

Deprem Geliyorum Diyebilir mi?

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle biriken enerjinin aniden serbestlenmesiyle ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsması olayına "Deprem" denir.

Depremler insanlık tarihi boyunca toplumları en çok etkileyen ve korkutan doğal afetlerden birisidir. Bilindiği gibi yurdumuz dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır. Deprem Bölgeleri Haritası'na göre, yurdumuzun %92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu, nüfusumuzun %95'inin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir.⁽¹⁻⁾

İlker İleri

Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Tektonik Araştırma Grubu

ilkerileri@gmail.com

Geçmişte yurdumuzda birçok yıkıcı depremler olduğu gibi, gelecekte de sık sık oluşacak depremlerle büyük can ve mal kaybına uğrayacağımız bir gerçektir. Depremlerden ileri gelen ölüm, hasar, sosyal ve ekonomik kayıpları en aza indirmek tüm insanları ilgilendiren önemli bir problemdir. Depremlerin önceden bilinmesi sayesinde bir bölgedeki sismik tehlikeyi en aza indirmek mümkün olacaktır. Bu yüzden depremlerin önceden tahmin edilmesi konusu insanların sürekli gündeminde olan bir konudur.

Depremin önceden bilinmesi, belli ve kabul edilmiş hata limitleri içinde, depremin oluş yeri, oluş zamanı ve büyüklüğünün bilinmesi olarak kabul edilir.

Depremlerin önceden bilinmesi konusunda yapılan bilimsel çalışmaların ise geçmişi çok yenidir ve bu konudaki çalışmaların başlangıcı 1960'lardan sonra modern sismoloji bilimine paralel olarak gelişmiştir.

Depremlerin önceden bilinmesi bazı haberciler olarak tabir edilen doğal ve yapay gözlemlerin yöntemli bir şekilde yorumlanmasıyla ortaya çıkar. Bunlar:

- 1-Sismisite oranındaki değişimlere bağlı yöntemler
- 2-P ve S dalga hızlarının ölçülmesine dayanan yöntem
- 3-Kayaçların elektriksel özelliklerinin ölçülmesine dayalı yöntem
- 4-Kabuk deformasyonu yöntemi
- 5-Yer altı su seviyesi ve kimyasının değişimlerine bağlı yöntem
- 6-Radon gazı ölçüm yöntemi
- 7-Hayvanlarda görülen anormal davranışların gözlemlenmesine dayalı yöntemdir.

Bu bilimsel veriler ve gözlemler yoluyla depremleri tahmin etmek mümkün gibi gözükse de her zaman güvenli sonuç vereceğinin garantisi yoktur. Bunlar, fay mekanizmasına, fayların geometrik özelliklerine, odak derinliğine ve büyüklüğüne bağlı olarak farklılık gösterirler. Deprem tahminlerinin güvenilirliğini arttırmak için bu yöntemleri beraber kullanmak faydalı olacaktır.

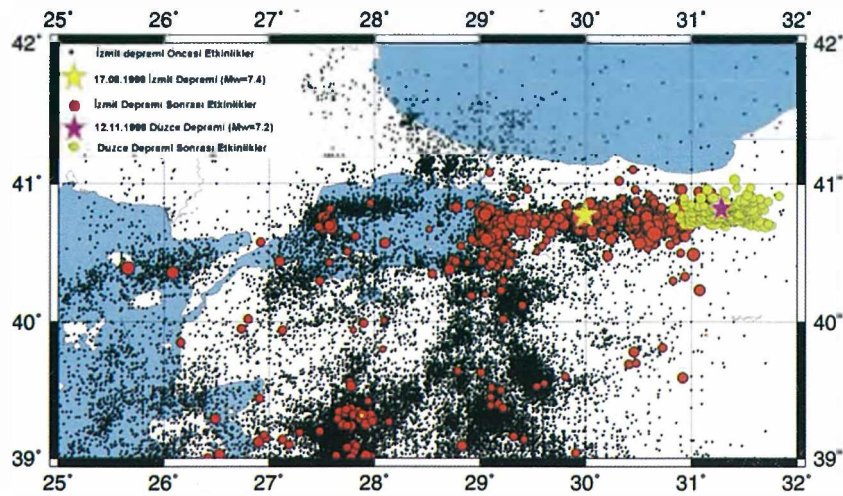
Sismisite Oranındaki Değişimler

Bir bölgedeki depremlerin alansal ve zamana bağlı olarak dağılımına sismisite denir. Tektonik olarak aktif bir bölgede sismisite (büyük magnitüdü depremlerin tekrarlanma aralıkları, sismik boşluklar, öncül şoklar, vs) oranındaki bazı değişiklikler deprem tahmininde büyük bilgiler sağlamasına rağmen sonuçları diğer yöntemlerde olduğu gibi kesinlik arz etmezler.

Depremlerin önceden bilinmesi konusunda özellikle büyük depremlerin eski kayıtlarının incelenmesi kayıtların çok güvenli olmamasına rağmen önemli bir yer tutar. Büyük magnitüdü depremlerin tekrarlanması, depremi yaratan fayın özelliklerine, bölgedeki gerilmelere bağlı olarak değişebilir fakat yinede uzun süreli bir aralıkta bu tekrarlanmalar bir düzenlilik sunarlar.

Kuzey Anadolu fayı üzerinde gözlemlenen büyük magnitüdü depremlerin tekrarlanma aralıkları 100-150 yıl arasındadır. Bolu-Adapazarı arasındaki bölgede ise orta ve büyük magnitüdü depremlerin 15 yıl gibi kısa aralıklarla tekrarlandığı ifade edilmektedir⁽²⁾.

Sismik olarak aktif bir bölgede büyük depremler öncesinde belli bir zaman aralığında sismik suskunluklar (sismik boşluk) yaşanabilir. Böyle bir bölgede büyük bir deprem öncesinde bir kaç 10 yıllık dönemde hiç deprem olmayabilir. Bu bize bazı depremlerin başarıyla tahmin edilmesini sağlamaktadır.



Marmara bölgesinde İzmit Depremi öncesi ve sonrası (1900-19.11.1999) etkinlikler (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü Sismoloji Laboratuvarı)⁽¹⁹⁾

Sismisitedeki değişimler bazen büyük depremler öncesi gözlemlenen öncül şoklarla ifade edilebilir. Öncül şoklar, genellikle ana şoktan önce ana şokun episanur bölgesine yakın yerlerde oluşan küçük depremlerdir. Bu tür depremler, hasar yapıcı büyük magnitudlü depremlerin habercisi olabilir. Bu öncü şoklara dayanan ilk başarılı tahminler İtalyan sismologları tarafından gerçekleştirilmiştir. 1976 yılının Eylül ayı başlarında İtalya'nın kuzeyinde Friuli bölgesinde günlük deprem sayılarında önemli artışlar gözlenmiştir. Bu gözlemlere dayanarak bölge halkına tehlikeye karşı uyarılarda bulunulmuştur. 15 Eylül 1976 yılında bölgede $M_s=6.0$ büyüklüğündeki deprem meydana gelmiş ve birçok dayanıksız bina çökmüş fakat deprem en az can kaybıyla atlatılmıştır⁽⁶⁾.

P ve S Dalga Hızlarının Ölçülmesine Dayalı Yöntem

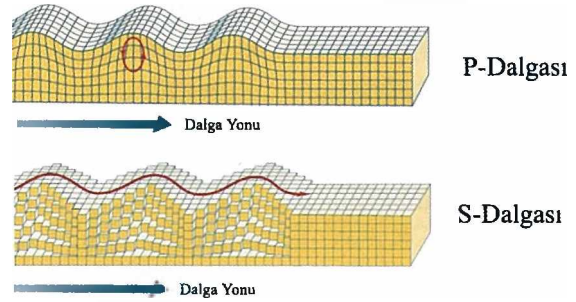
Yer kabuğunda ani kırılmaların veya çeşitli yapıy patlamaların meydana getirdiği titreşimler patlama noktasından itibaren her doğrultuda yayılan P (primer-birincil) ve S (secondar-ikincil) sismik dalgalarını oluşturur. P dalgaları, içerisinden geçtikleri kayacı sıkıştırıp gevşeterek haciminin değişmesine neden olurlar. S dalgaları ise içinden geçtikleri kayaları, yayılma doğrultularına dik olarak hareket ettirerek kayalarda şekil değişikliğine neden olurlar.

Bir bölge tektonik kuvvetlerle basınç altında kaldığında o bölgedeki kayalarda sonsuz sayıda çok küçük çatlaklar gelişir. Böyle bir durumda P dalga hızları normaline göre daha düşük değerlere sahip olurken S dalga hızlarında pek bir değişiklik görülmez. Daha sonra çatlakların genişlemesi ve bölgedeki kayaların hacimlerinin artması nedeniyle yeraltı suları çatlakların içine dolmakta ve P dalga hızlarını tekrar yükseltmektedir⁽²⁾.

P ve S dalgalarının seyahat zamanlarında, saniyenin yüzde biri kadar değişimler modern sismograflarca kolaylıkla ölçülebildiği için, bu dalgaların birbiri arasındaki oranın değişimi depremin önceden bilinmesince yönelik çalışmalarda büyük önem taşırlar. Bu yöntemde P ve S dalga hızları oranında görülen değişiklik oranının büyüklüğü, değişikliğin başladığı sürenin uzunluğu ve değişiklikler görülen

bölgenin büyüklüğü, depremin şiddetinin ve zamanının tahmin edilmesinde kullanılır⁽⁶⁾.

1969 yılında SSCB'den Nersesov ve Simbireva, Garm bölgesinde iki küçük depremi, ABD'den J. Healy 28 Kasım 1974 tarihinde Hollister bölgesinde meydana gelen bir depremi, dalgaların bu hız değişimlerini kullanarak tahmin etmişlerdir. Bazı sismik olaylarda bu şekilde başarılı sonuçlar veren bu yöntem, ABD'de San Andreas fayı için uygulandığında genellikle sonuçlar olumsuz olmuştur⁽²⁾.



Sismik P ve S dalgalarının hareketini gösteren blok diyagramlar⁽⁶⁾

Kayaçların Elektriksel Özelliklerinin Ölçülmesine Dayalı Yöntem

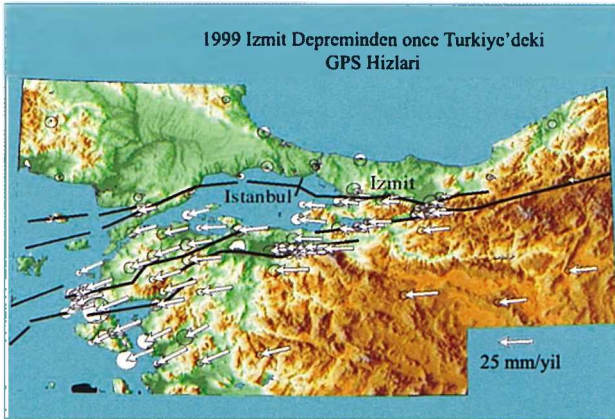
Bir bölge tektonik kuvvetlerle basınç altında kaldığında o bölgedeki kayalarda sonsuz sayıda çok küçük çatlaklar gelişmesi, çatlakların içindeki havanın iyi bir iletken olmaması sebebiyle kayaların elektrik iletkenliğini azaltmaktadır. Bu yöntem yeraltında gömülü elektrotlar arasındaki elektrik potansiyel farkından oluşan elektrik alanın ölçülmesine dayanır ve bu elektrik alandaki değişimler depremin önceden tahmin edilmesi için kullanılır.

1980'den beri Atina Üniversitesinde Panayiotis Varotsos ve arkadaşları Yunanistan'daki depremleri yeraltındaki elektrik akımlarını ölçerek tahmin etmeye çalışmışlardır. VAN adını verdikleri tahmin yöntemi, birçok mevkide yapılan elektrot çubukları arasındaki gerilim farkına dayanır. Bu voltaj değerlerini takip eden araştırmacılar, depremlerden hemen önce oluşan dışı sinyaller olduğunu belirlemişlerdir ve bu sinyalleri SES (Sismik Elektrik Sinyalleri) adını vermişlerdir⁽¹⁵⁾.

Buna rağmen, Yamazaki (1977) depremlerle elektrik alanındaki değişimler üzerine yapılan çalışmaları derlemiş ve depremlerle elektrik alan değişimleri arasında anlamlı bir ilişki kuramamıştır. Japonya'da elektriksel ortam, doğal ve yapay gürültüler ve karmaşık bir jeolojik yapı olmasından dolayı bu yöntemle depremin önceden belirlenmesine yönelik iyi örnek değildir⁽²⁾.

Kabuk Deformasyonu Ölçüm Yöntemi

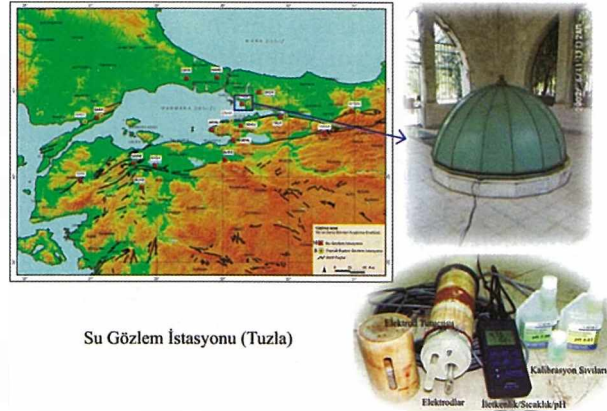
Yer kabuğundaki stres değişiklikleri, deformasyonda da değişiklikler meydana getirir ve bunun sonucunda depremler oluşur. Bu yüzden kabuktaki deformasyonun gözlenmesi, stres değişikliklerinin nasıl oluştuğunu anlamaya ve bunların ne zaman ani sismik enerji açığa çıkaracağı hakkında bilgi verir. Kabuk deformasyonu ölçümleri; düşey kabuk deformasyonu ve yatay kabuk deformasyonu ölçümleri olmak üzere iki şekildedir. Bir depremden önce yer kabuğunda bazı yükselmeler ve alçalmalar gerçekleşir. Kabuk deformasyonu ölçümlerinden depremin önceden tahmin edilebilmesi için ölçüm istasyonlarında periyodik ölçümlerin yapılması ve seviye değişim hızlarının çok iyi bilinmesi gerekir. Seviye değişimi ölçümleri genel olarak uzun süreli (yıllık) tahminleri yapmaya elverişlidir. Yani bu ölçümlerden depremin olacağı ay gün ve saati söylemek imkansızdır⁽²⁾.



1999 İzmit depreminden önce Türkiye'deki GPS hızları (Bu harita İzmit depreminden önceki on yıllık bir dönemin kabuksal deformasyon ölçümlerini gösterir. Oklar GPS kullanılarak elde edilmiştir ve yer yüzünün hareketinin yönünü ve hızını gösterirler. En yüksek hızlar yaklaşık 25mm/yıl civarındadır.)⁽²¹⁾

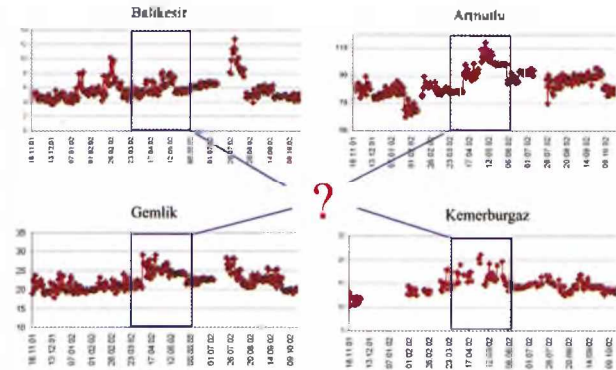
Yeraltı Su Seviyesi ve Kimyasının Değişimlerine Bağlı Yöntem

Genellikle depremlerden kısa süre önce yeraltı sularının seviyelerinde kaynak suların sıcaklıklarında, sertliklerinde, elektrik iletkenliklerinde ve pH'larında belli belirsiz değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişimler depremin önceden bilinmesine yönelik çalışmalarda fayda sağlasa da tek başına bu yöntemin kullanılması çok başarılı sonuçlar vermez. Fakat sürekli gözlenmesinin kolay olması ve ucuza mal olması gibi nedenlerle bu yöntemde kullanılmasında fayda vardır. Depremin önceden tahmin edilmesi için yürütülen çalışmalarda yeraltı suyundaki değişimlerden yararlanmak için uygun kuyular seçilmelidir. Yeraltı suyundaki önemli değişimleri yakalayabilmek için derin kuyular tercih edilmelidir, sulama kuyuları bu amaç için kullanılamaz⁽²⁾.



Su Gözlem İstasyonu (Tuzla)

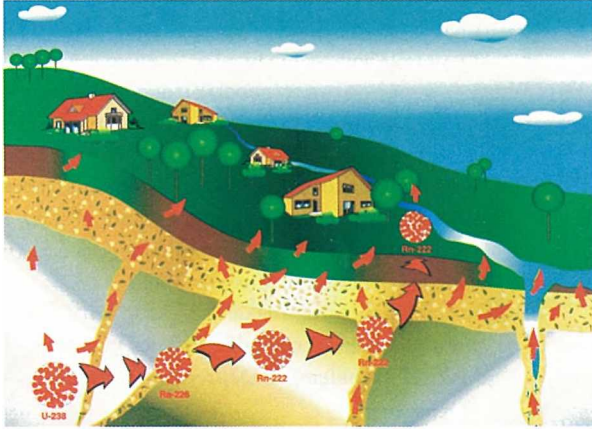
Yeraltı suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri ölçmek amacıyla Marmara Bölgesinde gerçekleştirilen çalışma. Tuzla su gözlem istasyonununun yeri ve ölçümde kullanılan aletler resimde görülmektedir⁽²⁾



Marmara bölgesinde bazı su gözlem istasyonlarından alınan örneklerdeki suyun sertlik ölçüm değerleri görülmektedir. Farklı istasyonlardan alınan örneklerde aynı zaman aralığında sertlik değerlerinde gözlenen anomali dikkat çekicidir⁽²⁾

Radon Gazı Yöntemi

Radon doğada bulunan tek radyoaktif asal gazdır. Genellikle radon yarı ömrü ($T_{1/2}$) 3.825 gün olan ^{222}Rn ile anılır. Radonun ortalama yarı ömürleri daha kısa olan ^{220}Rn ($T_{1/2} = 54.5$ saniye) ve ^{219}Rn ($T_{1/2} = 3.92$ saniye) iki izotopu vardır. ^{222}Rn , Uranyum (^{238}U) bozulma serisine ait, doğrudan ^{226}Ra 'nın radyoaktif bozulması sonucu oluşan ve alfa partikülleri yayan hareketsiz bir gaz elementidir. Yer kabuğunda bulunan az miktardaki (ortalama 3 ppm) uranyumdan meydana gelen radon gazı, kayalar ve toprak arasından atmosfere yayılmaktadır ve böylece atmosfer içinde yaklaşık 0.1 pCi/litre'lik bir ortalama radon konsantrasyonu bulunmaktadır. Yer kabuğundaki kayalarda bulunan Radon ya doğrudan gaz olarak ya da yeraltı suyundan çözünerek yeryüzüne ulaşır ve oradan atmosfere yayılır ⁽²⁾.

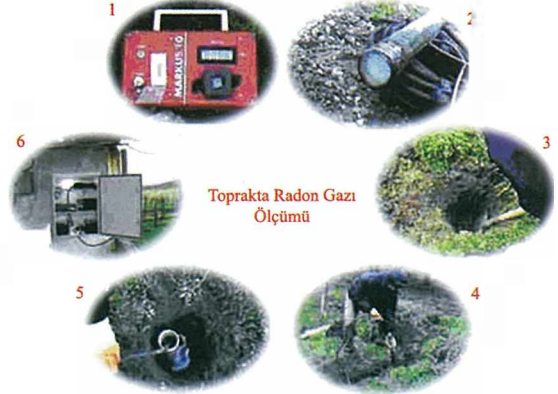


Radon gazının bozunarak yeraltı suyuna ve atmosfere karışmasını gösteren şematik şekil ⁽²²⁾

Yer kabuğundaki şekil değişimleri ve odak (episantr) alanı içinde veya yakınındaki kayalardaki gerilmeler nedeniyle meydana gelecek genişlemeler sonucu kayalardan yeraltı su sistemine radon geçişi artmaktadır. Bunun sonucunda sismik faaliyetlerin başlamasından önce çevredeki kuyu ve kaynak sularda radon konsantrasyonunda artışlar gözlenmektedir. Radon ölçümleri iki yolla yapılır. Birincisi genelde toprakta yapılan ve fay izinin saptanmasında kullanılan kısa süreli ölçümlerdir. İkinci yol ise genelde kaynaklarda yapılan ve fayın aktivitesini belirlemeye yarayan uzun süreli ölçümlerdir.

Yeraltı suyundaki radon miktarındaki değişimler 1966 yılında Özbekistan'ın başkenti olan Taşkent depreminden sonra deprem habercisi olarak

bilinmeye başlamıştır. Taşkent depreminden bir kaç yıl öncesinde çevredeki derin kuyulardan alınan yeraltı suyu örneklerinde radon miktarında artış gözlenmiştir ve depremin hemen öncesinde normal miktarının 3 katı seviyeye ulaşmıştır. Bu anormal değer deprem sonrasında normal seviyesine geri dönmüştür ⁽²⁾.



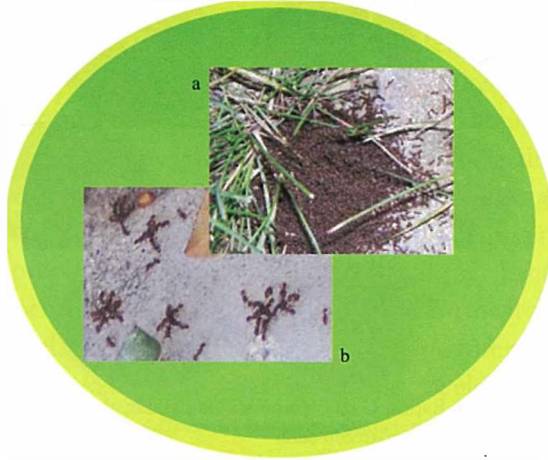
Toprakta Radon Gazı ölçümü için kullanılan aletler ve bu aletlerin kullanılmasını gösteren şekil ⁽²³⁾

Anormal Hayvan Davranışlarının Gözlenmesi Yöntemi

Yapılan saha gözlemleriyle ve kontrollü laboratuvar deneyleriyle hazırlanan birçok raporda saptanan temel bulgu, büyük depremler öncesinde, fayın son dönem kırılmasına kadar geçen süreçte canlılar üzerinde gözle saptanabilen bir etkileşim meydana geldiğidir. Bu çalışmalar ışığında hayvanlardaki davranış anomalilerinin depremin merkez üssüne yaklaştıkça haftalar öncesinden başladığı saptanmıştır ⁽¹⁷⁾.

Hayvan davranışlarında görülen değişiklikler şu şekildedir: Büyük baş hayvanlar (at, eşek, inek) ahır kapılarında dışarı çıkmak isterler ve tepelere doğru koşarlar, tavşan ve fareler yapıların üst katlarına kaçırırlar, kediler kutu ve çöp bidonu içinde saklanırlar ve korkuyla titrerler, köpekler korku dolu havlarlar, balıklar göl ya da deniz tabanının ısınması sonucu yüzeye yakın yüzerler ve bazıları nedensiz bir şekilde ölür, ördek ve kazlar göle girmek istemezler, martılar çembersel olarak uçarlar, karıcalar ise yuvalarını boşaltırlar ve yuva kenarlarında çeşitli kümeleşmeler (çiçek tipi kümeleşme, çay posası kümeleşmesi) ve ölümler gözlenir.

Biyolojik parametreleri deprem tahmininde ilk defa kullanan ülke Çin'dir. Çin; ilk biyolojik gözlem projesini 1968 yılında Hsingtai'de başlatmıştır. Tarım ve hayvancılıkla uğraşan kesimin nüfusunun %80'ini kapsaması nedeniyle hayvanlardaki deprem öncesi davranış anomalileri çok daha rahat şekilde gözlenmiş ve meydana gelen iki büyük deprem bu verilerin de içinde bulunduğu öncü parametrelere dayanılarak tahmin edilmiştir⁽¹⁷⁾.



Depremden önce karıncalarda gözlenen anormal davranışlar.
a) Çay posası kümelenmesi, b) Çiçek tüpi kümelenme⁽¹⁷⁾

Deprem tahmini maalesef hala tam olarak model-lenememiş bir bilinmezdir. Ortada birçok model bulunmasına rağmen bu modellere dayanılarak yapılan kestirim çalışmalarında bilimsel anlamda tümüyle kabul gören bir sonuca ulaşamamıştır. Her ne kadar yapılan tüm deneylerde aynı sonucun alınması gerekliliği ile çalışmalar sürdürülse de depremin insan hayatını doğrudan etkileyen bir tehlike olması nedeniyle mutlaka çok disiplinli olarak araştırılması gereken bir konudur.

Kaynaklar

- (1)Atabey, E., 2000. Deprem. MTA Yayınları Eğitim Serisi, No:34
- (2)Özmen,B.,1995. Depremlerin önceden tahmin edilmesinde kullanılan yöntemler. Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Semineri.
- (3)İnan, S., Seyis, C., Ergintav, S., Baş, M., Saatçılar, R., Cuff, K., Görür, N., Canan, S., Belgen, A., Karakaş, D., Akar, S., Kurt, L., Kafarov, R., Çakmak, R., Çetio, S., Yakan, H., 2002. Marmara Bölgesinde Sismik Aktivite Habercisi Olabilecek Bulguların Araştırılması, Atag-6 bildiri özleri (sözlü sunum).
- (4)Demirtaş, R., Erkmen, C., 2000. Deprem ve jeoloji.

- Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No:52.
- (5)Ergünay, O., 1976. Depremlerin önceden bilinmesi. Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, s.12, 36-55.
- (6)Çakıcı, H., 2003. Depremleri haber veren parametreler. Atatürk Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezi Bülteni, s.10, 8-9.
- (7)Koral, H., 1992. Büyük depremlerle ilişkili öncül kabuk hareketleri. Jeoloji Mühendisliği, s.41,109-117.
- (8)Rikitake, T., 1972. Earthquake prediction studies in Japan. Surveys in Geophysics, v.1, n.1, 4-26.
- (9)Wakita, H., 1996. Geochemical challenge to earthquake prediction. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol.93, pp.3781-3786.
- (10)Kirschvink, J. L., 2000. Earthquake prediction by animals: Evolution and sensory perception. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 90, no.2, 312-323.
- (11)Yalınrak, C., Yalçın, T., Yüce, G., Bozkurtoglu, E., 2005. Water-level changes in shallow wells before and after the 1999 Izmit and Düzce Earthquakes and comparison with long-term water-level observations (1999-2004), NW Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, vol.14, 281-309.
- (12)<http://www.deprem.gov.tr/deprem.htm> , Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, Depremle ilgili teknik bilgiler
- (13)http://www.jmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=44 , Demirtaş, R., 2004, Depremler önceden kestirilebilir mi?
- (14)www.sismikhaber.org/makaleler/documents/jcoeciktrik-www.sismikhaber.org.pdf , Schewe, P, F., 1993, Jeo-Elektrik Sinyaller: Depremlerden önce mi ortaya çıkıyorlar? Türkçesi: Mustafa Güçlü
- (15)www.sismikhaber.org/makaleler/documents/maxwell-www.sismikhaber.org.pdf , Physics in Action, 2004, Maxwell Denklemi ve Depremler, Türkçesi: Mustafa Güçlü
- (16)www.sismikhaber.org/makaleler/documents/kayaclar-www.sismikhaber.org.pdf , Brown, T., T., Kayaçlardaki elektriksel doğal gerilim. Türkçesi: Hüseyin Savaş
- (17)www.sismikhaber.org/makaleler/documents/KARIN-CALAR-ve-DEPREM.pdf , Cabbar, Ö., Doruker, B., 2004, Karıncalar depremi haber verebilir mi?
- (18)http://interactive2.usgs.gov/learningweb/images/wallpaper1024_earthquake.jpg
- (19)<http://www.kocri.boun.edu.tr/sismo/Depremler/oneimler/19990817Marmara7.4/foreaftrtr.jpg>
- (20)<http://www.istanbul.edu.tr/eng/jeoloji/akademik/gj/ders-uygulama/depremler.ppt>
- (21)<http://www.jpl.nasa.gov/releases/2003/images/bh-2-browse.jpg>
- (22)http://www.bfs.de/bfs/druck/infoblatt/Radonpfad_gross.jpg
- (23)http://www.mam.gov.tr/cnstituler/ydbe/ydbe-projeler/yeni_mctod/5027009.html