hiç geri dönme olmaz ve su birikintileri fotoğrafta siyah çıkar. Diğer nesnelere ise yansıtma katsayıları ve yönelimleriyle ilişkili olarak farklı derecelerde parlaklıklar gösterirler. Yararlanılan ışının dalga boyunda yapılacak değişiklikler ise bu kez yansıyan nesnelere ne olduğuna ilişkin ipuçları verir. Örneğin

**Hollanda'nın Harderwijk kentinin ve çevresinin bu fotoğrafta kuzeydeki eski orman bölgesi (kırmızı), güneydeki kanal ve karşı yakadaki tarım arazileri açıkça görülüyor. Bu tür görüntüler yardımıyla, mevsime göre değişkenlik gösteren mahsüle ve toprağa ilişkin çalışmalara ışık tutar.**

yeni sürülmüş tarlalar kısa dalga boyunda parlak çıkarken uzun dalga boyunda koyu gözüktür; ormanlar ise hemen her dalga boyunda parlaktır. Uzun dalga boyunda sahip ışınlar bir kasırganın içinden geçebilirken, kısa dalga boyundakiler fırtına bulutlarının en ince ayrıntısına kadar görüntülenmesinde kullanılabilir. Endeavour'daki radarlardan SIR-C'nin bir başka özelliği de ışını yatay veya dikey doğ-







**Rusya'nın doğu ucundaki Kamçatka Yarımadası'nda bulunan Kliuchevskoi Yanardağı (kırmızı bölge) 30 Eylül 1945'te yeniden faaliyete geçti. Son etkin hali 1945'te gözlemlenmiş olan volkanın eteklerindeki sarı-yeşil alanlar, yeni lav akıntılarını gösteriyor. Yukarıda görülen Kamçatka Irmağı ise Pasifik Platosu'nun Avrasya Platosu'nun altına kaydığı, jeolojik olarak değişken bu bölgeden geçiyor. Irmağın kuzeyinde uyuyan yanardağlar (yeşil), güneyinde ise tarım alanları bulunuyor.**

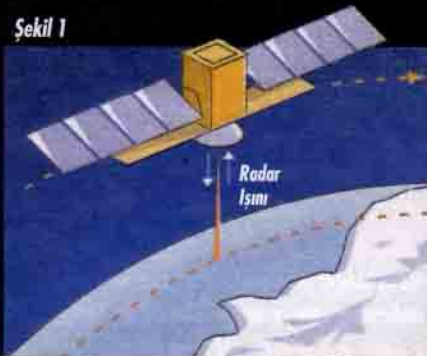
rultuda polarize edebiliyor olması. Elektromanyetik ışımının normalde üç boyutta gerçekleşen yayılımı, polarize ışında iki boyuta indirgenir. Bunun sonucunda ise radarın nesnelere tanımlayabilme yetisi bir kat daha artar. Örneğin dikey ağaç dallarının bir çeşit polarize ışını diğerine oranla daha iyi yansıtıyor olması bitki örtüsünün türlerinin ayırt edilebilmesini sağlar.

Yeni geliştirilen bir yöntem, topografik haritaların daha hassas çıkartılabilmesine olanak tanıdı. Interferometri adı verilen bu yöntemde ışın -lazerde olduğu gibi- tek bir fazda yayımlanır. Alıcıya dönüşünde ise ya iki farklı antenle ya da uydunun çok yakın konumlardan iki ayrı geçişinde algılanır (şekil 3). Yansıyan ışının fazlarındaki farklılıklar, nesnelere

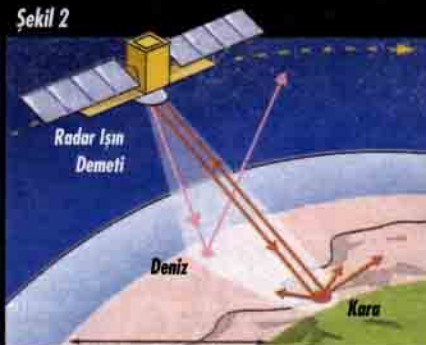
rin radara olan uzaklıklarıyla bağlantılıdır. Elde edilen, hata payı birkaç santimetreyi geçmeyen bir yeryüzü rölyefidir.

Endeavour'un ve Avrupa ERS-1 uydusunun sağladığı bu görüntüler yeryüzünün şekli ve çevre koşulları hakkında bugüne ilişkin bilgiler verirken, geleceğe yönelik önemli ipuçlarını da barındırıyor...

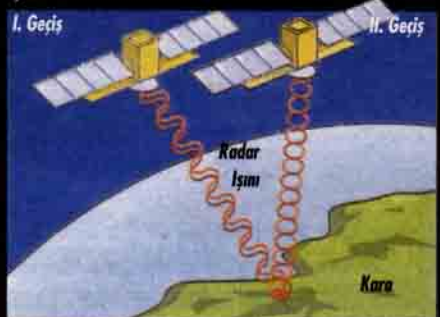
**Şekil 1**



**Şekil 2**



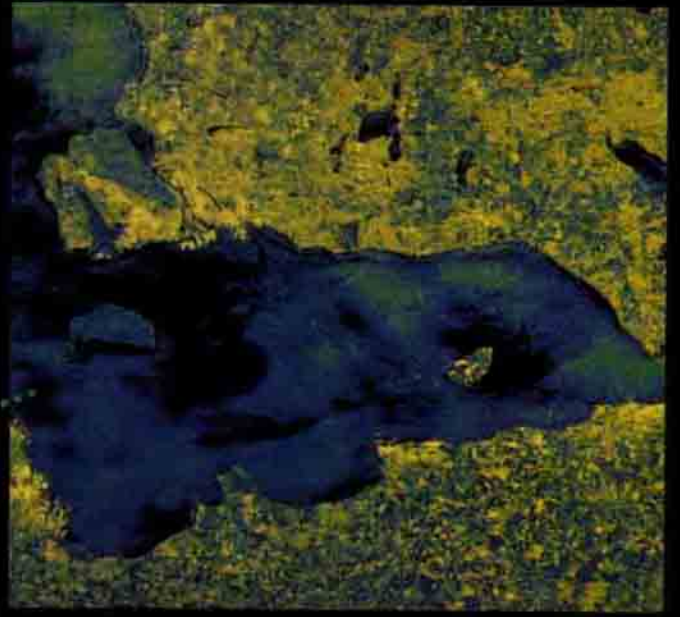
**Şekil 3**





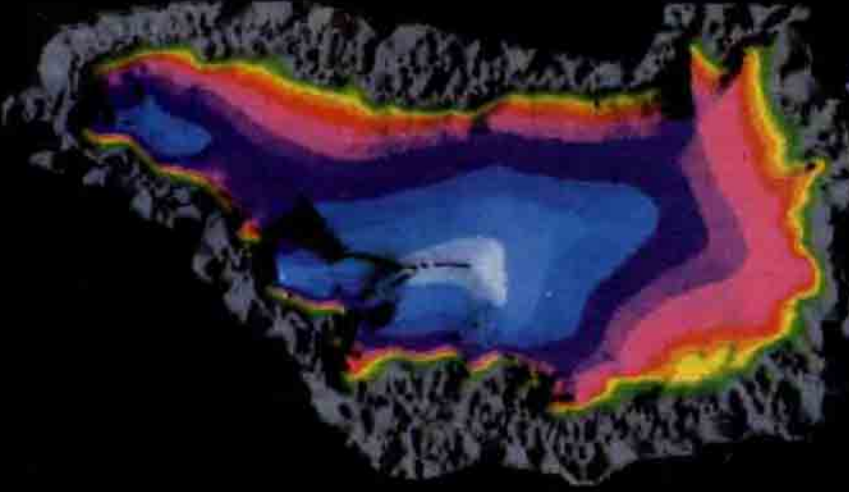


**SU YÜZÜNDEKİ** farklılıkları belirleyebilen radar gözlemleri, özellikle kirlenme olasılığı yüksek bölgelerde sürekli kullanılıyor. Fransa'nın Akdeniz kıyısında yer alan Côte d'Azur açıklarında bir petrol sızıntısı saptanmış (siyah). Duyarlı gözleme yeteneği sadece sızıntıları değil, aynı zamanda gemilerden gizlice bırakılan atıkları da belirleyebilme olanağı veriyor.

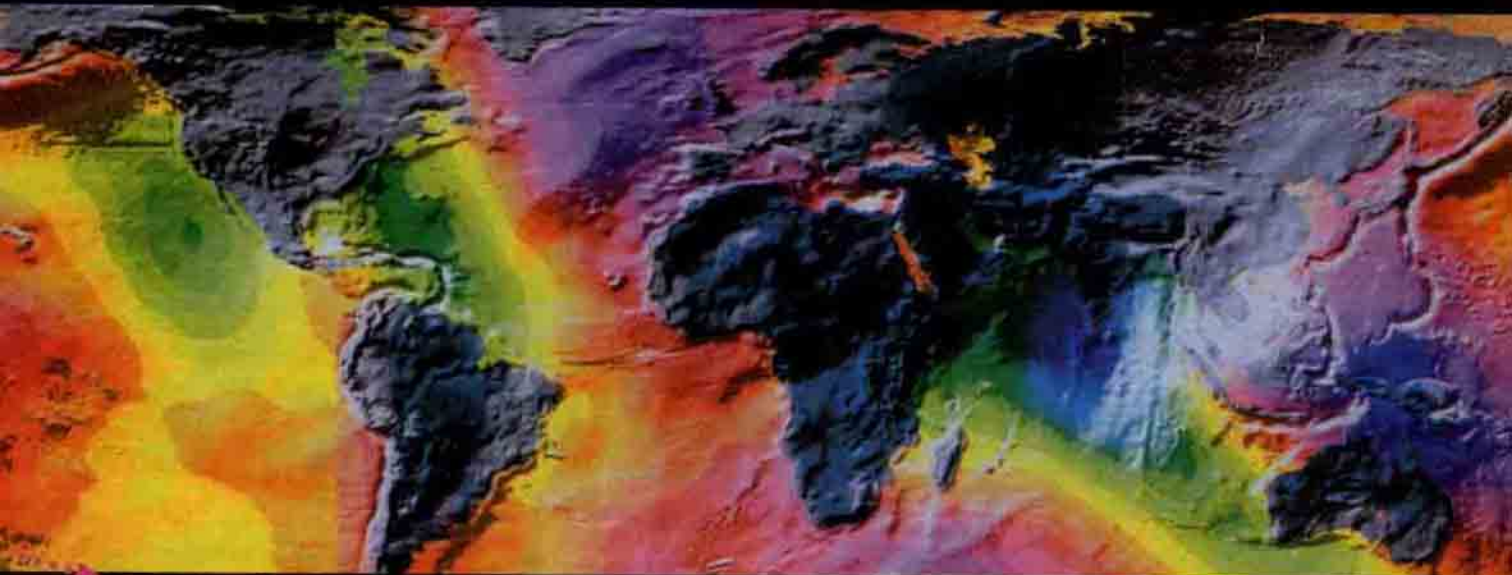


**BALTİK DENİZİ'**nin Danimarka ile İsveç arasında kalan parçasında

(kuzeydeki koyu leke Köpenhamn) mavinin nüansları denizdeki durumu gösteriyor. Koyu olan bölgeler sakin sulara karşılık gelirken daha açık gözükken yerler, rüzgarın etkisiyle ya da akıntılar yüzünden hareketlenmiş dalgali yüzeyleri, parlak noktalar ise gemileri tanımlıyor. Bu tür görüntüler yardımıyla gemicilik yollarının daha kesin ve sağlıklı belirlenmesi olası hale geliyor.

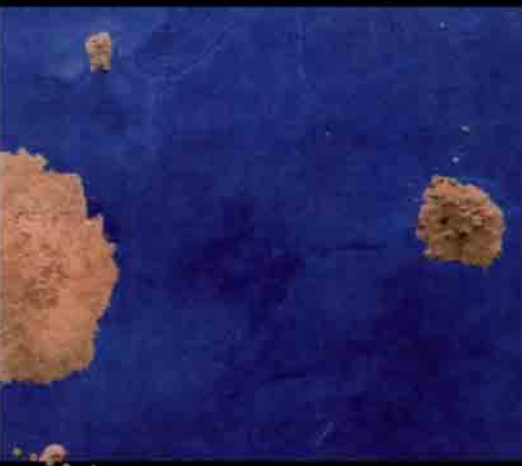


**YÖRÜNGEDEKİ ERS-1** uydusunun görevlerinden biri de iklim değişiklikleri sonucu yeryüzünde meydana gelen değişimlerinin gözlemlenmesi. Sera etkisinin ortalama sıcaklıkta neden olacağı yükselmenin ilk belirtileri buzullarda ve okyanuslarda görülecek. Bu yüzden ERS-1'de bulunan altimetre sürekli olarak buzul yüksekliklerini ve deniz suyu düzeyini ölçüyor. Grönland'ın bu fotoğrafı, değişken topografyaya sahip adanın 3277 metreden son bulan eşyüksekti eğrilerini gösteriyor.



**ERS-1**'in bir yıllık yükselti ölçümlerinin bir araya getirilmesinden elde edilmiş bu gösterim su yüzeyindeki farklılıkları ortaya koyuyor. Yerçekimi etkisine bağlı olarak okyanuslarda oluşan çukurlar (mavi) ve tepeler (mor) arasında onlarca metreye varan yükseklik farkları meydana geliyor. Okyanus tabanındaki fay hatları da - özellikle Amerika'nın batısı ile Asya'nın doğusundakiler - oldukça belirgin.





**GALAPAGOS** Takım Adaları'ndan alınmış bu fotoğraf, güçlü akıntıların okyanus tabanıyla ve adalarla etkileşime girerek deniz suyunun yoğunluğunu ve tuzluluk oranını nasıl değişime uğrattığını gösteriyor. Çıplak gözle fark edilemeyen bu kıvrımlar ancak radar yoluyla görünür kalmıyor.

**YUKATAN** (Meksika)'daki Chicxulub Krateri, dinazorların 65 milyon yıl önceki yok oluşlarına ilişkin ipuçlarını barındırıyor olabilir. Yüzeydeki kırılmaya bağlı oluşumlar ve suyun akış yönü, bugün 300 ile 1000 metre arasında bir kireçtaşı tabakasıyla kaplı bir kraterin varlığını ortaya koyuyor. Sol taraftaki pembe sarı şerit, bir mangrov ormanı. Resmin ortasında, bir çizgi halindeki krater kenarı boyunca yoğunlaşan mavi lekeler ise kaynak sularıyla beslenen tropik ormana aittir. Endeavour'un sağladığı veriler uzunca bir süredir tartışma konusu olan göktaşı çarpmasının boyutu (175 ile 290 km arasında) hakkında da bir fikir veriyor.



**30 HAZİRAN 1993'**de Emily Kasırgası'nın Avrupa Meteoroloji uydusu tarafından çekilmiş bu fotoğrafta sonradan Kasırganın çevresinde ve içinde oluşan rüzgarlara ilişkin oklar eklenmiş. Bu rüzgarların yönü ve şiddeti, oluşturdıkları dalgaların yüksekliklerinin uzaydan, üç ayrı yönden ölçülmesiyle elde edilmiş. ERS-1'in yaptığı ölçümler, uzun dalga boyundaki ışınların atmosferik koşullardan -bu durumda bulutlardan- etkilenmiyor olmasının yararlarına bir örnek.



**KAYIP UBAR ŞEHİRİ**, Umman'ın güneyinde 1992 yılında LANDSAT'ın sağladığı veriler yardımıyla bulunmuştu. Şehrin kendisi bu resimde, farkedilemeyecek derecede küçük kalıyor. Ancak eski nehir yatağının (beyaz) aşağısındaki arazide, gömülü durumda bulunan kesişen yollar oldukça belirgin (pembe çizgiler). Binbir Gece Masalları'ndaki büyümlü şehirlerden biri olan Ubar, kervanların çöldeki yolculuklarına başlamadan önce toplandıkları son noktaydı. Eskiden beri mitik bir şehir kabul edilen Ubar'ın, bugün büyük olasılıkla M.Ö. 2800 ile M.S. 300 arasında varolduğu tahmin ediliyor. Nehrin kuzeyinde kum tepelikleri (macenta) güneyinde ise çplak kireçtaşı kayaları (yeşil) var.



**DİAN FOSSEY'İN** araştırmalarına konu olan dağ gorilleri Karisimbi Dağı (4900m) eteklerindeki bambu ormanında yaşıyor. Yakındaki diğer zirveler Sabinyo (4000m) ve Muhavura (3800m). Bu dağlar Ruanda, Zaire ve Uganda sınırları boyunca yer alan Virunga yanardağlar zincirinin bir parçasını oluşturuyor. Bitki örtüsü hakkında bilgi veren başka görüntülerle birlikte bu harita, dünyanın son dağ gorillerinin hayatta kalmasında önemli rol oynayabilir.

Kaynaklar  
Scientific American, Aralık 1994  
Science et Vie, Mart 1995

Kuyuş Örs