

DEPREMLER ve YANARDAĞLAR

Fiona Watt

10. Basım

TÜBİTAK

DEPREMLER VE YANARDAĞLAR

Fiona Watt

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları 71
Gençlik Kitaplığı 7

Depremler ve Yanardağlar - Earthquakes and Volcanoes

Fiona Watt
Resimleyen: Jeremy Gower - Chris Shields
Çeviri: Deniz Yurtören
Türkçe metnin bilimsel danışmanı: Doç. Dr. Gürol Seyitoğlu

© Usborne Publishing Ltd. 1993
© Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 1997
TÜBİTAK Popüler Bilim Kitaplarının Seçimi ve Değerlendirilmesi
TÜBİTAK Yayın Komisyonu Tarafından Yapılmaktadır

ISBN 975 - 403 - 111 - 8

İlk basımı Mayıs 1998'de yapılan
Depremler ve Yanardağlar
bugüne kadar 22.500 adet basılmıştır.

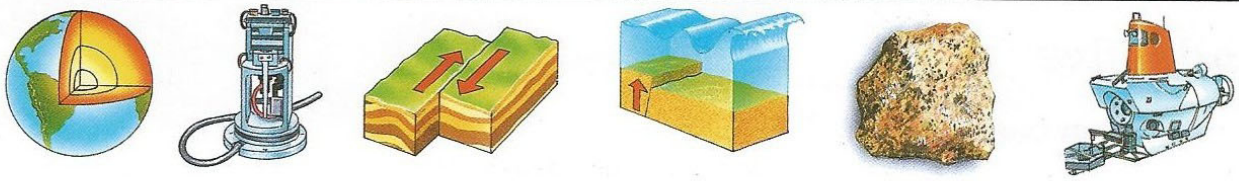
10. Basım Mart 2000 (2500 adet)

Yayın Yönetmeni: Sedat Sezgen
Yayıma Hazırlayan: Ayşegül Yılmaz Günenç
Teknik Yönetmen: Duran Akca
Sanat Yönetmeni: Ödül Evren Töngür
Uygulama: İnci Karakul

TÜBİTAK
Atatürk Bulvarı No: 221 06100 Kavaklıdere/Ankara
Tel: (312) 427 33 21 Faks: (312) 427 13 36
e-posta: bteknik@tubitak.gov.tr
İnternet: www.biltek.tubitak.gov.tr

Ajans-Türk Matbaacılık - Ankara

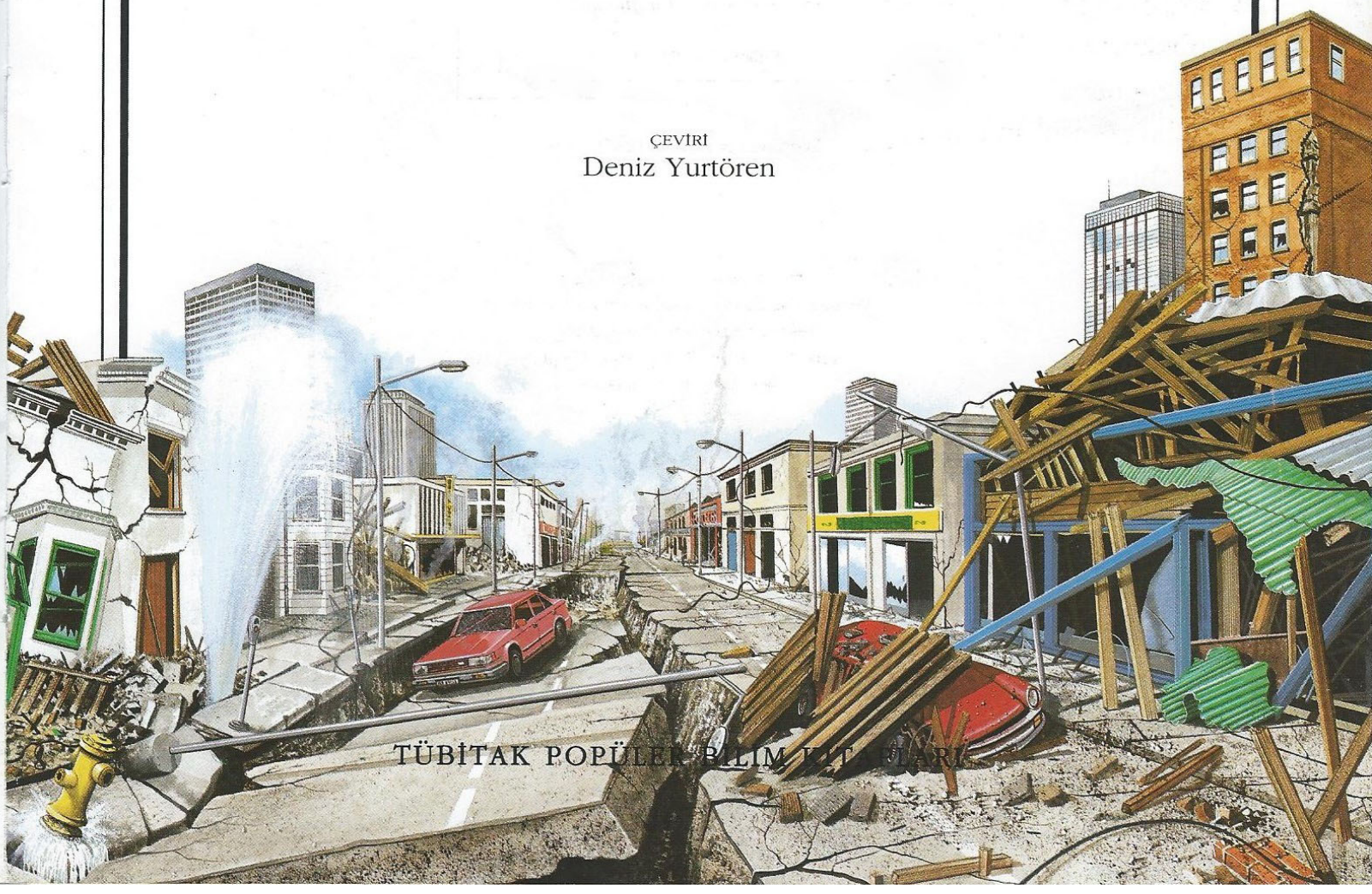
Depremler ve Yanardağlar Milli Eğitim Bakanlığı [Eylül 1998 tarih ve 2492 sayılı Tebliğler Dergisi, sayfa 1192] tarafından lise ve dengi okullara tavsiye edilmiştir.



DEPREMLER ve YANARDAĞLAR

Fiona Watt

ÇEVİRİ
Deniz Yurtören



TÜBİTAK POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

İçindekiler

3 Dünya'nın başlangıcı
4 Hareketli bir yüzey
6 Levha sınırlarındaki hareketler
8 Depremler nasıl oluşur?
10 Deprem sırasında olanlar
12 Depremleri ölçme ve izleme
14 Yanardağlar
16 Yanardağ püskürmeleri
18 Lav akıntıları, bloklar ve bombalar
20 Volkanik adalar
22 Etkin, uyuyan ve sönmüş yanardağlar
24 Kızgın kayalar
26 Tsunami
28 Depremlerin ve yanardağ püskürmelerinin gözlenmesi
30 Felaketlerin önlenmesi
31 Sözlük
32 Dizin



Bilim adamları, Dünya yüzeyinin milyarlarca yıl önce yanardağlarla kaplı olduğunu düşünüyorlar.

Dünya'nın başlangıcı

Bilim adamları, Dünya'nın 4,6 milyar yıl önce oluştuğuna inanıyorlar. O zamandan bu yana, gezegenimizin dış yüzeyi değişik süreçlerin etkisiyle biçimlenmiştir.

Dünya, büyük olasılıkla, uzayda meydana gelen dev bir patlamadan birkaç milyon yıl sonra oluştu. Bu patlama, çok büyük boyutta bir gaz ve toz bulutunun oluşmasına yol açtı. Bilim adamlarına göre, birbirleriyle çarpışan gaz ve toz taneciklerinin birleşmesi sonucunda ergimiş maddelerden çok büyük kütleler meydana gelmiş, bunlar da zaman içinde bugünkü gezegenlere dönüşmüştür.



Bilim adamları, Dünya'nın uzayda meydana gelen çok büyük bir patlamadan sonra oluştuğunu düşünüyorlar.

Başlangıçta çok sıcak olan Dünya'nın yüzeyinin, ergimiş kayaların oluşturduğu bir denizle kaplı olduğu düşünülüyor. Dünya, yaklaşık 4 milyar yıl önce soğumaya ve farklı katmanlara ayrılmaya başladı (bkz. sağdaki resim). En ağır maddeler içe doğru çökerek çekirdeği, yani Dünya'nın hâlâ çok sıcak olan merkezini; daha düşük yoğunluktaki maddeler ise çekirdeğin çevresindeki katmanları oluşturdu. Yüzeydeki ergimiş maddelerin yeterince soğuması sonucunda bilim adamlarının, çok sayıda yanardağla kaplı olduğunu düşündükleri katı kabuk meydana geldi.

Dünya'nın yüzeyine çıkan ergimiş kayaların soğuyup katılaşması ile yerkabuğu oluştu.



Yerkabuğunun alçak düzeyli bölgeleri suyla doldu.

İlk kıtalar, büyük olasılıkla, yanardağlardan püskürerek yüzeyi kaplamış, soğumuş ve yerkabuğunu kalınlaştırmış olan ergimiş kayalardan oluşuyordu. Okyanuslar ise, yanardağlardan püsküren gazların soğumakta olan yüzeyle temas ederek yoğunlaşması sonucunda oluşan küçük su damlacıklarının alçak düzeyli yerlerde birikmesiyle ortaya çıkmış olabilir. Dünya'nın ilk atmosferi de büyük olasılıkla bu volkanik gazlardan oluşuyordu.

Bugünkü Dünya

Bugün Dünya'nın yüzeyi katı ve kararlı gibi görünüyorsa da değişimler sürmektedir. Yeryüzü, sürekli bir biçimde yapıcı ve yıkıcı süreçler sonucunda değişime uğruyor. Bunların çoğu çok yavaş oluştuğundan, ancak özel bilimsel yöntemlerle saptanabilirler. Bir sıradağın oluşumu milyonlarca yıl sürerken, şiddetli bir yanardağ püskürmesi yada deprem Dünya'nın yüzeyini birkaç gün, birkaç saat, hatta birkaç dakika içinde bile değiştirebilir.

1988 yılında Ermenistan'da meydana gelen ve yalnızca 20 saniye süren bir depremde yüzlerce yapı yerle bir olmuş ve 25.000 kişi ölmüştü.



Dünya'nın yapısı

Dünya, tam bir küre biçiminde olmayıp, kuzey ve güney kutupları hafifçe basıktır. Yerkabuğu, manto ve çekirdek adı verilen üç ana katmandan meydana gelir. Bu katmanların her biri farklı kayaç çeşitlerinden oluşur.

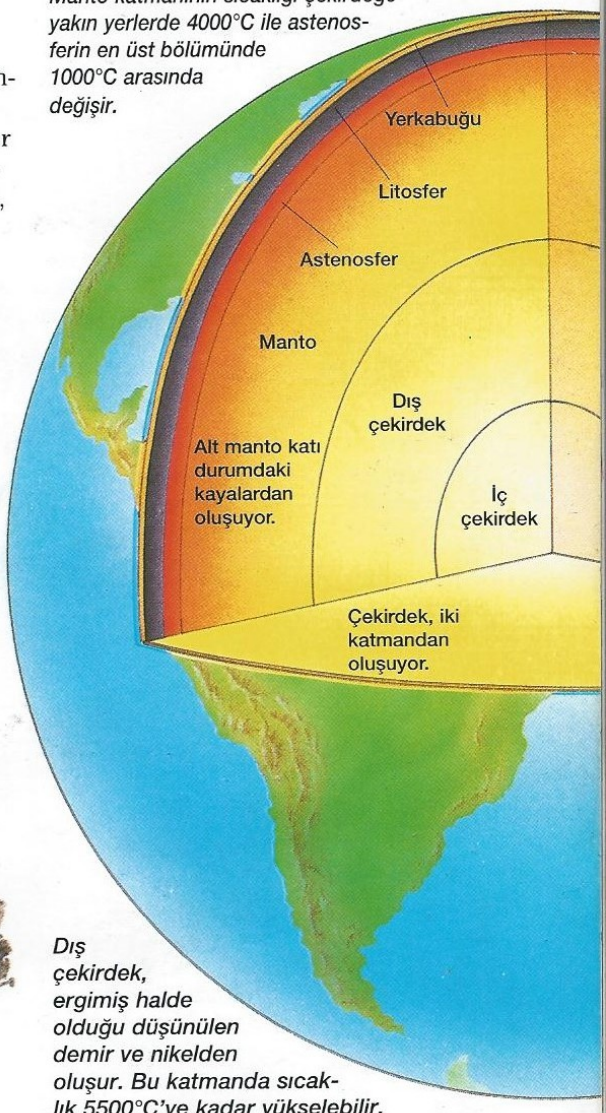
Aşağıdaki resim Dünya'yı oluşturan üç ana katmanı gösteriyor. Ancak katmanlar ölçekli değildir.

Yerkabuğu, en dıştaki katmanı oluşturur. Kalınlığı 6 ile 70 km arasında değişir.

Yüzeye yakın olan manto katmanı, katı durumdaki kayalardan oluşur. Bu katman, yerkabuğu ile birlikte litosfer (taşküre) olarak adlandırılır ve yaklaşık 100 km kalınlıktadır.

Litosferin hemen altında bulunan manto bölümü astenosfer (ateşküre) adını alır. Astenosfer yaklaşık 100 km kalınlıktadır ve kısmen ergimiş kayalardan oluşur.

Manto katmanının sıcaklığı çekirdeğe yakın yerlerde 4000°C ile astenosferin en üst bölümünde 1000°C arasında değişir.



Dış çekirdek, ergimiş halde olduğu düşünülen demir ve nikelden oluşur. Bu katmanda sıcaklık 5500°C'ye kadar yükselebilir.

İç çekirdekte sıcaklık 6000°C'den daha yüksek olabilir. Üzerindeki diğer katmanların yarattığı büyük basınç nedeniyle katı durumdadır. Bilim adamları, iç çekirdeğin temel olarak demirden oluştuğunu düşünüyorlar.

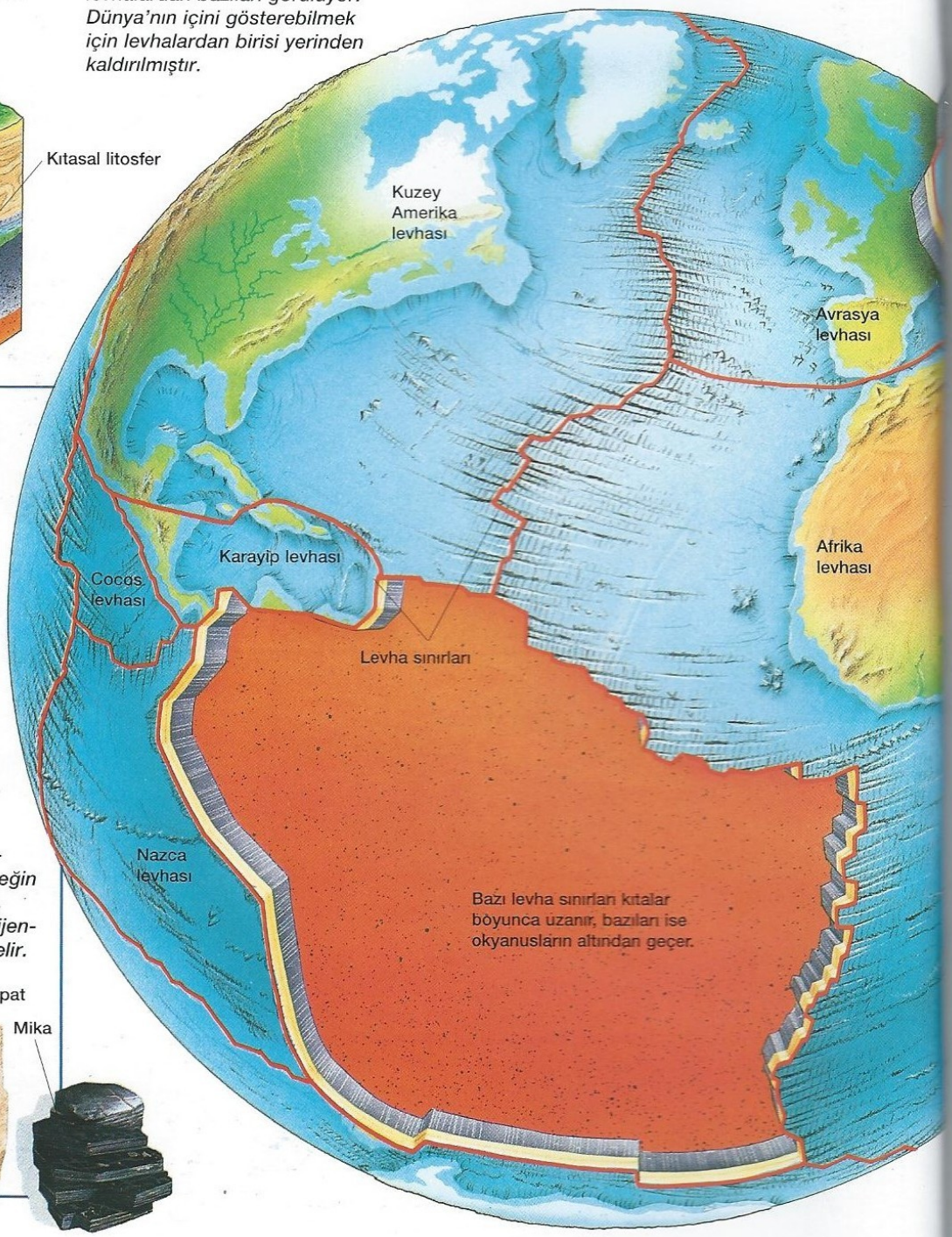
Hareketli bir yüzey

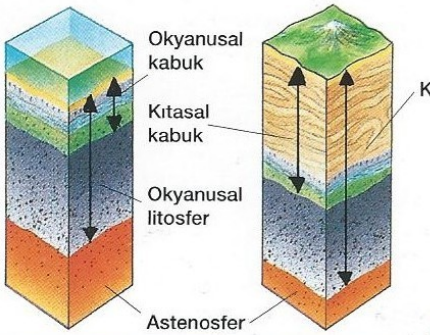
Mantonun katı durumdaki üst katmanı ile yerkabuğu, litosfer olarak bilinir. İki değişik litosfer vardır. Okyanusal litosferin yüzeyinde yaklaşık 6 km kalınlığındaki okyanusal kabuk bulunur. Neredeyse tamamı denizlerle kaplıdır. Kıtasal litosferin yüzeyinde ise 35 ile 70 km arasında kıtasal kabuk vardır. Bunun büyük bir bölümü su ile kaplanamayacak kadar yüksektir, bu nedenle karaları oluşturur.

Levhalar

Dünya'nın yüzeyi kesintisizmiş gibi görünüyorsa da, gerçekte dev boyuttaki bir yap-boz gibi birbirine geçen parçalardan oluşuyor. Levha adı verilen bu parçalar, çok yavaş olarak sürekli biçimde birbirlerine göre hareket ederler. Bir levha, yalnızca okyanusal ya da kıtasal litosferden oluşabildiği gibi her iki litosfer türünü de içerebilir. Levhalar, levha sınırı ya da levha kenarı ile sonlanır. Depremlerin ve yanardağların çoğu bu bölgelerde görülür.

Bu resimde, Dünya'yı oluşturan levhalardan bazıları görülüyor. Dünya'nın içini gösterebilmek için levhalardan birisi yerinden kaldırılmıştır.





Kayaçlar ve mineraller

Bütün kayaç çeşitleri mineral taneciklerinden oluşur. Mineraller, yeryüzünde doğal olarak oluşan kimyasal maddelerdir. Her bir kayaç çeşidi, farklı bileşim ve oranlarda mineraller içerir. Örneğin granit, temel olarak kuvars ve feldispat minerallerinden oluşur (düşük oranda olmak üzere mika gibi başka mineralleri de içerebilir).

Granitin içerdiği her bir mineral farklı elementlerden oluşur. Örneğin kuvars minerali, silisyum ve oksijenden meydana gelir.

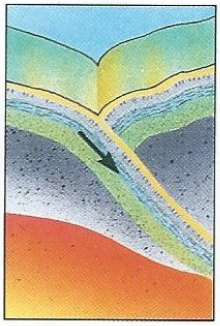


Levha hareketleri

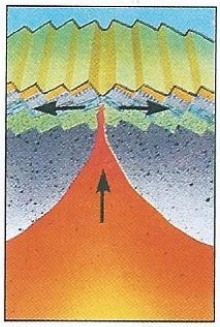
Levhalar, değişik biçimlerde ve yönlerde olmak üzere, çok yavaş da olsa, sürekli hareket halindedir. Bunun sonucunda, yılda ortalama olarak 5 cm yol alırlar ki bu da aşağı yukarı tırnaklarımızın uzama hızına eşittir. Bütün levhalar birbirleriyle temas halinde olduğundan herhangi birinin hareketi çevresindekileri etkiler ve böylelikle zincirleme bir hareket ortaya çıkar.

Değişik levha hareketlerine ilişkin belirtilerin levha sınırlarında (bkz. s. 6-7) açıkça görülmesine karşın bilim adamları, hareket etmelerine yol açan olgunun ne olduğu konusunda kesin bilgiye sahip değiller. Levhaların birbirlerini etkileme süreci, belli bir başlama ve bitme noktası bulunmayan kesintisiz bir hareket olabilir. Öte yandan, belirli bir levha hareketinin bir tür "başlatıcı" etki yaptığı, yani levhalarda sürekli olarak hareket başlattığı yolunda görüşler de var.

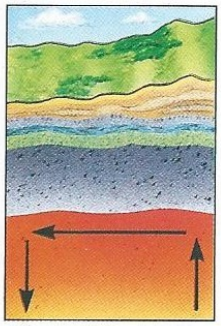




Levha sınırlarında görülen hareketlerden birisi, bir levhanın diğerinin altına dalmasıdır. Bazı bilim adamları, bunun diğer hareketleri başlattığı görüşünde.



Bazı levha sınırlarında ergimiş kayalar, iki levha arasından yükselerek levha kenarlarında katılaşır, levhaların birbirinden uzaklaşmasına yol açar. Bu da diğer levhaları harekete geçirebilir.



Hareketi başlatan olgu her ne ise, buna ek olarak, manto içindeki çok büyük ısı akımlarının da hareketin sürmesine yardımcı olduğu düşünülüyor.

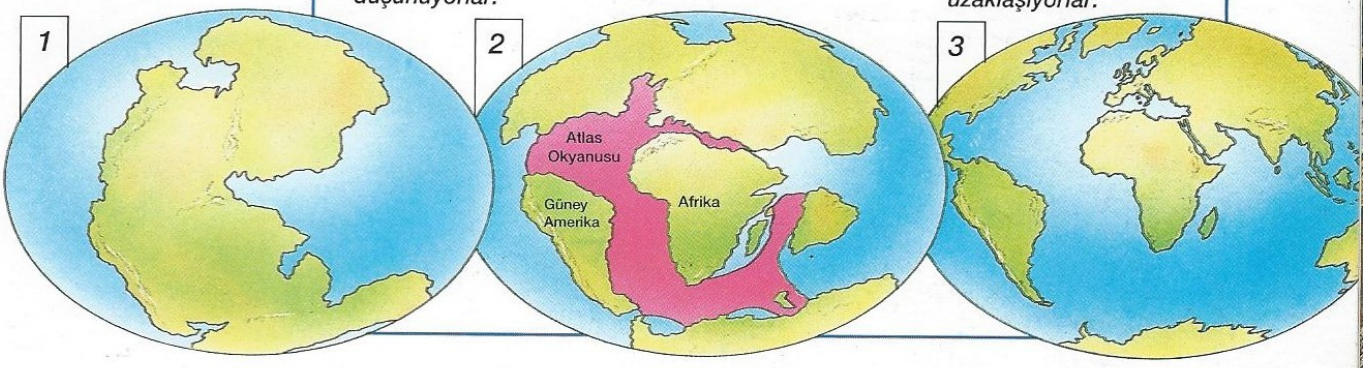
Yer değiştiren kıtalar

Bilim adamları, yerkabuğunun ilk oluşumundan bu yana levha hareketlerinin, okyanus ve kıtaların yerlerini, biçim ve büyüklüklerini değiştirdiğine inanıyorlar. Bu sürece levha tektoniği adı verilir. Bu, çeşitli kanıtlara dayalı bir görüştür. Örneğin, Güney Amerika ile Afrika, bir zamanlar bitişikmiş gibi görünürler. Bilim adamları, bu iki kıta üzerindeki kaya tipleri ve eski sıradağların yaşları arasındaki benzerlikleri ortaya koymuşlardır.

1. Bilim adamları, 200 milyon yılı aşkın bir süre önce, bugün Güney Amerika ve Afrika'yı oluşturan kara kütlelerinin bitişik olduğunu düşünüyorlar.

2. Atlas Okyanusu'nun tabanı, levha sınırında yeni kaya oluşması sonucunda genişlemiş olabilir (bkz. "deniz tabanı yayılması" s. 6).

3. Günümüzde Güney Amerika ve Afrika kıtaları, levha hareketleri nedeniyle yılda yaklaşık olarak 3,5 cm'lik bir hızla birbirlerinden uzaklaşıyorlar.



Levha sınırlarındaki hareketler

Her bir levha sınırında ne olacağını levhaların hareket biçimi belirler. Bazı levhalar birbirinden uzaklaşır, bazıları birbirine yaklaşır, bazıları ise yatay olarak birbirine sürtünerek hareket eder.

Birbirinden uzaklaşan levhalar

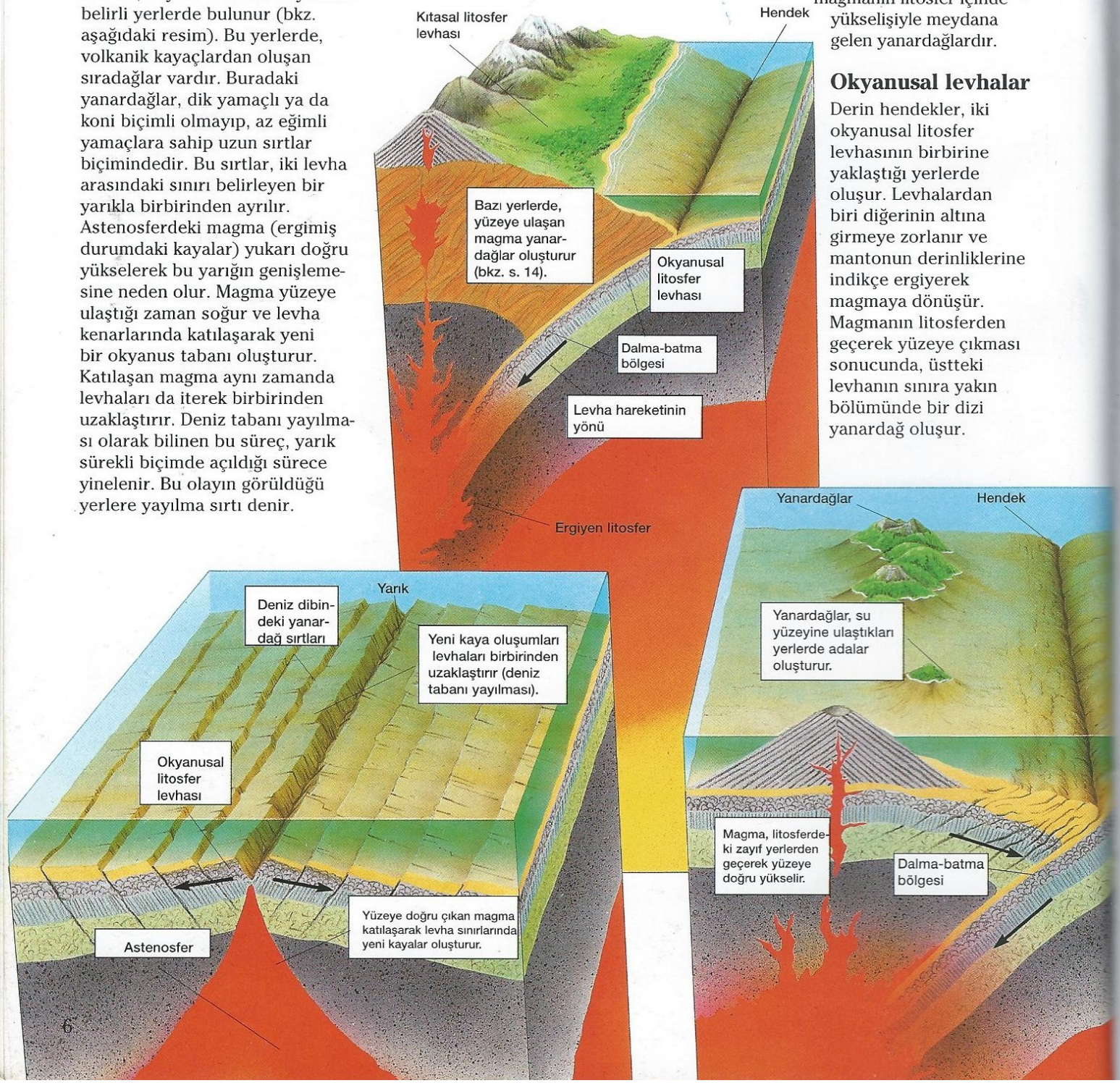
İki levhanın birbirinden uzaklaştığı alanlar, okyanus tabanı boyunca belirli yerlerde bulunur (bkz. aşağıdaki resim). Bu yerlerde, volkanik kayaçlardan oluşan sıradağlar vardır. Buradaki yanardağlar, dik yamaçlı ya da koni biçimli olmayıp, az eğimli yamaçlara sahip uzun sırtlar biçimindedir. Bu sırtlar, iki levha arasındaki sınırı belirleyen bir yarıkla birbirinden ayrılır. Astenosferdeki magma (ergimiş durumdaki kayalar) yukarı doğru yükselerek bu yarığın genişlemesine neden olur. Magma yüzeye ulaştığı zaman soğur ve levha kenarlarında katılaşarak yeni bir okyanus tabanı oluşturur. Katılaşan magma aynı zamanda levhaları da iterek birbirinden uzaklaştırır. Deniz tabanı yayılması olarak bilinen bu süreç, yarık sürekli biçimde açıldığı sürece yinelenir. Bu olayın görüldüğü yerlere yayılma sırtı denir.

Birbirine yaklaşan levhalar

İki levhanın birbirine yaklaştığı yerlerde değişik levha sınırları oluşur. Her bir levha sınırında meydana gelenler birbirine yaklaşan levha türlerine göre değişir. Okyanusal ile kıtasal litosfer arasındaki bir levha sınırında, okyanusal litosferin olduğu levha diğerinin altına dalarak yüzeyde bir hendek oluşturur. Bu olayın meydana geldiği alan dalma-batma bölgesi olarak bilinir. Manto içine doğru, giderek daha derine inen levha, ergimeye başlar. Bu tür levha sınırlarında, yerkabuğunun sıkışmasıyla üstte kalan levha üzerinde dağlar oluşur. Bu dağların bir bölümü, magmanın litosfer içinde yükselişiyle meydana gelen yanardağlardır.

Okyanusal levhalar

Derin hendekler, iki okyanusal litosfer levhasının birbirine yaklaştığı yerlerde oluşur. Levhalardan biri diğerinin altına girmeye zorlanır ve mantonun derinliklerine indikçe ergiyerek magmaya dönüşür. Magmanın litosferden geçerek yüzeye çıkması sonucunda, üstteki levhanın sınıra yakın bölümünde bir dizi yanardağ oluşur.

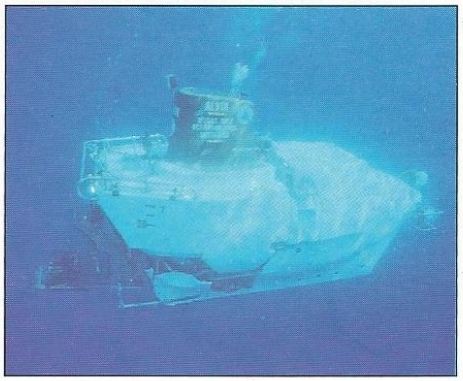


Kıtasal levhalar

Kıtasal litosfer taşıyan iki levhanın çarpıştığı yerlerde yüksek sıradağlar oluşur. Levha sınırında, her iki levhaya ait kıtasal kabuk sıkışır, hareket eden levhaların uyguladığı basınç sonucunda kırılır ve üst üste yığınlar oluşturur. Levhalar birbirlerini sıkıştırmayı sürdürdükçe, tüm bölge yukarı doğru itildiğinden, sıradağlar da giderek yükselir.

Okyanus hendekleri

Levha sınırlarında oluşan hendekler yeryüzünün en derin yerleridir. Büyük Okyanus'ta bulunan Mariana Çukuru'nun yeryüzünün en derin noktası olduğu kabul edilir. Bu çukur, deniz seviyesinden 10.916 m aşağıdadır. Bu değer, yeryüzünün en yüksek noktası olan Everest'in 8846 m olan yüksekliğinden daha büyüktür.



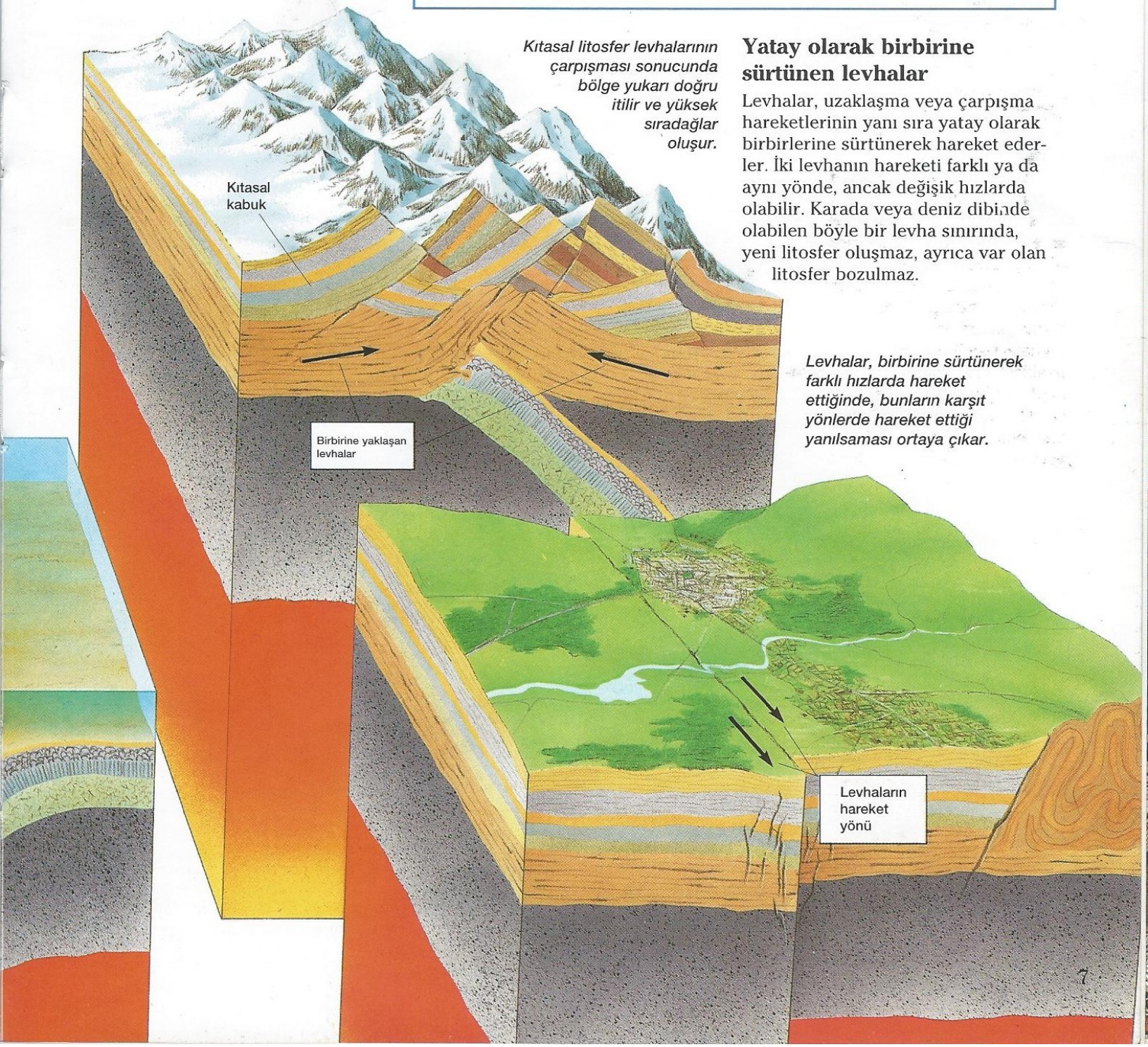
Okyanusların en derin yerlerini incelemek için özel denizaltılar kullanılır.

Kıtasal litosfer levhalarının çarpışması sonucunda bölge yukarı doğru itilir ve yüksek sıradağlar oluşur.

Yatay olarak birbirine sürtünen levhalar

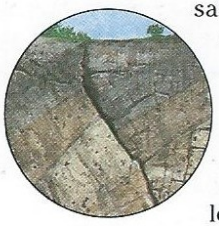
Levhalar, uzaklaşma veya çarpışma hareketlerinin yanı sıra yatay olarak birbirlerine sürtünerek hareket ederler. İki levhanın hareketi farklı ya da aynı yönde, ancak değişik hızlarda olabilir. Karada veya deniz dibinde olabilen böyle bir levha sınırında, yeni litosfer oluşmaz, ayrıca var olan litosfer bozulmaz.

Levhalar, birbirine sürtünerek farklı hızlarda hareket ettiğinde, bunların karşıt yönlerde hareket ettiği yanılsaması ortaya çıkar.



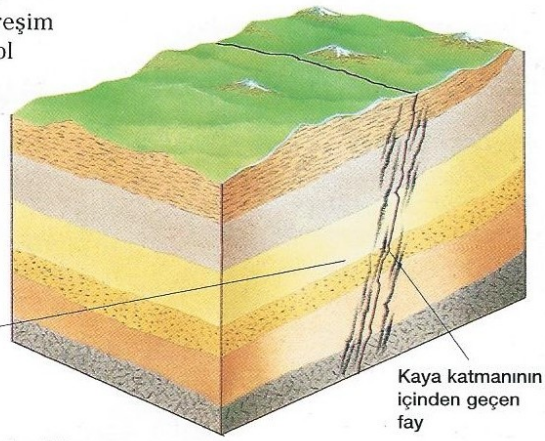
Depremler nasıl oluşur?

Depremler, yerkabuğundaki fay adı verilen kırıklarda meydana gelir. Faylar, kayanın kırılgan özelliğe sahip olmasından dolayı yüksek basınç (gerilme, sıkışma veya bükülme) altında kırılmasıyla oluşur. Gerilme, levhaların kademeli hareketi sonucunda yerkabuğunun değişik noktalarında meydana gelir. Depremler, kayalık bir alanda oluşan gerilmenin ani harekete yol açacak kadar yükselmesiyle olur. Bu hareket, kayanın en zayıf noktasında kırılmasıyla yeni bir fay oluşturabilir ya da kaya var olan fay boyunca kayar. Bunun sonucunda, gerilmenin boşalmasıyla olağanüstü büyük boyutta enerji açığa çıkar.

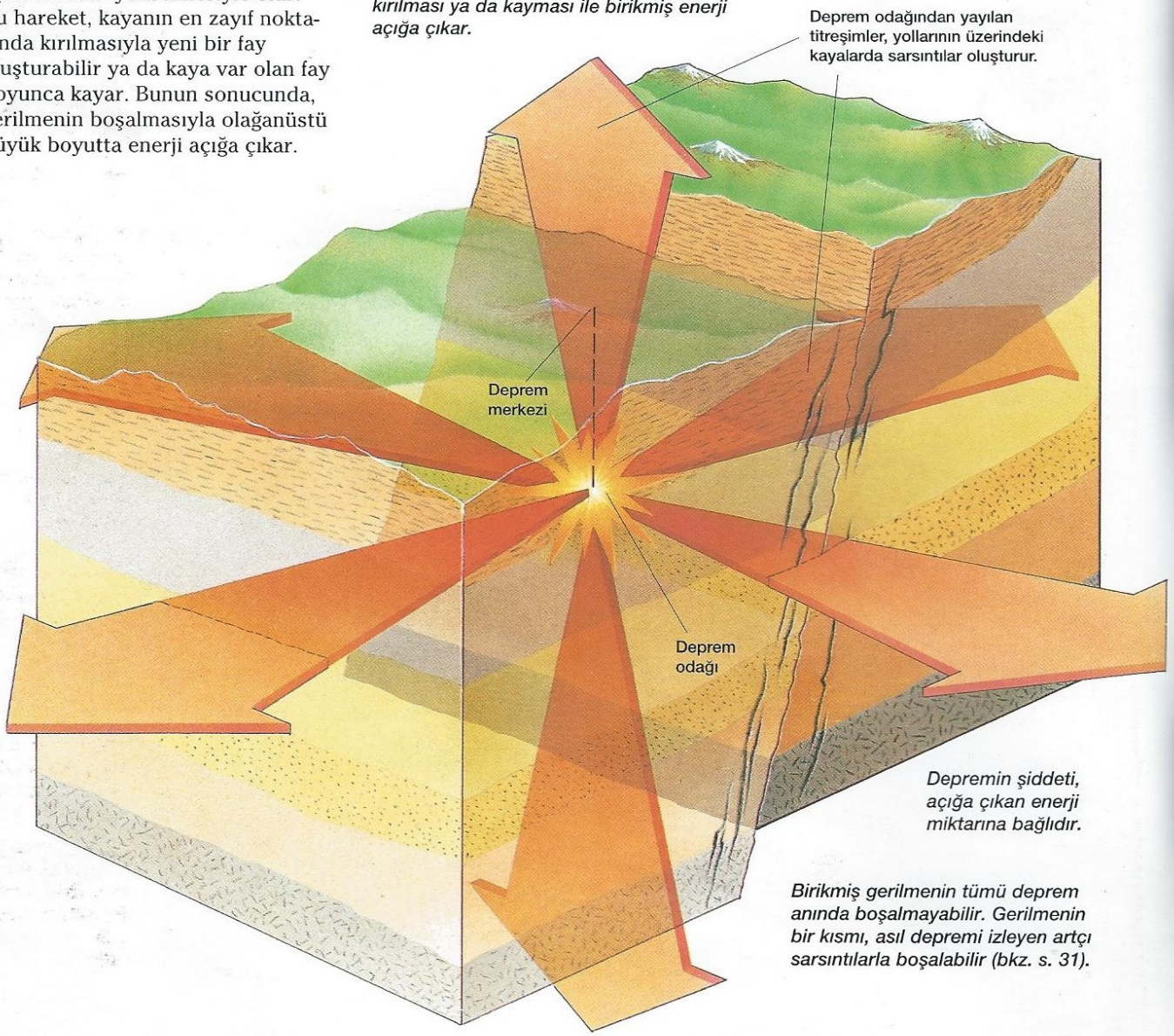


Kimi zaman yüzeydeki bir kaya kütlesinde faylar görülebilir.

Bu enerjinin çevredeki kaya kütlelerinde oluşturduğu titreşim depremi yaratır. Depreme yol açan kayalardaki kırılma ya da kaymanın başladığı noktaya deprem odağı, bu noktanın tam üzerine rastlayan alana da deprem merkezi denir.



Gerilme nedeniyle sürekli biçimde eğilip bükülen kaya kütlesinin sonunda kırılması ya da kayması ile birikmiş enerji açığa çıkar.

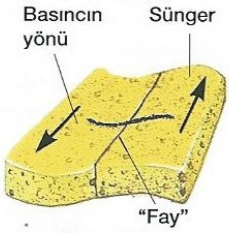


Depremin şiddeti, açığa çıkan enerji miktarına bağlıdır.

Birikmiş gerilmenin tümü deprem anında boşalmayabilir. Gerilmenin bir kısmı, asıl depremi izleyen artçı sarsıntılarla boşalabilir (bkz. s. 31).

Kayaların bükülmesi

Bir fay boyunca yer alan kayalar üzerindeki gerilmenin etkilerini daha iyi anlayabilmek için iki süngeri yan yana tutun ve fayın bu iki "kayanın" birbirine değdiği noktadan geçtiğini düşünün. Kayanın bir bölümü bir yöne, diğeri ise karşı yöne itiliyor ya da çekiliyormuş gibi süngerleri yavaş bir biçimde karşıt yönlerde birbirine sürterek kaydırın. Süngerlerin kolayca hareket etmediğini göreceksiniz. Basınç belli bir noktaya erişip süngerler aniden kayana kadar, bükülerek biçim değiştireceklerdir.

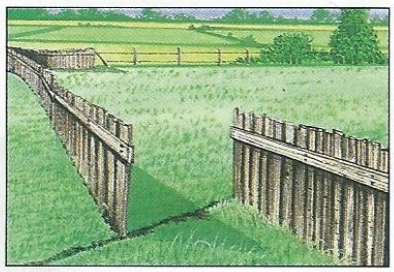


Bükülmeyi daha iyi görebilmek için süngerlerin ortasına bir çizgi çizin.

Fay kuşakları

Litosferde çok sayıda fay bulunur. Bunlar, yeraltında farklı açılarda uzanırlar ve bir bölümü yüzeye ulaşmayabilir. Fayların çoğu çok eskiden oluşmuştur. Zaman içinde etkinliklerini yitirdiklerinden, milyonlarca yıl boyunca hiçbir hareket göstermemişlerdir. Fay hareketlerinin büyük bir bölümü, gerilme birikiminin en yüksek düzeyde olduğu levha sınırlarında ya da yakınında ortaya çıkar. Fay üzerindeki hareketler, depreme yol açacak biçimde ani olabildiği gibi, kademeli de olabilir. Fayların hareketli olduğu bölgelere etkin fay kuşağı adı verilir.

Yavaş gelişen fay hareketi, fay atımına neden olur. Bazen çitlerin ya da yolların yer değiştirdiği görülür. Bu, fay atımının olduğunu gösterir.



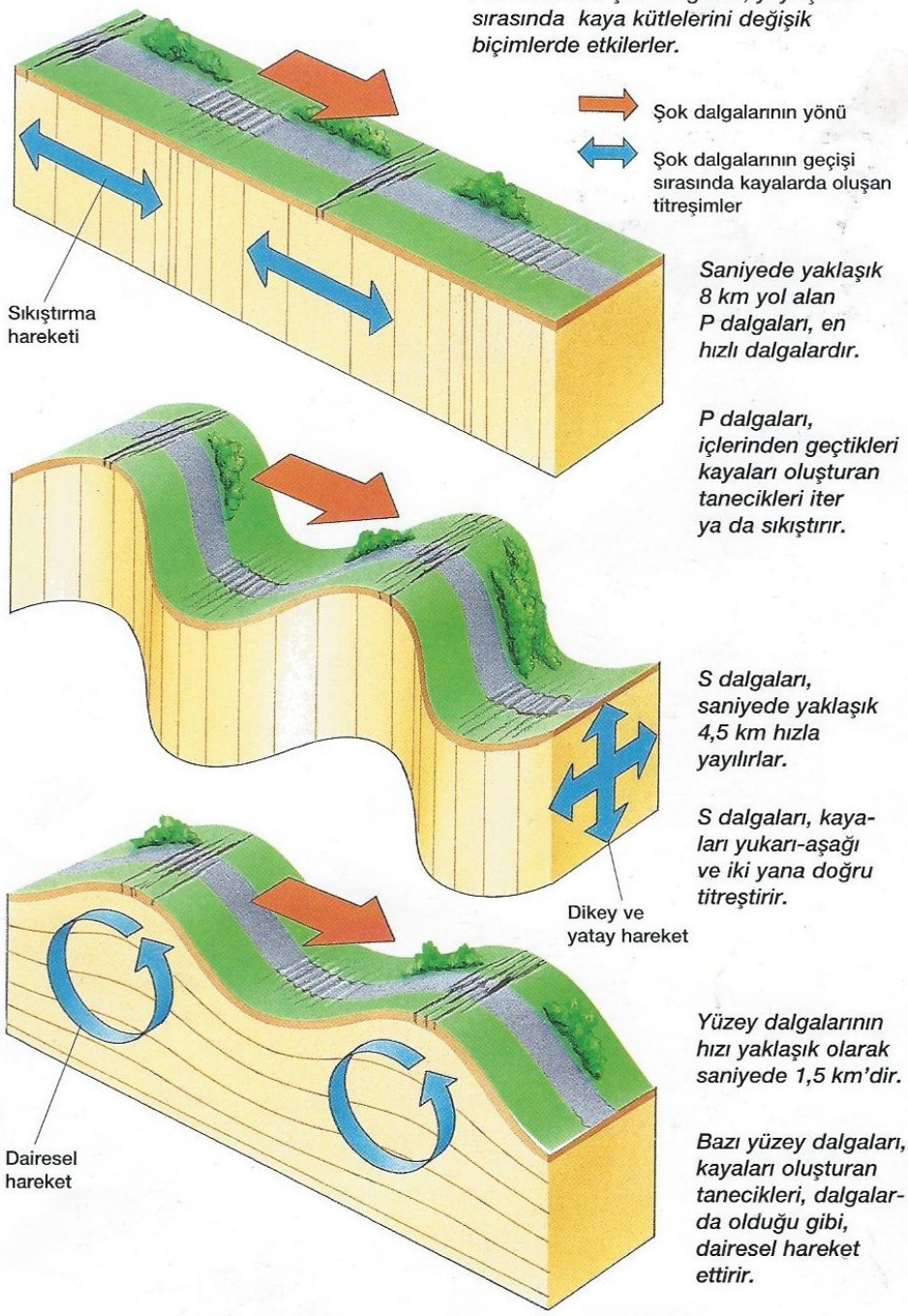
Şok dalgaları

Bir depremin titreşimleri yerin derinliklerinden geçer. Bilim adamları, bunlara şok dalgaları ya da sismik dalgalar adını vermişlerdir (sismik sözcüğü, Yunancada "titreyen Dünya" anlamına gelen "seismos" sözcüğünden türetilmiştir). Deprem odağından yayılan farklı türdeki şok dalgaları, içinden geçtikleri kayalarda değişik titreşimler oluşturur.

Şok dalgalarının başlıca iki türü primer (birincil) ve sekonder (ikincil) olarak adlandırılır.

Primer ya da P dalgaları, içinden geçtikleri kayaları sıkıştırır ve gerer. Sekonder ya da S dalgaları, kayaları aynı anda hem yukarı-aşağı, hem de iki yana doğru hareket ettirir. Yüzey dalgaları adı verilen diğer türdeki şok dalgalarının da değişik sarsıntı yaratıcı etkileri vardır. Bunlar her depremde görülmez. Ancak görüldüklerinde, deprem merkezine çok uzak yerlerde bile hasara yol açabilirler.

Farklı türdeki şok dalgaları, yayılışları sırasında kaya kütlelerini değişik biçimlerde etkilerler.



Saniyede yaklaşık 8 km yol alan P dalgaları, en hızlı dalgalardır.

P dalgaları, içlerinden geçtikleri kayaları oluşturan tanecikleri iter ya da sıkıştırır.

S dalgaları, saniyede yaklaşık 4,5 km hızla yayılırlar.

S dalgaları, kayaları yukarı-aşağı ve iki yana doğru titreştirir.

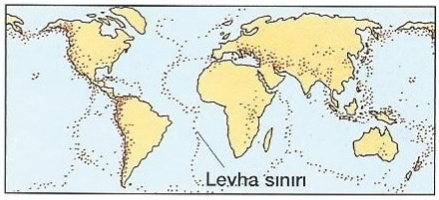
Yüzey dalgalarının hızı yaklaşık olarak saniyede 1,5 km'dir.

Bazı yüzey dalgaları, kayaları oluşturan tanecikleri, dalgalarda olduğu gibi, dairesel hareket ettirir.

Deprem sırasında olanlar

Bilim adamları, bir depremin ne zaman ve nerede olacağının önceden kestirilmesi konusunda zorlanırlar. Depremler, çoğunlukla gerilmenin sürekli biçimde biriktiği ve çok sayıda etkin fayın yer aldığı levha sınırları üzerinde ya da yakınında meydana gelir. Bazen de levha sınırlarına uzak yerlerde görülürler.

Bilim adamları, yeryüzünde her yıl yaklaşık olarak 800.000 deprem olduğunu tahmin ediyorlar. Bunların büyük bir bölümü insanlar tarafından fark edilmeyecek kadar hafif şiddette olur. Bu tür depremler ancak sismometre ya da depremölçer denilen duyarlı aygıtlar tarafından saptanabilir (bkz. s. 12).



Deprem olasılığının en yüksek olduğu bölgeler, levha sınırları üzerinde ve yakınında olan yerlerdir.

Depremin etkileri

Deprem sırasında yer sarsılmaya başladığı zaman, binalar her yöne doğru dengesiz bir şekilde sallanır. Bir kenti vuran şiddetli bir deprem sırasında çöken duvarlar, çatılar ve bacalardan kopan tuğlalar, beton blokları ve kırılan camlar büyük bir gürültüyle çevreye saçılır.

Kimi zaman toprakta yüzey kırığı adı verilen yarıklar oluşur. Ancak sanılanın aksine bunlar, çok ender olarak, arabaları ya da insanları "yutacak" büyüklükte olur.

Aynı şiddetteki iki deprem, nerede meydana geldiklerine bağlı olarak, çok farklı etkiler yaratabilir. Depremin yol açtığı hasarın büyüklüğü kadar ölü ve yaralı sayısının az ya da çok oluşu da etkilenen bölgedeki nüfus yoğunluğuna, bina tiplerine, yerin ne türde olduğuna ve depremin yangın, toprak kayması ya da büyük deniz dalgalarına yol açıp açmadığına bağlıdır.

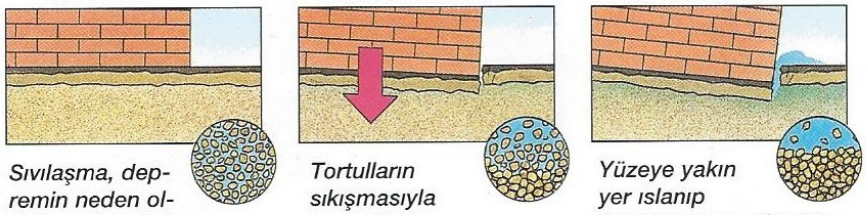
Elektrik kablolarının kopması ve gaz borularının çatlaması ya da kırılması yangınlara yol açar.

Su borularının patlaması yangınların söndürülmesini güçleştirir.

Yakıt depoları ve borularının zarar görmesi de yangınlara neden olur.

Sıvılaşma

Kaya ya da sıkışmış tortulların (kum ve çamur) üzerinde bulunan binalar, gevşek ya da ıslak tortulların üzerindekilere kıyasla depremden daha az zarar görür. Yerin ıslak ve tortulların gevşek olduğu bir bölgede deprem olunca tanecikler şok dalgaları tarafından sarsılır. Su, sıvılaşma denilen süreç sırasında tanecikler arası boşluklardan çıkıp yüzeye çıkar. Yüzeye çıkmasıyla, yer akışkan ve kararsız hale gelir.



Sıvılaşma, depremin neden olduğu şok dalgalarının, ıslak ve gevşek tortulları sarsmasıyla olur.

Tortulların sıkışmasıyla taneciklerin arasındaki su dışarı itilir.

Yüzeye yakın yer ıslanıp batağa benzer duruma gelince üzerindeki binalar çöker.

Toprak kaymaları

Depremin yol açtığı toprak kaymaları sırasında çok büyük miktarlarda toprak ve kaya parçası yamaçlardan aşağı düşer. Toprak kaymaları, şok dalgalarının yamaçlarda titreşim oluşturması nedeniyle toprak ve kayaların yerlerinden oynaması sonucunda olur. Yamaç kararsız hale gelir ve sonunda toprak ve kayalar aşağı kaymaya başlar. Bazen yerin üst katmanı olduğu gibi aşağı kayar ya da parçalanarak, yolunun üzerindeki herşeyi de beraberinde taşıyarak, kayan toprak ve kayadan oluşan bir ırmak gibi aşağı akar.

Mimarlar ve mühendisler tarafından depreme dayanıklı biçimde tasarlanan binalarda (bkz. s. 30) cam kırılması ya da benzeri ufak tefek hasarlar görülse bile çökme olmaz.

Bazı binaların duvarlarında büyük çatlaklar oluşur.

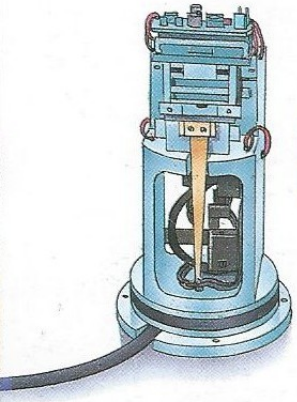
Tuğlalar, kiremitler ve yol işaret tabelaları yollara devrilir.

Deprem sırasında ne yapmalı?

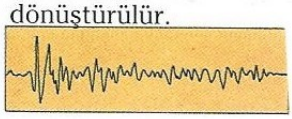
Şiddetli bir deprem sırasında ne yapılacağı, büyük ölçüde o anda nerede bulunulduğuna bağlıdır. Deprem kuşağında bulunan yerlerde, yeni binaların çoğu titreşimlerden etkilenmeyecek biçimde yapılmıştır. Eğer deprem sırasında böyle bir binada bulunuyorsanız, yapabileceğiniz en iyi şey, içerde kalıp düşebilecek cisimlerden korunmak amacıyla masa ya da benzeri büyükçe bir mobilyanın altına girmektir. Dışardaysanız, orada kalın ve ağaç, duvar, elektrik telleri gibi devrilebilecek şeylerden uzak olacağınız açık bir alan bulmaya çalışın.

Depremleri ölçme ve izleme

Dünyanın her yerinde depremler deprembilimciler (sismolog) tarafından izlenir ve incelenir. Deprembilimciler, deprem titreşimlerini saptamak amacıyla sismograf ya da depremölçer adı verilen duyarlı aygıtlar kullanırlar. Birçok sismograf ıssız bölgelere yerleştirilir. Bu aygıtlardan sağlanan veriler, merkezi gözlemistasyonlarına iletilir. Günümüzde kullanılan depremölçerlerin çoğu elektroniktir. Bunlar, titreşimleri sayısal (dijital) olarak saptar. Elde edilen bilgiler, sismogram adı verilen şok dalgalarının görsel kaydına dönüştürülür.



Çağdaş bir elektronik depremölçer



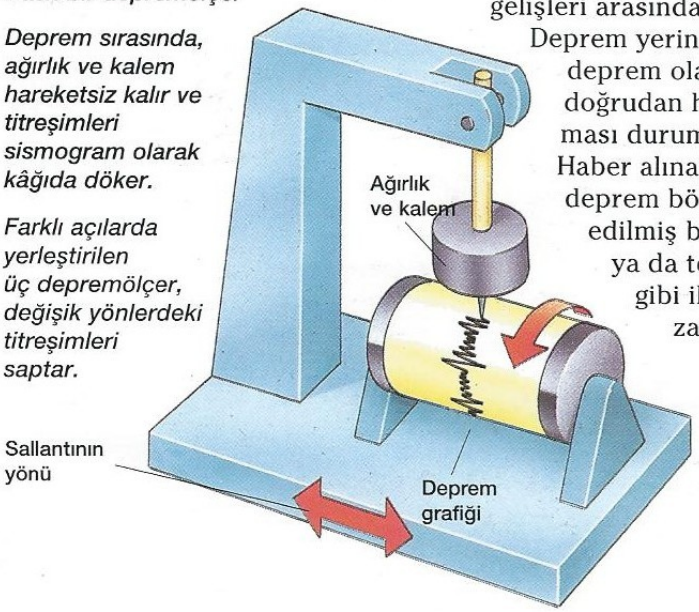
Bir deprem sismogramı

Elektronik olmayan basit depremölçerler, bir ağırlığa bağlı bir kalemden oluşan kayıt aygıtı yardımıyla dalgaların titreşimlerini kaydeder, yani bir sismogram meydana getirir. Ağırlık ve kalem bir çerçeveye bağlıdır. Ayrıca depremölçerin yere sabitlenmiş olan dış çerçevesine bağlı, elektrikle çalışan bir döner silindir vardır. Deprem sırasında çerçeve ile silindir sallanır. Ancak ağırlık ve kalem hareketsiz kalır ve titreşimleri kaydeder.

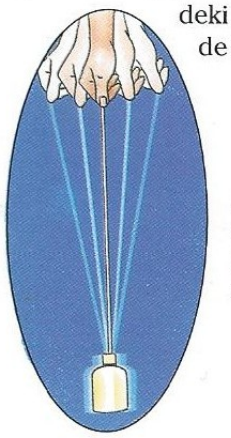
Basit bir depremölçer

Deprem sırasında, ağırlık ve kalem hareketsiz kalır ve titreşimleri sismogram olarak kâğıda döker.

Farklı açılarda yerleştirilen üç depremölçer, değişik yönlerdeki titreşimleri saptar.



Basit bir depremölçerin nasıl çalıştığını anlamak için 1 m uzunluğunda bir ipin ucuna suyla dolu küçük bir plastik şişe (ya da benzeri bir ağırlık) bağlayın. İpin ucundan tutup, elinizi hızla ileri-geri salladığınız zaman şişenin hemen hemen hiç hareket etmediğini göreceksiniz. Deprem sırasında, depremölçerdeki ağırlık ve kalem de işte böyle çalışır.



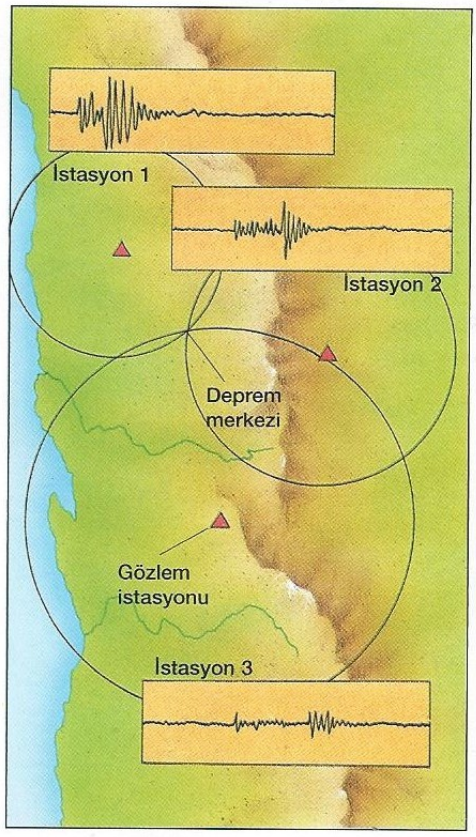
Deprem titreşimlerini taklit etmek için elinizi hızla ileri-geri sallayın.

Depremin yerinin saptanması

Bir depremi izleyen ilk dakikalarda depremölçerlerin şok dalgalarının gelişini kaydetmesi üzerine gözlem istasyonları alarma geçer. Deprem anında, şok dalgaları deprem odağından başlayarak büyük bir hızla her yöne yayılır. Şok dalgaları, Dünya'nın içinde ve çevresindeki yolculukları sırasında depremölçerler tarafından saptanır. Farklı türdeki şok dalgaları, farklı hızlarda ilerlediklerinden, ne kadar yol aldıkları ve deprem merkezinin ne kadar uzakta olduğu hesaplanabilir. Bu amaçla farklı türdeki dalgaların gelişleri arasındaki süreler saptanır.

Deprem yerinin tespiti, özellikle deprem olan bölgeden doğrudan haber alınamaması durumunda gereklidir. Haber alınamamasının nedeni, deprem bölgesinin tecrit edilmiş bir bölge olması ya da telefon kabloları gibi iletişim hatlarının zarar görmüş olması olabilir.

Deprem merkezinin saptanabilmesi için değişik yerlerdeki birkaç gözlem istasyonundan bilgi alınması gerekir.



Deprem merkezinin yerinin tam olarak saptanabilmesi için en az üç ayrı istasyondan gelecek verilere gereksinim vardır. Harita üzerinde, istasyonların deprem merkezine olan hesaplanmış uzaklıklarını gösteren daireler çizilir. Dairelerin kesiştiği nokta deprem merkezi olarak kabul edilir.



Depremlerin ölçülmesi

Deprembilimciler, depremlerin büyüklük ve şiddetini ölçmede Richter ölçeğinden yararlanırlar. Ölçekteki sayılar, depremin şiddetini ya da deprem odağında açığa çıkan enerji miktarını tanımlar. Ölçekteki değerler, her değer bir önceki değere göre 30 kat fazla olacak şekilde düzenlenmiştir. Örneğin, Richter ölçeğine göre şiddeti 7,5 olarak saptanan bir depremde açığa çıkan enerji miktarı, 6,5 şiddetindeki bir depreminkinin 30, 5,5 şiddetindeki bir depreminkinin 900 katıdır.

Bilim adamları, depremin şiddetinin yanı sıra yoğunluğunu da ölçerler. Deprem yoğunluğu, yüzeyin farklı noktalarında oluşan sallantı miktarıdır; Mercalli ölçeğine göre saptanır ve Romen rakamlarıyla yazılır. Depreme tanık olan insanların sallantının etkileri ve çeşitli yerlerde yol açtığı zararlar konusunda verdikleri bilgilere dayanır.

Yeni Zelanda'daki hayal ürünü bir depremi gösteren deprem haritası. Kırmızı çizgiler depremin Mercalli ölçeğine göre aynı yoğunlukta olduğu bölgeleri birleştirmektedir.

IV

V

VI

VII

VIII

IX

VII

VI

Deprem merkezi

Mercalli ölçeğine göre yoğunluk

Çoğu zaman depremin yoğunluğu merkezden uzaklaştıkça azalır.



IV Kapalı yerlerde az sayıda insan tarafından hissedilir. Pencere camları, tabak-çanak ve kapılar takırdar.



V Çoğunluk tarafından hissedilir. Binalar sallanır, küçük cisimler düşer ya da kayar, bardaklardaki içecekler dökülür.



VI Kapalı ve açık yerlerdeki tüm insanlar tarafından hissedilir. Biblolar, resimler ve kitaplar düşer.



VII Kiremitler ve tuğlalar düşer, bacalar çatlar. İnsanlar ayakta durmakta güçlük çekerler.



VIII Ahşap binalar yıkılır, pek çok insan paniğe kapılır.



IX Yaygın panik yaşanır. Çok sayıda bina yıkılır. Yeraltı boruları patlar.

Yanardağlar

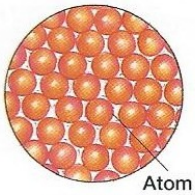
Yanardağlar, yeraltındaki ergimiş kayaların (magma), kaya parçalarının ve gazların yerkabuğundaki açıklıklardan püskürdüğü oluşumlardır. Art arda olan püskürmeler sonucunda maddelerin üst üste yığılmasıyla ortaya çıkan yükseltiler de aynı biçimde adlandırılır. Yüzeye çıkan ergimiş durumdaki maddeler zamanla katılaşarak volkanik kayaları oluşturur. Depremler gibi yanardağların da çoğu levha sınırlarına yakın yerlerde bulunur. Öte yandan, nasıl ki levha sınırlarına uzak yerlerde de zaman zaman deprem oluyorsa, bazı yanardağlar da levhaların iç bölümlerinde bulunur.



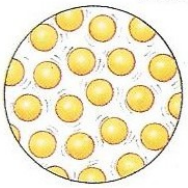
Yanardağların çoğu levha sınırlarına yakın yerlerde bulunur.

"Plastik" kayalar

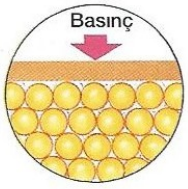
Bilim adamları, astenosferi genellikle "plastik" olarak tanımlarlar. Bunun nedeni, astenosferin büyük bir bölümünün yumuşak olmasına karşın, sıvıdan çok katı nitelikte oluşudur. Bilim adamları, bu katmanın aralarında çok küçük miktarlarda magma bulunan katı mineral taneciklerinden oluştuğunu düşünüyorlar. Astenosferdeki sıcaklığın, minerallerin çoğunu ergitmeye yetecek kadar yüksek olmasına karşın, üstteki litosfer katmanının neden olduğu yoğun basınç bunu engeller.



Bir madde ısıtıldığında, onu oluşturan atomlar tek tek titreşmeye başlar. Sıcaklık arttıkça titreşimler de artar.



Titreşimler o derece artar ki, atomları bir arada tutan bağlar kopar ve bunun sonucunda atomlar akışkan duruma gelir.

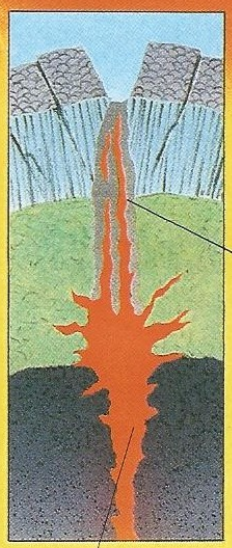


Basınç uygulandığında atomlar, çok yüksek sıcaklıklarda bile birbirlerinden kopup akışkan hale gelemezler.



Yayılma sırtları

Okyanus dibinde, iki levhanın birbirinden uzaklaşmakta olduğu sınırda, okyanus ortası sırtları ya da yayılma sırtları adı verilen, yanardağlardan oluşan sıradağlar vardır. Levhalar birbirlerinden ayrıldıklarında astenosfer üzerindeki basınç azalır. Bunun sonucunda, levha sınırının altında bulunan katı durumdaki mineral tanecikleri ergiyerek magmaya dönüşür. Yükselmeye başlayan yeni magmanın çoğu levha kenarlarında katılaşıp kalır, yüzeye ulaşan bölümü ise okyanus tabanında yanardağlar oluşturur.



Yayılma sırtlarında, levhaların ayrılması ile astenosferin o bölümü üzerindeki basınç azalır ve levha sınırının altında magma oluşur.

Magmanın çoğu levhaların kenarlarında katılaşıp kalır. Çatlaklardan yüzeye ulaşan bölümü ise yanardağları oluşturur.

Dalma-batma bölgesi yanardağları

Yanardağlar, iki levhanın çarpışması sonucu birinin diğerinin altına daldığı levha sınırlarında da oluşur. Dalan levha, 100-200 km derinlikte bulunan ve dalma-batma bölgesi adı verilen bölgede ergimeye başlar ve magmaya dönüşür. Bu magma, levhanın üzerinde biriken tortullar ve ergimiş durumdaki okyanusal litosferden oluşur. Magma, ayrıca tortullarla birlikte yerin derinliklerine çekilen su içerir. Oluşan yeni magma, çatlaklardan geçerek yüzeyde püskürür ve üstteki levhanın üzerinde yanardağların oluşmasına yol açar. Bu çatlaklar, levhaların hareketi sonucunda oluşur. Üstteki levhanın okyanusal litosfer levhası olması durumunda, yanardağların su yüzeyinin üzerinde kalan bölümleri bir dizi volkanik ada oluşturur.

Magma

Magma, ergimiş durumdaki değişik mineraller ve bazı mineral kristallerinden oluşan lapa benzeri, yoğun bir sıvıdır. Kıvamı, su ve buz kristalleri içeren yarı erimiş durumdaki kar gibidir. Magmada ayrıca su ve sıvı haldeki gazlar bulunur. Bilim adamları, magmanın büyük çoğunluğunun astenosferde bulunmakla birlikte bir bölümünün de alt mantonun bazı bölgelerinden geldiğini düşünüyorlar.



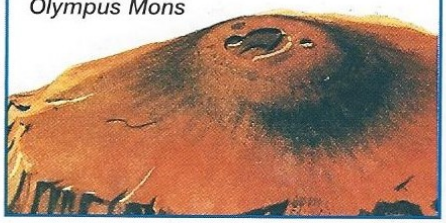
Yüzeye çıktığı zaman soğuyup katılaşan magma, bazalt (karataş) gibi volkanik kayaçları oluşturur.

Bazalt güçlü bir mikroskopla incelendiğinde değişik minerallerin kristalleri görülür.

Diğer gezegenlerdeki yanardağlar

Güneş sisteminde, üzerinde yanardağlar olan tek gezegen Dünya değildir. Mars'ta bulunan ve Olympus Mons olarak adlandırılan olağanüstü büyüklükteki bir yanardağ, 25 km yüksekliğinde ve 600 km genişliğindedir. Bilim adamları, Mars'ta hareketli levhaların bulunmadığını, o nedenle uzun süre önce gezegenin derinliklerinde var olan bir "sıcak nokta"nın bu yanardağın oluşumuna neden olduğunu öne sürmektedirler.

Olympus Mons





Dalma-batma bölgesinde, aşağı doğru inmekte olan levhanın bir bölümü ergiyerek magmaya dönüşür.

Üzerindeki kaya katmanlarında bulduğu çatlaklardan yukarı çıkan magma, yüzeyde yanardağlar oluşturur.

Sıcak noktalar

Birçok yanardağın oluşumunun levha sınırlarındaki hareketle bağlantılı olmasına karşın bazıları bu sınırlara uzak yerlerde ortaya çıkabilir. Bu yanardağların "sıcak noktalar" olarak adlandırılan olağanüstü sıcak bölgelerin varlığı sonucunda oluştukları düşünülüyor.

Bilim adamları, sıcak noktaların astenosfer ve alt mantoda bulunduğunu varsayıyorlar. Sıcak noktalarda, ısı akımlarının mantonun içinden geçerek yükseldiği tahmin ediliyor. Bu olağanüstü ısının basıncın etkisini ortadan kaldırması sonucunda da magma oluşur. Yüzeye doğru çıkan magma, litosferden geçişi sırasında, yolunun üzerindeki kaya kütlelerini ergiterek kendisine yol açar. Magmanın yüzeye çıktığı yerlerde zamanla yanardağlar oluşur.

Levha sınırlarına uzak yerlerdeki yanardağların ortaya çıkış nedeninin sıcak noktalar olduğu düşünülüyor.

Isı akımları, mantonun içinden geçerek sıcak noktanın olduğu bölgeden yukarı doğru yayılır.

Litosferin içinden geçerek yükselen magma yüzeyde bir yanardağ oluşturur.

Yanardağ püskürmeleri

Magmanın yerkabuğundan yükselerek yüzeye çıkmasına yanardağ püskürmesi adı verilir. Bir yanardağ, magmanın ilk kez yeryüzüne çıkmasıyla oluşur. Yanardağ bir kez oluştuktan sonra yeraltından magma geldiği sürece püskürmeler devam eder. İki püskürme arasında onlarca, yüzlerce, hatta binlerce yıl geçebilir.



Yanardağlar her zaman patlama biçiminde püskürmez. Kimi zaman sessizce, yalnızca lav akıtarak püskürürler.

Magmanın yükselişi

Astenosferdeki magma, ancak yeterince büyük bir "kabarcık" oluşturacak biçimde biriktiği zaman litosfere doğru yükselir. Magmanın yükselmesine yol açan süreç, bozuk bir musluktan suyun damlamasına (ancak ters yönde) benzer. Bozuk bir muslukta su sürekli biçimde musluğun ağzında birikir fakat damla halinde düşmesi ancak yeterli ağırlığa ulaşması ile gerçekleşir. Magma da yeraltında yeterli ölçüde biriktiğinde ve yoğunluğu çevresindeki kaya kütlelerinden daha düşük olduğunda yukarı doğru çıkmaya başlar. Çoğu yanardağın altında (yerkabuğunun içinde ya da altında) magmanın biriktiği bir magma odası vardır.



Magma odası, kızgın durumdaki magmanın çevredeki kayaların ince çatlaklarından içeri dolması ve kayaları ergitmesi sonucunda giderek genişler.

Yanardağın altı

Magma odası ile yanardağın yüzeyi arasında kanal ya da baca olarak adlandırılan genişlemiş çatlaklar bulunur. Bunlar bir önceki patlamadan arta kalan katılaşmış magma ile doludur. Bazı yanardağlarda, magma odasından çıkan çok sayıda baca olmakla birlikte bunların hepsi yüzeye ulaşmayabilir. Bir bacanın yüzeye açıldığı yere ağız denir. Yanardağ ağızları yuvarlak ya da ince uzun biçimde olabilir. Bazı ağızlar, krater adı verilen derin çukurların içinde bulunur.

Bir yanardağ kesiti



Çok büyük miktarlarda magma, litosferden yukarı çıkar, bir magma odası oluşturarak burada birikir.

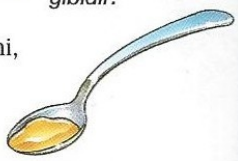
Bir püskürme sırasında, magma, biriktiği magma odasından yüzeye çıkan bacalardan birinden geçerek, yanardağın tepesindeki ağıza ulaşır ve buradan dışarı fışkırır. Bazı durumlarda ise magma, yanardağın yamacındaki bir ağızdan çıkar.

Lav

Püskürme sırasında yüzeye çıkan magma lav adını alır. Yanardağın yamaçlarından, lavdan oluşan bir nehir gibi akan lav akıntısının zamanla soğuyup katılaşmasıyla volkanik kayalar oluşur. Çeşitli türlerde lav bulunmakla birlikte, bunların neredeyse tümü diğer mineral elementlerinin yanı sıra bir silisyum ve oksijen karışımı olan silisyum dioksit (SiO_2) içerir. Lavın yoğunluğu, içindeki silisyum dioksit oranına göre değişir. Yoğun olmayan lav bal kıvamındadır. Yoğun lav ise şekerlenmiş bal gibi koyu ve yapışkandır. Bir patlama sırasında yanardağdan farklı yoğunluklarda lavlar püskürebilir.



Yoğun olmayan lav bal gibidir.



Yoğun lav şekerlenmiş bala benzer.

Bir yanardağın biçimi, büyük oranda, lavın yoğunluğuna bağlıdır. Yoğun olmayan lav katılaşıncaya kadar daha geniş bir çevreye yayıldığından, bu tür lavdan oluşan yanardağların yamaçları yumuşak eğimli olur. Kalkan biçimli olarak tanımlanan bu yanardağlar, çoğu zaman sıcak noktalar ve yayılma sırtlarında bulunur. Bu yanardağların lavı çoğunlukla bazalttan oluşur. Yoğun lav, yüksek oranda silisyum dioksit içerir ve genellikle dalma-batma bölgelerinin üzerindeki yanardağlardan püskürür. Çok koyu olduğu için ağızdan fazla uzaklaşamadan katılaşan bu lavın oluşturduğu yanardağlar çoğu zaman koni biçimindedir.



Kalkan biçimli yanardağlar yoğun olmayan lavın katılaşması sonucunda oluşur.



Koni biçimli yanardağlar yoğun lavın katılaşması ile oluşur.

Püskürme tipleri

Yanardağ püskürmeleri, lavın çıkış biçimine göre sınıflandırılır. Bu da lavın yoğunluğuna ve lavın içerdiği gazların ne kadar kolaylıkla kurtulabildiğine bağlıdır. Yoğun olmayan lavdan kolayca kurtulabilen gazlar, yoğun lavdan ancak büyük patlamalarla kurtulabilirler. Magma, yüzeye yaklaştıkça üzerindeki basınç azalır ve –tıpkı bir gazoz şişesinin kapağı açıldığı zaman basıncın azalması sonucu gazozun içinde hava kabarcıklarının oluşması gibi– volkanik gazlar magmanın içinde küçük kabarcıklar oluşturur.

Farklı püskürme tipleri



Hawaii tipi püskürmeler genellikle hafif şiddettedir. Lavın çok akışkan olduğu ve içindeki gazların kolayca kurtulduğu durumlarda bu tür püskürmeler olur. Kimi zaman magma, yanardağdan dışarı, bir fıskiyeden fışkıran su gibi çıkar.



Stromboli tipi püskürmeler, lavın biraz daha yoğun olması durumunda görülür. Sıkışmış gazlar, yanardağ ağzının çevresine sıvı halde lav kütlelerinin fışkırmasına neden olan, küçük patlamalarla açığa çıkar.



Vulkano tipi püskürmeler, lavın daha yoğun olduğu durumlarda görülür. Sıkışmış gazlar gürültülü patlamalarla açığa çıkar ve yanardağın ağzından iri kaya parçaları ile çok miktarda volkanik kül püskürür.

Pilinius tipi püskürmeler, lavın çok yoğun olması durumunda görülür. Sıkışmış gazlar, çok büyük patlamalarla kurtulur. Yanardağın püskürmeleri sırasında büyük miktarda volkanik kül gök-yüzüne fırlatılır.

Lav akıntıları, bloklar ve bombalar

Püsküren bir yanardağdan akan lavlar, yolları üzerindeki her şeyi yakıp yıkmalarına karşın, çok ender olarak ölüm veya yaralanmalara yol açarlar. Bunun nedeni, lav akıntısının yavaş ilerlemesi ve insanların ondan kaçma olanağını bulabilmeleridir. "Pahoehoe" (pa-hoy-hoy olarak okunur) ve "aa", iki farklı lav akıntısına Hawaii dilinde verilen adlardır. Bunlar birbirlerinden, volkanik gazların lavdan çıkış biçimleriyle ayrılır.

Pahoehoe lav akıntıları

Pahoehoe lav akıntılarının yüzeyi genellikle düz ya da hafif kırışık olur. Bu tür lav akıntıları koyu kıvamlı değildir yani akışkandır. Lav soğumaya başladığında yüzeyinde düzgün bir kabuk oluşur. Lav akıntısının iç kısmı ergimiş durumda kalarak akmayı sürdürürken soğumakta olan yüzeyde zaman zaman halat benzeri kıvrımlar oluşturabilir.

Pahoehoe türü lav katılaştığında yüzeyi düz ya da kıvrımlı olur.



Sicilya'daki Etna Yanardağı 1992 yılında püskürdüğünde, yakındaki Zafferana köyü saatte 3,75 m hızla ilerleyen aa türü bir lav akıntısının altında kalmaktan kıl payı kurtulmuştu.

Köyün dışındaki evler ve ekili topraklar lavların altında kalmıştı.

Aa lav akıntıları

Aa lav akıntılarının pürüzlü ve çatlaklı bir yüzeyi vardır. Bu akıntılar, daha yoğun lavdan oluşur ve pahoehoe lava kıyasla daha yavaş akar. Lav akarken, yüzey iri parçalar biçiminde kırılır ve içindeki gazlar açığa çıkar. Kırılan parçalar, sıvı durumunu koruyan lav akıntısının iç kısmı ile birlikte sürüklenir.

Bir aa akıntısının kenarları ve önü tank paletlerine benzer bir biçimde ilerler: Akıntının önündeki soğumuş parçalar dönerek lavın altına girer, ilerlemekte olan lav bunların üstünden geçer. Katılaşmış aa lavının yüzeyi pürüzlüdür ve yanmış kömür yığınlarını andırır.

Bloklar ve bombalar

Bir yanardağ püskürmesi sırasında, sıkışmış gazların patlama biçiminde kurtulması sonucu havaya fırlayan lav kütlelerine piroklast adı verilir. Bunların büyük bir bölümü havadaki yolculukları sırasında hızla soğuyup katılaşan sıvı lavdan oluşur. Ancak bazı piroklastlar, eski püskürmeler sırasında yanardağ ağzından ve çevresinden fırlatılmış katılaşmış parçalardır.

En iri piroklastlar, bloklar ve bombalardır. Bloklar, genellikle köşeli, bombalar ise yuvarlak biçimlidir. Bombalar ve lapilli denilen daha küçük boydaki piroklastlar, lavın, yanardağın ağzından ergimiş halde fışkırıp havada katılaşması sonucunda oluşur.



Uzunlukları 6 cm'yi geçen piroklastlara, biçimlerine göre, blok ya da bomba adı verilir. Bazı bloklar karnyon büyüklüğünde bile olabilir.

Püskürtüldükten sonra havada yuvarlak, bazen de sivri uçlu, kuyruğa benzer bir biçim alarak katılaşan lav parçaları volkanik bomba adını alır.

Lapilli denilen çok küçük piroklastların boyları genellikle 2 mm ile 6 cm arasındadır. Damla biçimli olanlar, çok akışkan lavdan oluşmuştur.

Volkanik kül

Volkanik kül, lapilliden daha da küçük boyda piroklastlardan oluşur. Değişik püskürmeler sırasında meydana gelen küçük patlamalar sonucunda kraterin çevresine küller saçılır. Ancak, büyük çaptaki bazı püskürmeler, dev kül bulutlarının gökyüzüne yükselmesine neden olur. Küller rüzgârla taşınabilir. Rüzgârın güçlü esmesi durumunda çok uzaklarda birikim oluşabilir.



1991'de Filipinler'deki Pinatubo Yanardağı'ndan püsküren küller 23 km yüksekliğe çıkmıştı.

Yakıcı gazlar

Piroklastik akıntılar, patlama şeklinde olan püskürmeler sırasında yanardağın yamaçlarından hızla akan kızgın gaz, kül ve bloklardan oluşmuş bulutlardır. Fransızcada "nuées ardentes" (ateş bulutları) olarak adlandırılan bu akıntılar, şiddetli püskürmelerde görülür. İçlerindeki sıcaklık 800°C'ye çıkabilir. Hızları saatte 200 km'ye ulaşan piroklastik akıntılar, yamaçlardan aşağı çığ gibi ilerleyerek yolları üzerindeki ekili toprakları, ağaçları ve yapıları yakıp kavurdukları gibi, insanlar için de büyük tehlike oluştururlar.



1980'de St. Helens Yanardağı'nın patlaması sırasında oluşan piroklastik akıntı çevredeki tüm ağaçları kavurmuştu.

Külden çok kızgın gaz içeren akıntılara piroklastik sel denir. Bunlar, piroklastik akıntılardan daha da güçlüdür. Bir yanardağdan saatte 320 km'den yüksek hızlarda aşağı kayar lar. M.S. 79 yılında, İtalya'daki Vezüv Yanardağı'nın patlaması sırasında oluşan kızgın, zehirli gaz ve kül bulutları, Pompei ve Herculaneum kentlerinde çok sayıda insanın boğularak ölmesine yol açmıştı.

Pompei'deki katılaşmış küllerin içinde kalan ve insan bedenlerinden artakaldığı anlaşılan boşluklardan alınan alçı kalıplar, kurbanların çoğunun kendilerini kızgın gaz ve küllerden korumaya çalışırken öldüklerini gösteriyor.



Volkanik çamur akıntıları

Birçok yüksek yanardağın doruğu karlar ve buzlarla kaplıdır. Böyle bir yanardağ şiddetli püskürdüğünde lahar adı verilen volkanik çamur oluşur. Eriyen kar ve buzlar düşen küller ve piroklastlarla karışır. Yamaçlardaki akarsu yataklarından hızla akan laharlar, yollarının üzerindeki herşeyi kalın bir çamur tabakasıyla örter.

1985'te Kolombiya'daki Nevado del Ruiz Yanardağı'nın patlaması sonucunda oluşan bir lahar, Armero kentini çamura gömmüş ve 23.000'den fazla insanın ölmesine yol açmıştı.



Volkanik adalar

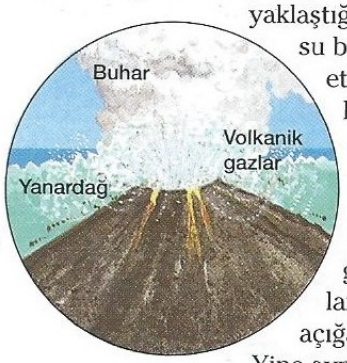
Bir yanardağ, deniz tabanındaki bir yayılma sırtında, dalma-batma bölgesinde ya da sıcak noktada oluştuğunda, su yüzeyini aşacak yüksekliğe erişmesi durumunda tepesi bir ada oluşturur.

Yanardağlar, deniz dibinde püskürdüklerinde, üzerlerindeki suyun basıncı magmanın patlayarak çıkmasını engeller. Lavın soğuk suyla temas etmesiyle yüzeyi katılaşır ve bir kabuk oluşur. Ancak içi, uzun bir süre sıvı durumunu ve sıcaklığını korur. Lav, zamanla tümüyle katılaşarak yastık lavları adı verilen balona benzer kütleler oluşturur.



Deniz dibindeki çoğu yanardağ püskürmelerinin sonucunda yastık lavları oluşur.

Çok sayıda püskürme sonucunda oluşan katılaşmış yastık lav katmanları, sualtı yanardağlarının yamaçlarını oluşturur. Bu tür bir yanardağın yüksekliği denizin yüzeyine çok yaklaştığı zaman, su basıncının etkisi hemen hemen tümüyle ortadan kalkar ve volkanik gazlar patlamalarla açığa çıkar.



Yine aynı biçimde, deniz dibindeki basıncın suyun kaynamasını engellemesine karşılık, yüzeye yaklaştıkça basınç azaldığından, yanardağdan çıkan kızgın lavlar deniz suyunun kaynamasına ve büyük buhar bulutlarının gökyüzüne yükselmesine neden olur.

Yanardağın üst bölümünün deniz yüzeyinin üstünde kalacak yüksekliğe erişmesi durumunda volkanik bir ada oluşmaya başlar. Birbirini izleyen püskürmeler sonucunda yanardağ ağzının çevresinde biriken lav ve kül yığınları adanın giderek büyümesine yol açar.

Ada yayları

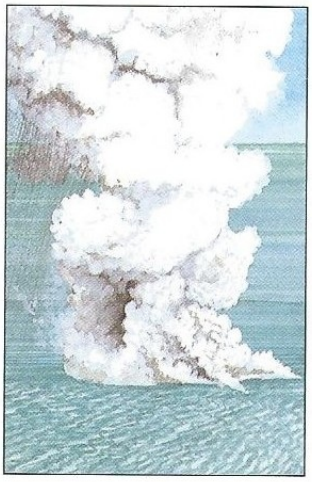
Ada yayları olarak bilinen kıvrımlı ada zincirleri, deniz tabanının bir dalma-batma bölgesi (bkz. s. 14) üzerinde bulunan bölümündeki çatlaklardan sızan magma tarafından oluşturulur. Bilim adamları, yay biçiminin nereden kaynaklandığı konusunda kesin bilgiye sahip olmasalar da, bunun, levha hareketleri ya da Dünya'nın küre biçiminde oluşu ile bağlantılı olduğunu düşünüyorlar. Japonya, Aleut Adaları ve Filipinler gibi ada yayları, "Ateş Çemberi" adını taşıyan ve Büyük Okyanus çevresinde yer alan, dalma-batma ile ilişkili yanardağlardan oluşmuş çok büyük bir zincirin parçalarıdır.



Filipin Adaları "Ateş Çemberi" içinde yer alan volkanik ada yaylarıdır.

Bir adanın doğuşu

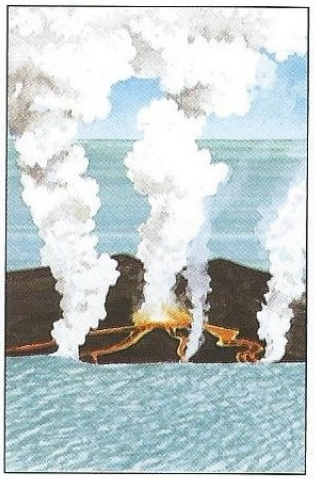
1963 yılında, İzlanda açıklarında avlanmakta olan balıkçılar, denizden duman yükseldiğini gördüler ve bir teknenin yandığını düşündüler. Gerçekte gördükleri duman değil, deniz yüzeyinin hemen altında püskürmekte olan bir yanardağdan çıkan buhar ve küllerdi. Yanardağın tepesi yüzeye çıktıktan sonra lav ve küller ağzın çevresine yığılmaya başladı. Bu olayı izleyen dört yıl içinde yanardağ aralıklı olarak püskürmeyi ve giderek yükselmeyi sürdürdü. Bunun sonucunda bir ada oluştu. Yeni adaya Kuzey Ülkeleri'nde ateş devi olarak bilinen "Surt"tan esinlenilerek Surtsey adı verildi.



Yanardağ, birkaç hafta boyunca, deniz tabanından yüzeye doğru yükselmesini sürdürmüştü. Deniz yüzeyinden dumanlar yükselince, balıkçılar tarafından fark edildi.



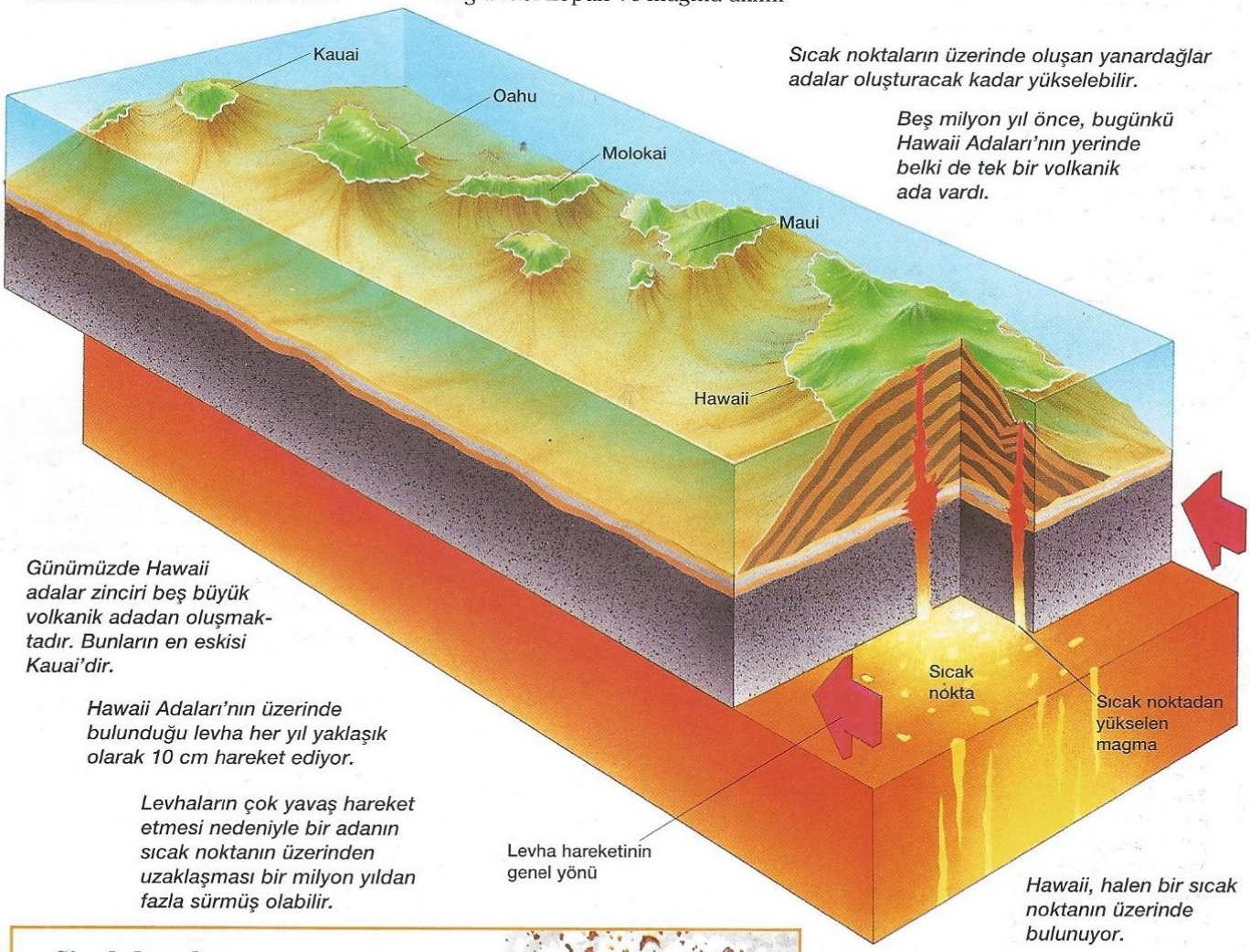
Yanardağın tepesinin deniz yüzeyine erişmesiyle birlikte, lav, kül ve kayalar şiddetli bir biçimde ağızdan püskürdü. Ada kademeli olarak büyümeye başladı.



Yanardağ yeterince yükseldikten ve ağzı deniz yüzeyinin üstünde kaldıktan sonra, lav püskürmeleri ve akıntıları birkaç ay daha sürdü ve sonunda ada bugünkü büyüklüğüne erişti.

Sıcak nokta adaları

Hawaii Adaları gibi levha sınırlarına uzak yerlerde ortaya çıkan volkanik adaların, yeryüzünün derinliklerindeki sıcak nokta adı verilen bölgelerin (bkz. s. 15) üzerinde oluştuğu düşünülüyor. Bilim adamlarına göre, sürekli hareket halinde olan levhalardan farklı olarak sıcak noktalar hep aynı yerdedir. Levhaların binlerce yıl süren hareketleri sonucunda volkanik bir adanın, bulunduğu sıcak nokta üzerindeki yerinden uzaklaştırıldığı düşünülüyor. Bu durumda, sıcak noktayla bağlantısı kopan ve magma akımı kesilen yanardağ, etkinliğini yitirmiş olur. Birkaç bin yılda, levhanın sıcak noktanın üzerine gelen bölümünde yeni bir yanardağ oluşur. Bu sürecin milyonlarca yıl boyunca sürmesi sonucunda da bir adalar zinciri ortaya çıkar.



Sıcak noktaların üzerinde oluşan yanardağlar adalar oluşturacak kadar yükselebilir.

Beş milyon yıl önce, bugünkü Hawaii Adaları'nın yerinde belki de tek bir volkanik ada vardı.

Günümüzde Hawaii adalar zinciri beş büyük volkanik adadan oluşmaktadır. Bunların en eskisi Kauai'dir.

Hawaii Adaları'nın üzerinde bulunduğu levha her yıl yaklaşık olarak 10 cm hareket ediyor.

Levhaların çok yavaş hareket etmesi nedeniyle bir adanın sıcak noktanın üzerinden uzaklaşması bir milyon yıldan fazla sürmüş olabilir.

Hawaii, halen bir sıcak noktanın üzerinde bulunuyor.

Deniz dibinde bulunan Loihi adındaki bir yanardağın da bir sıcak nokta üzerinde bulunduğu düşünülüyor.

Sıcak nokta teorisi doğruysa, Hawaii kıyısı yakınlarındaki Loihi adlı sualtı yanardağının zamanla büyümesi ve böylece Hawaii adalar zincirine yeni bir adanın eklenmesi olasıdır.

Siyah kumlar

Yayılma sırtları ve sıcak noktaların üzerinde yer alan volkanik adaların kıyılarındaki kumlar siyah renkte olur. Bunun nedeni, bu adaların bazalt lavından oluşmuş olmasıdır. Yanardağın yamacından aşağı akan bir lav akıntısı denizle temas eder etmez soğur. Bu ani sıcaklık değişimi, lavın büyük bir bölümünün kum tanecikleri büyüklüğünde parçalara ayrılmasına neden olur.



Bazalt kumu, ağırlıklı olarak piroksen gibi koyu renkli mineraller içermesi nedeniyle siyahtır.

Etkin, uyuyan ve sönmüş yanardağlar

Yanardağbilimciler (volkanologlar), yanardağları sınıflandırırken, en son ne zaman püskürdüklerini ve tekrar püskürme olasılıkları bulunup bulunmadığını göz önünde bulundururlar. Etkin, uyuyan ve sönmüş ifadeleri, çok uzun yıllar boyunca yanardağların tanımlanmasında kullanıldı. Ancak yanardağbilimciler, son yıllarda, etkin ve sönmüş ifadelerinin anlamlarını yeniden tanımladılar.

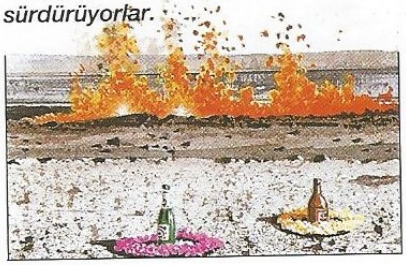
Etkin yanardağlar

Kısa zaman öncesine kadar etkin ifadesi, püskürmekte olan ya da yazılı tarih içinde püskürdüğüne ilişkin yazılı belgeler bulunan (yani birisinin bir püskürmeye tanık olup, bunu ayrıntılı biçimde kâğıda geçirmiş olması gerekir) yanardağları tanımlamada kullanılıyordu. Oysa, yazılı tarihin kapsadığı süre dünya üzerindeki çeşitli yerlerde büyük ölçüde değişkenlik gösterir. O nedenle, bu sınıflandırma yöntemi yeterince bilimsel değildir. Örneğin, Hawaii'de en eski tarihsel belgeler yaklaşık olarak 200 yıl öncesine dayanır. Buna karşılık, Avrupa'daki bazı belgeler 2000 yıldan daha uzun zaman öncesine dayanır. Günümüzde yanardağbilimciler, son 10.000 yıl içinde püskürdüğü bilinen bir yanardağın etkin olarak kabul edilmesi gerektiği kanısındalar.

Yanardağ tanrıçası Pele

Hawaii'deki yanardağ püskürmelerini anlatan en eski yazılı belgelerin 200 yıldan daha geriye gitmemelerine karşılık, çok daha eskilerden günümüze kadar gelen ve gerçek püskürmelere dayanma olasılığı bulunan çok sayıda efsane bilinmektedir. Bu efsanelerin büyük bir bölümü, güzelliği kadar öfkesinin şiddeti ile de tanınan yanardağ tanrıçası Pele'ye ilişkindir. Hawaii yerlileri, Tanrıça Pele'nin sihirli değneği ile toprağa bir "ateş çemberi" çizdiğinde yanardağların püskürdüğüne, öfkelenip ayağını yere vurduğunda ise depremlerin olduğuna inanırlardı.

Bazı yerliler, Hawaii'deki etkin Kilauea Yanardağı'nın içinde yaşadığına inandıkları Tanrıça Pele'ye armağan sunma geleneğini sürdürüyorlar.



M.S. 79 yılında, Vezüv Yanardağı'nın püskürmesine tanık olan Romalı tarihçi Plinius bu olay ile ilgili gözlemlerini tüm ayrıntılarıyla kâğıda geçirmişti. Bu şiddetli püskürme sırasında Herculaneum'un görünümü büyük bir olasılıkla bu resimdeki gibiydi. Plinius'un kayıtları bir yanardağ püskürmesine ilişkin olarak elimizde bulunan en eski belgelerdendir.

Tarihçi Plinius, tanık olduğu püskürme sırasında Vezüv'den yükselen dev duman bulutlarını ve Pompei ile Herculaneum kentlerini yok eden yoğun ve kızgın kül yağmurunu anlatmıştır.

Uyuyan yanardağlar

Uyuyan yanardağ ifadesi, bilim adamlarına göre, herhangi bir etkinlik belirtisi göstermemesine karşılık, günün birinde yeniden püskürme olasılığı olan yanardağlar için kullanılır. Bunun yanı sıra, günümüzde püskürmeyen ve güncelleştirilmiş etkinlik sınıfına giren yanardağlar da aynı biçimde tanımlanır. Bazı uyuyan yanardağlar kükürt ve karbon dioksit gibi volkanik gazlar çıkarır. Yanardağın içindeki magmanın zamanla soğuması sırasında oluşan bu gazlar, fümerol adı verilen küçük ağızlardan dışarı çıkar.



Kükürt dioksit gibi volkanik gazlar, zaman zaman fümerollerin çevresinde kristallerin oluşmasına yol açar.

Püskürmelerin tarihlendirilmesi

Yerbilimciler, bir yanardağın geçmişteki püskürmelerini tarihlendirirken çeşitli kaya katmanlarından aldıkları örneklerden yararlanırlar. Çoğu zaman bir püskürme sırasında bitki, tohum ve çiçektozu gibi organik maddeler, lav ve küllerin içine karışır. Radyokarbon tarihlendirme adı verilen bir yöntemle volkanik kayaların içindeki organik maddelerin yaşı saptanır. Bu bilgiden yola çıkılarak, geçmiş püskürmeler yaklaşık biçimde tarihlendirilir. Yerbilimciler, çeşitli püskürmelerin türlerini de saptayabilirler. Örneğin, kül katmanlarının varlığı, patlama türündeki bir püskürmenin gerçekleşmiş olduğunun göstergesidir.

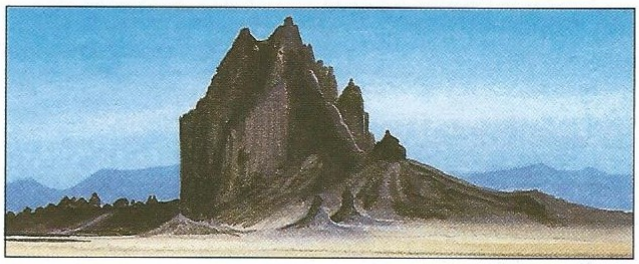


Volkanik kaya örnekleri, bir püskürme sırasında oluşan farklı katmanları gösterir.

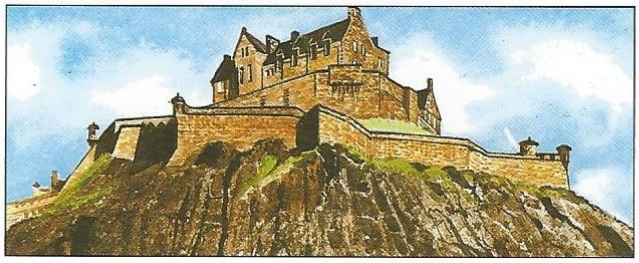
Yerbilimciler, bu katmanları inceleyerek püskürmenin tarihini saptarlar.

Sönmüş yanardağlar

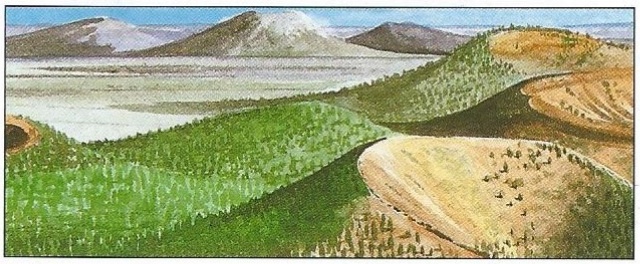
Son 10.000 yıl içinde hiçbir etkinlik göstermemiş yanardağlar sönmüş olarak tanımlanır. Bunların yeniden etkin duruma gelme olasılığı yok gibidir. Ancak çok ender de olsa, sönmüş olarak nitelenen bir yanardağın püskürdüğü olur. Bu durumda sınıflandırılması değiştirilerek etkin grubuna dahil edilir. Sönmüş olduğuna inanılan Meksika'daki El Chichón Yanardağı, 1982 yılında beklenmedik biçimde tekrar püskürmüştü. Bu olaydan sonra El Chichón'u inceleyen bilim adamları, elde ettikleri kanıtlara dayanarak, yanardağın bir önceki püskürmesinin üzerinden yalnızca 1200 yıl gibi kısa bir sürenin geçmiş olabileceğini açıkladılar.



ABD'nin New Mexico eyaletindeki Ship Rock (Gemi Kayası) kayalığı sönmüş bir yanardağın kalıntısıdır. Rüzgâr ve yağmurun aşındırıcı etkileri, yanardağın yamaçlarını yok etmiş ve geriye yalnızca bacanın içinde katılaşmış olan magma kütlesi kalmıştır.



İskoçya'daki Edinburgh Şatosu yaklaşık 340 milyon yıl önce etkin olan bir yanardağın kalıntıları üzerine kurulmuştur. Yanardağın yamaçları buz devri sırasında buzullar tarafından aşındırılarak yok edilmiştir.



Fransa'nın Puy-de-Dôme bölgesinde sayıları 200'ü aşan sönmüş yanardağlar vardır. Bu yanardağların, son iki milyon yıl içinde etkin oldukları düşünülen sıcak nokta yanardağları oldukları tahmin ediliyor.

Püskürmelerin sıklığı

Bazı yanardağlarda püskürmelerin arasında oldukça düzenli aralıklar bulunur. Bilim adamları, bu düzenliliğin nedenini henüz tam olarak saptamış değiller. Hawaii'deki Mauna Loa ve Kilauea yanardağları ortalama olarak her iki ila üç yılda bir püskürür. St. Helens Yanardağı (bkz. s. 28) şimdiye kadar yaklaşık olarak 150 yılda bir püskürmüştür. Sicilya yakınlarındaki Stromboli Yanardağı ise yüzlerce yıldan beri neredeyse aralıksız biçimde püskürüyor. Bu yanardağın ağzından aşağı yukarı her 15-30 dakikada bir lavlar çıkar. Bir söylentiye göre eski Yunanlı gemiciler yollarını Stromboli'nin tepesindeki bu hiç sönmeyen ateşe bakarak bulurlarmış. İkinci Dünya Savaşı sırasında pilotların da zaman zaman aynı yönteme başvurdukları biliniyor.

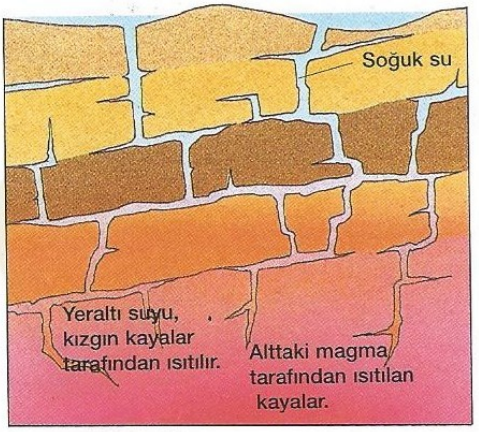


Stromboli'nin ağzından her 15-30 dakikada bir küçük patlamalarla lav fışkırır.

Kızgın kayalar

Yanardağların bulunduğu bölgelerde yüzeye yakın yerlerdeki kaya katmanları, magmanın yukarı doğru çıkışı sırasında aşırı biçimde ısınır. Bazı kayaların arasında yerin derinliklerine sızmış yağmur ya da deniz suyu vardır. Magmanın ısıttığı kayalar bu suların da ısınmasına neden olur.

Su ince çatlaklardan ve mineral tanecikleri arasındaki boşluklardan sızarak kayaların içine dolar.



Sıcaksu kaynakları

Volkanik bölgelerde, yeraltındaki kızgın kayaların etkisiyle ısınan suların yüzeye çıktıkları yerlere sıcaksu kaynağı ya da termal kaynak denir. Sıcaklığı arttıkça yoğunluğu azalan su yükselmeye başlar ve kayaların içindeki çatlaklardan geçerek yeryüzüne çıkar.

Su kızgın kayaların arasından geçerken kimyasal tepkimeler meydana gelir. Bunun sonucunda, hem suyun hem de kayaların içerdiği minerallerden bazılarının bileşimi değişir. Suya geçen minerallerin bir bölümü sıcaksu kaynaklarının çevresinde birikerek katılaşır.

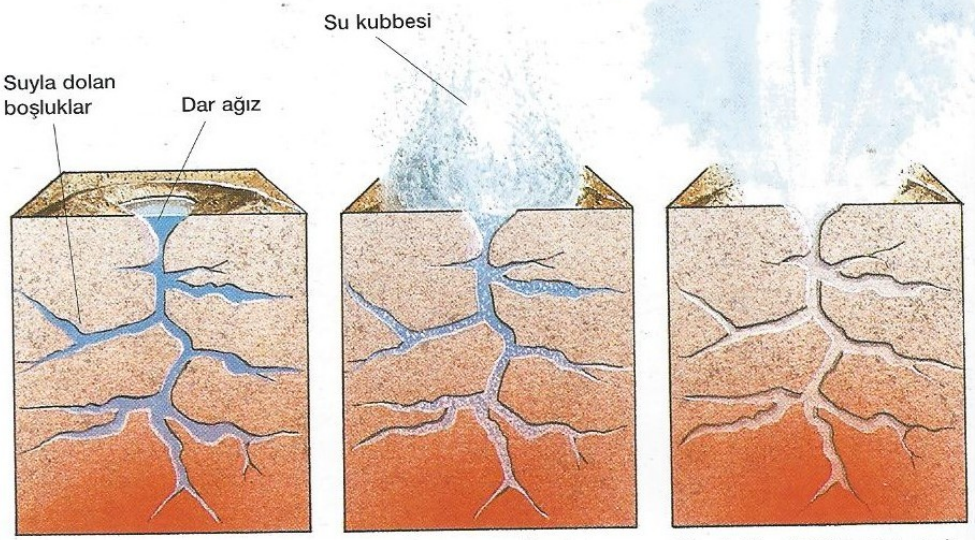
Kızgın kayaların ısıttığı yeraltı suyu, yeryüzüne sıcaksu kaynağı olarak çıkar.



Gayzerler

Gayzerler, yerdeki açıklıklardan çıkarak gökyüzüne yükselen, kaynar su ve buhar karışımı dev sıcaksu fıskiyeleridir. Bunlar, yüzeyin hemen altında, ısınmış yeraltı suyunun bir kısmının küçük çatlaklar ve daha büyük boşluklardan oluşan bir ağız içinde sıkışıp kaldığı sıcaksu kaynaklarında olur. Su, sıkışıp kaldığı için çevredeki kayalar tarafından kaynayıp buharlaşana kadar ısıtılır. Buharın yarattığı basınç, suyun, bulunduğu dar yerden çıkıp yükselmesine ve yüzeydeki bir noktadan dışarı fışkırmasına neden olur. Böylece oluşan gayzer, yeraltındaki boşluklarda birikmiş olan kaynar su ve buhar tümüyle boşalana kadar, fışkırmayı sürdürür.

Gayzer püskürdükten sonra, yeraltı suyu, zamanla, boşalan yerleri tekrar doldurur ve ısınma süreci yeniden başlar. Gayzerlerin püskürmeleri arasında günler ya da haftalar geçebilir. Bu yeraltı suyunun boşlukları ne kadar hızlı doldurduğuna bağlıdır.



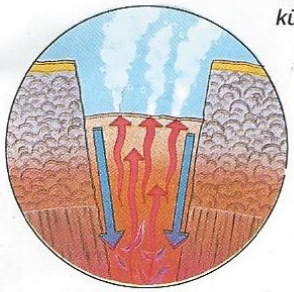
Yeraltı suyu, çatlak ve boşluklara dolar. Su, çevredeki kızgın kayalar tarafından ısıtılır. Isınan su, dar bir ağızla karşılaştığı için kolayca yüzeye çıkamaz.

Su, kaynamaya başladığında, yüzeyin hemen altındaki boşluklarda basınç oluşur. Basıncın etkisiyle yukarı doğru çıkan su bir kubbe oluşturur.

Boşluklardaki basınç çok arttığında kaynar su ve buhar dev bir fıskiye gibi püskürerek havaya yükselir. Yeraltı suyu, boşlukları tekrar doldurur ve süreç yeniden başlar.

Yeraltı su kaynakları

Bilim adamları, kısa bir süre önce deniz diplerindeki yayılma sırtları boyunca sıcaksu kaynaklarının varlığını keşfettiler. Bu sıcaksu kaynaklarının çıktığı ağızlar, hidrotermal ağızlar olarak bilinir. Kaynak suyunun sıcaklığı 350°C civarındadır. Buna karşılık, çevredeki suyun sıcaklığı yalnızca 2°C'dir. Karadaki sıcaksu kaynakları gibi bunlar da kayaların içine sızan sulardan (bu durumda deniz suyundan) oluşur.



Soğuk deniz suyu, küçük çatlaklardan deniz tabanına sızar. Derinlerdeki kızgın kayaların ısıttığı su yükselerek deniz dibindeki hidrotermal ağızlardan dışarı çıkar.

Volkanik kuş yuvaları

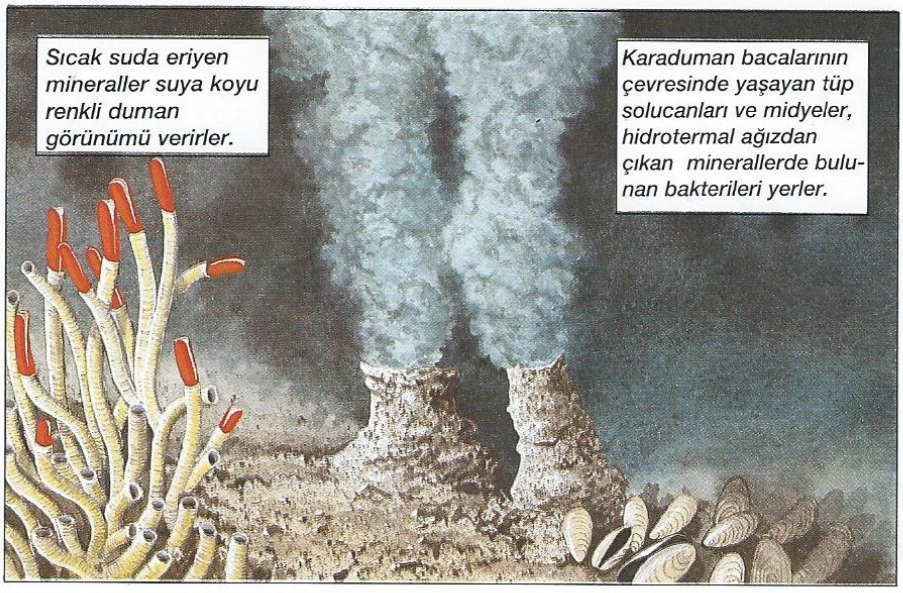
Volkanik Sulawesi Adası'nda yaşayan maleo adlı bir kuş türü kuluçkaya yatmak yerine, yumurtalarını sıcak volkanik kumlara gömer. Yüzeye oldukça yakın olan magmanın, kumun sıcaklıklığını 32°C ile 38°C arasında tuttuğu tahmin ediliyor. Maleolar, yumurtalarını derinlikleri 1 metreye varan çukurlara bırakır ve üstlerini sıcak volkanik kumla örterler. Yumurtadan çıkan yavrular kendi başlarına kumu kazarak yüzeye çıkarlar.



Maleo kuşları, yumurtalarını sıcak volkanik kumlarda açtıkları çukurlara bırakırlar. Yavru maleolar yumurtadan çıkana kadar kumlar yumurtaları sıcak tutar.

Karaduman bacaları

Bazı hidrotermal ağızlar bulanık ve siyah renkte, duman görünümünde su çıkardıkları için bunlara karaduman bacaları adı verilmiştir. Soğuk deniz suyu deniz tabanına sızdığında sudaki kimyasal maddeler buradaki kayalarla tepkimeye girer ve bunun sonucunda kayadaki minerallerin bir bölümü eriyerek suya karışır. Hidrotermal ağızdan çıkan sıcak su soğuk deniz suyu ile karışınca içerdiği bu mineral tanecikleri nedeniyle duman gibi ve koyu renkte görünür. Minerallerin bir bölümü zamanla ağzın çevresinde birikerek bacaya benzer bir yükselti oluşturur. Bu "bacalar"ın yüksekliği kimi zaman 6 metreyi bulur. Son zamanlarda, deniz yüzeyinden 3000 m derindeki karaduman bacalarının çevresinde yaşayan sıradışı özelliklere sahip canlıların varlığı tespit edilmiştir.

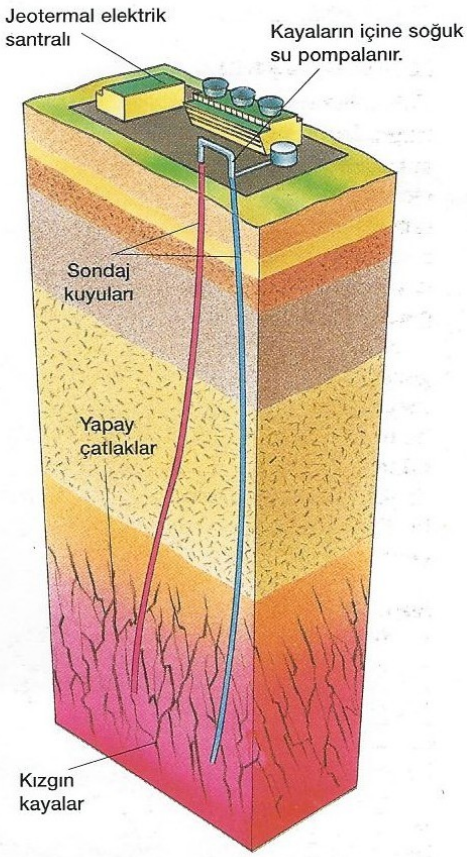


Jeotermal enerjinin kullanımı

Jeotermal enerji, volkanik kayalarda bulunan ısı enerjisidir. Bu enerji, binaları ısıtmak ve elektrik üretmek amaçlarıyla kullanılabilir. Sıcak yeraltı suları içeren kaya katmanlarının delinmesi ile yeryüzüne çıkartılan sudan elde edilen buhar, büyük elektrik santrallarındaki üreteçleri çalıştırmak amacıyla kullanılır.

Mühendisler, doğal çatlakların bulunmadığı yerlerde de kızgın kayalardan yararlanabilmek için özel yöntemler geliştirmişlerdir. Kayalarda oluşturulan yapay çatlaklardan içeri pompalanan soğuk su, gerekli sıcaklığa erişince yeryüzüne çıkartılarak elektrik üretiminde kullanılıyor.

Yeraltından elde edilen sıcak sular, jeotermal santrallarda elektrik üretiminde kullanılır.



Kızgın kayalar tarafından ısıtılan su, ikinci bir sondaj kuyusundan pompalanarak santrala döner.

Tsunami

Deniz altında ya da karanın kıyıya yakın bir yerinde meydana gelen büyük bir yanardağ püskürmesinin veya depremin neden olduğu bir dizi dalgaya tsunami adı verilir. Tsunami dalgaları genellikle çok büyük olmamalarına karşın kıyılara yaklaşırlarken çok büyük olabiliyor ve çarptıkları yerlerde önemli ölçüde zarara yol açabiliyorlar. Tsunami sözcüğü Japoncada liman dalgaları anlamını taşır. Bu dalgalara kimi zaman gelgit dalgaları da denilmesine karşın gerçekte bunların gelgit olayı ile ilgisi yoktur.

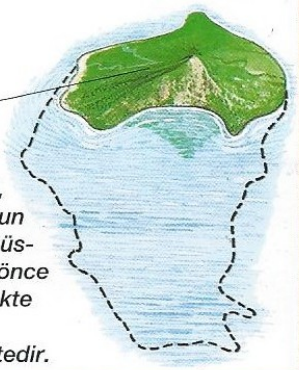
Dev dalgalar

Bir deprem sırasında, deniz tabanının fay düzlemi boyunca yükselmesi veya alçalması ya da bir yanardağın bir bölümünün püskürme sırasında kopup denize düşmesi tsunami dalgalarının oluşmasına yol açar. Kıyıya yakın bir yerde karada meydana gelen bir yanardağ püskürmesi veya deprem de tsunami dalgalarına neden olabilir. Bu olayların tümünde tsunami dalgalarının deniz yüzeyindeki oluşumu, yer hareketlerinin deniz tabanında yol açtığı yükselme ya da alçalmadan kaynaklanır. Açık denizde, bu dalgalar büyüklük bakımından normal dalgalardan farklı olmasalar da çok daha yüksek hızlarda yol alırlar. Oluştukları noktadan her yöne yayılan tsunami dalgaları, saatte 800 km gibi inanılmaz bir hıza erişebilirler.

Diğer dalgalar gibi bir tsunami dalgası da sığ sulara ulaştığı zaman hızını büyük ölçüde yitirir. Öte yandan, normalin üstünde bir hızla yol aldığı için yavaşlaması yükselmesine neden olur ve böylece kıyıya dev bir dalga olarak çarpar. Bazı tsunami dalgalarının boyu 30-50 metreye erişebilir. Dalgaların yüksekliği kıyının biçimine ve kıyıdaki derinliğe bağlı olarak değişir. Her yanardağ püskürmesi veya deprem, tsunami dalgalarının oluşmasına yol açmadığı gibi her tsunami de büyük zarara neden olacak kadar güçlü değildir.

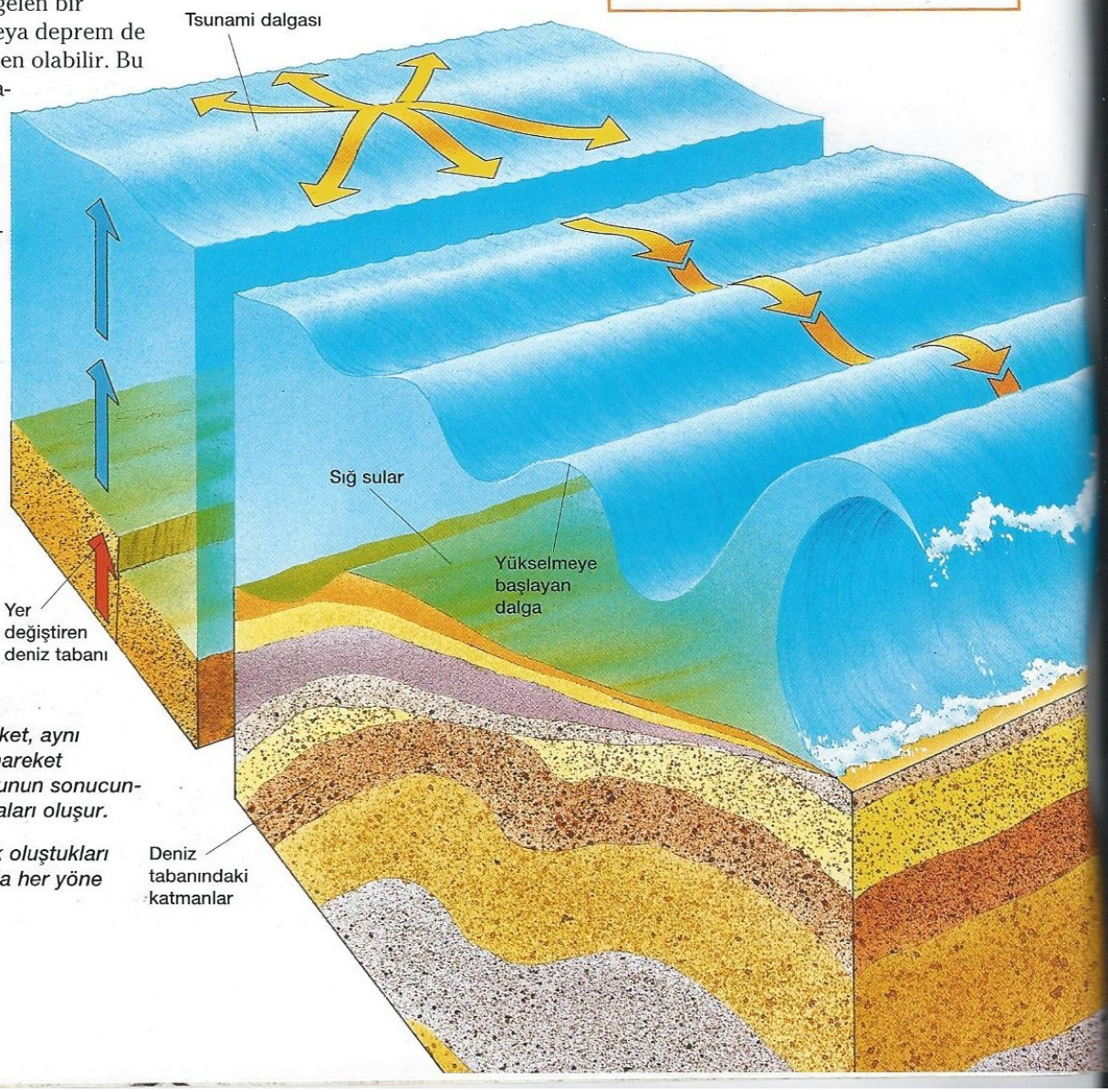
Krakatau

Endonezya'daki volkanik Krakatau Adası'nı oluşturan yanardağ 1883 yılında görülmemiş bir şiddetle püskürmüştü. Püskürmenin gücü adanın yaklaşık 20 km^3'lük bir bölümünü yok etmiş ve 500.000 km^2 genişliğinde bir alanı küller altında bırakmıştı. Bunun sonucunda oluşan ve boyları 30 metreyi aşan tsunami dalgaları, çevredeki diğer adaları da etkilemiş ve kıyı köylerinde yaşayan 36.000'den fazla insanın ölümüne yol açmıştı.



Kesik çizgi, Krakatau'nun 1883'teki püskürmeden önce ne büyüklükte olduğunu göstermektedir.

Açık denizde tsunami dalgaları küçük olmalarına karşın büyük bir hızla yol alırlar. Dalgalar, sığ sulara ulaştıklarında yavaşlarlar ve bunun sonucunda boyları giderek yükselir.



Deniz dibindeki bir deprem, tabanın yükselmesi ya da alçalmasına neden olur.

Deniz tabanındaki hareket, aynı zamanda, denizde de hareket oluşmasına yol açar. Bunun sonucunda küçük tsunami dalgaları oluşur.

Tsunami dalgaları, ilk oluştukları yerden büyük bir hızla her yöne yayılmaya başlar.

Okyanusları aşan dalgalar

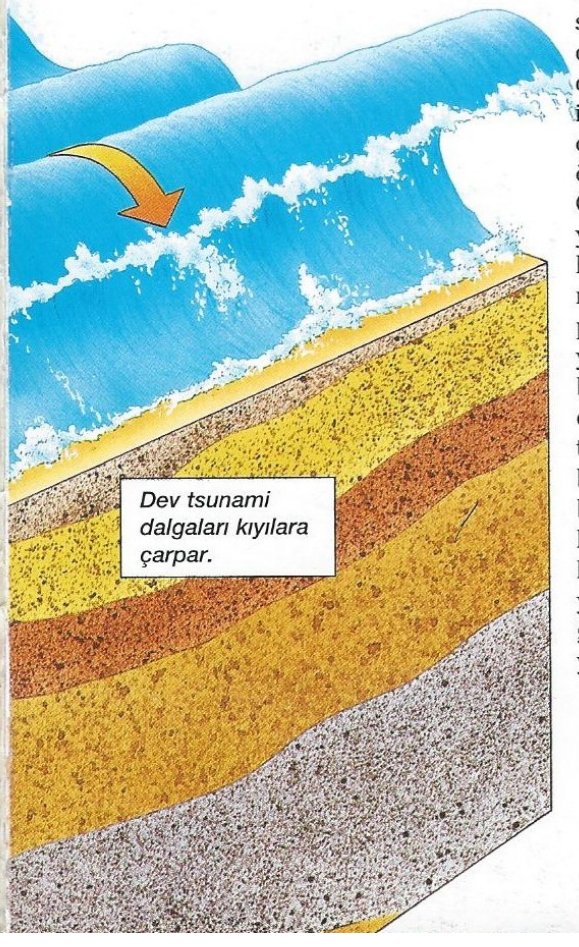
Büyük yanardağ püskürmeleri ya da depremler, okyanusları boydan boya aşabilen tsunami dalgaları yaratabilir.

1960 yılında, Şili açıklarında meydana gelen bir depremin neden olduğu tsunami, Şili kıyıları boyunca büyük zarara yol açmakla kalmayıp Büyük Okyanus'ta 15 saatte 12.500 km yol alarak Hawaii Adaları'nı vurmuş ve depremden 22 saat sonra da Japonya kıyılarını sular altında bırakmıştı.

Bu haritada, Şili açıklarındaki depremin yol açtığı tsunami dalgalarının Büyük Okyanus'ta nasıl yayıldıklarını görebilirsiniz.

6 metre yüksekliğindeki tsunami dalgaları, Japonya kıyılarına ulaşmış.





Tsunami uyarı sistemi

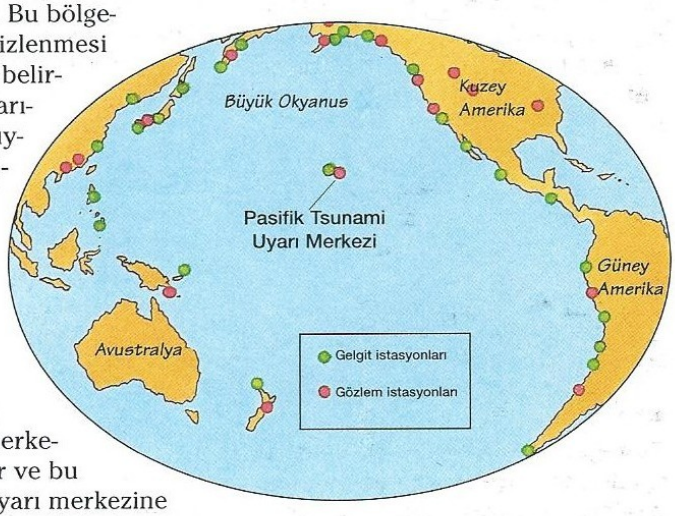
Tsunami dalgalarına en çok, yanardağ püskürmelerinin ve depremlerin sık görüldüğü Büyük Okyanus çevresinde rastlanır. Bu bölgelerdeki depremlerin izlenmesi ve tsunami tehlikesi belirdiğinde bölge insanlarının uyarılması amacıyla Hawaii'de bir Uluslararası Tsunami Uyarı Merkezi kurulmuştur.

Büyük bir deprem olduğunda, Büyük Okyanus'un çevresinde yer alan çok sayıdaki gözlem istasyonu deprem merkezini (bkz. s. 8) saptar ve bu bilgiyi Hawaii'deki uyarı merkezine iletir. Depremin tsunami dalgalarına yol açma olasılığı bulunuyorsa, Büyük Okyanus çevresindeki yerleşim yerleri uyarılır ve gerekli önlemlerin alınması istenir. Kıyılarda da kurulmuş olan gelgit istasyonları da tsunami dalgalarının gelişini izler.

Olağanüstü durum planları

Tsunami dalgalarından en çok etkilenen bölgeler bir yanardağ püskürmesine veya depreme en yakın konumda bulunan kıyı bölgeleridir; çünkü dalgaların hızı buralarda yaşayan insanların zamanında uyarılmasına olanak vermez. Tsunami oluşumunun önüne geçilemese de, Büyük Okyanus kıyılarındaki çoğu yerleşim yerinde, bir alarm durumunda, insanların buraları kısa zamanda boşaltmasını öngören olağanüstü durum planları yapılmıştır. Örneğin, 1964 yılında Alaska kıyılarına yakın bir yerde meydana gelen depremin yol açtığı tsunami, bazı kıyı kasabalarını sular altında bırakmıştı. Tehlike haberi alındığında, kıyı bölgelerinde yaşayan insanlar güvenli bölgelere yerleştirilmişti.

Büyük Okyanus çevresindeki gözlem ve gelgit istasyonları, bölgede bir deprem olduğunda şok dalgalarını ve tsunamileri izler.



Depremin şiddeti Richter ölçeğine göre 6,5 ya da daha fazla olduğunda Uyarı Merkezi gerekli uyarıları yapar.

Gelgit istasyonları, tsunami dalgalarının gelişini izler ve uyarı merkezine bilgi verir.

1964'te Alaska'da meydana gelen bir deprem sonucunda oluşan tsunami dalgaları, Kodiak limanındaki teknelerde ve binalarda büyük zarara yol açmıştı.

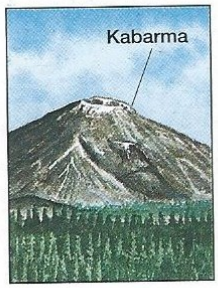


Depremlerin ve yanardağ püskürmelerinin gözlenmesi

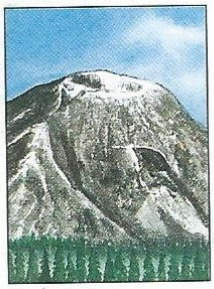
Yeryüzünde, etkin durumdaki yanardağların eteklerinde ya da fay kuşaklarına yakın yerlerde yaşayan milyonlarca insan var. Depremler ve yanardağ püskürmeleri elbette ki önlenemez, ancak bilim adamları, bu olguların ne zaman ortaya çıkacağını önceden saptayabilmek amacıyla değişik gözlem yöntemleri geliştiriyorlar.

Yüzey gözlemleri

Bir depremden ya da yanardağ püskürmesinden önce yerin düzeyi ya da biçiminde bazı değişimler olabilir. Bu değişimler, fay çevresindeki kayalarda gerilme birikmesi ya da bir yanardağda yükselmekte olan magmanın magma odasına dolması nedeniyle oluşur. Yüzey hareketleri, yerde meydana gelen en küçük değişimleri bile saptayabilen eğimölçer ve benzeri çok duyarlı elektronik aygıtlar yardımıyla gözlenir.



1980'de, St. Helens Yanardağı'nı gözlemleyen uzmanlar, dağın bir yamacında yüzeyin kabarmakta olduğunu fark ettiler. Bu yer hareketinin kaydedilmesi için o noktaya duyarlı elektronik aygıtlar yerleştirildi.



Bu aygıtlar yardımıyla yapılan gözlemler sonucunda, kabarmanın her gün 1,5 m arttığı ortaya kondu. Yanardağbilimciler magmanın yanardağ içinde yükseldiğini düşündüler.



Kabartının yüksekliği 90 metreye eriştiğinde yanardağ büyük bir patlamayla püskürdü. Dağın bir yanının büyük bir kısmı yok oldu ve çevre kalın bir kül tabakasının altında kaldı.

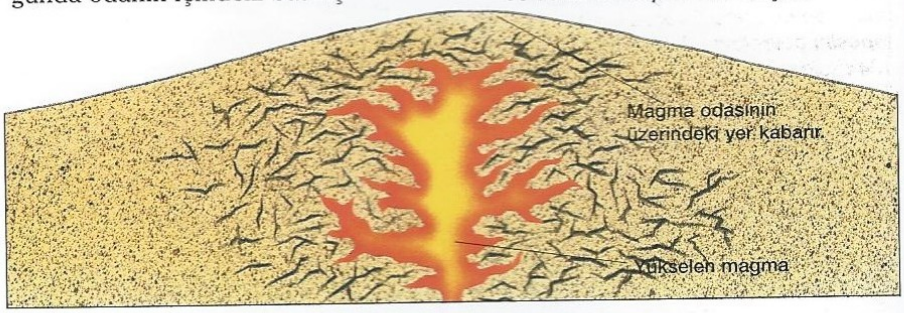
Titreşen yanardağlar

Çoğu zaman, bir yanardağın püskürmesinden günler ya da haftalar önce depremölçerler volkanik titreşim olarak bilinen sürekli bir yer hareketini kaydederler. Aynı olgu püskürme sırasında da görülür. Bu titreşimlerin, yanardağın içindeki magma ya da gazların yükselmesinden kaynaklandığı sanılıyor.

Bazen de bir püskürmeden hemen önce volkanik depremler hissedilir. Magma yükselerek magma odasına (bkz. s. 16) dolduğunda odanın içindeki basınç artar. Bunun sonucunda, magma odası çevresindeki kaya kütlelerinde gerilme olur. Gerilme arttıkça kaya kütlelerinde çatlaklar ve kırıklar, sonrasında da depremler oluşur. Bir yanardağda volkanik titreşimlerin ve depremlerin başlaması, çok kısa zamanda bir püskürmenin olacağını gösterir.

Magmanın, magma odasına dolmaya başlaması volkanik titreşimlere yol açar.

Basınç arttıkça magma odasının çevresindeki kayalar kırılmaya başlar ve volkanik depremler oluşur.



Lazerler

Yüzey gözlemlerinde kullanılan ve elektronik uzaklık ölçümü adı verilen yöntemde, bir fay üzerinde ya da bir yanardağın yamacında yerin gösterdiği değişimlerin ölçülmesi için lazer ışınlarından yararlanılır. Bir lazer ışını, bu ışınları yayan aygıt tarafından belli bir uzaklıktaki yansıtıcıya yönlendirilir. Buradan yansıyan ışının ne kadar yol aldığı küçük bir bilgisayar yardımıyla hesaplanır. Hesaplarda lazer ışınının ölçüm aygıtından çıkışı ile yansıtıcıya varışı arasında geçen süre esas alınır. Aygıt, 1 km'lik bir uzaklık içinde yer düzeyinde oluşan 1 mm'lik bir değişimi bile saptayabilir.

Lazer ışınları, etkin fayların gözlenmesinde de kullanılır. Fay boyunca meydana gelen belli belirsiz yer hareketleri bu yolla saptanır.

Elektronik uzaklıkölçerler yanardağın yamaçlarına geniş aralıklarla yerleştirilir.



Uydu gözlemleri

Dünya'nın çevresinde dolaşan uyduların ilettiği bilgiler yanardağ etkinliklerinin gözlenmesinde kullanılır. Yanardağın içindeki magmanın yükselmesine bağlı olarak yüzeyde ortaya çıkan ısı değişimleri bu yolla saptanır. Püsküren yanardağlardan çıkan kül bulutları ve gaz da uydular aracılığıyla izlenebilir.

Uydulara yerleştirilen alıcılar, yansıtılan ısı ve ışığın yoğunluğunu tespit eder. Bu bilgiler, işlem merkezlerine iletilir ve buralarda yüzey fotoğraflarına dönüştürülür.

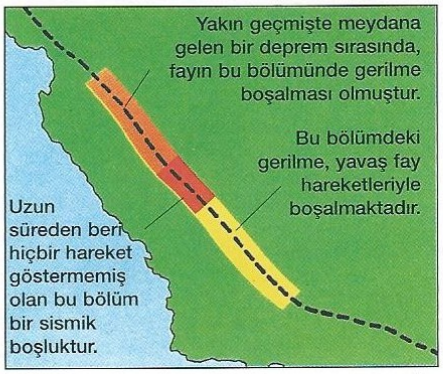
İtalya'daki Vezüv Yanardağı'nın çevresini gösteren bir uydu fotoğrafı. Yanardağın tepesini çevreleyen kırmızı bölge 1944'teki son püskürmeden kalan bir lav akıntısını gösteriyor.



Sismik boşluklar

Dünya'yı kaplayan levhaların sürekli hareketi (bkz. s. 6-7) nedeniyle levha sınırlarındaki kaya katmanlarında gerilme olur. Gerilme boşaldığı zaman levha sınırının tümü aynı anda kaymaz. Tersine, sınırın çeşitli bölümleri farklı zamanlarda kayar ve her seferinde bir miktar gerilme boşalması olur. Bilim adamları, fay gözlemleri sonucunda, deprem olasılığının en yüksek olduğu yerin bir fayın en uzun süre hareketsiz kalan bölümü olduğunu keşfettiler. Bu tür bölgelere sismik boşluk adı verilir.

Bilim adamları, sismik boşlukları belirleyerek, fayların yakından incelenmesi gereken bölümlerini tespit edebiliyorlar.

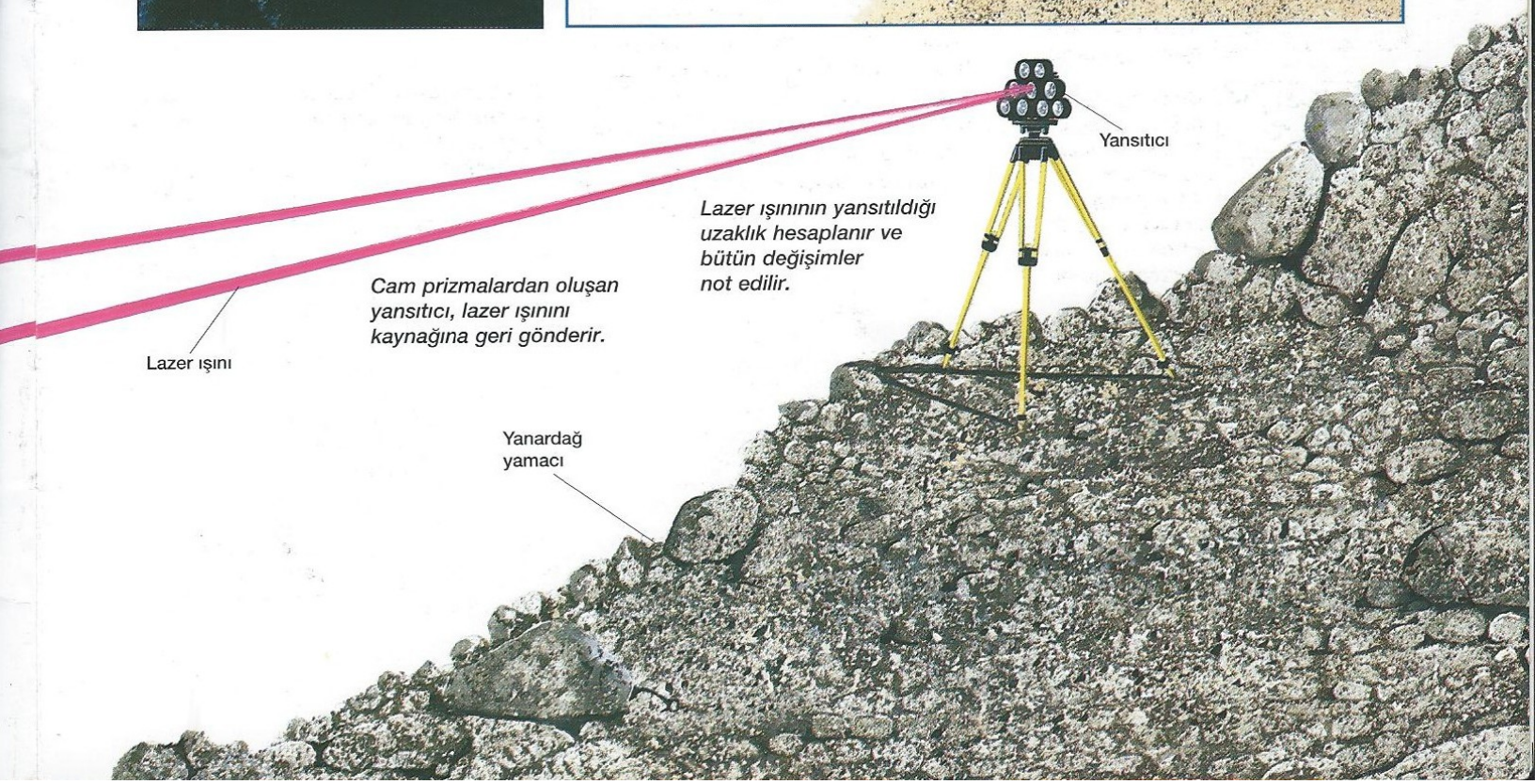


Hayvan uyarıları

Bazı depremlerden önce hayvanlar olağandışı davranışlar gösterirler. Bu durum, hayvanların, deprem olacağını sezebildiklerini akla getiriyor. Bilim adamları, hayvanların bir depremden önce kayalarda oluşan titreşimleri ya da elektriksel değişimleri algılayabildiklerini düşünüyorlar. Çin'in deprem olasılığı yüksek olan bölgelerinde yaşayan insanlardan, hayvanlarda alışılmışın dışında davranışlar gördükleri zaman, bu durumu uzmanlara bildirmeleri istenir.

1975 yılında Çin'in Haicheng bölgesinde şiddetli bir deprem olmuştu. Depremden önce, kış uykusunda olan yılanların, havanın buz gibi soğuk olmasına karşın, toprağın altından çıktıkları görülmüştü.





Felaketlerin önlenmesi

Bazı depremler ve yanardağ püskürmeleri, yalnızca birkaç dakika içinde bile, büyük felaketlere yol açabilir. Bunların önlenmesi her ne kadar olanaksız olsa da, etki ve zararlarının en aza indirgenmesi konusunda çalışmalar yapılıyor.

Lav akıntılarının yolunun değiştirilmesi

Volkanik külün içerdiği minerallerin toprağın verimini artırması nedeniyle birçok insan tehlikeyi göze alarak yanardağ eteklerinde yaşar. Yakın geçmişte meydana gelen bazı püskürmeler sırasında, lav akıntılarının yolu üzerinde bulunan kasaba ve köyleri korumak amacıyla, bazı girişimlerde bulunuldu. 1992 yılında Etna Yanardağı püskürdüğü zaman, lavların Zafferana köyüne doğru ilerlemesi üzerine akıntının durdurulması için değişik yöntemler denendi. Lavın parçalanması amacıyla patlayıcılar kullanıldı ve yolunun üzerine kayalardan barikat yapıldı. Sonunda helikopterlerle taşınan beton bloklarla akıntının yolu değiştirildi.



Etna'nın püskürmesi sırasında lav akıntısının katılaşmış lav katmanının altındaki doğal bir kanaldan geçerek ilerlediği görüldü.

Lava ulaşabilmek amacıyla, patlayıcılar kullanılarak katılaşmış lavda bir delik açıldı. Helikopterlerden bırakılan beton blokların kanalı tıkamasıyla akıntının yolu değiştirildi.

Depreme dayanıklı binalar

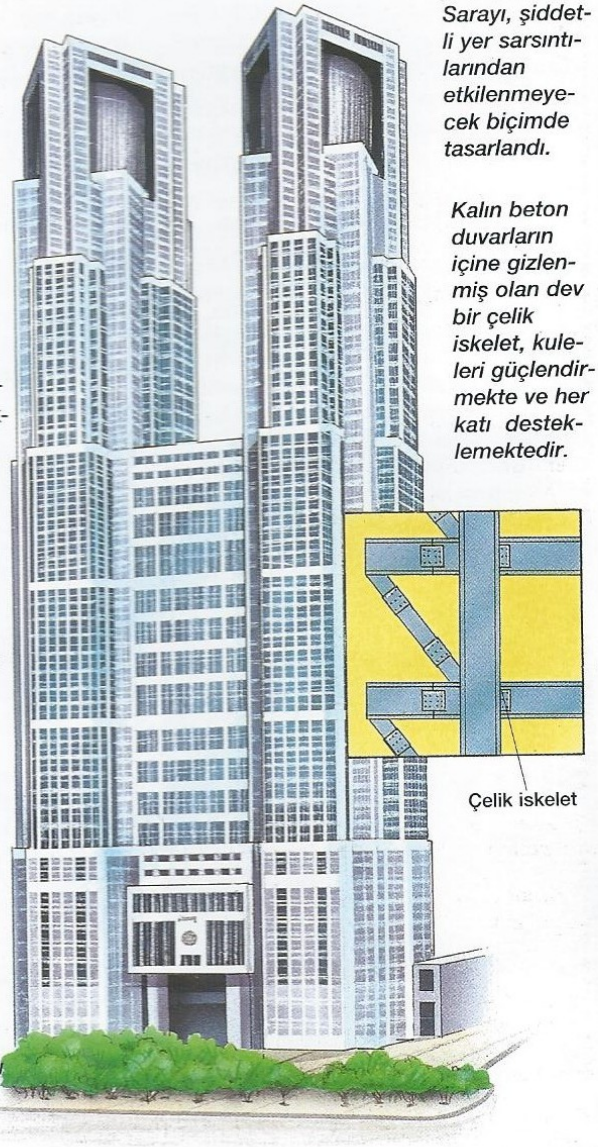
Etkin fay kuşakları üzerinde bulunan kentlerin büyük bir bölümünde geçerli olan özel yasalar, yeni yapılan binalarda, deprem sırasında çökmeyi önleyecek yapım yöntemlerinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Her ne kadar bina maketleri ve yapı malzemeleri depreme dayanıklılık açısından denenmekteyse de, mimarlar, tasarımlarının başarılı olup olmadığını ancak gerçek bir deprem sırasında görebilirler. Örneğin bazı binaların temeli, titreşimleri soğuracak ve sallantının etkilerini azaltacak biçimde yapılmaktadır. Bazı binaların ise, yer sarsıntıları sırasında devrilmeden sallanmalarını sağlayacak biçimde, özel olarak tasarlanmış çelik iskeletleri bulunmaktadır.

Japonya'nın başkenti Tokyo'da yeni binaların tamamı depreme dayanıklı biçimde yapılmaktadır.

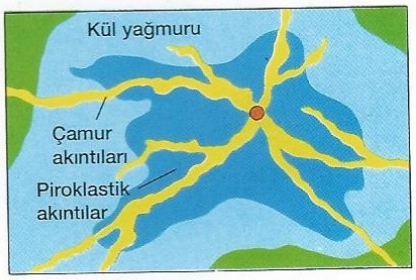
Tokyo'daki yeni Belediye Sarayı, şiddetli yer sarsıntılarından etkilenmeyecek biçimde tasarlandı.

Kalın beton duvarların içine gizlenmiş olan dev bir çelik iskelet, kuleleri güçlendirmekte ve her katı desteklemektedir.



Tehlike haritaları

Bilim adamları, etkin bir yanardağın çevresinin olası bir püskürmeden nasıl etkileneceğini önceden kestirebilmek amacıyla tehlike haritası adı verilen özel haritalar hazırlarlar. Bu haritalar, püskürme sırasında ortaya çıkabilecek lav akıntısı ya da çamur akıntısı gibi tehlikelerden etkilenebilecek bölgeleri gösterir. Bir yanardağda püskürme belirtileri (bkz. s. 28-29) görüldüğü zaman tehlike bölgelerinde yaşayan insanların buraları boşaltmaları sağlanır.



Püskürme sırasında tehlike altında olma olasılığı bulunan bölgeleri gösteren harita.

Sözlük

Aa: Katılaştığı zaman pürüzlü ve çatlaklı bir yüzeye sahip olan **lav** türü.

Ada yaylar: İki levhanın birbirine yaklaştığı **levha sınırı**nın yakınında ortaya çıkan bir dizi volkanik ada.

Ağız: Magma, volkanik gazlar ya da buharın yüzeye çıktığı yeryüzündeki açıklık.

Artçı şoklar: Şiddetli bir depremden sonra yeraltındaki kayaların yerlerine yerleşmelerinin yol açtığı hafif sallantı ve titreşimler.

Astenosfer (Ateşküre): Mantonun içinde yer alan bir katman. Kısmen ergimiş kayalardan oluştuğu tahmin ediliyor.

Bazalt: Lavın soğuması sonucunda oluşan koyu renkli volkanik kayaç türü.

Çekirdek: Dünya'nın merkezidir. **Manto**nun altında kalır. Ergimiş durumdaki dış çekirdek ve katı maddelerden oluştuğu sanılan iç çekirdek olarak ikiye ayrılır.

Dalma-batma bölgesi: Bir levhanın diğerinin altına daldığı **levha sınırı**.

Deniz tabanı yayılması: Bir okyanusun altındaki **levha**ların birbirinden uzaklaşması sonucu **magma**nın yükselerek **yayılma sırtı**nda yeni okyanus tabanı oluşturduğu süreç.

Deprem merkezi: Yeryüzünde **deprem odağı**nın tam üstünde bulunan nokta.

Deprem odağı: Fay üzerinde, depreme neden olan kırılmanın meydana geldiği nokta.

Fay: Kaya katmanlarındaki hareket sonucu meydana gelen çatlak ya da kırık.

Fay atımı: Faylar boyunca oluşan ancak depreme yol açmayan yavaş yer hareketi.

Fümerol: Volkanik gazların dışarı çıktığı küçük açıklık.

Gayzer: Yeraltındaki suyun kızgın kayalar tarafından ısıtılması sonucunda yeryüzüne su ve gazlardan oluşan bir fıskiye biçiminde püskürmesi.

Hidrotermal ağız: Genellikle **yayılma sırtları**nda bulunan, minerallerce çok zengin sıcak suların soğuk deniz suyuna karıştığı açıklıklardır.

Jeotermal enerji: Yeraltından elde edilen ısı enerjisi. Bazı durumlarda elektrik üretiminde kullanılır.

Krater: Bazı yanardağların ağızlarını çevreleyen derin çukur.

Kül: (bkz. Volkanik kül)

Lahar (Volkanik çamur seli): Bir yanardağ püskürmesi sonucunda yamaçlardan aşağı akan **volkanik kül**, kayalar, erimiş buz ve kardan oluşan karışım.

Lav: Yeryüzüne çıktıktan sonra **magma**ya verilen ad.

Lav akıntısı: Bazı püskürmeler sırasında yanardağın ağzından çıkıp yamaçlardan akan ergimiş durumdaki kayalardan oluşan akıntı.

Lav fıskiyesi: Yerkabuğunun içinde biriken gazların neden olduğu basıncın etkisiyle yanardağ ağzından havaya fışkıran akışkan **lav**.

Levha: Dünya'nın yüzeyini bir yap-boz biçiminde saran büyük **litosfer** parçalarının her biri.

Levha kenarı: (bkz. Levha sınırı)

Levha tektoniği: Levhaların astenosfer üzerindeki hareketi sonucunda kıtaların ve okyanusların yer, boyut ve biçimlerinin değişmesine yol açan süreçlerin tümü.

Levha sınırı (ya da kenarı): Levhanın kenarı. Çoğu yanardağ püskürmeleri ve depremler bu bölgelerde olur.

Litosfer (Taşküre): Yerkabuğu ve **manto**nun üst bölümünden oluşan katı durumdaki katman. Litosfer, **levha** denilen çok büyük parçalardan oluşmaktadır.

Magma: Yerkürenin içinde ergimiş durumda bulunan kayalar. Magmanın büyük bir bölümü erimiş haldeki mineraller, gazlar ve sudan oluşur.

Magma odası: Bir yanardağın altında **magma**nın biriktiği yer.

Manto: Yerkabuğu ile **çekirdek** arasında kalan ve alt **manto**, **astenosfer** ile **litosfer**in bir bölümünü kapsayan en kalın katman.

Mercalli ölçeği: Bir deprem sırasında oluşan yer sarsıntılarının şiddet ve sayısını belirtmekte kullanılan ve çoğunlukla görgü tanıklarının anlattıklarına dayanan ölçek.

Mineral: Belli bir kimyasal bileşimi bulunan, ne hayvan ne de bitki kökenli olan doğal madde. Mineral tanecikleri birleşerek kayaları oluşturur.

Nuée ardente: (bkz. Piroklastik akıntı)

Okyanus hendekleri: İki levhanın çarpışması sırasında birinin diğerinin altına daldığı **levha sınırı**nda ortaya çıkan çok derin denizaltı vadisi.

Pahoehoe: Pürüzsüz ya da hafif kıvrımlı yüzeye sahip lav akıntısı oluşturan lav türü.

Piroklastik akıntı (nuée ardente adıyla da bilinir**):** Püsküren bir yanardağın yamaçlarından hızla aşağı akan ve çok yüksek sıcaklıkta gaz ve **volkanik kül**lerden oluşan bulut.

Piroklastlar: Şiddetli bir yanardağ püskürmesi sırasında yanardağdan fırlayan **lav**, **volkanik kül** ve kaya parçaları.

Richter ölçeği: Bir depremin büyüklüğünü ya da açığa çıkan enerjiyi ölçmede kullanılan ölçek.

Sıcak nokta: Mantodan geçerek **yerkabuğ**unda yanardağların oluşmasına yol açan ısı akımlarının bulunduğu bölgeler.

Sıcaksu kaynağı: Yeraltındaki kızgın kayalar tarafından ısıtılan suların yeryüzüne (karada ya da deniz dibinde) çıktığı nokta.

Sıvılaşma: Depremin yarattığı şok dalgalarının ıslak kum, çamur ve tortulları sallaması sonucu bunların lapa olmasına yol açan süreç.

Sismik dalgalar: Deprem odağından çıkarak Dünya'nın derinliklerinde her yana dağılan şok dalgaları.

Tortullar: Rüzgar, su ve buzulların çökerttiği katılaşmış tortul birikimi.

Tsunami: Deniz dibinde ya da denize yakın bir yerde meydana gelen şiddetli bir depremin ya da yanardağ püskürmesinin neden olduğu bir dizi büyük dalga.

Volkanik çamur seli: (bkz. Lahar)

Volkanik kül: Patlama biçimindeki püskürmeler sırasında oluşan çok küçük kaya ve **lav** parçacıkları.

Yastık lav: Yastık biçiminde katılaşan **lav**. Bu biçimler, kızgın lavın denize akıp çok kısa zamanda katılaşması sonucunda oluşur.

Yayılma sırtı: Deniz tabanı yayılması sırasında birbirinden uzaklaşmakta olan **levha**ların sınırındaki okyanus tabanında oluşan volkanik sıradağlar.

Yeraltı suyu: Kayaların içindeki ince çatlak ve boşluklardan geçerek yeraltında biriken yağmur ya da deniz suyu.

Yerkabuğu: Dünya'nın katı durumdaki en üst katmanı.

DİZİN

Aa lavı, 18, 31
ada yayları, 20, 31
ağızlar, 16, 31
astenosfer,3, 6, 14, 15, 16, 31
Ateş Çemberi, 20

Bazalt, 15, 16, 21, 31

Çamur akıntıları, 19, 31
çekirdek, 3, 31

Dalma-batma bölgeleri, 6, 14, 16, 20, 31
dalma-batma bölgesi yanardağları, 14, 20
deniz tabanı yayılması, 6, 31
denizaltı sıcaksu kaynakları, 25
deprem merkezi, 8, 12, 13, 27, 31
deprem odağı, 8, 12, 31
deprem ölçümleri, 12
depreme dayanıklı bina yapımı, 11, 30
depremlerin yerinin saptanması, 12
depremölçerler, 10, 12, 28
Dünya'nın katmanları, 3
Dünya'nın yapısı, 3

El Chichón, 23
etkin fay kuşakları, 9, 10, 28, 30
etkin faylar, 9, 10, 28, 30
etkin yanardağlar, 22, 28
Etna Yanardağı, 18, 30

Fay atımı, 9, 31
faylar, 8, 9, 10, 31
fümerol, 23, 31

Gayzerler, 24, 31
gazlar (volkanik), 3, 14, 17, 18, 19, 20, 29
gelgit dalgaları, 10, 26

Hayvan uyarıları, 29
hendekler, 6, 7, 31
Herculaneum, 19, 22
hidrotermal ağızlar, 25, 31

Jeotermal enerji, 25, 31

Kalkan biçimli yanardağlar, 16
karaduman bacaları, 25
kıta kabuğu, 4, 7
kıtalar, 3, 5
kıtasal litosfer, 4, 6, 7
Kilauea, 22
Krakatau, 26
kraterler, 16, 31
kül (volkanik), 17, 19, 20, 22, 23, 26, 29, 31

Lahar, 19, 31
lapilli, 19
lav, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 31
  aa türü lav, 18, 31
  lav akıntıları, 16, 18, 20, 30, 31
  lav fıskiyeleri, 17, 31
  pahoehoe türü lav, 18, 31
  yastık lavlar, 20, 31
  yoğun lav, 16, 17
  yoğun olmayan lav, 16, 17, 18
lav akıntılarının yolunun değiştirilmesi, 30
lazer ışınları, 28, 29
levha hareketleri, 5, 6-7
levha sınırları, 4, 5, 6-7, 10, 14, 21, 31
levha tektoniği, 5, 31
levhalar, 4, 5, 6-7, 8, 21, 31
litosfer, 3, 4, 6, 9, 14, 15, 31
  kıtasal, 4, 6,7
  okyanusal, 4, 6, 7

Magma, 6, 14, 15, 16, 20, 21, 23, 24, 25, 28, 31
  magma odası, 16, 28, 31
manto, 3, 4, 15, 31
Mercalli-ölçeği, 13, 31
mineraller, 4, 15, 16, 24, 31

Nevado del Ruiz, 19
Nuées ardentes, 19

Okyanus hendekleri, 6, 7, 31
okyanus tabanı, 6
okyanusal kabuk, 3, 4
okyanusal litosfer, 4, 6, 7
okyanuslar, 3, 5, 6, 27
Olympus Mons, 15

Pahoehoe lavı, 18, 31
Pele, 22
Pinatubo Yanardağı, 19
piroklastik akıntılar, 19, 31
piroklastik seller, 19
piroklastlar, 19, 31
Pompei, 19, 22

Richter ölçeği, 13, 31

Sıcak nokta adaları, 21
sıcak noktalar, 15, 16, 20, 21, 31
sıcaksu kaynakları, 24, 25, 31
sıvılaşma, 11
sismik boşluklar, 29
sismik dalgalar, 9, 31
sönmüş yanardağlar, 23
St. Helens Yanardağı, 19, 23, 28
Stromboli, 23
Surtsey Adası, 20

Şok dalgaları, 9, 11, 12

Tehlike haritası, 30
toprak kayması, 11
tortullar, 11, 14, 31
tsunami, 26-27, 31

Uydu gözlemleri, 29
uyuyan yanardağlar, 23

Vezüv Yanardağı, 19, 22
volkanik
  adalar, 14, 20-21
  bloklar, 19
  bombalar, 19
  çamur akıntıları, 19, 31
  depremler, 28
  gazlar, 3, 14, 17, 18, 19, 20, 23, 29
  kayalar, 15, 23, 24, 25
  kumlar, 21
  kuş yuvaları, 25
  kül, 17, 19, 20, 22, 23, 26, 29, 31
  püskürmeler, 16-17, 18, 19, 22, 28
  titreşimler, 28

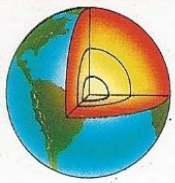
Yanardağ püskürmeleri, 16-17, 22, 23
  gözlenmesi, 28, 29
  sıklığı, 23
  tarihlendirilmesi, 23
yastık lavlar, 20, 31
yayılma sırtları, 6, 14, 16, 20, 25, 31
yeraltı suları, 24, 25, 31
yerkabuğu, 3, 4, 6, 16, 31
  kıtasal, 4, 7
  okyanusal, 4
yüzey gözlemleri, 28
yüzey yarıkları, 10

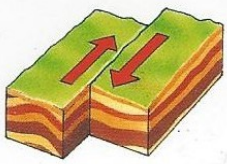
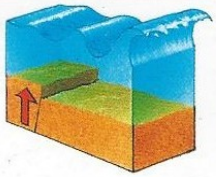
TÜBİTAK POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

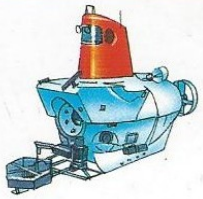
1) Hayatın Kökleri	Mahlon B. Hoagland
2) İkili Sarmal	James D. Watson
3) Bir Matematikçinin Savunması	G.H. Hardy
4) Modern Bilimin Oluşumu	Richard S. Westfall
5) Genç Bilim Adamına Öğütler	P.B. Medawar
6) Üniversite	Henry Rosovsky
7) Rastlantı ve Kaos	David Ruelle
8) Büyük Bilimsel Deneyler	Rom Harré
9) Bilimin Öncüleri	Cemal Yıldırım
10) Çok Geç Olmadan	Bernard L. Cohen
11) İlk Üç Dakika	Steven Weinberg
12) Fizik Yasaları Üzerine	Richard Feynmann
13) Bir Mühendisin Dünyası	James L. Adams
14) Modern Çağ Öncesi Fizik	J.D. Bernal
15) Kaos	James Gleick
☆ 16) Bilimsel Gaflar	Billy Aronson
17) Sorgulayan Denemeler	Bertrand Russell
18) Bir Gölgenin Peşinde	Georges Ifrah
19) Gen Bencildir	Richard Dawkins
☆ 20) Tuhaf Bu DNA'lılar	Billy Aronson
21) Yıldızların Zamanı	Alan Lightman
22) Gezegenler Kılavuzu	Patrick Moore
23) Çakıl Taşlarından Babil Kulesine	Georges Ifrah
24) Dr. Ecco'nun Şaşırtıcı Serüvenleri	Dennis Shasha
25) Gündelik Bilmeceler	P. Ghose - D. Home
26) 107 Kimya Öyküsü	L. Vlasov - D. Trifonov
☆ 27) Ayak İzlerinin Esrarı	B.B. Calhoun
28) Akdeniz Kıyılarında Hesap	Georges Ifrah
29) Teknolojinin Evrimi	George Basalla
☆ 30) Vücudunuz Nasıl Çalışır?	J. Hindley - C. King
☆ 31) Dünya ve Uzay	S. Mayes - S. Tahta
32) Uzak Doğu'dan Maya Ülkesine	Georges Ifrah
33) Modern Araştırmacı	J. Barzun - H.F. Graff
34) Eski Yunan ve Roma'da Mühendislik	J.G. Landels
35) Alıç Ağacı ile Sohbetler	Hikmet Birand
36) Matematiğin Aydınlık Dünyası	Sinan Sertöz
37) Bilimin Arka Yüzü	Adrian Berry
38) Ortaçağda Endüstri Devrimi	Jean Gimpel
39) Olağandışı Yaşamlar	Gould - Gould
40) Darwin ve Beagle Serüveni	Alan Moorehead
41) Buluş Nasıl Yapılır?	B.E. Shlesinger
42) Sıfırın Gücü	Georges Ifrah
43) Şaşırtan Varsayım	Francis Crick
44) Sulak Bir Gezegende: Öyküler	Sargun A. Tont
45) Anılarım	Ernst E. Hirsch
46) Evrenin Kısa Tarihi	Joseph Silk
47) Gökyüzünü Tanıyalım	M.E. Özel - A.T. Saygaç
48) Bilim ve İktidar	F. Mayor - A. Forti
49) Matematik Sanatı	Jerry P. King
50) Türkiye'nin Tarihi	Seton Lloyd
51) Galileo ve Newton'un Evreni	William Bixby
52) Bilgisayar ve Zekâ	Roger Penrose
53) Göl İnsanları	R. Leakey - R. Lewin
54) Katla ve Uçur	Richard Kline
★ 55) Bilimsel Deneyler	Jane Bingham
56) Bunu Ancak Dr. Ecco Çözer	Dennis Shasha
☆ 57) Ona Kısaca DNA Denir	F. Balkwill - M. Rolph
☆ 58) Sen Ben Gen	F. Balkwill - M. Rolph
☆ 59) Biz Hücreyiz	F. Balkwill - M. Rolph
☆ 60) Hücre Savaşları	F. Balkwill - M. Rolph
★ 61) Astronomi	Stuart Atkinson
62) Modern İnsanın Kökeni	Roger Lewin
★ 63) Bilim Adamları	S. Reid - P. Fara
★ 64) Ekoloji	Richard Spurgeon
★ 65) Atom ve Molekül	P. R. Cox - M. Parsonage
☆ 66) Bir Zamanlar	M. J. Mc Neil - C. King
67) Anadolu Kültür Tarihi	Ekrem Akurgal
68) Bir Yeşilin Peşinde	Asım Zihnioğlu
☆ 69) Beyin	Rebacca Treays
★ 70) Makineler	Clive Gifford
★ 71) Depremler ve Yanardağlar	Fiona Watt
72) Hint Uygarlığının Sayısal Simgeler Sözlüğü	Georges Ifrah
★ 73) İnternet	Philippa Wingate
☆ 74) Işık Evreni	David Phillips
☆ 75) Akıl Kutusu	S. Rose - A. Lichtenfels
☆ 76) Uzay Denen O Yer	Helen Sharman
☆ 77) Mavi Gezegen	Brian Bett
☆ 78) Uydular	Mike Painter
★ 79) Yaşadığımız Gezegen	Fiona Watt
☆ 80) Havada Karada Suda	K. Little - A. Thomas
☆ 81) Çarpım Tablosu	Rebecca Treays
★ 82) Denizler ve Okyanuslar	Felicity Brooks
★ 83) Hava ve İklim	F. Watt - F. Wilson
☆ 84) Kutuplarda Yaşam	Kamini Khanduri
85) Karanlık Bir Dünyada Bilimin Mum Işığı	Carl Sagan
★ 86) Mucitler	S. Reid - P. Fara
★ 87) Her Yönüyle Otomobiller	Clive Gifford
☆ 88) Kesirler ve Ondalık Sayılar	Karen Bryant-Mole
★ 89) Her Yönüyle Uçaklar	Clive Gifford
90) İslâm Dünyasında Hint Rakamları (R.E.T. VII)	Georges Ifrah
☆ 91) Çarpma ve Bölme	Karen Bryant-Mole
☆ 92) Tablolar ve Grafikler	Karen Bryant-Mole
★ 093 Her Yönüyle Tekneler	Christopher Maynard
★ 094 Bilgisayarlar	Rebecca Treays
095 Fiziğin Gizemi (Kralın Yeni Usu II)	Roger Penrose
096 Bir Sayı Tut	Malcolm E. Lines
★ 097 Kaşifler	F. Everett - S. Reid
★ 098 Enerji ve Güç	R. Spurgeon-M. Flood
099 Kırılgan Nesneler	P. G. de Gennes-J. Badoz

☆ ÇOCUK KİTAPLIĞI
★ GENÇLİK KİTAPLIĞI

YAYINLARIMIZI, TÜBİTAK KİTAP SATIŞ BÜROSU İLE KİTABEVLERİNDEN EDİNEBİLİRSİNİZ.
Atatürk Bulv. No: 221 Kavaklıdere/Ankara
Tel: 0.312.427 33 21 - Faks: 0.312.427 13 36



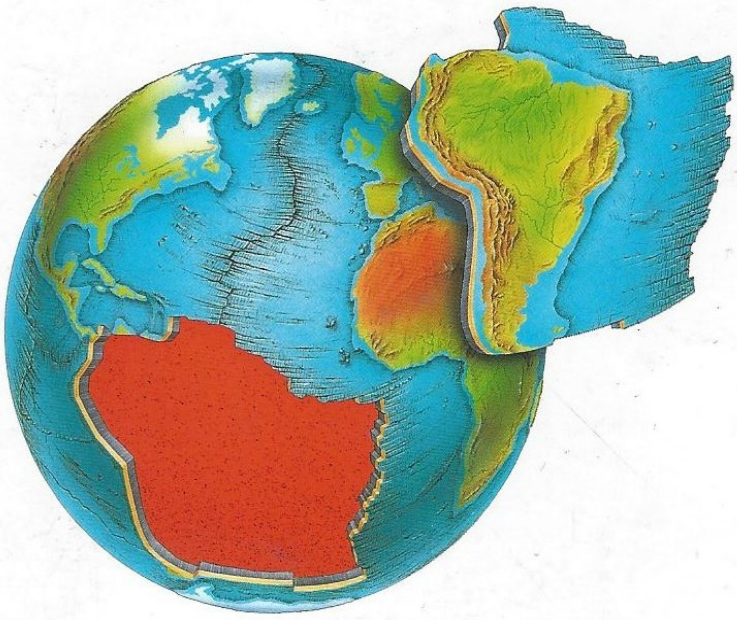





Depremler ve Yanardağlar
Dünya'nın yapısı konusunda ayrıntılı bilgiler verirken, yanardağ püskürmelerine ve depremlere yol açan karmaşık süreçleri, bu doğa olaylarının etkilerini ve zaman zaman yıkıcı olabilen boyutlarını ele alıyor.

TÜBİTAK Gençlik Kitaplığı'ndan yerbilimleri ile ilgilenenler için zevkle okunabilecek bir kitap...

SANAL KÜTÜPHANE
http://sanalktphane.blogspot.com



ISBN 975-403-111-8





Fiyatı: 900.000 TL (KDV DAHİL)

Basılı fiyatından farklı satılamaz



