



Mavi Gezegen

Popüler Yerbilim Dergisi Yıl 2003 • Sayı 7

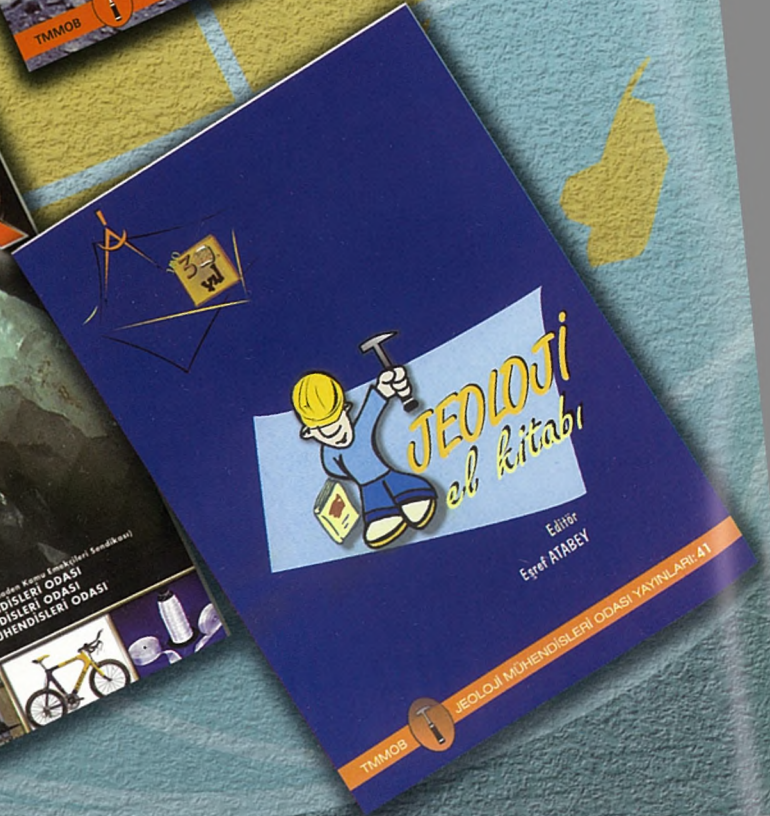
Doğal Afetler



TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınıdır



YENİ YAYINLARIMIZI ALDINIZ MI?..



Bu Sayıda

Gün geçmiyor ki ülkemizde ve dünyada bir doğal afet haberi duymayalım. Afrika'da sonu gelmeyen kuraklık ve açlık, Meksika'da 7.6 büyüklüğünde deprem, Brezilya'da, Türkiye'de ve birçok Avrupa ülkesinde sel ve beraberinde getirdiği büyük çaplı heyelanlar, ABD'de öldürücü soğuklar, İtalya'da volkanik patlama... Bunlar son bir yıl içinde yaşanan ve hemen aklımıza geliveren doğal afetlerden yalnızca birkaçı.

Ülkemizin de deprem başta olmak üzere bir doğal afet ülkesi olduğunu gözönüne alarak Mavi Gezegen'in bu sayısında dosya konusunu doğal afetlere ayırdık. Geçmiş sayılarımızda doğal afetler konusunda çıkan yazıları da dikkate alarak konuyu farklı açılardan ele almaya çalıştık.

Bu sayımızda dosya konusu "Depremlerle başa çıkmak ve psikoloji" başlıklı yazı ile başlamaktadır. Mavi Gezegen'in önceki sayılarında deprem konusunda yayınlanan yazılar depremlerin oluşum mekanizması, deprem riski, depremlerin önceden tahmini, ölçeklendirilmesi gibi konuları içermekteydi. Ancak bu sayıdaki dosya konumuzun ilk yazısının, depremler başta olmak üzere insanların afet sırasında ve sonrasındaki davranışları ile afetzedelere uygulanacak psikolojik destek çalışmaları ve son yıllarda ülkemizin çeşitli yörelerinde meydana gelen depremleri yaşayan insanlar üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilen bulguların sunulduğu ve tartışıldığı bir yazı olmasıyla ayrı bir önem taşıdığı kanısındayız.

Bazen damlaya damlaya sel olur, Yıldırım oluşum evreleri, Kıyılarımızı bekleyen doğal bir afet: Tsunami, Heyelanlar, Volkanik felaketler başlıklı yazılar dosya konusunu oluşturan diğer yazılardır.

Bu sayımızda dosya konusunun doğal afetler olması nedeniyle değişik bir uygulama yaparak, derginin son bölümünü Nature dergisinin internet sayfasında yayınlanan ve depremlerin önceden tahmini konusunda dünya ölçeğinde yapılan çalışmaların tartışıldığı yazılara ayırdık. Forum-Tartışma Yazıları başlığı altında sunulan bu yazılar, özellikle depremlerin önceden tahmini konusundaki çalışmalara ve bu konuda yapılan yatırımlara deprem uzmanlarının değişik bakış açılarını ve bu konudaki sıkı tartışmaları içermektedir.

Son yıllarda çokça tartışılan küresel ısınmaya bağlı olarak deniz seviyesinde meydana gelen değişiklikler ve tarihsel boyutu, buzullar ve buzul çökelleri, klima taşlar, değerli taşlarda meydana gelen ışık oyunları gibi yazılardan başka, yaşamın devamı ve teknolojik gelişme için vazgeçilemez enerji kaynaklarından biri olan jeotermal enerji konusundaki yazımız, ülkemizin jeotermal enerji potansiyeli konusunda aydınlatıcı niteliktedir. Konya'nın güneyindeki May barajında geçtiğimiz yıl oluşan obruklara değinen "May barajına üç göktaşı düştü" başlıklı yazının, konuya esprili yaklaşımıyla ilginizi çekeceğini umuyoruz. Bu sayıda ayrıca, Ay Dünya'dan mı oluştu, Dedektif jeologlar, Mars'taki iklim değişiklikleri başlıklı çeviri yazıları da beğenimize sunuyoruz.

Daha nice sayılara ulaşabilmek dileğiyle sizleri dergimizle başbaşa bırakıyoruz.

Yayın Kurulu

Depremlerle Başa Çıkmak ve Psikoloji 4



Bazen Damlaya Damlaya Sel Olur 8

Yıldırım Oluşum Evreleri 12

Heyelanlar 14

Laharlar 18

Tsunami..... 20

Vulkanik Felaketler 24



Deniz Seviyesi Değişimleri 28

Buzullar ve Buzul Çökelleri 32

May Barajına Üç Gökteşi Düştü..... 36



Yıl 2003
Sayı 7

Sahibi

TMMOB Jeloji Mühendisleri
Odası Adına
Aydın Çelebi

JMO Yönetim Kurulu

Aydın Çelebi
Oktay Ekinci
İsmet Cengiz
Dündar Çağlan
Buket Ecemiş
Ramazan Demirtaş
Hatice Erbay Çalağan

Yayın Yönetmenleri

Ahmet Apaydın
Okan Zimitoğlu

Yayın Kurulu

Alper Sakitaş
Ayhan Aydın
Borga Menteş
Doğu Ateş
Ece Gökpınar
Ferhat Kaya
M.Akif Sarıkaya
Nilsun Okan
Ruken Doğan

Dedektif Jeologlar	39
Değerli Taşlarda Meydan Gelen Işık Oyunları	42
Klima Taşlar	46



Türkiye’de Jeotermal Enerji Potansiyeli	48
---	----

Buz Adam ÖZL	54
--------------------	----

Ay Dünyadan mı oluştu?	57
------------------------------	----

Marsta İklim Değişiklikleri	60
-----------------------------------	----



Deprem Forum Yazıları

Depremleri Güvenilir Öndeyilemek	
Gerçekçi Bir Hedef mi?	62
Deprem Öndeyisi	64
Henüz Değil Ama Sonunda	66
Deprem Öndeyisi Başarılabilir ve Yararlı mı?	68
Kaynak Yoksa İlerleme de Yok	70
Deprem Öndeyisi Neyi Tartışıyor	72
Gerçekçi Öndeyiler Dikkate Değer mi?	74
Gerilim Tahmini	76
Deprem Öndeyi Araştırmalarında Yeni Olanaklar	78

Dil Danışmanı

İlyas Yağcı

Yazışma Adresi

Mavi Gezegen Dergisi

P.K. 464

064444

Yenişehir/Ankara

mavigezegen@tr.net

Dergi Merkezi

TMMOB Jeoloji

Mühendisleri Odası

Bayındır Sokak 7/11

06410 Yenişehir/Ankara

Grafik Tasarım & Baskı



Nurol Matbaacılık ve

Ambalaj Sanayi A.Ş.

Tel.: 0.312 267 19 45 (pbx)

Fax: 0.312 267 19 50

1. Organize Sanayi Bölgesi

Göktürk Caddesi No: 16

Sincan / ANKARA

Depremlerle Başa Çıkmak ve Psikoloji



Deprem sonrası dönemler bilinçlenmenin ve risk algısının en yüksek olduğu zamanlardır. Bu dönemleri bir fırsat olarak kullanıp ileriye yönelik çalışmaların hızlandırılması gerekir.

A. Nuray Karancı
ODTÜ, Psikoloji Bölümü
karanci@metu.edu.tr

Afetler, belirli bir coğrafi bölgede nispeten aniden ortaya çıkan, kolektif stres ve belli ölçüde de kayıp yaratan toplumun yaşantısını sekteye uğratan olaylardır. Bu tanım çerçevesinde, depremler doğa olaylarıdır ve afet olarak nitelenebilmeleri için kayıp yaratmaları ve toplumun yaşantısını sekteye uğratmaları gerekir. Dolayısıyla, depremlerin afetlere dönüşmemesi için etkin ve sürdürülebilir risk ve afet yönetimi uygulanması gereklidir. Afet yönetimi genelde birbiri ile iç içe geçen dört ana evreden oluşur. Bunlar zarar azaltma, hazırlıklı olma, afete müdahale ve iyileştirme olarak kavramsallaştırılmaktadır. Afet yönetiminin her evresinde halk bilinçlenmesi ve katılımının gerekli olduğu vurgulanmaktadır.

Depremlerin Psikolojik Etkileri

Depremlerin yol açtığı maddî ve manevî kayıpların, yaşam düzenini sekteye uğratan gibi stres yaratan ve uyum gerektiren yönleri ile depremzedelerde aşağıda sıralanan duygusal, bilişsel ve davranışsal sorunlara yol açtıkları belirlenmiştir.

- **Üzüntü, acı, yas:** Bu duygular bireylerin sevdiklerini, mallarını ve yaşam alışkanlıklarını yitirmeleri ile ilişkilidir.
- **Güçsüzlük ve çaresizlik :** Olanları kontrol edememe, içe çekilme ve tepkisizlik.
- **Suçluluk ve utanma duyguları:** Yapması gerekenleri yapmadığına inanmak.
- **Sinirlilik ve öfke:** Normal yaşam düzeninin bozulması, sosyal desteğin azalması ve yeterli yardım alamama gibi olayların getirdiği gerginlikten kaynaklanabilmektedir.
- **Şüpheli ve suçlayıcılık:** Tüm olanlardan birini sorumlu tutabilme ve olanları anlamlandırma ve açıklama isteği ile ortaya çıkabilir.
- **Kaygı ve korku:** Artçı depremlerin yarattığı korku, bina güvenliğinden kuşku ve gelecek belirsizliğine bağlı olarak yaşanabilir.
- **Fiziksel şikayetler:** Yorgunluk, uyku sorunları, iştahsızlık, çeşitli ağrılar gibi.



- **Bilişsel olarak:** Dikkat ve hafıza sorunları, deprem ile ilgili anıların canlanması, karar vermekte ve problem çözmede güçlük.
- **Davranışsal olarak:** Depremi hatırlatan uyarılardan kaçınma, alkol, sigara, ilaç kullanımında artış.

Bu duygu ve sorunların normal olmayan bir duruma verilen normal tepkiler olduğunu ve geçici olduğunu bilmek afet geçirenleri büyük ölçüde rahatlatmaktadır. Normalleştirme olarak kavramsallaştırılabilecek bu yaklaşım, afetler sonrası uygulanan anlamlandırma toplantılarında vurgulanmaktadır. Afetzedelerin büyük bir bölümü bu bilgilendirmeden yararlanabilmektedir.

1992 Erzincan depreminden yaklaşık 16 ay sonra yapılan bir çalışmada, Kısa Semptom Envanteri (SCL-Revizyon) ile değerlendiren psikolojik sıkıntıların Erzincan örnek grubunda Ankara kontrol grubundan daha fazla olduğu, özellikle sinirlilik-gerginlik boyutunun yüksek olduğu ve kadınların sıkıntılarının erkeklerden daha fazla olduğu tesbit edilmiştir. (Karancı ve Rüstemli, 1995). Dinar depremi sonrası yapılan bir çalışmada ise yine SCL puanlarının kadınlarda erkeklerden daha yüksek olduğu ve belli başa çıkma stratejilerinin yaşanan stresi azalttığı bulunmuştur. Çaresizlik yaklaşımının stresi artırdığı, buna karşın problem odaklı başa çıkmanın stresi azalttığı görülmüştür (Karancı vd. 1999). Marmara depremi sonrası yürütülen bir çalışmada, psikolojik belirtilerin erkeklere kıyasla kadınlarda daha fazla olduğu, çaresiz başa çıkmanın ve deprem sırasında kendinin veya yakınlarının ölebileceğini düşünmenin psikolojik sıkıntıları artırdığı ortaya konmuştur (Sümer vd. 2000). Bu çalışmalardan, deprem sonrası psikolojik destek çalışmalarında kadınlara eğilimin önemli olduğunu ve depremzedelere depremle başa çıkabileceklerini, çaresiz olmadıklarını göstermenin olumlu etkileri olabileceği sonucunu çıkarabiliriz. Dolayısıyla, deprem sonrası halkın mümkün olduğunca kısa bir sürede normal yaşantısına döndürülmesi önemlidir. Bu konuda deprem yaşayanları, yardım edilmesi gereken çaresiz depremzede konumundan çıkararak, yapılan günlük işlerde ve alınan kararlarda onlara da aktif rol ve

rilmesi önemli görünmektedir. Örneğin, çadır kentlerde yemeklerin, o çadır kentte yaşayan kadınlar tarafından pişirilmesi ve alınacak kararlarda aktif katılımın sağlanması gibi.

Afetler sonrası ortaya çıkan en yoğun psikolojik tablo, "travma sonrası stres bozukluğu" (TSSB/PTSD) olarak adlandırılmaktadır. Afetler sonrası yapılan çalışmalarda en çok travma sonrası stres bozukluğunun incelendiği görülmektedir. McFarlane ve Potts (1999), çeşitli afetlerin psikolojik etkilerinin araştırıldığı onaltı çalışmada TSSB yaygınlık oranlarının %2 ile %66 arası değişim gösterdiğini bulmuşlardır. Bu farklılıkların afet tiplerine, afetzedelerin afet etkilerine ne derece maruz kaldıklarına, afetin hangi ülkede meydana geldiğine, örnek grubu seçimi ve araştırma verilerinin toplanma zamanlarına bağlı olabileceği vurgulanmıştır. Ancak, vurgulanması gereken, travmatik olay yaşayan kişilerin büyük bir kısmının TSSB geliştirmedikleridir. Bu bakımdan, TSSB gelişmesi ile ilgili olabilecek bireysel farklılıkların (bilişsel ve nörobiyolojik yatkınlıklar, olayın meydana geldiği çevresel faktörler, sosyal destek, olay öncesi mevcut olan psikolojik sorunlar, başa çıkma becerileri, öz güven gibi) ve sosyal faktörlerin (mevcut kaynaklar, sunulan hizmetler, gelişmişlik düzeyi gibi) incelenmesi önem kazanmaktadır. Önemli olan, deprem sonrası ortaya çıkan ve depremzedelerde yaygın olarak görülen psikolojik tepkilerle bu tablonun karıştırılmaması ve daha şiddetli ve kalıcı tepki gösterenlerin profesyonel hizmet için yönlendirilebilmeleridir.

Afet yaşayan bireylerde ve topluluklarda sadece stres tepkileri ve uyum zorluklarına odaklanmak bazı araştırmacılar tarafından "anormallik yanlılığı" olarak eleştirilmiştir (Salzer ve Bickman, 1999; Van den Eynde ve Veno, 1999). Afet ve/veya travma yaşayanlarda bireysel ve toplumsal gelişimin-güçlenmenin de gözlemlendiği, afetler sonrası topluluklarda kenetlenme, sosyal yardımlaşma ve desteğin arttığı saptanmıştır. Marmara ve Düzce depremlerin ardından travma sonrası gelişim üzerine yürütülen çalışmalarda, bireylerin hayatın anlamını anlamadıklarını, aile ve arkadaşları ile daha olumlu ilişkilere gir-

diklerini ve bir birey olarak geliştiklerini hissettikleri gözlenmiştir. Toplum düzeyinde Marmara-Düzce depremi sonrası çok sayıda sivil toplum örgütünün ve gönüllülerinin bölgede büyük çabalarla çalışmış olmaları, deprem bölgelerinde yeni sivil toplum örgütlenmelerinin olması bu olumlu gelişmelere örnek olarak verilebilir.

Zarar Azaltma ve Hazırlıklı Olma: Halk Katılımının Güçlendirilmesi

Uzun vadede deprem zararlarının azaltılması için önlemler alınması ve olası depremlere hazırlıklı olmanın gereği ortadadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde afet zararlarının azaltılması ve hazırlıklı olma davranışlarının geliştirilmesi ve pekiştirilmesinde yerel toplumun katılımı son yıllarda üzerinde önemle durulan bir konudur.

Psikoloji bilimi açısından başa çıkma davranışını incelerken Lazarus (1993)'un bilişsel kuramı doğrultusunda iki tür değerlendirme önemlidir. Birincil değerlendirme, bireyin belli bir durumda "tehlike var mı?" sorusunu sorması ve buna verdiği yanıttır. Ancak bu soruya olumlu yanıt verildiği, yani tehlikenin algılandığı durumlarda, ikincil değerlendirme yapılır. İkincil değerlendirmede kişi "tehlike ile başa çıkmak için kaynaklarım yeterli mi? Neler?" sorusunu sorar. Bu kaynaklar başa çıkma becerileri, sosyal destek, kontrol inancı, öz yeterlilik vb. olabilir. İkinci soruya da olumlu cevap veren kişi başa çıkma çabalarını aktive eder. Bu bakış açısını afete uyarladığımız zaman, bireylerin afet tehlikesini algılamaları ve bununla başa çıkabilmek için bir şeyler yapılabileceğine inanmaları ve yeterli kaynaklarının olmasının afetlerle başa çıkmak için gerekli zarar azaltma ve hazırlıklı olma davranışlarını yapmaları için gerekli olduğudur.

Erzincan ve Dinar'da yapılan iki çalışma bu konularda ilginç bulgular ortaya çıkarmıştır (Karancı, 1997; Karancı ve Akşit, 2000; Rüstemli ve Karancı, 1999). Er-

zincan ve Dinar depremini yaşayan yetişkinlerden oluşan örnek gruplarında, önlem alınması ve deprem zararlarını azaltma konusunda öz yeterlilik ile ilgili verdikleri değerlendirmeler incelendiğinde, her iki örnek grupta da çoğunluğun (%71-%82) genel olarak deprem zararlarının azaltılabileceğine inandıkları belirlenmiştir. Ancak, zararları azaltmak için kendilerinin (öz yeterlilik) bir şeyler yapabileceğine inananlar daha azdır (%45-%47). Ayrıca, çalışma sonuçları birincil değerlendirme olarak ele alabileceğimiz, yaşadıkları bölgenin deprem riski altında olduğunu ve yakın bir gelecekte tekrardan bir deprem tehlikesi olabileceğini düşündüklerini göstermiştir. Dolayısıyla bilişsel kuram çerçevesinde birincil değerlendirme olarak tehlikeyi algılamakta, ikincil değerlendirme olarak da zarar azaltmak için bir şeyler yapılabileceğine inanmaktadırlar. Bu durumda büyük çoğunluğun bazı hazırlıklar yapmış olması beklenebilecekken, bulgular durumun böyle olmadığını göstermiştir. Erzincan depreminden yaklaşık bir buçuk yıl sonra, çalışmanın örnek gruplarında herhangi bir hazırlık yapmış olanların sadece %30 olduğu, Dinar'da ise depremden on altı ay sonra hazırlık yapanların %13.1 olduğu görülmüştür. Bu çelişkiyi açıklayan bulgu ise depremzedelerin "zarar azaltma ve hazırlık yapmak kimin/kimlerin sorumluluğudur?" sorusuna verdikleri yanıtlarda ortaya çıkmıştır. Verilen yanıtlarda, devlet, başbakan, belediye, sivil savunma, bilim adamları gibi kendi dışlarındaki kurum-kuruluş ve kişiler sorumlu olarak gösterilmiştir. Bu durum, deprem yaşayanlarda dışsallaştırılmış bir sorumluluk anlayışı olduğunu göstermektedir.

Hazırlıklı olma davranışı göstermenin, korku-kaygı ve kontrol algısı ile açıklanabildiği bulunmuştur. Dolayısıyla, uzun vadede halk katılımını sağlayabilmek için korku ve kaygının belirli bir düzeyde kalabilmesini sağlamak, bunun için ise medyanın bu konuyu gündemde tutması ve çeşitli halk bilinçlendirme programlarının sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Kontrol duygusunun geliştirilmesinin bir diğer yolu da depremlere hazırlık konusunda verilecek eğitim programlarıdır. Deprem öncesi, deprem sırasında ve sonrasında yapılması gerekenler katılımcı yetişkin eğitimi ilkelere kullanılarak geliştirilecek eğitim modelleri ile yaygınlaştırılmalıdır. Bu varsayımlar ile Bursa'da 1998 yılında yürütülen "afetlere hazırlıklı olmak için halk katılımını güçlendirme" çalışması, kamu sektörü, belediye ve sivil toplum örgütlerinin bir arada çalışmasında sorunlar olabileceğini göstermiştir (Karancı ve Akşit, 2000). Bursa'da 1998 yılında başlatılan program, 1999 depremleri ve halk bilinçlenmesinden önce olduğu için, deprem kaygısı bulunmayan Bursalılarda programa katılım motivasyonu da düşük olmuştur. Ancak 1999 sonrası, Bursa'da programın önemi kabul edilip çeşitli eğitim ve kurumsallaşma uygulamaları yapılmıştır.





Uygulanacak halk katılımı programlarının hangi kurum ve kuruluşların sorumluluğunda yürütüleceği, sürdürülebilirlik ve yerel sahiplenmenin nasıl sağlanacağı üzerinde düşünülmesi gereken konulardır. Mevcut afet yönetimi mevzuatı farklı sektörlerden kuruluşların afet öncesi zarar azaltma ve hazırlıklı olma konularında bir arada çalışmalarına göre düzenlenmemiştir. Yasal düzenlemeler yapılmadan halk katılımının sağlanması ve sürdürülmesi güç görünmektedir. Üzerinde özellikle durulması gereken kavramlar gönüllülüğün, yerel sahiplenmenin ve sürdürülebilirliğin nasıl sağlanacağıdır.

Sonuçta ne yapılmalı?

Deprem sonrası afet yaşayanlarda yaygın olarak görülen psikolojik sıkıntılara yönelik ruh sağlığı hizmetlerinin verilmesi önemlidir. Bu hizmetlerin yaygınlığı ve ulaşılabilirliğinin afet yönetimi planlarında yer alması gerekmektedir. Yaşanan sıkıntıların normal tepkiler olduğunu vurgulamak gerekir. Ancak, bunu yaparken ciddi düzeyde psikolojik sıkıntıları olanların (TSSB/PTSD; depresyon; akut stres bozukluğu gibi) profesyonel yardıma yönlendirilmeleri ve afet alanında çalışanların ve halkın bu semptomları tanımalarına yönelik önceden eğitim verilmesi önemlidir.

Afetlerle başa çıkmak ancak zarar azaltma ve hazırlıklı olmak ile mümkündür. Bunun için yaygın olarak halk eğitimi ve örgütlenmesinin sağlanması gerekir. Depremzedelerde bulunan dışsallaştırılmış sorumluluk anlayışını içselleştirmek ve afetlerle başa çıkma becerilerinin yaygın olarak çocuk, ergen ve yetişkinlere verilmesi etkin ve sürdürülebilir bir afet yönetimi sağlayabilmek için gereklidir. Kadınların, erkeklere kıyasla daha fazla psikolojik sıkıntı yaşadıkları göz önünde tutularak uygulanacak psikolojik destek ve eğitim çalışmalarının onlara da ulaşmasına dikkat edilmelidir. Bu, onlara kontrol algısı verecek ve çaresiz başa çıkma yaklaşımını azaltacaktır.

Deprem sonrası dönemler bilinçlenmenin ve risk algısının en yüksek olduğu zamanlardır. Bu dönemleri bir fırsat penceresi olarak kullanıp ileriye yönelik çalışmaların hızlandırılması gerekir. Marmara depremi sonrası oluşan bilinçlenme ve sivil toplum örgütlerinin çalışmaları



ile başlayan ilginin, eşgüdüm sağlanarak deprem öncesi evrelere odaklanması ileride benzer kayıplar yaşamamamız için çok gerekli görünmektedir.

Kaynaklar

- Karancı, N. A.,** 1997. Erzincanlıların Afet Yönetimi İle İlgili Degerlendirmeleri ve Beklentileri. (Evaluations and Reactions of the Survivors of the Erzincan Earthquake). Fourth National Earthquake Engineering Conference Book, 691-698, Earthquake Engineering, Turkish National Committee, Ankara.
- Karancı, N. A. and Aksit, B.,** 2000. Building Disaster-Resistant Communities: Lessons Learned from Past Earthquakes in Turkey and Suggestions for the Future. International Journal of Mass Emergencies and Disasters, 18(3), 403-416.
- Karancı, N. A., Alkan, N., Aksit, B., Sucuoglu, H., ve Balta, E.,** 1999. Gender Differences in Psychological Distress, Coping, Social Support and Related Variables Following the 1995 Dinar (Turkey) Earthquake. North American Journal of Psychology, 1(2), 189-204.
- Karancı, N. A., & Rustemli, A.,** 1995. Psychological Consequences of the 1992 Erzincan (Turkey) Earthquake. (1992 Erzincan depreminin psikolojik etkileri). Disasters, 19(1), 8-18.
- Lazarus, R. S.,** 1993. From Psychological Stress to Emotions: A History of Changing Outlooks. Annual Review of Psychology, 44, 1-21.
- McFarlane, A. C., & Potts, N.,** 1999. Posttraumatic Stress Disorder: Prevalence and Risk Factors Relative to Disasters. (Saigh, P.A., & Bremner, J.D. Eds), Posttraumatic Stress disorder. Boston: Allyn & Bacon
- Rustemli, A., & Karancı, N. A.,** 1999. Correlates of Earthquake Cognitions and Preparedness Behavior in a Victimised Population. The Journal of Social Psychology, 139(1), 91-101.
- Salzer, M. S., & Bickman, L.,** 1999. The Short- and Long-Term Psychological Impact of Disasters: Implications for Mental Health Interventions and Policy. (Gist, R., & Lubin, B:Eds). Response to Disaster : Psychosocial, Community and Ecological Approaches. (pp. 63-82). Ann Arbor : Braun-Brumfield.
- Sümer, N., Karancı, N., Güneş, H., Kazak-Berument, S.,** 2000. Deprem Olumsuz Etkileri İle başa Çıkmayı ve Uyumu Yordayan Psikolojik Etmenler. XI'inci Ulusal Psikoloji Kongresi, Eylül, İzmir.
- Van den Eynde, J., & Veno, A.,** 1999. Coping with Disasterous Events: An Empowerment Model of Community Healing. In Gist, R., & Lubin, B. (Eds.). Response to Disaster: Psychosocial, Community and Ecological Approaches (pp. 167-192). Ann Arbor: Braun-Brumfield.

BAZEN DAMLAYA DAMLAYA SEL OLUR



Sel önceden tahmin edilebilen doğal bir afettir. Yani sel geliyorum der! Bu nedenle, tam olarak önlenemese de gerekli hazırlıklar yapılırsa en az hasarla atlatabilir.

Borga Mentek
Hacettepe Üniversitesi
Hidrojeoloji Müh. Böl.
borga@hacettepe.edu.tr

Sel kavramı aslında çok da yeni değildir. Dünya var olduğundan beri bardaktan boşalırçasına yağmurların yağdığını ve okyanusların böyle oluştuğunu hepimiz öğrenimimiz boyunca ders kitaplarından okumuşuzdur. Küresel ısınma nedeniyle buzulların eriyeceği, ani ve aşırı yağışların büyük ölçekli sel felaketlerine neden olacağı uzun süredir tartışılmakta. Zaten, son yıllarda dünyanın birçok bölgesinde yaşanan ve büyük miktarlarda can ve mal kaybına yol açan sel-lerin nedeni, uzmanlarca küresel ısınmaya bağlanmıyor mu?

En eski uygarlıkların mitolojisinde, yerkürenin tamamını sardığına inanılan sel efsaneleri yer almaktadır. Doğu-batı toplumlarındaki en ünlü hikaye Nuh'un hikayesi ve Genesis'de (İncil) anlatılan Nuh'un Gemisi'dir. En iyi bilineni olmasına rağmen, Nuh'un macerası ne tek bilinen, ne de en eski efsanedir.

Orta Doğu, Hindistan, Çin, Avustralya, Güney Asya, Pasifik Adaları, Avrupa, Afrika, Amerika Kıtası'nda, Arikara (Hintliler) efsanelerinde, Arandan (Avustralya), Aymara (Bolivya), Fans (Afrika), Wapangwa (Tanzanya), Maya, Ipurina (Brezilya), Shawnee, Ziusudra (Sümer), Utnapishtim (Babil), Mande (Mali), Chiricahua Apaçi, Navajo, Netsilik (Greenland) ve diğer Amerikan yerli kabileleri gibi değişik bölgelerdeki topluluklarda sel efsanelerine rastlanmaktadır. Ancak Nuh'un hikayesine giren sel efsanesinin kökeni "Gilgamiş Destanı"ndan (Sümerler zamanında büyük bir sel, Mezopotamya'yı mahvetmiştir. Bu sel o kadar büyüktü ki hakkındaki hikayeler birçok eski literatüre geçmiştir. Nuh'un Sümer karşılığı Ziusudra'dır ve Gilgamiş Destanındaki sel ile ilişkilendirilen Babil türevi Utnapishtim'dir, eski Mezopotamya halkından gelmektedir.

Yunan sel efsanesinde yerküreyi yok etmeye karar veren Zeus vardır, fakat Zeus, iyi Kral Deucalion ve ailesinin erzak yığınağı yapmış bir gemiye sığınarak kurtulmasına izin verir.

Hindistan'da M.Ö. 6. yüzyıldaki yazılarda, selin geldiğini haber veren balık tarafından uyarılan Manu (İngilizce'de "man" adam anlamında) hikayesi anlatılır. Efsanede Manu bir sandal yapar ve kendisini kurtarır.

Çin'de sel mitolojisi, batıda anlatılan efsanelerden daha farklıdır. Burada, arazilerin her yıl üst üste sel felaketine uğraması tarım için bir engel olarak görülmüştür. Efsaneye göre, suyun düzenli olarak akması için araziye tarakla tarayan Büyük Yu adlı kahramanın çabaları ile seller daha az hasar verir hale getirilmiştir.

Peki Nedir Sel ?

Seller, yangınlardan sonra en sık ve en yaygın olarak görülen doğal bir afettir. Seller yavaş veya hızlı oluşurlar ancak genelde gün periyodunda gelişirler.

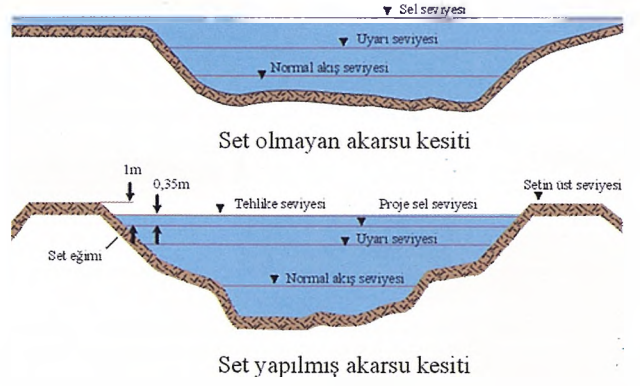
Taşkınlar, anormal yağışlar ve kar erimeleri nedeniyle akarsuların yataklarına sığmayarak yerleşim yerleri ve eğilimli alanları basmaları sonucu oluşurlar ve çok farklı şeklide kendilerini gösterebilirler. En yaygın görüleni akarsuların taşması sonucu oluşanlardır. İkincisi kıyı şeridi taşkınlarıdır ve fırtına nedeniyle deniz seviyesinin beklenmeyen bir şekilde yükselmesi ile tsunami veya bir kara parçasının çökmesi sonucu oluşurlar. Daha az rastlanılanlar da kar erimesi selleri; buz parçalarının kopması ve düşmesi sonucu oluşan seller; bir setin veya barajın çökmesi gibi yapısal yenilmelerden kaynaklanan seller; heyelanlar ve volkanik göllerdeki suların serbest kalması sonucu oluşan sellerdir.

Kent yaşamının gelişmesiyle birlikte nüfusun şehirlerde yoğunlaşması, beton ve asfalt yollarla kaplanmış alanların artması sonucunda, şehir altyapılarının zaman zaman aşırı yağışlar karşısında yetersiz kalması, şehir merkezlerinde sel baskınlarına neden olmaktadır.

Taşkınların etkili oldukları sahalarda genellikle akarsuların ovaya açıldıkları yerlerdir. Bu alanlar, gerek topoğrafyanın uygun olmasından, gerek su temini imkanlarının bolluğundan ve gerekse tarımsal kalkınma için ideal şartlara sahip olmalarından, dolayı tarihin tüm devirlerinde önemli yerleşimlerin kurulduğu alanlar olmuşlardır. Taşkınlar; bu tip yerleşim bölgelerinde beklenen gelişmeyi frenleyici bir rol oynamasına karşın, yine de yerleşimin gelişmesine tamamen engel olmamaktadır.

Taşkınları önlemek amacıyla akarsular üzerinde barajlar inşa edilir, bu barajlarda olası bir taşkın için hacim ayrılarak, taşkın suları zaman içerisinde kontrollü olarak salıverilir. Akarsu yataklarının ıslah edilmesi ve setler inşa edilmesi de taşkından korunmak için alınan önlemlerdendir. Fakat akarsu yataklarına inşa edilen binalar ve hidro-meteorolojik koşullar göz önüne alınmadan inşa edilen köprüler, menfezler, akarsu yatağının bilinçsizce değiştirilmesi veya yatağa malzeme yığılması gibi olumsuzluklar, taşkınların oluşmasına veya etkilerinin artmasına neden olmaktadır.

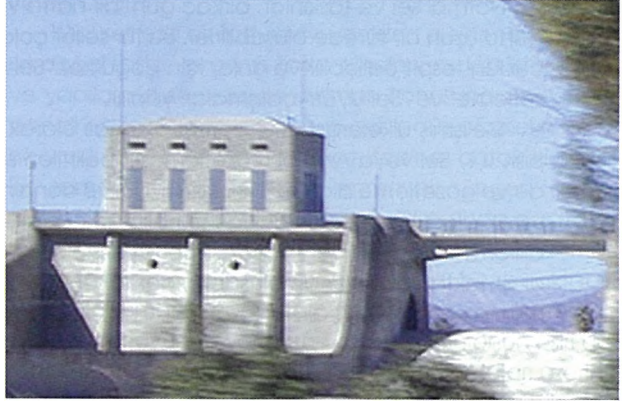
Sel anında, paniğe kapılmak doğaldır. Hızla akan sel suları ve çamurlar, korkunç gürültüler, yıldırım ve şimşek çakması ve rüzgarın hızlı esmesi bu paniği ve korkuyu artırır. Fakat unutmayın, gerçek tehlikeyi, devrilen ağaçlar, duvarlar ve elektrik direkleri, kopan elektrik kabloları, gaz ve elektrik kaçakları oluşturur. Bu yüzden, sel öncesinde, sel sırasında ve sonrasında yapılması ve yapılmaması gereken işlerin bilinmesi gerekir.



Taşkınlardan korunmak için akarsu yatağına inşa edilen setlerin kesiti

Dikkat!

- Daha önce hiç sel olmadı" demeyin. Seller, her yerde görülebilir. Sel sonucu meydana gelen ölümler en çok geceleyin sel sularına giren otomobillerin içinde olmaktadır.
- Sadece 15 cm yüksekliğindeki bir sel suyu bile sizin ayaklarınızı yerden kesebilir. Bu yüzden vakit kaybetmeden yüksek yerlere kaçarak sel bölgesini terk etmek gerekir.
- Ani sellerde sular, iri kaya parçalarını yuvarlayabilir,



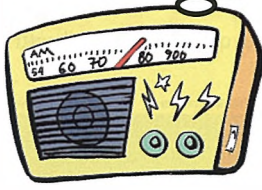
Taşkın için yapılmış bir baraj

ağaçları yıkabilir, binaları, köprüleri yok edebilir. Sel suları, 3 ile 6 metrelik yüksekliğe ulaşabilir ve öldürücü çamur ve benzeri malzemeleri beraberinde getirir. Ani sellerde yapılabilecek en iyi şey, en küçük bir işaretleme veya uyarıda hızla yüksek yerlere kaçmaktır.

- Diz seviyesine kadar yükselen (60 cm) sel suları otomobilleri sürükleyebilmektedir. Otomobilinizin etrafında sel suları yükseliyorsa otomobili hemen terk edip yüksek yerlere tırmanmak gerekir.

Gözetleme ve Uyarı Çalışmaları

Taşkınlar akarsu yatakları, dağlık bölgelerdeki kuru vadiler, şehirler, deniz ve göl kıyıları başta olmak üzere çöller dahil, dünyanın her tarafında oluşabilirler. Gün boyunca günlük-güneşlik olan bir yer, kilometrelerce öteden gelen sel suları tarafından tahrip edilebilir.



Bir son dakika haberi için yayınıma ara veriyoruz!!!

Ani Sel

Akarsuların su seviyesi şiddetli yağışların başlamasından bir saat sonra veya daha kısa bir süre içinde beklenenden çok daha hızlı bir şekilde yükselebilir. Özellikle ani sellerde, akarsuların aşağı kısmındaki halkın uyarılması ve bu bölgelerin boşaltılması için en fazla bir saatlik bir süre vardır. Ani seller için çoğu kez "Ani Sel Gözetleme" ve "Ani Sel Uyarısı" da yapılamaz. İnsanların, muhtemel bir sel tehlikesi karşısında bölgeyi en geç bir saat içinde boşaltabilecek şekilde hazırlıklı olması gerekir.

Sel

Normal sel ve taşkınlar, birkaç gün, bir hafta veya daha uzun bir sürede oluşabilirler. Bu tür seller çok önceden tespit edilebilir ve onlar için çoğu kez "Sel Gözetleme" ve "Sel Uyarı" çalışmaları yapılır.

Gelişmiş ülkelerde sel ihbarı iki aşamalı olarak yapılır: (1) Sel veya Ani Sel Gözetlemesi, "belirtilen sürede ve gözetleme alanındaki akarsu, göl ve denizin taşarak alçak yerleri su basma ihtimali var, hazırlıklı ol!" anlamındadır. (2) Sel veya Ani Sel Uyarısı, "sel şu an oluşmakta veya her an oluşabilir, derhal önlemini al!" anlamına gelmektedir.

DÜNYADA SEL

Sel bazı durumlarda insanlık için nimet, bazı durumlarda ise felaket niteliğini taşımıştır. Örneğin. Assuan Barajının yapımından önce, Mısır'da Nil Irmağının düzenli mevsimlik taşkınları tarıma yararlıken, Çin'de Yangtze ve Huang ırmaklarının çığır değişiklikleri sürekli felaketlere yol açmıştır.

Büyük zarar veren, denetlenmesi güç seller genellikle kısa sürede büyük miktarda yağmur yağmasından kaynaklanır. Buna örnek olarak Paris (1658, 1910), Varşova (1861, 1964), Frankfurt am Main (1854, 1930) ve Roma (1530, 1557) selleri gösterilebilir. Benzer büyük seller arasında ilkbahardaki buz sıkışması sonucunda Tuna (1342, 1402, 1501, 1830) ve Neva (1824) ırmaklarında, fırtına gelgitleri sonucunda İngiltere, Belçika ve Hollanda kıyılarında (1099, 1953) depremlerin yol açtığı dev deniz dalgaları sonucunda Lizbon (1755) ve Hawaii'de (Hilo, 1946) meydana gelen sel sayılabilir.

Sarı Nehir

Çin'in oldukça uzun ve ürkütücü sel hikayeleri



Çin'in 3000 millik kederi

vardır. Son 2000 yıl içerisinde Yangtze Nehri 1000 defadan fazla taşmıştır. Fakat Çin'in en yıkıcı taşkınlarına neden olan akarsu, Hwang Ho veya diğer adıyla Sarı Nehir'dir. 3000 mil uzunluğundaki nehir, Qinghai'nin kuzey dağlık bölgesinden başlar ve Sarı Deniz'de biter. Batılılar bu nehri "Çin'in Kederi" diye adlandırmışlar; çünkü, bu akarsu yüzyıllar boyunca dünyadaki herhangi bir nehirde daha fazla insanı öldürmüştür. 1882 Sarı Nehir taşkınında yaklaşık 2 milyon insan öldü, bu sayı 1931'de yaklaşık 4 milyon, 1938'de 1 milyondur.

Problemin çoğu nehrin yüksek silt içeriğinden kaynaklanmakta, bazı sahalarda silt oranı ağırlıkça %60'a kadar çıkmaktaydı. Milyonlarca ton sarı çamur, akarsu yatağını tıkayarak nehrin taşmasına ve yatak değiştirmesine neden oluyordu. Aşağı kollarında, nehir tabanı, çevredeki yerleşimlerin seviyesinden daha üste çıkmaktadır.

Sarı Nehir'i kontrol etme çalışmaları M.Ö. 3. yüzyılın başlarında başlamıştır. Yu adında bir mühendis, suyun kendi yatağından akmasını sağlamak için nehir tabanını kepçe ile kazma fikriyle ortaya çıktı. Yu bu fikri ile Çin'e imparator seçilmişti, fakat nehrin asıl problemi olan büyük orandaki silt taşınması devam ediyordu.

Geçen yıllar boyunca, Çinliler daha yüksek setler inşa ederek, kanallar kazarak ve barajlar inşa ederek Sarı Nehir'i kontrol etmeye çalıştılar. Taşkınları kontrol etmede en yardımcı rolü üstlenen barajlar oldu, ancak nehrin taşıdığı kalın silt tabakası bu barajların bir çoğunu kısa sürede doldurdu.

Çinliler Sarı Nehir üzerine "Xiolangdi Çok Amaçlı Baraj Projesi" adlı yeni bir dolgu baraj inşa ediyorlar. Bu barajın yapımıyla "Çin'in Kederi"nin azalacağı iddia edilmektedir.

Nil Nehri

Mısırlıların Nil ile çok değişik ilişkileri vardı. Yıllar boyunca Nil'in yıllık taşkınına "Nil'in armağanı" olarak kabul ettiler.

Her yaz, saat gibi, Nil nehri her iki sahilindeki bir kısım toprağı bünyesine alır. Sular çekildiği zaman taşkın alanında ince, düzenli olarak yayılmış, siyah



Nil Nehri'nin taşkın alanlarının uydudan görünüşü

çamur tabakası kalır. Çiftçiler hemen ürünlerini ekerler, gübreye gerek yoktur, çünkü; taşkının getirdiği toprak çok verimlidir.

Nil boyunca uzanan keskin kıyı şeridi, nehrin kuzey ağzındaki delta ile birlikte Mısır'ın sahip olduğu tek tarım alanıdır. Bölgedeki tarım arazinin toplamı ülke topraklarının sadece %3'ünü oluşturmasına rağmen, binlerce yıl gerekli besin ihtiyacını karşılamıştır. Fakat son yıllardaki nüfus artışı, Mısırlıları tarımsal üretimlerini arttırmaları konusunda zorlamaktadır.

1970'de Kahire'nin 600 mil güneyinde Nil boyunca uzanan Assuan Yüksek Barajı'nı (Aswan High Dam) tamamladılar. Baraj, kurak mevsimlerde yavaşça serbest bırakılan suyu rezervuar içerisinde tutarak nehrin yıllık taşkınlarını etkili bir şekilde durdurdu.

Şimdi çiftçiler Nil boyunca bütün yıl ekin ekiliyorlar. Aslında bu alan dünyadaki en dikkatle işlenmiş arazi parçası olmuştur. Çünkü Assuan Barajı nehrin verimli sedimanlarının %98'ini tutar ve aşağı akmasını engeller. Çiftçiler artık Nil boyunca yüksek oranda yapay gübre kullanmak zorundalar. Barajın diğer bir olumsuz yan etkisi de Nil deltasının artık nehir sedimanları ile oluşmamasıdır. Sonuç olarak, bu önemli tarım alanı şimdi erozyonla ve yüksek seviyede tuzlanma ile mücadele etmektedir.

Mississippi Nehri

Kuzey Minnesota'da damla halinde başlayan Mississippi, güneye, Meksika Körfezi'ne doğru yaklaşık 2400 mil uzunluğundaki yatak boyunca akar. Yol boyunca binlerce yan koldan beslenir. Mississippi vadisi dünyanın en verimli besin kaynağı ve milyonlara iş sağlayan alanlarından biridir. Nehir ayrıca 50 milyar dolar değerindeki mallar için Amerika'nın kalbinden geçen süper bir taşımacılık ve ticaret yoludur.

Taşkın, Mississippi Nehri için hiç de yeni değildir. Geçmiş 100 yılda değişen tek şey, taşkınlardan etkilenen insan sayısıdır.

1927'deki yıkıcı taşkından sonra US Army Corps of Engineers Mississippi'yi ıslah etme işi ile görevlendirildi. Bu proje kapsamında dünyadaki en uzun set sistemlerini inşa ederek taşkını başarıyla en aza indirdiler ve nehrin taşımacılık için kullanılabilirliğini arttırdılar. Bu başarı, milyonlarca Amerikalının toprağın daha verimli ve mülkün



Cincinnati'de 1997'de meydana gelen ani bir sel sonucu stadyum sular altında kalmıştır.

daha ucuz olduğu taşkın alanına taşınmasını teşvik etti. Sonuçta, nehrin kenarlarındaki bataklıkların çoğu, tarım alanına ve binaya dönüştü.

Bugün Mississippi, 29 sedde ve barajla, drenaj kanalları ve kilometrelerce uzunluktaki setlerle donatılmıştır. Taşkın koruma sistemi uzun yıllar iyi çalıştı; ancak 1993 yılında yaşanan taşkın, projenin büyüsunü bozdu. Nehir havzasındaki özel toprak setlerin % 80'i tamamıyla yıkıldı ve akışı, daha az korunan alanlara ve şehirlere doğru yönlendirdi.

1993 seli eski bir tartışmayı yeniden alevlendirdi. Nehrin doğal taşkın ovasının tarım alanlarına dönüştürülmesi ve yapılaşma sonucu daraltılması konusunda neler yapılmalı? Aslında, Mississippi çok geniş düz arazilerin üzerine yayılmıştır. Etkili tarım alanının tersine, bataklıklar taşkın zamanlarında fazla suyu emen bir sünger görevi yapmaktadır. Bugün Mississippi büyük oranda dar yatağına hapsedilmiştir, çevredeki arazilerden gelen akımları nehrin taşımaya karşı daha savunmasız bırakmaktadır. Genel tartışmanın çoğu, zemine süzülmeyle geliştirme ve Mississippi boyunca yer alan bazı alanların onun eski durumuna dönmelerini sağlayan tarım uygulamaları üzerine odaklanmıştır. Fakat bu çağdaş uygulamalarla bile Mississippi'nin (veya başka bir akarsuyun) taşmasını kökünden engelleyecek gerçekçi bir yöntem henüz yoktur.

Kaynaklar

Anabritannica, 1994. Cilt no:27, s.288

Horn, B. and Scott, M., 1975. Geological Hazards, Springer-Heidelberg, Germany, 237 s.

<http://www.antrak.org.tr/gazete/082000/agridagi10.htm>

<http://www.fema.org/hazards/floods/>

<http://www.floodzone.net/didyouknow.htm>

http://www.kultur.gov.tr/portal/tarih_fr.asp?belgeno=6460

<http://www.pbs.org/wgbh/nova/flood/textindex.html>

<http://www.sayisalgrafik.com.tr/gazete/vol06no04/s10/m01.htm>

<http://www.suvakfi.org.tr/seller.htm>

Yıldırım: oluşumu, etkileri ve yıldırım ile oluşan jeolojik olaylar



*Yıldırım çarpmaları
milisaniye gibi kısa bir
sürede gerçekleşmektedir.
Kilometrelerce uzunluğunda ve
birkaç milimetre kalınlığındaki
yıldırım; 20000 ile 40000 amperlik
bir elektrik enerjisi boşaltmaktadır*

Eşref Atabey
JMO Bilimsel Teknik Kurul Üyesi
e-mail: atabey@mta.gov.tr

Tarımların Tanrısı Zeus öfkelenildiği zaman Olimpos'un zirvesinden yıldırımlar fırlatıyordu. Eski Yunanlıların bu düşüncesi aslında pek de yanlış sayılmaz. Amerikan National Space Science and Technology Center araştırmacılarının tasarladıkları yıldırım haritası, şimşeklerin daha çok zirveden çıktığını doğruluyor. Yıldırım ve gök gürültüsü dağlık veya nemli/sıcak bölgelerde ya da her iki özelliğin bir arada bulunduğu yerlerde daha fazla yaşanıyor. Özellikle de Afrika ve Himalaya dağlarında yükselen bulut yığınlarındaki çalkantılarla biriken yoğun elektrik, şiddetli gürültüyle boşalmaktadır. Oysa yüksek sıcaklıkların ve doğal engellerin bulunmadığı denizlere neredeyse hiç yıldırım düşmez. Kutup iklimi de gök gürültülü hava için oldukça kurudur. Dünya haritası üzerinde en çok yıldırım düşen bölge Kongo havzasıdır. Bölgede yılda km^2 'ye 50 yıldırım düşmektedir.

Ülkemizde yılda yaklaşık 100 kişi yıldırımdan ölmektedir. Ancak bu yıl 200'e yakın kişi yıldırım çarpması sonucunda hayatını kaybetmiştir. Yıldırım düşmeleri, daha çok yaz ve sonbahar aylarında yoğunlaşmaktadır. Bu tehlikeden dağcılar, mağaracılar, motosiklet ve bisiklet sürücüleri, golf oyuncuları daha çok etkilenmektedir, futbol sahasındaki yıldırım çarpmaları ise seyrek yaşansa da etkili olmaktadır. Ovalarda, dağlarda, açık yerlerde, köylerde yaşayan, çalışan insanlar yıldırımın hedefleri içindedirler. Bunlar arasında özellikle yıldırıma maruz kalabilecek meslek gruplarından biri olan; açık havada çalışan, çekiç, pusula gibi metal araçlar taşıyan yerbilimcilerdir. Yıldırım çarpmaları milisaniye gibi kısa bir sürede gerçekleşmektedir. Kilometrelerce uzunluğunda ve birkaç milimetre kalınlığındaki yıldırım; 20000 ile 40000 amperlik bir elektrik enerjisi boşaltmaktadır (Elektrik süpürgesi: Yaklaşık 3 amper, elektrik ocağı: 15 amper). Gerilim alanında kalan hava yaklaşık 30000°C kadar ısınır ve patlayacak şekilde genişlettikten sonra parlak bir ışıkla birlikte yeri göğü inleyen bir gök gürültüsüne neden olur.

Elektrik yüklü bulutlar

Fırtına sırasında bulutlardaki güçlü akımlar su damlacıklarının ve buz kristallerinin birbirleriyle çarpışmasına neden olur. Bu nedenle bulut içinde statik elektrik üretilmektedir. Bulutun üst kısımları pozitif yüklü iken alt kısımları negatif elektrikle yüklenir. Bulutun tabanı yere doğru çekilmektedir (Normalde yer pozitifdir). Buluttaki elektrik, yıldırım atlaması şeklinde boşalmaktadır. Enerji atlaması sırasında çevresindeki havayı ısıtmakta, onun çabucak büyümesine ve patlamasına neden olmaktadır. Bu bizim gök gürültüsü olarak bildiğimiz sestir. Ses ışıktan daha yavaş yayılmaktadır. Bu yüzden biz gök gürültüsünü işitmeden önce yıldırımı görüyoruz. Bir yıldırım patlamasının ne kadar mesafede olduğunu hesaplayabiliriz. Yıldırımı gördü-

ğümüz ve gök gürültüsünü işittiğimiz saniyeler arasını sayıp bunu 340'la çarparsak metre cinsinden değerini buluruz.

a) Aynı bulutun farklı noktaları ya da iki bulut arasındaki elektrik boşalımı olduğunda yıldırım oluşur.

b) Yıldırım daima buluttan yere ya da zemine en kısa ve kolay yolu takip etmektedir. Bu yüzden fırtınaya yakalandığınızda yüksek yerlerden uzakta olduğunuzdan emin olun.

c) Top şeklindeki yıldırım yavaş hareket eden elektrik oluşum küresidir.

d) Zeminden buluta geçen pozitif yükler 100 milyon volt enerji üretebilir. Başlangıçtaki yük yıldırım için kıvılcım gibidir.

Sonuçta negatif yüklü bulutlar ve pozitif yüklü yeryüzü arasında milyonlarca watlık gerilim oluşmakta, bu arada kalan bölgede de, saniyede 30000 km bir hızla hareket eden yıldırım oluşmaktadır.

Yıldırım elektriği doğrudan bedenin içine yansıtmakta, yıldırım çarpması beden elektriğini devre dışı bırakmakta ve kalbin nabız sistemini durdurmaktadır. Beyindeki sinir hücreleri arasındaki sinyal alışverişini işlemez hale getirmektedir. Kalp sektesi, kalp çarpıntısı ya da solunum zorluğu kurbanların dörtte birinde can kaybına neden olur. Yaşamda kalanlarda ise kol ve bacaklarda felç olmaktadır. Cilt yaşam kurtarabilmektedir. Çünkü yıldırım elektriği sinir demetleri ve damarlardan toprağa değil ışık dalgası olarak doğrudan bedenin içine yansıtmaktadır. Kalp masajı ve suni teneffüs ile insanlar kurtarılabilir. Yıldırımın etkisi yıllar sonra nörolojik bozukluklar olarak da ortaya çıkabiliyor. Uyku bozukluğu, dikkat yetersizliği, depresyon gibi. Yiyecekleri yutmada, yürümekte ve parmakları bükmede zorluklar yaşanabiliyor.

Yıldırım ile oluşan jeolojik olaylar

Yıldırım yeryüzüne düştüğü noktadan toprağa ulaşmaya kadar işinsal olarak yayılır. Bu yayılma sırasında bir takım jeolojik olaylar oluşur. 1985 yılı Ocak ayında Selçuk ilçesi Çamlık köyünde bir tepeden geçen yüksek gerilim hattı direğine yıldırım düşmüş ve yüksek gerilim direğinin elektroporseleni parçalanmış ve direk ile bağlantı kuran kablo bir süre daha yüksek elektrik akımının (14000 Kw) direk kanalı ile temeli oluşturan kayalara kısa devre boşalımı sağlamıştır.

Yıldırımın yarattığı şok dalgalarının yüksek basıncının yanı sıra (20-30 Kb), yüksek ısı nedeniyle FULGURİT oluşumu ve mineral dönüşümleri gerçekleşmiştir. İlk gözlemlerde saptanan silis camı bunun kanıtı olmuştur. Elektrik ark boşalımı süresince artan sıcaklıkta yüksek gerilim direğinin temelini oluşturan muskovit-kuvars siştlerdeki, muskovit ve klorit gibi kristal suyu içeren mineraller çözülerek ergimişler, ergimeyle birlikte açığa çıkan gaz fazı diğer minerallerin de ergime sıcaklığını düşürmüştü ve bölümsel ergime tüm kaya ergimesine dönüşmüştü ve böylece küçük çapta bir magma ocağı oluşmuştur. Bu olaylarla iç basıncı artan gaz fazı, çevresinde obsidiyenleştirdiği kanallar boyunca yükselmiş ve üstteki kabuk kayayı, yer yer delerek boşalmıştır. Gaz boşalımını izleyen obsidiyen lavı birkaç magma kanalından dışarı çıkarak 3-5 m uzaklığa kadar akarak aa tipi lavlar oluşturmuştur.

Aynı olay 1999 yılı Mart ayında Nevşehir-Boğazköy'de olmuştur. Düşen yıldırım, elektrik direği aracılığıyla



Nevşehir Boğazköy civarında yıldırım düşmesi sonucu oluşan "fulgurit" (Ahmet Türkecan)

toprağa ulaşmış, oluşan yüksek ısı ile etrafındaki kayalar erimiş ve FULGURİT oluşmuştur. Yıldırım özellikle volkanik kum ve küllerin egemen olduğu alüvyon alana düşmüş, burada enerjisi çok yüksek ısıya dönüşmüş ve çevresindeki kayaları eritmiştir. Ergime ile açığa çıkan gazlar (Karbon dioksit ve su buharı) iç basıncın etkisiyle dışarı çıkarılarak kök benzeri tüp şeklinde kanallar oluşturmuşlardır. Bu kanalların uç kısımları açık olup, iç kısımları amorf cam olarak şekillenmiş, çeperlerine doğru gaz boşluklarının yer aldığı amorf cam izlenmektedir. Çeperin en dış kısmında ise ana kayaya ve bileşenlerine ait ergimemiş kaya parçaları yapışmış olarak bulunmaktadır.

Dikkat edilmesi gereken hususlar

Özellikle yaz ve sonbahar aylarında açık havada çalışmak durumunda olan yer bilimcilerin çalışırken hava durumundan haberdar olmaları ve günlük hava değişimini gözlemeleri gerekir.

Güneşli ve sıcak bir hava varken birden havada özellikle güneybatı yönünden gelen kara bulutlar gözlemleniz çalışmaya son verip, tedbir almalısınız. Bu sağanak ve gök gürültülü yağışın habercisi olabilir.

- Elinizdeki çekici bırakmalısınız.
- Üzerinizde pusula, GPS gibi metal bir cisim olmalı,
- Ayağınızda altı kauçuk ya da lastik olan yalıtkan postal olmalı.
- Yüksekçe bir yerde, tepede iseniz oradan uzaklaşmalısınız.
- Araç yakınında iseniz araca binmelisiniz.
- Mümkünse dik durmamalısınız.
- Fırtına sırasında ağaç altına, çıkıntılı kaya altına sığınmamalısınız.
- Açık arazide tek hedef olmamalısınız.

Kaynaklar

Türkecan, A., Türeli, K., Yıldırım, T. Ve Kaynak, M., 2000, Nevşehir-Boğazköy civarında yıldırım düşmesi ve fulgurit oluşumu, 53. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bild. Özleri, 395.

Savaşçın, Y., Helvacı, C. ve Dora, Ö., 1986, Çamlık (Selçuk) köyünde gerilim direğine düşen yıldırımın fulguritik magma oluşumu, Yeryüvarı ve İnsan, C. 11, S. 2, 3-5.

CBT, 809/2. 2002, Gökyüzünden inen öldürücü darbe, Spigel, 35/2002 (Çev. Nilgün Özbaşaran Dede).

CBT, 774/4, 2002, Dünyanın yıldırım haritası.

Llamos Ruiz, A., 1995, Rain, Sequences of Earth and Spaces.

HEYELAN "GELİYORUM" DER!..



Fırtına Deresi Vadisi'ndeki Çayeli ilçesinin Konaklar Mahallesi'nde yıkılan 2 evde bulunan 4 kişi heyelan nedeniyle hayatını kaybetti...Doğu Karadeniz'de sel ve heyelandan hasar gören birçok yolda trafik tek şeritten verilirken, 600 köy yolunun ve 4 dağ geçidinin kar nedeniyle kapalı olduğu bildirildi...Kastamonu'nun Taşköprü ilçesinde aşırı yağmur sonucu heyelan oluştu... Aydın iline bağlı Koçarlı'nın Çeşme, Yenipazar'ın Alioğulları, Germencik'in Habibler köylerinde yer yer heyelan meydana geldi...Zonguldak-Devrek karayolunun 13. kilometresi ile Zonguldak-Ereğli karayolunun 2. tünel çıkışında meydana gelen heyelan nedeniyle trafik tek yönden veriliyor...

Basından duyduğumuz bu haberler, tüm Türkiye'de depremlerin yarattığı kadar büyük panikler yaşatmasa da, yöresel olarak birçok can ve mal kayıplarına yol açtığı kadar, ekonomik kayıplara da yol açmaktadır. Peki heyelan nedir? Türleri nelerdir? Hangi ortamlarda oluşur? Sadece toprak zeminlerde mi gelişir? Heyelanların afete dönüşmemesi için onları tanımak, tanımlamak, mekanizmalarını tespit etmek ve önceden gerekli önlemleri almak gerekmektedir.

Heyelan nedir?

Heyelan, zemin veya kaya kütlelerinin fark edilebilir ölçüde aşağı doğru kayması veya hareket etmesidir. Kısacası, her türlü yamaç duraysızlığı için kullanılan genel bir terimdir.

Heyelan türleri nelerdir?

Günümüzde çağdaş sınıflama sistemi olarak Varnes (1978) tarafından önerilen sınıflama sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemde şev hareketinin morfolojik özellikleri, duraysızlığın mekanizması, kayan malzemenin türü ve tane boyu, hareketin hızı esas alınmıştır.

Düşme

Kaya düşmesi

Bu duraysızlık türü, toprak veya kaya zeminlerde tekil blokların yada moloz bloklarının, yamaç dibi erozyonu veya şev topuğu kazısı

Türkiye'de depremlerin yarattığı kadar büyük panikler yaşatmasa da, heyelanlar yöresel olarak birçok can ve mal kayıplarına yol açtığı kadar, ekonomik kayıplara da yol açmaktadır. Peki heyelan nedir? Türleri nelerdir?

Nilsun Okan
HÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
nilsun@hacettepe.edu.tr

DURAYSIZLIK TÜRÜ		MALZEMENİN TÜRÜ			
		TOPRAK ZEMİNLER		ANA KAYA	
		İNCE TANELİ	IRI TANELİ		
DÜŞME		Zemin düşmesi	Moloz düşmesi	Kaya düşmesi	
DEVİRİLME		Zemin devrilmesi	Moloz devrilmesi	Kaya devrilmesi	
KAYMA	DÖNEL (Dairesel)	Sınırlı sayıda birim	Zeminde dairesel kayma	Molozda dairesel kayma	Kayada dairesel kayma
	ÖTELENMELİ	Çok sayıda birim	Zeminde blok türü ötelenme Zemin kayması	Molozda blok türü ötelenme Moloz kayması	Kayada blok türü ötelenme Kaya ötelenmesi
YANAL YAYILMA		Zemin yayılması	Moloz yayılması	Kaya yayılması	
AKMA		Zemin Akması	Moloz Akması	Kaya akması (Derin krip)	
		Zeminde krip			
KARMAŞIK KAYMALAR		Yukarıda belirtilen diğer duraysızlık türlerinden ikisinin veya birkaçının birleşmesiyle oluşan duraysızlıklar			

sonucu dik ve derin bir yamaçtan herhangi bir makaslama yenilmesi olmaksızın, yerçekiminin etkisi altında düşmesi şeklinde gelişir. Hareket hızlı veya aşırı derecede hızlı olarak gelişir.

Devrilme

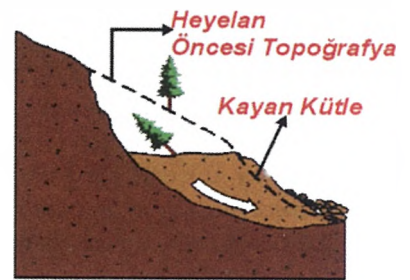


Blok tipi devrilme

Bükülme devrilmesi ve blok tipi devrilme olarak iki gruba ayrılır. Bükülme devrilmesi, ince ve devamlılığı yüksek kolonların kazı boşluğuna doğru bükülmesi ve kayacın çekilme dayanımının aşılmasıyla kolonların kırılması sonucu gelişir. Blok tipi devrilme, dike yakın süreksizlik-

Devrilme duraysızlığı, eğimi şevin tersi yönde olan süreksizliklerle bölünmüş, kolonsal yapıya sahip birimlerde, kolonların belirli bir dönme noktasının üzerinde komşu kolonların ve yerçekiminin etkisiyle kazı boşluğuna devril-

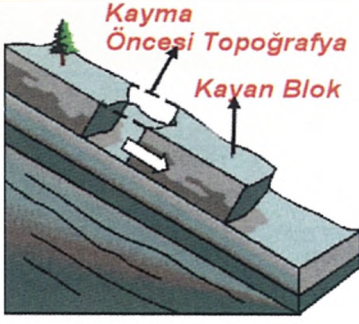
ler içeren ve bu süreksizlikleri bölen diğer süreksizliklerin oluşturduğu blokların kayması sonucu meydana gelir.



Dairesel kayma

Kayma

Bir veya birden fazla yüzey üzerinde ve makaslama birim deformasyonu sonucu meydana gelen hareketler genel olarak kayma olarak tanımlanır. Kayma hareketleri dairesel ve ötelenmeli olmak üzere iki gruba ayrılır. Dairesel kaymalar kaşık şeklinde bir yüzey boyunca gelişir. Bir adet yenilme yüzeyi varsa tekil dönele kayma olarak adlandırılır. Gözlemlenen en tipik özellikleri, kayan kütle üzerindeki yapıların geriye yatık olmasıdır. Ötelenmeli kaymalarda, kütle eğimli ve düzlemsel bir yüzey boyunca ve geriye yatmaksızın hareket eder.



Düzlemsel kayma

Ötelenmeli kayma, düzlemsel kayma, kama türü kayma, moloz kaymaları ve birleşik yüzeyler boyunca kaymalar şeklinde dört grupta incelenir. Düzlemsel kaymalarda kütle yaklaşık olarak süreksizlik düzlemine paralel yönde hareket eder. Kama türü kayma, süreksizliklerin veya fisürlerin kesişmesi sonucu oluşan kama bloklarının bu yüzeyler boyunca kaymasıyla gelişir. Ötelenmeli kayma türünün gerçekleşmesi için süreksizliklerin kesişme hattının dalım açısının, şevin eğiminden küçük olması gerekmektedir. Moloz kaymalarında, malzeme hareket sırasında dönmeye ve burulmaya eğilim göstermektedir.

Yanal yayılma

Yanal yayılma, makaslama ve çekilme çatlakları nedeniyle gelişen yanal yöndeki bir genişleme hareketidir. Kayan malzemenin türüne göre, yanal kaya yayılması ve yanal zemin yayılması olarak iki grupta incelenmektedir.

Akma

Bu duraysızlık, pekişmemiş ve kohezyonsuz malzemenin, doygun yada kuru kum halde ve düşük veya yüksek hızda yamaç boyunca akması şeklinde meydana gelir. Bu duraysızlığın en tipik özelliği, hareketin birden çok makaslama yüzeyi boyunca gerçekleşmesi ve su içeriği yüksekse malzemenin akışkan gibi davranmasıdır. Akan malzemenin türüne göre kaya akması, zemin akması, moloz akması olarak 3 grupta incelenmektedir.



Zemin akması

Ötelenmeli kayma, düzlemsel kayma, kama türü kayma, moloz kaymaları ve birleşik yüzeyler boyunca kaymalar şeklinde dört grupta incelenir. Düzlemsel kaymalarda kütle yaklaşık olarak süreksizlik düzlemine paralel yönde hareket eder. Kama türü kayma, süreksizliklerin veya fisürlerin kesişmesi sonucu oluşan kama bloklarının bu yüzeyler boyunca kaymasıyla gelişir. Ötelenmeli kayma türünün gerçekleşmesi için süreksizliklerin kesişme hattının dalım açısının, şevin eğiminden küçük olması gerekmektedir. Moloz kaymalarında, malzeme hareket sırasında dönmeye ve burulmaya eğilim göstermektedir.



Moloz akması

Karmaşık kaymalar

Birden fazla sayıda değişik duraysızlık türünün birlikte geliştiği heyelanlardır. Bu türün tipik örnekleri, kaya düşmesi ve moloz çığı, dönel kayma ve kaya devrilmesi, dönel kayma ve zemin akması, ötelenmeli kayma ve kaya düşmesidir.

Dünya'da Önemli Heyelanlar

11 Eylül 1881 tarihinde 10 milyon m³'lük kaya kütlesi taş ocağından aniden düşmüştür. Vadinin diğer tarafında bulunan Unterl'adaki insanlar düşen kaya kütlesini gördüklerini ve sanki kendilerine doğru geldiğini söylemişlerdir. İsviçre'nin Elm Köyünde 150 kişi ölmüş, 200 kişi ise yaralanmıştır.

1960 yılında İtalya'nın kuzeydoğusundaki Vaiont Vadisinde yapılan Vaiont Barajı bir senklinale üzerine inşa edilmiştir. Genellikle kireçtaşı içermesine rağmen bu kireçtaşları kum ve killerle girift durumdadır. Kil ve kum tabakaları senklinale paraleldir ve vadinin her iki tarafında da eğimleri diktir. Bunun yanı sıra baraj, eski bir fayın yakınına inşa edilmiştir. Kireçtaşlarının bazı kesimleri ise karstik boşluklar içermektedir. 1963 yılının Ağustos ve Eylül ayları boyunca süren yağmurlar nedeni ile heyelan meydana gelmiş ve 2000'den fazla kişi hayatını kaybetmiştir.

Peru Andları'nın en yüksek noktası olan Nevados de Huascaran'da hemen hemen dik çatlaklı granitler ve buzullar bulunmaktadır. 10 Ocak 1962'de büyük kaya parçaları ve buzullar aniden düşmüş ve herhangi bir tetikleyici mekanizma belirlenmemiştir. Bu düşme sonucu yamaç dibindeki Ranrahirka şehrinde 4000 kişi ölmüştür.

27 Mart 1964'te meydana gelen "Good Friday" depremi boyunca Alaska'nın dış mahallelerinde "Turnagain Yükselteleri" olarak bilinen bölge kırılmış ve düşen bloklar okyanusa doğru kaymıştır. En altta yumuşak kil, onun üstünde de sıkı kil tabakaları bulunan bölgede kayma hareketi 610 metrelik bir mesafe boyunca devam etmiştir. 75 ev hasara uğramış ve büyük bir kütle okyanusa doğru hareket etmiştir.

Türkiye’de Önemli Heyelanlar

1929 Temmuz’unda Of-Sürmene’de meydana gelen heyelan 8-10 saat içinde gelişmiştir. aşınmış andezit, tüflav ve aglomeralar sürüklenerek Sürmene’de 12 kişinin ölümüne, 9 kişinin yaralanmasına, 328 binanın ve 18 köprünün yıkılmasına neden olmuştur. Of bölgesinde ise 134 kişi ölmüş, 2211 bina ve bütün köprüler yıkılmış, yamaç arazisinin %50’si kullanılmaz hale gelmiştir.

1955 yılında İstanbul Boğazı-Büyükdere heyelanı meydana gelmiştir. Büyükdere tuğla fabrikası arazisinde, dik yamaçlı killi şistler ve üzerindeki yamaç molozları çökmüştür. Kaymanın nedeni, şev topuğunda yapılan kazı ve şiddetli yağıştır.

Trabzon-Gümüşhane karayolu üzerinde, Trabzon’un 22 km güneyinde, Değirmendere’nin batı yamacında 1959 Mayıs’ında şiddetli yağışlardan sonra Işıklay heyelanı meydana gelmiştir. Çatlaklardan sızan yüzey suları, kayaçları killeştirmiştir. Killeşmiş kısımda içsel sürtünme direnci azalmış ve kayaçların kütlelerin plastik bir hale dönüşmelerine neden olmuştur.

İstanbul’un batısında, Küçükçekmece-Florya dolayında, 1963 yılı başında, 300 metre genişlikte ve 200 metre uzunlukta bir alanda Basıncıköy heyelanı meydana gelmiştir. Bu bölgede genç birimlerden yaşlı birimlere doğru istif: kil aratabakalı kalkerler, tebeşirimsi gevşek kalkerler, kavkılı kalkerler, marn, kil, silt, kum ve killi kum şeklinde devam etmektedir. Tabakaların eğimleri ise 3-50’dir. Üst seviyelerdeki kalkerler çatlaklıdır ve çatlaklardan ayrılıp, marn ve killer üzerinden akmaktadır. Sızan yüzey suları da krip olayını hızlandırmış ve heyelan meydana gelmiştir. Heyelanın derinliği 1-8 metre arasında olmasına rağmen, 200.000 m³’lük bir kütle hareketi meydana gelmiştir.

13 Temmuz 1995 tarihinde Senirkent’te aşırı yağışlar sonucu moloz-çamur akması türünde bir heyelan yaşanmıştır. 74 kişi hayatını kaybetmiş, 180 ev yıkılmış, 212 ev ise ağır hasar görmüştür.

Tortum Çayının güzergahı, Kemerli Dağdan (Erzurum) bir toprak kayması ile tıkanarak tortum gölü meydana gelmiştir. Tortum Çayının suları 50 metre yükseklikteki Tortum Şelalesinden inerek yoluna devam eder. Tortum Çağlayanı Türkiye’nin en yüksek çağlayanıdır. Tortum Gölünden hidroelektrik santral vasıtasıyla elektrik enerjisi sağlanmaktadır. Göl bakımından zengin olmayan bölgenin en önemli gölü olan 6.6 km²’lik Tortum gölü, Tortum Çayı Vadisi’nin Kemerli Dağ’dan inen bir heyelan kütlesi ile kaplanması sonucu oluşmuştur. Göl suları biraz doğudaki Tev Vadisi’ne, oradan da heyelan kütlelerinin önündeki eski mezraya yöneldiği sırada 48.5 metre yüksekliğindeki Tortum Şelalesini meydana getirir.



Kaynaklar

Dikau, R., Brunsden, D., Schrott, L., and Ibsen, M.L., 1996. Landslide Recognition, John Wiley & Sons, 251 p.

Erguvanli, K. 1994. Mühendislik Jeolojisi. Seç Yayın Dağıtım, İstanbul, 590 s.

Tarhan, F. 1996. Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, KTÜ Basımevi, Trabzon, 384 s.

Varnes, D.J., 1978. Slope Movement Types and Processes, in Schuster, R.L. and R.J. Krizek (ed.), Landslides—Analysis and Control: National Academy of Sciences Transportation Research Board Special Report No. 176, p. 12-33.

<http://www.em.gow.bc.ca/mining/GeolSurv/Surficial/landslide/default.htm>

LAHARLAR



Laharlar akarsu vadilerinden aşağılara ilerlerken çoğunlukla ciddi ekonomik ve çevresel zararlara neden olurlar. Ayrıca doğrudan etkileri, türbülanslı akışları ya da taşıdıkları kayalık parçaları ve kütükler yüzünden, önlerine çıkan her şeyi kolaylıkla zarara uğrattırır.

Özgür Cihan KARASAN
JMO. ozgurcihan@yahoo.com

Lahar, vadilerden veya volkanın eğiminden itibaren akmaya başlayan su veya kaya parçaları içeren sıcak ya da soğuk karışımları tanımlayan Endonezya kökenli bir terimdir. Laharlar hareket halindeyken, kil boyutundan, çapı 10 m.'ye kadar ulaşabilen kaya parçalarını taşıyan sulu beton akmalarına benzerler. Yüzlerce metre genişlikte olan laharlar oluşabilmektedir. Bu tip büyük laharların hızı saniyede onlarca metreyi bulur.

Laharlar volkanlardan aşağıya başladıkları andan itibaren büyüklüğü, hızı, taşıdığı su ve moloz miktarı değişime uğrar. Taşmanın başlangıcında su ve molozlar genellikle volkanın çevresindeki ve girdiği vadideki kayaları ve bitki örtüsünü aşındırır. Bu ilksel akış, kar ve buzulların erimesinden ve taşan akarsulardan gelen suyu içerebilir. Kayaları aşındırarak ve başka suları da içerisine alarak, kolaylıkla ilksel boyutlarının 10 katı kadar büyüklüğe erişebilir. Fakat laharlar volkanlardan uzaklaştıkça ağır sediman yüklerini kaybetmeye başlarlar ve boyutları küçülür.

Laharlar değişik süreçler sonucu oluşabilmektedir. Püskürmelerle doğrudan ilişkili olarak, krater göllerinde kar ve buzulların erimesi sonucunda, püskürme sırasında ya da hemen sonrasında yoğun yağmurlarla duraylı olmayan zayıf malzemeye birlikte gelişen laharlar birinci kategoride incelenebilir. Laharlar ayrıca püskürmelerle ilgili olarak püskürmeden kısa bir süre sonra meydana gelen bir depremle ya da aşınmış ürünlerin göller tarafından hızlı drenajı ile de oluşabilir. Birçok laharın oluşumu ise, volkanik aktiviteyle ilgili değildir ve yoğun yağmurlar veya erime sularıyla zayıf volkanik malzemenin harekete geçmesi ile oluşur.

Laharlar genellikle stratovolkanlarda ya da yakınlarında oluşurlar. Çünkü bu volkanlar patlama eğilimindedir, diğer volkan türlerinden daha yüksektir, konileri karlarla kaplıdır ve zirvelerinde krater gölleri vardır. Ayrıca kolaylıkla aşınabilecek zayıf pekişmiş ya da sıcak hidrotermal sularla zayıflamış kaya molozları bu tip bölgelerde yaygındır.

Laharlar akarsu vadilerinden aşağılara ilerlerken çoğunlukla ciddi ekonomik ve çevresel zararlara neden olurlar. Ayrıca doğrudan etkileri, türbülanslı akışları ya da taşıdıkları kayalık parçaları ve kütükler yüzünden, önlerine çıkan her şeyi kolaylıkla zarara uğrattırır.



St. Helens Yanardağı püskürmesi sonucunda oluşan lahar akıntısının yuttuğu bir ev.

Laharlar taşıyamadığı yapılara rastlarsa, bu binaların ve bölgelerin bir kısmını ya tamamen yıkar ya da ağır bir moloz örtüsü altında bırakır. Laharlar ayrıca insanların kaçış yolları olan köprüleri de yok eder.

Volkanik aktivite sonrasında, yeni oluşan zayıf sedimanların erozyonu ve yüzey suları ile taşınması sonucu laharların biriktirdikleri sedimanların nehir yataklarını doldurmaları nedeniyle taşkınlar oluşur.

Tarihte en büyük lahar boşalımı İzlanda'da olmuştur. Bir buzulun erimesi sonucu oluşan bu lahara Jökulhaups adı verilmiştir. Piroklastik akış ve patlamalarla meydana gelen lahar olaylarından en bilineni Nevada Del Ruiz'de 13 Kasım 1985'de meydana gelmiştir. 1980 yılının Mayıs ayında St. Helen Dağı'nda oluşan lahar ise birçok kişinin ölümüne neden olmuştur. Lav akmaları sonucu oluşan laharlara örnek olarak 1985 yılında Şili'de Villarica Volkanı'nda ve İzlanda'nın Vatnajökul volkanında meydana gelenler verilebilir.

Yoğun yağmurların neden olduğu erozyon sonucu meydana gelen laharların ortak özelliği, zayıf volkanik malzemenin bu alanları kaplamasına neden olan püskürmeler sonrasında oluşması ve çok geniş alanlardaki bitki örtüsünü yok etmeleridir. Yağışlı mevsimler boyunca

kabaran akarsular yeni oluşan çökelleri aşındırır ve laharları oluşturur. Bu akarsular lahar oluşturmaya bile, nehir yatağı boyunca gelişen sediman çökelimlerini aşındırarak taşkınlar neden olabilir.

Püskürme sonrasındaki yoğun yağmurlar süresince su, önce piroklastik çökeller üzerinde yüzey çökmelerine neden olur, sonra da düşük kotlu alanlara akar. Günlerce nehir yatağı içerisinde birbirleri ile bağlantılı olan su kanalları aşındırılır. Aşınma süresince hala sıcak olan piroklastik akış çökelleri içerisinde yerini alan su, ani bir buhar çıkışı ile laharların oluşmasına neden olur. Oluşan laharların sıcaklıkları 40-70°C arasında tehlikeli sıcaklıklara ulaşabilir.

Göl taşmaları sonucunda da laharlar oluşmaktadır. Genellikle göllerin drenajını sağlayan akarsuyun toprak kayması, piroklastik akış ve laharlar gibi volkanik çökeller tarafından kapatılmasından haftalar ya da aylar sonra meydana gelir. Gölden çok yüksek miktarda su hareketi geçer ve gölün boşalım kanalını genişleterek derinleştirir. Böylece serbest kalan su aşıcılara akar. Engelin ve nehir kanalının aşılmasıyla hacimsel olarak çok yüksek miktarlarda sediman içeren su, başlangıç hacminin birkaç katı artarak vadiden akmaya başlar ve laharları oluşturur.

Volkanlar birçok nedenle heyelanlara karşı hassastırlar. Volkan konileri basamaklıdır ve çevresindeki yapılardan binlerce metre yüksektedir. Konilerin basamakları pekişmemiş ve ya zayıf pekişmiş ve kolay dağılabilen kaya molozu tabakalarından oluşmaktadır. Konilere magmanın intrüzyonu ve bu konileri oluşturan lav kütlelerini makaslama ile genellikle iç faylar ya da makaslama zonları oluşur. Sonuç olarak sıcak ve asidik olan su, konilere doğru hareket eder ve hidrotermal sistemlerin oluşmasına neden olur. Zaman geçtikçe bu sıcak sular sert volkanik kayaları zayıflatır, kil yönünden zengin çamurlu bir malzemeye dönüşür.

Volkandaki çökme ya da yenilmeler hızlı hareket eden heyelanlar geliştirir ve bu heyelanlar birkaç km hareket ettikten sonra laharlara dönüşürler. Heyelanın boyutlarına, su içeriğine ve hidrotermal sistemler tarafından zayıflatılan ve kile dönüştürülen kayaların volkandaki yayılımına bağlı olarak laharlar volkandan itibaren 100 km'den daha fazla yol alabilirler.

Kaynaklar

Photograph by D.R. Crandell, May 18, 1980 eruption of Mount St. Helens. U.S. Geological Survey.

<http://volcanoes.usgs.gov/Hazards/What/Lahars/lahars.html>

<http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/pinatubo/lahar/>

<http://www.mtnforum.org/resources/library/flett99a.htm>

http://landslides.usgs.gov/html_files/landslides/slides/slide12.htm

http://www.geology.sdsu.edu/how_volcanoes_work/Lahars.html

KIYILARIMIZI BEKLEYEN DOĞAL BİR AFET: TSUNAMI



Okyanuslarda, derin denizde varlığı hissedilmezken, sığ sulara geldiğinde dik yamaçlı kıyılarda ya da V-tipi daralan körfez ve koylarda 30 metreye ulaşabilen dalga yüksekliği ile tsunami insanlar için tayfun, yangın, çığ, sel gibi doğal bir afet haline gelmektedir.

Eşref Atabey
JMO Bilimsel Teknik Kurul Üyesi
atabey@mta.gov.tr

Tsunami; tarih boyunca can ve mal kaybı konusunda önemli etkileri olan doğal bir afet olmuştur. Kıyı bölgelerinde nüfus yoğunlaştıkça tsunamilerin yol açtığı can kaybı da dünya’da giderek artmaktadır. Anadolu çevresindeki denizlerde tarih boyunca tsunamilerin oluştuğu bilinmektedir. Kıyılarımızda zarara yol açarak doğal afetlerin etkilerinin azaltılması için yapılacak çalışmalarını tsunami özeline indirgeyebiliriz. Kıyılarımızda tsunami olması halinde önemli endüstri tesisleri zarar görecektir. Son yıllarda kıyılarımızda özellikle yaz aylarında yoğunlaşan nüfusla ve deniz seviyesine yakın olan yerleşim alanlarıyla, turizm tesisleri ve limanlar tsunami tehdidi altında bulunmaktadır.

Tsunami Nedir?

Japonca’da "Liman Dalgası" anlamına gelen "Tsunami" sözcüğü okyanus ya da denizlerin tabanında oluşan deprem, volkan patlaması ve bunlara bağlı taban çökmesi, zemin kaynamaları gibi tektonik olaylar sonucu denize geçen enerji nedeniyle oluşan uzun salınımlı "dev deniz dalgası" demektir. 1896 yılında Japonya’da 21.000 kişinin ölümüne yol açan Büyük Meiji Tsunamisi sonrası dünyaya yaptıkları yardım çağrısı içinde yer alan Tsunami sözcüğü, bu tarihten sonra dünya dilleri literatürüne girmiştir.

Tsunami, Pasifik Okyanusu’nda çok sık, diğer okyanus ve denizlerde ise seyrek olarak gerçekleşir. Okyanus kabuğunun kırılması sonucu oluşan tsunami, okyanus açıklarında bir insan boyu kadar yükseklikte ve dalga boyu da yüzlerce kilometredir. Tsunami dalgasının diğer gelgit ya da rüzgar dalgalarından farkı, su zerreciklerinin sürüklenmesi sonucu hareket kazanmasıdır. Tsunamiden farklı olarak kapalı havzalarda, körfezlerde, göllerde, rüzgar ya da depremlerle oluşan küçük periyotlu dalgalar "salınım (seiche)" olarak adlandırılır. Bu dalgalar kıyılardan karşılıklı yansımalar sonucu, kapalı havza içinde gelişen uzun salınımlı dalgalardır. Dalga salınımlı, havza geometrisiyle ilişkili olan havzanın salınım periyoduyla aynı olursa dalga büyür. Salınımın (seiche) tsunamiden farkı, tsunami hemen ve 4-5 dalgadan oluşur ve kısa sürede etkisini kaybeder. Salınım (seiche) ise daha geç, daha fazla dalgadan oluşur ve daha uzun süre etkilidir.

Tsunami Nasıl Oluşur?

Tsunamilerin oluşması için;

1. Düşey yönlü bir hareketin olması gerekir. Bu düşey ya da normal faylanma ile oluşur. Bu olay doğrultu atımlı fayların bitişi (uç) noktasında da gerçekleşebilmektedir.
2. Depremlerin odak noktasının okyanus ya da deniz içinde olması gerekir.
3. Deniz ya da okyanus altında büyük çaplı kaynakmaların olması gerekir.
4. Okyanus ya da denizlerin tabanında volkanik patlamalar olması gerekir.

Tsunamiler; okyanus boyunca esen rüzgar dalgaları ile ay ve güneşin çekimine bağlı olarak gelişen gelgit dalgalarından ayrılmaktadır. Sert rüzgarlar açık denizde 30 metre yüksekliğinde dalgalar oluştursa da bunlar denizin derinliğinde etkili olmaz. Tsunami saatte 700 km hızla okyanus derinliklerinden kıyıya doğru yol alır. Bu hızla yol alan tsunami derin denizde tehlikeli değildir. Tek dalga birkaç m iken dalga boyu 750 km'ye ulaşır. Bu fark ise fark edilmeyecek bir eğim oluşturur. Ancak bu dalgalar sığ kıyılarda yüksek dalgalar oluşturur.

Tsunamiler oluşumu sırasında 3 evreden geçer.

1. Oluşum evresi: Bu evrede okyanus tabanındaki yer kabuğu kırılarak deprem oluşturur. Bunun sonucunda okyanus ya da deniz suyunun dengesi bozulur ve su kütlesi karıştırılır.

2. Yayılma evresi: Bu evrede ise oluşan dalga açık denizlerden kıyılara doğru hızla yayılır.

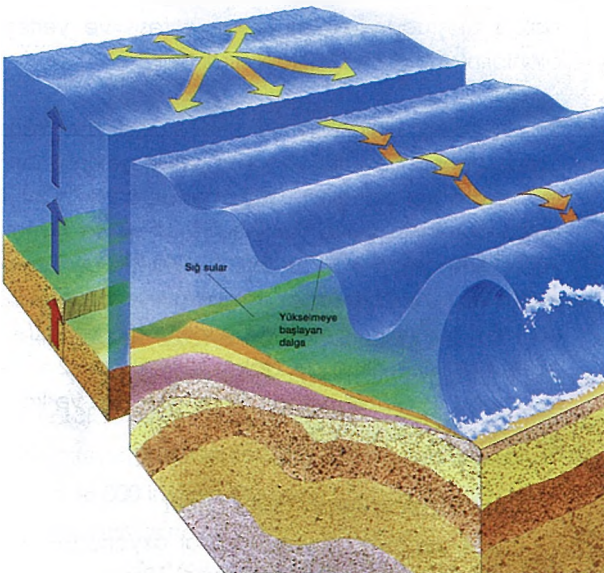
3. Sel-Tufan evresi: Son evrede ise karalar, kıyılardaki yerleşim alanları, tesisler, limanlar su altında kalır.

Tsunami sismik enerjiyi dalga dalga deprem merkezinden uzağa taşır. Başlangıçta suyun derinliği ve dalga boyu arttıkça tsunaminin hızı da artar. Dalga hızının su derinliğine bağlı olarak artması deniz tabanındaki yükselti ve çukurların dalga yönünü değiştirmesinden kaynaklanır. Sığ sularda dalgaların kırılması, suyun zemine çarpması, enerjinin suyun içine sıkışması sonucunda dalga yüksekliği ve dalga hızı artmaktadır. Son aşamada dalgaların kırılarak duvar gibi yükselmesi, sel ve tufana neden olmaktadır. Sular karaya yatay ve dikey olarak yayılır. Bu, kıyı boyunca karanın alçalmasına, deniz dibinin yükselmesine neden olur. Bunun sonucunda dalgalar önce bir tepelik şeklinde denize yönelir, daha sonra çukur oluşturarak kıyıya hücum eder. Kıyılardaki çökmeleer tsunaminin kıyıdaki etkisini artırır.

Dünya'daki Tsunamiler

1895'ten sonra Pasifik tsunamilerinin dörtte biri Japonya kıyılarında oluşmuştur. Çünkü Japonya 4 ayrı tektonik levhanın (Avrasya, Pasifik, Hint-Avustralya ve Japon levhaları) birleşim noktaları üzerinde yer alır. Son yıllarda Japonya'yı vuran 150 tsunaminin %15'i can kaybına yol açmıştır. Son yüzyıl içinde en çok etki bırakmış tsunamiler aşağıda sunulmuştur.

Bu veriler içinde 1999 İzmit Tsunamisi son yıllardaki onbirinci tsunami olup, bu dönemde Pasifik dışında yaşanan ikinci tsunamidir (Synolakis ve Borrero, 1999).



Tsunami oluşum safhalarını gösteren blok diyagramı (F.Watt)



17 Ağustos 1999 depremi sonrası Gölçük

YER	TARİH	DEPREM BÜYÜKLÜĞÜ	TIRMANMA YÜKSEKLİĞİ (m)		CAN KAYBI
			EN YÜKSEK	ORTALAMA	
Krakatoa (Endonezya)	1883	-	-	-	36.000
Honşu (Japonya)	1896	-	-	-	21.000
Sanriku (Japonya)	1933	-	-	-	3.000
Mindanao (Filipinler)	1976	-	-	-	8.000
Nikaragua	1992	7.2	9.9	6-9.9	170
Flores (Endonezya)	1992	7.5	5.6	2-5.2	1.690
Hokkaido/Okuşiri	1993	7.6	29	10-16	250
Doğu Java	1994	7.2	14	5-10	223
Kuril Adaları	1994	8.1	9	1-3	9
Mindoro (Filipinler)	1994	7.0	9	1-5	62
Skagway (Alaska)	1994	Zemin Göçmesi	9	1-4	3
Mandırollo (Meksika)	1995	8.0	11	1-5	40
Biak, Irian, Jaya (Endonezya)	1996	8.1	7	1-3	108
Papua Yeni Gine	1998	7.8	10	1-5	3.000

Anadolu Çevresinde Tsunamiler

Anadolu'yu çevreleyen denizlerde tarih boyunca tsunamilerin oluştuğu belirlenmiştir. Antik adı Thera, günümüzdeki adı Santorini olan Güney Ege'deki adada İ.Ö. 1631'de bir volkan patlaması olmuş, bunun sonucunda da bir deprem ve tsunami meydana gelmiştir. Tsunamilerin taşıdığı volkan külleri, Ege kıyılarımızda üst üste katmanlar halinde Didim'de, kıyıda 2 metre derinlikte ve 20 cm kalınlığında, Fethiye Çalış'ta 100 metre içeride, 1.5 metre altta, 4 cm kalınlıkta bulunmuştur (Yalçiner, 1999). Tarih belirleme analizleri bu katmanların 3.500-3.800 yıl öncesine ait olduğunu, tsunamilerin Girit, Didim ve Fethiye'ye ulaştığını, dalga yüksekliğinin Didim ve Fethiye'de 1 metre olduğunu ortaya koymaktadır. Thera Volkanı 1457, 1573, 1650, 1866 ve 1925'de faaliyete geçmiş ve her seferinde tsunami oluşturmuştur. Son bin yılda Ege'de deprem ve tsunami oluşturan bölgelerden biri Girit ve Rodos'u güneyden geçip, Anadolu'ya Dalaman-Kaş yakınlarından ulaşan "Helen Yayı" fay kuşağıdır. Afrika kıtasının Anadolu levhası altına daldığı yer burasıdır.

Dalaman deltasında yapılan araştırmalarda alüvyon altında kum ve deniz kabukları karışımından oluşan 3 katman bulunmuştur. Tsunamiye yol açan deprem nedeniyle, Dalaman deltasında sivilaşma izlerine rastlanmıştır. Tarih belirleme çalışmasında Dalaman kıyıları 15. yy. sonlarında, 17. yy. başlarında ve 19. yy. içinde etkili 3 tsunami olmuştur. Kıyıda 250 metre içeride olduğu ve dalganın 1.2 m yüksekliğe ulaştığı belirtilmektedir. 15.yy tsunamisi Leonardo da Vinci'nin notlarında bahsedilen ve Adalya'da (Antalya) gözlenen, 1489 yılında oluşan tsunami olabilir. 17.yy'da olan ise N. Ambraseys'in "Türkiye Çevresinin Sismik

Özellikleri" kitabında bahsedilen 1609 Rodos Depremi ve Tsunamisi, 19.yy'da olan ise 1800'lü yıllara ait olabilir (Yalçiner, 1999). Son yüzyıl içinde 1956'da meydana gelen ve "Güney Ege Tsunamisi" olarak adlandırılan tsunami, 250 kişinin ölümüne yol açmıştır. Ege Denizi'ni tsunami güney-kuzey doğrultuda 2 saatte geçebilir. Minos tsunamisi (İ.Ö. 1631) 1.5 saat sonra Güney Ege kıyılarımızı etkisi altına almıştır.

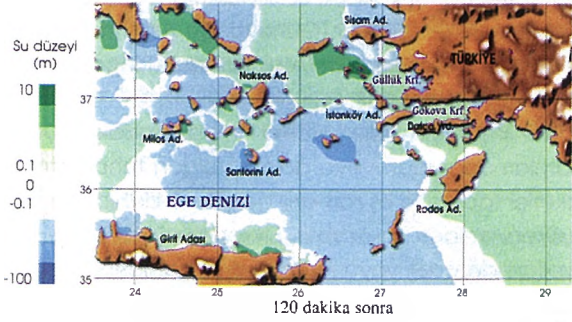
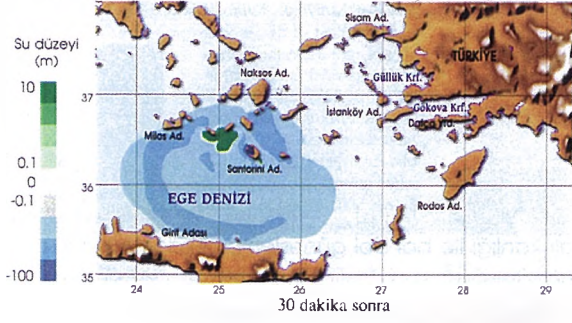
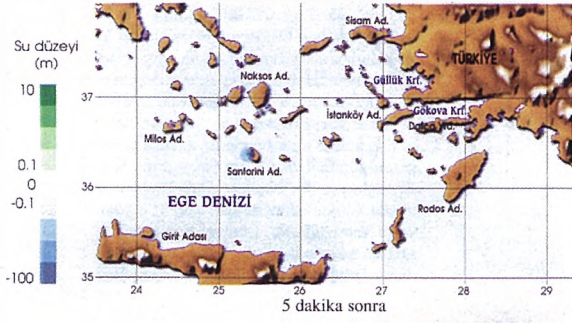
1999 yılında meydana gelen Gölcük depremi sonrası Gölcük ve Değirmendere kıyılarını etkisi altına alan tsunami dalgalarının yol açtığı zararlar bilinmektedir. Ancak İzmit'te tsunami olup olmadığı tartışmalı olup, kesinlik kazanmamıştır. Deprem ve dalgaların tanıklarına göre dalgaların 40 m. içeriye girdiği, 2-3 dalga oluştuğu, binaları, kıyıda tesis ve yerleşim alanlarını yuttuğunu belirtmişlerdir.

Şirinyalı'da dalgaların 3 metreye ulaştığına, Yarıca'da denizin çekildiği ve sonra geriye gelerek rihimda zarara yol açtığına, Değirmendere'de "Atatürk" yolcu gemisinin kıyıya vurduğuna, Ulaşlı'da 5 metre yükseklikte dalga olduğuna, Güzelyalı'da denizin çekildiğine, 2-3 saniye sonra dalganın kıyıya tırmandığına tanık olunmuştur. Yerinde yapılan araştırmada İzmit tsunamisinin oluştuğu, dalga yüksekliğinin 2.5 metre olduğu ve Güzelyalı'dan Değirmendere'ye kadar etkili olduğu belirtilmiştir.

Okyanusları Aşan Tsunamiler

Büyük deprem ve yanardağlar okyanusları aşan tsunami dalgaları oluşturmaktadır. 1960 yılındaki Şili açıklarındaki depremden sonra oluşan tsunami Büyük

Minos tsunamisi (İÖ 1631)



ATLAS KARTOGRAFYA SERVİSİ (A. C. YALÇINERİN ÇİZİMLERİNDİR. GRAFİK UYGULAMA: HASAN FERİT ATILAS)

Okyanus'u 15 saatte aşmış 12.500 km yol kat ederek Hawaii Adalarını vurmuş, depremden 22 saat sonra Japonya kıyılarına da sular altında bırakmıştır.

Endonezya'daki Karakatau Adası'nı oluşturan yanardağ, 1883 yılında püskürmüştü ve yüksekliği 30 metreyi aşan tsunamiyi oluşturmuştur. Çevredeki adaları etkilemiş ve 36.000 insanın ölümüne yol açmıştır.

Ege açıklarındaki Minos Adası'nda oluşan yanardağda bir (İ.Ö. 1631) tsunami oluşturmuş ve 1.5 saat sonra Anadolu'nun güneybatı kıyılarına etkilemiştir.

1946 yılında Alaska Adaları dolayında olan depremlerden sonra oluşan tsunami 3.700 km yol kat ederek Hawaii'yi etkilemiş ve 159 kişi ölmüştür. Tsunami kaynaklı ölümlerin %90'ı kaynağın 200 km çapı içerisinde meydana gelmektedir.

Nasıl Korunmalı?

Tsunamiye karşı önlem alınması için özellikle Büyük Okyanus'ta erken uyarı sistemleri kurulmuştur. Belki ömrümüzde tsunami ile tanışma durumumuz olmayabilir. Ancak bilinmelidir ki, tsunami çok zayıf bir depremle bile oluşabilir. Deniz kıyısında hissedilen depremden sonra tsunami olma olasılığı her zaman vardır. Tsunaminin ilk etkisi deniz suyunun yavaş yavaş bir metre kadar yükselmesi ve çökmesi ile belli olur. Bu tsunaminin ilk dalgası olup, gelecek olan 2 ya da 3 adet dalganın da habercisidir. Yıkıcı dalgalardan önce okyanus ya da denizden gelen gök gürültüsü ya da uçak sesini andıran uğultu duyulabilir. Bu durumda:

- Kıyıdan hemen uzaklaşmak gerekir.
- Teknede bulunanlar kıyıdan uzaklara, açık denize giderek dalganın etkisinden kurtulabilir.
- Karadakilerin denizden uzaklaşması gerekir.
- Tsunami kıyıdaki meraklıları daha çok vurmaktadır. Meraklılar tsunamiyi izlerken ansızın kendilerini sürüklenirken bulabilirler.
- Tsunami konusunda bilgili olmak gerekir.
- Her an olabilir düşüncesiyle duyarlı ve hazırlıklı olunmalıdır.

Kaynaklar

Atabey, E., 2000. Deprem, MTA yayını Eğitim serisi:34, Ankara Cumhuriyet Bilim Teknik, 1999. Körfezde Tsunami Oldu ve Can Aldı, s. 660/14-5

Ruiz, A.L., 1996. Volcanos and Earthquakes, Sequences of earth and space, New York

Scientific American, 1999. (Çev: R. Oksay), Tsunami: Katil dalgalar, Cumhuriyet Bilim Teknik, s.653, 12-13

Synolakhis, C.E. ve Borrero, J., 1999. Son yıllardaki Tsunamiler, TÜBİTAK Bilim ve Teknik, s. 383, 36

Watt, F., 1993. (Çev: A. Yurtsever), Depremler ve Yanardağlar, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları

Watt, F., 1999. Deprem ve Tsunami Haberleri, TÜBİTAK Bilim ve Teknik, s.383, 38.

Yalçiner, A. C., 1999. İzmit Tsunamisi, TÜBİTAK Bilim ve Teknik, s.383, 34-39.

Yalçiner, A. C., 1999. Sabıkalı Dalga Ege Tsunamileri, Atlas Dergisi, s. 80, 150-153.

VOLKANİK FELAKETLER



*"Doğudan yükselen
kara bir bulut var"
Tarih, M.S. 79, 24 Ağustos
Yer, İtalya*

Orkun ERSOY
Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Müh. Böl.
oersoy@hacettepe.edu.tr

Hayatının son günü Plinius Secundus yine her zamanki alışkanlığı ile bol bol güneşlenip, Akdeniz'in serin sularına dalmıştı. Sonra dipdiri oturmuştu öğle yemeğine. Odasına geçip çalışmaya başlayacaktı ki; kız kardeşi arkasından yetişti: "Doğudan yükselen kara bir bulut var." Takvim, M.S. 79 yılının 24 Ağustos gününü gösteriyordu.

Güneşli bir yaz gününde dağın doruğundan yükselen alışılmadık bu devasa kara bulut, ilgisini çekti bu bilge kişinin. Daha iyi görebilmek için sandaletleriyle bir tepenin üstüne doğru koştu. Ne gördü dersiniz? Kendi yeğeni, o günün görgü tanığı ünlü Latin Yazarı Plinius Caecilius şöyle yazıyor: "...Vezüv Dağı olduğunu sonradan anladık. Bulutlar dev bir ağaç gövdesi gibi yükseliyor, gökyüzünde dallara ayrılıyordu..."

Gezegenimizde, her yıl yaklaşık 50'si püsküren, en az 1500 aktif volkan vardır. En tehlikeli olanlar, Güneydoğu Asya'da ve Pasifik kenarında bulunan 100 civarında "Ateş Halkası" (Ring of Fire) olarak da adlandırılan volkanlardır.

Çeşitli volkanik faaliyet türleri, volkan'ın yakınındaki veya uzğındaki yaşamları doğrudan veya dolaylı yoldan tehdit etmektedir. Bazı felaketler faaliyetle eş zamanlı gelişirken, bazıları volkan oldukça suskunken, aniden bastırabilir. Etkileri büyüklüklerine, olayın yayılımına, yollarında canlı veya mülk olup olmamasına bağlı olarak değişmektedir. Püskürmeler, volkanın yakınındaki insanların, belki de ömür boyu, evlerini ve yurtlarını terk etmelerine neden olmaktadır. Volkandan uzakta yaşamak herşeyin tümüyle yıkımını engellese de, şehirler, köyler, endüstriyel alanlar, taşıma sistemleri ve elektrik şebekeleri hala kül, lahar ve sel baskınlarının tehdidi altındadır.

M.S. 1500'den beri volkanik faaliyetler, 300.000'den fazla insanın yaşamını yitirmesine neden olmuştur. Ölen insanların çoğu belli başlı birkaç büyük patlamanın sonucunda yaşamlarını yitirmiştir. Örneğin, Tambora Volkanı'nın 1815'teki patlamasıyla 90.000'den fazla insan, doğrudan veya mahsüllerin ve ekinlerin yok olmasına bağlı olarak, açlıktan ölmüştür. 20. y.y.'da Pelee (1902 patlaması-30.000 kişi) ve Nevado del Ruiz (1985 patlaması-23.000 kişi) volkanları 50.000'den fazla kişinin ölmesine neden olmuştur.



Teknolojinin gelişmesiyle, her ne kadar felaket bölgelerinin belirlenmesi ve erken uyarı sistemleri mümkün olsa da, her geçen gün bu tehlikeyle yüz yüze olan insan sayısı artmaktadır. Bilim adamları 2000 yılında en azından 500 milyon insanın volkanların riski altında olduğunu belirtmişlerdir. Bir başka deyişle 17. yüzyıl başlarındaki tüm dünya nüfusu kadar insan volkanik felaket riski altındadır.

Volkanik felaketlerin etkileri birincil ve ikincil etkiler olmak üzere ikiye ayrılabilir. Birincil olanlar, volkanik faaliyet tarafından oluşturulan doğrudan etkilerdir. Lav akışlarını, kül düşmelerini, piroklastik akışları, yanıl infilakları ve gazları bu kategori altında toplayabiliriz. İkincil etkiler ise birincil etkilerin sonucudur. Laharları (çamur akışlarını), sel baskınlarını, yangınları, tsunamileri, su ve hava kirliliğine bağlı hastalıklarla beraber açlığı ve zorunlu göçü volkanik faaliyetlerin ikincil etkileri olarak düşünebiliriz.

Birincil Etkiler;

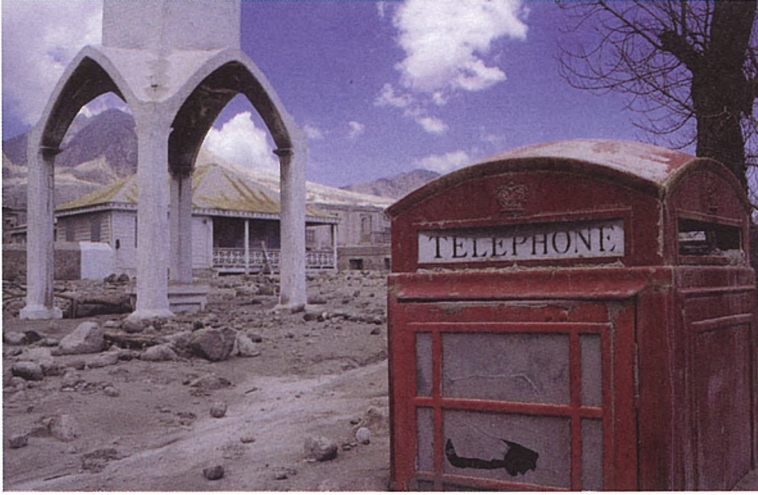
Lav akıntıları en iyi bilinen volkanik faaliyetler olup, Hawaii, Etna gibi volkanlarda tipik olarak görülür. Yavaş hareket etmeleri nedeniyle yaşam kaybına neden olmalarından öte, önlerine çıkan yapıları yıkarak ve tarımsal alanları yüzyıllar boyunca kullanılamaz hale getirerek zarar verirler. 1000°C'nin üstündeki sıcaklıklarına ve yüksek dayanımlarına bağlı olarak önlerine çıkan ahşap, taştan ve betondan yapıları yıkabilirler. Lavın önünü kesmenin veya yönünü değiştirmenin sınırlı yolları vardır. 23 Ocak 1973 yılında Heimaey'de (İzlanda), geçim kaynakları olan balık limanını, ilerleyen lavlardan kurtarmak isteyen halk ve yerel yetkililer, lavın önüne su sıkarak limanlarını kurtarmışlardır.

Volkanik külleri çok uzak bölgelerde yıkıcı etkileri gözlenebildiğinden dolayı lav akıntılarında daha tehlikelidirler. Binlerce kilometre yol atabilir, binaların üstlerine

çöküp onları yıkabilirler. Kötü inşa edilmiş binalar 30 cm. kalınlığındaki külleri taşıyamazlar ve 1991 yılındaki Pinatubo (Filipinler) patlamasında olduğu gibi, ağır küllere dayanamayan çatıların çökmesiyle yüzlerce insan yaşamını kaybedebilir. Fırlatılan ince malzeme volkan yakınında, onlarca santimetre kalınlıkta depolanabilir ve metrelerce derinliklerdeki çukurlarda birikebilir. Araziyi adeta kar gibi örten bu malzeme kardan 2 kat fazla yoğundur ve ne yazık ki zamanla erimez. Atmosfere saçılan küller civarda günlerce akşam karanlığının çökmesine neden olurlar ve özellikle solunum yolu hastalıklarına yol açabilirler. Galunggung (1985) patlamasında olduğu gibi, atmosfere saçılan çok küçük tanecikli küller civarda uçan uçakların jet motorlarına da zarar verebilirler.

Piroklastik akışlar en ölümcül volkanik felaketlerdir. Bu aşırı sıcak, volkanik gaz ve moloz karışımları, viskoz lav domlarının veya büyük püskürme kolonlarının çökmesiyle oluşabilir ve volkanın yamaçlarından aşağı kasırga hızıyla inebilirler. Hiçbir insan ve yapı piroklastik akışın çarpma şiddetine dayanamaz ve bu akışlar önlerine çıkan herşeyi yerle bir ederler.





8 Mayıs 1902 de sabah saat 7:50 de faaliyete geçen Pelee Yanardağı St. Pierre kasabasını tamamen yerle bir etmiş, 30.000 can almıştır. Felaketten kurtulabilen insan sayısı sadece 3'tür. Genç bir ayakkabı ustası olan Léon Compere-Léandre, hem gençliği hem de evinin piroklastik akışının tam kenarında yer alması sayesinde birkaç yanıkla kurtulmuştur. Felaketten müthiş bir şans eseri kurtulan bir başka kişi de, yerel halkça "Samson" olarak bilinen, Louis-Auguste Cyparis'tir. Samson, arkadaşını bıçakla yaralamak suçundan mahkum edilmiş bir suçlu olarak zorunlu çalışma görevine gönderilmiştir. Görevden dönerken bir yolu bulup kaçan şanslı mahkum, bütün gece bir kulüpte dans etmiş, ertesi gün yetkililere teslim olmuş ve bir hücreye kapatılmıştır. Hücrenin penceresinin küçük olması Samson'u bu sıcak kül ve gaz akışından kurtarmıştır. Felaketten kurtulan son şanslı kişi ise abisinin limandaki botuna binerek kaçmayı başaran, Havivra Da Ifrile adındaki küçük bir kız çocuğudur.

M.S. 79'daki Vezüv'ün patlaması da insanoğluna karşı pek merhametli değildi. Aslında dağ bir işaret vermişti. M.S. 5 Şubat 62'de Herculaneum ve Pompei'de bir deprem olmuş ve kentler hasar görmüştü. İnsanlar, daha sonra gelebilecek bir felaketin işareti olan bu sarsıntıların nedenlerini araştırmak yerine, evlerini onarma telaşına düşüler. Fakat onarma çalışmaları çılgın İmparator Neron'un M.S. 64'te Roma'yı yakmasıyla yavaşladı, çünkü bütün güç Roma'nın tekrar kurulmasına harcanmıştı. Vezüv çevresinde "cennet mekanlar" olarak adlandırılan bölgelerde oturan Roma'nın ileri gelenleri, üzerlerinde buldukları kompozit bir volkan olan Vezüv'ün püskürttüğü kül ve lavların altında kalarak can verdiler. Zeytin ve meyva ağaçlarıyla dolu bu verimli topraklar 2000 Romalı'ya mezar oldu.

Yanal İnfilaklar, gaz ve külün, volkanın yamacından bazen ses hızını aşan hızlarda fırlatılmasıyla gerçekleşen felaketlerdir. St. Helens'in patlaması esnasında 5 şiddetindeki bir depremle dağın 500 metrelik üst kısmı yanal infilak ve moloz çığı şeklinde akışa geçmiştir.

tir. Spirit Gölü'ne akan malzeme gölün seviyesini 40 metre kadar yükseltmiştir. Bu patlamada 57 kişi can vermiştir.

Volkanik yer sarsıntıları; Magma yüzeye doğru hareket ettikçe volkanik püskürmelere depremler eşlik edebilir. Genelde volkanik depremler küçük olmalarına rağmen, St. Helens'te olduğu gibi yer kaymaları ve moloz çığlarını tetikleyebilirler. Magmanın yer altında hareket etmesinden dolayı yerin sürekli ritmik sallanmasına bağlı olarak volkanik sarsıntılar, "harmonik sarsıntılar" olarak da adlandırılır.

Yer kabuğuna sokulum yapan veya yeryüzüne çıkmakta olan magma, içerisindeki çözünmüş gazları atmosfere salmaya başlayabilir. Gazlar atmosfere topraktan, volkanik bacalardan, fümerollerden veya hidrotermal sistemlerden karışabilir. Volkanik sistemlerden atmosfere salınan en yaygın gazlar başta su buharı (H₂O) olmak üzere karbondioksit (CO₂) ve sülfür dioksit (SO₂)'dir. Daha az miktarlarda da H₂S, H₂, CO, HCl, HF ve He salınmaktadır. Canlılara en fazla zarar veren SO₂, CO₂ ve HF'dir.

SO₂, hava kirliliğine ve asit yağmurlarına neden olan bir gazdır. Bu gaz büyük miktarlarda olursa, solar radyasyonu yansıtarak yeryüzünün ısınıp düşürür ve ozon tabakasının yok olmasına neden olur. Tambora Volkanı'nın (Endonezya) 1860 yılında kaydedilmiş en büyük püskürmesini takip eden yıl (1861) "yazsız yıl" olarak adlandırılmıştır. Bu yılın Haziran ayında İngiltere'ye kar yağmıştır.

Keskin kokulu ve renksiz bir gaz olan SO₂, deriyi, gözün mukoza zarını, burun ve boğazı tahriş eder, üst solunum yollarını ve bronşları etkiler. Dünya Sağlık Örgütü 0.5 ppm. (milyonda bir) SO₂ konsantrasyonuna 24 saatten fazla maruz kalmamayı önermektedir. Aktif bir volkandan salınan SO₂ miktarı; günde 20 tondan az veya 10 milyon tondan fazla olmak üzere faaliyet türüne, magmanın türüne ve hacmine bağlı olarak değişir.

Poas Volkanı'ndan (Kosta Rika) salınan SO₂ ve H₂S çevredeki yaşamı tehdit etmiştir. Meydana getirdiği asit yağmurları ekinleri yok etmiştir. Meksika'daki El Chichon Volkanı'ndan 1981 yılında önemli miktarlarda SO₂ salınımı gerçekleşmiştir, ancak etkisi, hemen arkasından gelen El Nino tarafından maskelenmiş ve zarar vermesi önlenmiştir. Filipinler'deki Pinatubo Volkanı'nda 1991 yılında gerçekleşen püskürmeden sonra 2 yıl boyunca ortalama sıcaklık 1°C düşmüştür.

Diğer bir zararlı gaz, CO₂, havadan daha ağır olduğu için alçak bölgelerde birikir. CO₂ atmosferdeki ısıyı tutarak SO₂'nin tersine ısı artışına neden olur. Orta Kretase'de (yaklaşık 90-120 milyon yıl önce) atmosferin

CO₂ miktarı, şimdikinin 15 katı idi. Bu yoğunluk o zamandaki deniz tabanından püsküren büyük hacimlerdeki bazaltik magmalara bağlanmaktadır. O zamanki ortalama sıcaklık da, buna bağlı olarak şimdikinden 10-12°C daha fazladır.

1984'de Kamerun'da Monoun Gölü'nün tabanından yayılan CO₂, 37 kişiyi öldürmüştür. 1986'da daha büyük bir CO₂ yayılması yine Kamerun'da Nyos Gölü'nden gerçekleşmiştir. Gölün tabanında biriken gaz krater yamacını aşmış, gece geç saatlerde 50 cm. kalınlığındaki CO₂ tabakası, yakındaki bir köyü basarak 1700 insanın ve 3000 hayvanın ölümüne yol açmıştır.

İkincil Etkiler;

Laharlar (volkanik çamur akışları) püskürmeyle eş zamanlı veya yıllar sonra gelen felaketlerdir. Volkanlardan fırlatılan büyük hacimlerdeki pekişmemiş, gevşek tefra, yüzeyde birikir ve bir miktar su ile karıştığında hızla ayrılıp su ve sedlman karışımı bir çamur halinde akışa geçer. Suyun kaynağı, püskürme esnasında eriyen kar veya buz olabilir. Özellikleri viskoz, su ve ıslak çimento arasında değişir ve önlerindeki köprü, otoyol, ev gibi yapılara zarar verir.

18 Mayıs 1980 yılında St. Helens'in (Washington, USA) patlaması esnasında oluşan çamur akışının nedeni, dağın çevresindeki vadilerde birikmiş tefra çökeltileri ve volkanın kendi üstündeki karın erimesidir. 13 Kasım 1985'te Nevado del Ruiz Volkanı'nda (Kolombiya), küçük bir püskürme sonucu yamaç aşağı akan bir çamur akışı meydana gelmiş ve 50 km. doğudaki Armero Kasabası'nı yerle bir etmiştir. Kasaba, daha yüksekteki bir çok köy tarafından saatlerce uyarılmasına rağmen, uyarıları dikkate almayan 23.000 kişi bu çamur akışında can vermiştir.

Moloz çıkışları (akışları) da bir volkanik patlama sonucu olabileceği gibi patlamayla bağımsız olarak da gerçekleşebilir. Magma sokulumuyla dağın yüzeyinin deformasyonuna ve dışarı fırlatılan yeni malzemelerin de eklenmesine bağlı olarak, zamanla volkanik dağın yamaçları eğim kazanmaya başlar. Eğimli yüzeylerde yer çekimi etkisinden dolayı duraysızlaşan malzeme, ani yer kaymaları, moloz kayması veya moloz çığı şeklinde yamaç aşağı dökülebilir.

Drenaj sistemleri, piroklastik akış çökeltileri veya lav akışları tarafından tıkanmış olabilir. Bu tür engellemeler geçici baraj oluşumlarına ve bunların çökmeleriyle de aşağı kısımların sel baskınlarına maruz kalmalarına neden olabilir. Aynı zamanda soğuk iklim kuşaklarında yer alan volkanlardaki kar veya buzul erimeleriyle drenajlara ani su akımı, baskınlara neden olabilir.

Moloz çığı, yer kaymaları, volkandaki büyük hacimli püskürmeler sonucu gerçekleşen kaldera çökmesi ve piroklastik akışların bir su kütesine girmesi, tsunamileri oluşturabilir. 1883'te Krakatoa Volkanı'nın patlamasıyla denize giren piroklastik akışlar ve kaldera oluşturan çökme sonucunda tsunamiler oluşmuş ve çoğu volkandan 200



km. uzakta bulunan yaklaşık 36.400 kişinin ölümüne sebep olmuştur.

Patlamalarla eş zamanlı veya daha sonra gerçekleşen felaketlerin dışında, volkanik faaliyetler insanları ve doğayı dolaylı yollardan da etkilemektedir. Zehirli gazların ve püsküren yüksek hacimdeki tefra malzemesinin bitki örtüsüne verdiği zararlardan dolayı ekim alanlarının tahribi ve kullanılamaması, ince kül malzemenin bitkilerin üzerini örtmesi ve bunları yiyen hayvanların ölmelerine bağlı olarak, büyük püskürmelerden sonra kıtlıklar görülmektedir. Yeraltı ve yerüstü sularının kirlenmesine bağlı olarak görülen su kirlilikleri ve seyreden hastalıklar ile beraber sosyal ve ekonomik alt yapıların bozulması şeklindeki etkiler de görülebilmektedir.

1783 yılında Laki patlamasında (İzlanda), ortaya çıkan çok miktardaki florin, otlak hayvanlarından 200.000'den fazlasının ve adanın çeyrek nüfusunun açlıktan ölmesine neden olmuştur. 1815'te Tambora (Endonezya) patlamasıyla, ekin ve hayvanların yok olmalarına bağlı olarak, 92.000 kişi kıtlıktan ölmüştür.

Volkanik felaketler bir kere tetiklendikten sonra engelleme veya kaçabilme çok zor olduğu için meydana geleceklere yer ve zamanı kestirebilmemiz can kayıplarının azaltılmasında yararlı olacaktır.

Her ne kadar "volkan" kelimesi bir felakete beraber anılsa da, insanları ve diğer canlıları kendisine çeken bazı güzelliklerinin de olduğu aşıkardır. Çevresine sağladığı verimli toprakları, değerli mineralleri, jeotermal kaynakları, su rezervuarlarını ve doğal güzellikleri unutmamak gerekir.

Kaynaklar

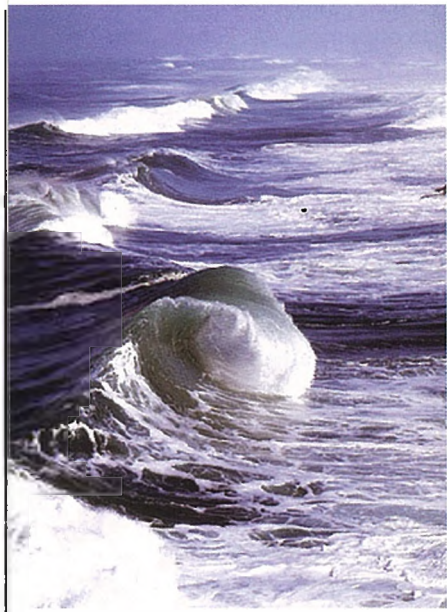
Feyzloğlu, Y., 2000. Doğal Felaketler. Pencere Yayınları, İstanbul. 144s.

<http://www.burtenshaws.co.uk/tim/geography/m1.PDF>

<http://geology.50megs.com/geopro/volc1/volc1.html>

<http://volcanoes.usgs.gov/>

DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİ



Günümüzde deniz seviyesi doğal şartlardan dolayı yaklaşık 15 cm yükselmiştir. 2030 yılına kadar 20 cm daha yükseleceği ve hatta bazı araştırmacılar tarafından bu yükselmenin 2100'lü yıllarda 95 santimetreye ulaşacağı belirtilmektedir. Peki deniz seviyesi neden yükselmektedir?

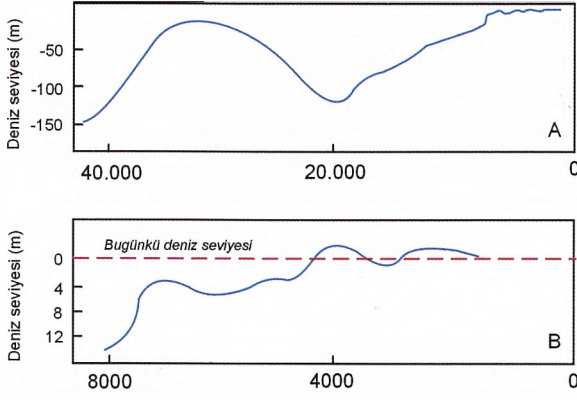
Fusun Yiğit
MTA Genel Müdürlüğü
fyigit@mta.gov.tr

Günümüzde Dünya nüfusunun yarısından fazlası kıyı bölgelerinde yaşamaktadır. Plansız yapılaşma ve bilgi eksikliği nedeniyle deniz seviyesi değişimleri bu bölgelerde birçok zarara yol açmaktadır. Ülkelerin kıyı kullanım alanlarını belirlemede önemli unsurlardan biri olan deniz seviyesi değişimleri üzerine yapılan araştırmalar, özellikle deniz tabanından alınan sediman örneklerinden elde edilen bulguların paleoosinografik ve paleoiklimsel dalgalanmaları ortaya çıkarması ile beraber son 30 yılda daha da önem kazanmıştır.

Deniz seviyesi ile ilişkili önemli yer değiştirmeler genelde insan yaşam aralığının üzerindedir. Bu yüzyılın başından itibaren dünyada kıyı bölgelerinde gözlenen deniz seviyesi yükselmeleri 1950'li yıllardan itibaren sahil şeritlerini tehdit edici boyutlara ulaşmıştır. Küresel ölçekte deniz seviyesinin 1 metre yükselmesi, Mısır'da 6 milyon insanı ve tarım alanlarının %15'ini, Bangladeş'te ise 13 milyon insanı ve tarım alanlarının %16'sını etkileyecek olması, konunun önemini vurgulamak açısından önemli bir saptamadır.

Deniz seviyesi ile ilgili araştırmalar, ileriye yönelik tahminlerin yapılabilmesi için Kuvaterner dönemine odaklanmıştır. Son 500 bin yılda su seviyesinin beş defa 100 metre kadar düştüğü, zaman zaman ise günümüz seviyesinin üzerine çıktığı, fauna, flora ve delta ortamları üzerine yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Son dönemlerde oluşan en büyük deniz seviyesi alçalması ise günümüzden yaklaşık 18 bin yıl önce başlamış ve deniz seviyesi yaklaşık 130 metre düşmüştür. Buna örnek olarak, Midilli, Sakız, Gökçeada, Bozcaada gibi Anadolu'nun batı uzantısı olan adaların ana karaya bağlanması verilebilir (Yaşar, 1996). Bu düşüş yeniden yükselme ile son bulmuş ve deniz seviyesi 11.000 yıl öncesine kadar yılda 2.5 cm ve daha sonra yavaşlayarak yılda 1 cm ile yükselişine devam etmiştir. Günümüzde daha da yavaşlayarak, aradaki küçük alçalmalara karşın, artışına devam etmektedir. Geçmiş jeolojik dönemlerde ise deniz seviyesinin, örneğin Geç Kretase'de bugünkü seviyenin 350 metre üzerinde olduğu, Geç Miyosen'de ise 200 metre altında olduğu bilinmektedir.

Deniz seviyesi değişimlerinin genel olarak iki ana nedeni vardır. Bunlar iklimsel değişimler ve tektonik değişimlerdir. Geçmiş jeolojik

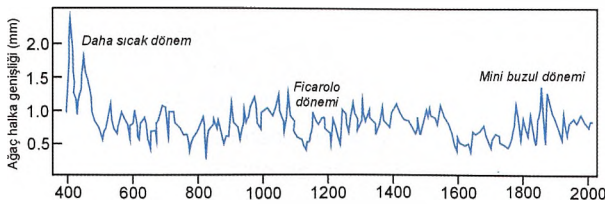


Son (a) 40.000 ve (b) 8.000 yıldaki deniz seviyesi değişimleri (Hansom, 1988)

devirlerden beri bu sebeplerden ötürü karaya göre devamlı değişmekte olan deniz seviyesi, uzun süreli ve kısa süreli olarak iki ana grupta incelenmelidir.

İklimsel deniz seviyesi değişimlerinin ana nedenini, Dünya'nın dönme ekseninin açısının değişmesi sonucu oluşan düzensizlikler oluşturmaktadır. Bu değişimler göreceli olarak iki farklı dönem oluşturmaktadır; soğuk dönemler ve sıcak dönemler. Soğuk dönemlerde buzullar artmakta, denizlerin hacmi azalmakta ve dolayısıyla deniz seviyesi düşmektedir. Sıcak dönemlerde ise buzullar erimekte, deniz suyu hacmi artmakta ve deniz seviyesi yükselmektedir. Bu büyük buzul ve buzularası dönemler boyunca deniz seviyesi dalgalanmaları sürekli bir değişim içerisinde bulunmaktadır.

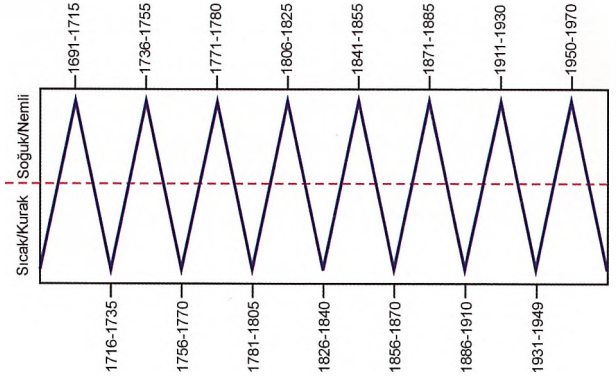
Son dönemlerdeki iklimsel değişimleri ortaya koyabilmek için ağaç halkalarının genişliği üzerine yapılan araştırmalar, dünyadaki iklimin sürekli değişim içinde olduğunu göstermiştir. Bir diğer araştırmaya göre ise, Alp dağlarındaki Fernau buzullarında son 3000 yılda soğuk ve nemli iklimin dünyayı etkilediği belirtilmektedir.



Ağaç halkalarının genişlikleri üzerine MS 400 yılından başlayarak günümüze kadar yapılan şematik diyagram (Bartholin, 1989)

Daha yakın dönemlerdeki iklimsel değişimler ise 1890 yılında Brückner tarafından meteorolojik verilerin desteğinde ortaya atılan "Brückner Döngüleri" ile açıklanmaktadır. Kuzey yarımkürede oluşan iklimsel değişiklikler Brückner Döngüleri ile 10 ile 35 yıllık dönemlerde sıcak/kuru ve soğuk/nemli periyotlarda, detaylı bir şekilde ortaya konulmaktadır. Nehirlerin oluşturduğu kıyı şeridi-

nin oluşumunu detaylı olarak açıklayabilen Brückner Döngüleri'nde nemli ve soğuk dönemlerde nehirler ortama daha çok sediman getirmekte ve kıyı şeridini beslemektedir (Brückner, 1890). Sıcak ve kuru dönemlerde ise nehirlerin denizel ortama getirdikleri sediman miktarlarında azalma olmakta ve deltaların gerilemesine ve hatta duraksamasına neden olmaktadır. Günümüzde kuzey yarımküredeki deltaların gelişimlerini açıklayabilen bu döngülerin geçerliliği İtalya'daki Po Deltası üzerinde yapılan çalışmalarla desteklenmiştir (Marabani and Veggiani, 1991).



Brückner Döngüleri (Marabani and Veggiani, 1991)

Endüstri çağından bugüne kadar fosil yakıtlarının kullanımı, orman yangınları gibi durumlar hava kürede karbondioksit girdisinin artmasına ve dolayısıyla küresel ısınmaya neden olmaktadır. Küresel ısınma ise buzulların daha fazla erimesine ve dolayısıyla deniz seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır. 2100 yılında ortalama küresel hava sıcaklığının 1 ile 4°C arasında artacağı ve deniz seviyesinin ise tahminen 1-2 metre yükseleceği yapılan araştırmalar ile belirlenmiştir.

Deniz seviyesinin değişimine iklimsel faktörlerin yanında tektonik süreçlerde etki etmektedir. Söz konusu bu tektonik süreçler, levha tektoniğine bağlı okyanus havzasının hacmindeki değişimler, havzadaki kurumalar, okyanus ortası sırtlardaki değişimler, kıtasal kabuk kabarmaları ve okyanus hendeklerinin oluşumu, okyanus ortası sırt şekli, deniz tabanı volkanizması ve kıtasal çökme gibi birçok diğer bölgesel tektonik olaylardan oluşmaktadır. Bu sebeplerden dolayı değişim ortalama 1-3mm/yıl olarak gözlenmiştir.

İklimsel ve tektonik süreçler yanında deniz seviyesi değişimleri sedimanter ve glasyal (buzul) olaylardan da etkilenmektedir. Deniz ve okyanus havzalarında sediman birikimi ve sıkışması, havza çökmesi ve delta ilerlemesi deniz seviyesinde yıllık ortalama 0.02-3 mm'lik bir değişim oluşturmaktadır. Bunun yanında buzul kütlelerindeki değişimler de deniz seviyesini ani olarak değiştirmektedir. Bilindiği gibi 18.000 yıl önceki son buzul çağında (bu son buzul devri Kuzey Amerika'da Wisconsin, Batı



Avrupa'da Weichselian ve Alpler bölgesinde Würm olarak bilinir) buzullaşma sonucu küresel deniz seviyesi günümüzdekenden yaklaşık 130 metre aşağıya düşmüştü. Daha sonraki sıcak dönemlerde buzulların erimesi sonucu deniz seviyesi yükselmeye başlamış ve günümüze kadar gelmiştir.

Yukarıda anlatılan deniz seviyesi değişimleri, etkileri binlerce yıl devam eden uzun süreli değişimlerdir. Bunun yanında daha kısa dönemlerde etkili olmuş geçici deniz seviyesi değişimleri de meydana gelmektedir. Kısa süreli bu deniz seviyesi değişimlerinin nedenleri başlıca, aşırı kıyı erozyonu ve kıyı kumlarının bilinçsiz kullanımı, ani değişen yerel atmosferik koşullar, gel-git olayları, sera etkisi, depremlerde oluşan tsunamiler ve antropolojik faktörlerdir. Kıyıların bilinçsizce kullanımı ve artan kıyı inşaatları kıyı çizgisi boyunca erozyona neden olabilir. Bu durum da bazı bölgelerde 15 cm/100 yıl gibi östatik bir yükselmeye neden olabilir.

Mevsimsel değişiklik gösteren ani ve karmaşık atmosferik olaylar, örneğin atmosfer basıncının değişimi, etkili kıyı bölgesi rüzgarları, bu rüzgarların oluşturduğu akıntılar, deniz suyu sıcaklığındaki ani değişimler, düzensiz yağmur ve akarsu boşalmaları da deniz seviyesinin kısa süreli değişimine neden olabilirler.

Gel-git, 24 saat 50 dakika süreli bir Ay günü sırasında etkili olan, iki kez su kabarması ve iki kez su gerilmesi olayıdır. Gelgit olayı, körfez ve koylarda, boğazlarda, haliç ve nehir ağızlarında ve buralara benzer dar yerlerde oldukça belirgindir. En büyük değerini Ay-Dünya-Güneş aynı doğru üzerinde sıralandıklarında, en düşük değerini ise Ay ve Güneş'in Dünya'ya göre 90 derecelik açı altında buldukları zaman alır.

Gel-git olayının önemsiz sayıldığı Akdeniz ve Meksika Körfezi'nde dahi deniz seviyesi değişimi 20-30 cm düzeyine kadar ulaşabilmektedir. Kanada'nın Fundy Körfezi'nin Atlantik kıyılarında, kabaran deniz suyunun yüksekliği denizden içeriye gidildikçe, 7.6 metreden 16 metreye kadar çıkmakta, bu arada körfez akıntılarının hızı saatte 25 km'yi bulmaktadır.

Sera etkisi nedeniyle hava sıcaklığının artması ile kutuplarda buzulların erimesinin deniz seviyesini yükselttiği son yıllarda ortaya atılan önemli görüşlerden birisidir. Artan CO₂ girdisi küresel ısınmaya neden olmakta, bu da daha fazla buzulun erimesine ve dolayısıyla deniz seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır. Atmosferik CO₂ miktarının yüzyılımızın başından beri %25 oranında arttığı belirlenmiştir. Son 220.000 yıllık deniz seviyesi değişimleri incelendiğinde, atmosferdeki CO₂ miktarının buzularası dönemlerdeki oranının buzul dönemlerine göre %50 daha fazla olduğu, buzullarda yapılan sondajlardan elde edilen verilerle saptanmıştır (Lorius ve diğ., 1990).

Deprem sonrası oluşan deniz kabarması özellikle kıyı bölgelerde yüksek dalgalar (tsunami) şeklinde deniz seviyesini yükseltmektedir. Tarihte Pasifik Okyanusunda deprem dalgalınının 30 metreye yükseldiği ve bazı adalarda yerleşim merkezlerini sular altında bıraktığı bilinmektedir.



Son yüzyılın ortalarında deniz kenarlarında insan aktivitelerinin artması (liman, balıkçı barınakları, turizm tesisleri gibi) denizel ortama gelen sediman yüklerinde azaltmalara ve kıyı çizgilerinin değişmesine neden olmaktadır. Batı Afrika'da bulunan Nijer, Volta, Tana gibi nehirlerin üzerine yapılan barajlar denize gelen sediman miktarını azaltarak denizin hızla karaya doğru ilerlemesine neden olmuştur (Awaska and Ibe, 1993). Yine aynı şekilde, hidrolojik döngünün antropolojenik olarak değiştirilmesi deniz seviyesini değiştirmiştir.

Deniz seviyesi değişimlerinin araştırılma çalışmaları son yirmi yıldan beri giderek artmaktadır. Bu çalışmalarda birçok değişik yöntem kullanılmaktadır. Gel-git seviyelerinin ölçümleri, dalga aşındırma yüzeylerinde yapılan çalışmalar, resifal canlılarda yürütülen incelemeler, oksijen ve karbon izotopu çalışmaları, sismik sekans stratigrafisi, polen dağılımı çalışmaları, eski top-



arak (paleosol) yayılımı su üstünde veya altında kalmış arkeolojik yapılar bu çalışmalardan bazılarıdır.

Günümüzde deniz seviyesi doğal faktörlerin etkisi ile yükselme eğilimindedir. Bilinçsizce ya da yeterli araştırmalar olmadan yapılan insan aktiviteleri ise bu yükselmeyi hızlandırmaktadır. Kıyı kullanım alanlarının belirlenmesi ve korunması için deniz seviyesi değişimlerini saptamak ve insan faktörleri ile oluşan hızlandırmayı durdurmak için şimdiye kadar ülkemizde ciddi çalışmalar yapılmamıştır. Günümüzde gözlenen ve insan kaynaklı faktörlerin hız kazandırdığı deniz seviyesi yükselminin ileriki yıllarda da devam etmesi kaçınılmaz olacaktır. Bu tür yükselmelerden etkilenmemek için geliştirilen koruma yapıları da kısa süreli çözümler olarak kalmaktadır.

Kaynaklar

Awasiika, L.F. and Ibe, C.E., 1993. Anthropogenic Activities Affecting Sediment Load Balance Along the African Coastline. In

Awasiika, L.F. Ibe A.C. Shroder, P. (Eds) Coastlines of Western Africa. Published by American Society of Civil Engineers, 26-39.

Bartholin, T.S., 1989. Dendrochronology in Sweden. In: Morner N.A. and Karién W.(Eds). Climatic Changes on a yearly to millennial basis. D. Reidel P.C. Dordrecht, 261- 262.

Brückner, E., 1890. Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit, 'Geographische abhandlungen', IV, 2, 153- 184.

Hansom, J. D., 1988. Coasts. Cambridge University Press, Cambridge, London.

Lorius, C., Jousel, J., Raynaud, D., Hansen, J., and Hagee, V.L., 1990. The Ice-Core Record: Climate Sensivity and Future Greenhouse Warming. Nature, 347, 139 - 145.

Marabini F. and Veggiani A., 1991. Evolutionary Trend of The Coastal Zone and Influence of The Climatic Fluctuations. Proceedings C.O.S.U.11, Longbeach 1991, California, 459- 474.

Yaşar, D., 1996. Holosen Paleoceanographic Evolution of the Aegean Sea. International Earth Sciences Colloguium on the Aegean Region. Proceedings Volume 1: 331- 346.

BUZULLAR



Günümüzden 10.000 yıl öncesine kadar Dünya yüzeyinin yaklaşık üçte birinin buzullarla kaplı olduğunu biliyor muydunuz?

M. Akif Sarıkaya
HÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
sarikaya@hacettepe.edu.tr

Yerküremiz her zaman bugünkü kadar sıcak değildi. Pleistosen döneminde, yani günümüzden 1.6 milyon yıl öncesi ile 10.000 yıl öncesi arasındaki zamanda, dünyamız tam anlamıyla bir buz çağı yaşıyordu. Dünya yüzeyinin üçte biri olan yaklaşık 45.2 milyon km² alan buzullarla kaplıydı. Dünya o zamandan sonra genel bir ısınma evresine girdiyse de, günümüz coğrafyasında bu oran %10 kadar olup küçümsenmeyecek bir miktardadır.

Aslında Türkiye gibi orta enlemlerdeki ülkeler için günümüzde buzullardan söz etmek fantastik bir macera filminin o hayal bile edilemez atmosferinde gezinmeye benzer. Ancak "Büyük Buzul Çağı" olarak adlandırılan Pleistosen'de ülkemizin hemen hemen tüm yüksek dağları buzullarla kaplıydı. Bu buzulların bıraktıkları izleri bu bölgelerimizde yapılan çalışmalardan görüyoruz. Günümüzde Ağrı,

Günümüz Buzul Alanları

Antarktika	12.653.000 km ²
Grönland	1.802.600
Kuzeydoğu Kanada	153.200
Orta Asya Sıradağları	124.500
Spitsbergen Bölgesi	58.000
Diğer Kutup Adaları	54.000
Alaska	51.500
Güney Amerika Sıradağları	25.000
Batı Kanada Sıradağları	24.900
İrlanda	11.800
İskandinavya	5.000
Alpler	3.600
Kafkaslar	2.000
Yeni Zelanda	1.000
ABD (Alaska hariç)	650
Diğer Bölgeler	~800
Toplam	14.970.550

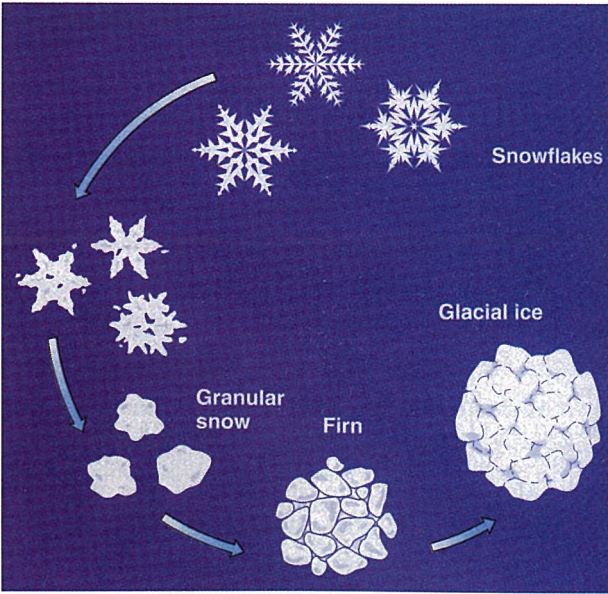
Buzulların toplam hacmi: 28-35 milyon km³

Süphan ve Erciyes volkanları ile Cilo Dağları ve Kaçkarlar'da Pleyistosen'deki kadar geniş alanlar kaplamasa da güncel buzullar bulunmaktadır.

Peki Kuvaterner jeomorfolojisine bugünkü görünümünü vermiş olan buzullar hakkında ne biliyoruz? Gelin isterseniz buzulların ve buzul çökellerinin oluşumunu ve yeryüzünü nasıl şekillendirdiklerini inceleyelim.

Buzul Nedir?

Bir bölgeye mevsimler boyunca yağın karın hiç ermediğini veya az miktarda erdiğini düşünelim. Yani yağın kar miktarı, eriyen veya buharlaşan kar miktarından fazla olsun. Bu iklim koşullarında zamanla biriken kar taneleri basıncın etkisiyle önce "firn" veya "neve" adı verilen kar kümelerine, daha sonra buza dönüşecektir. Yağışlarla gelen heksagonal kar kristallerinin yoğunluğu yaklaşık 0.1 g/cm^3 iken nevenin yoğunluğu 0.8 g/cm^3 , buzun yoğunluğu ise 0.9 g/cm^3 'e kadar çıkar. Bu nedenle zamanla ağırlaşan ve en az 40 metre kalınlığa ulaşan buz kütleleri, tutundukları yerde kalamaz ve yerçekimi etkisiyle eğim boyunca hareket etmeye, yani akmaya başlar. İşte, harekete geçen bu buz kütlelerine "buzul" adı verilir.



Yere düşen kar kristallerinden itibaren buzul oluşum safhaları.

Buzulların akış hızları bölgeden bölgeye değişmektedir. Günlük ortalama hızları 10 cm kadar olan buzulların zaman zaman 130 metre gibi olağanüstü hızlara da eriştikleri bilinmektedir.

Buzul Çeşitleri

Buzullar genel olarak ikiye ayrılırlar: Vadi buzulları ve kıta buzulları. Vadi buzulları, adından da anlaşılacağı gibi vadiler boyunca gelişmiş buzullardır. Alpin tipi buzullar olarak da ifade edilen bu tip buzullar, bir vadi boyunca

vadinin eğimi yönünde aşağıya doğru hareket ederler. Bu tür buzul kütleleri genellikle fazla yayılım göstermezler. Ancak çok büyük boyutlara da ulaşabilirler. Örneğin, Alaska'daki Bering buzulu 200 km uzunluğa sahiptir. Kanada'daki Salmon buzulunun kalınlığı ise 500 metre kadardır.

Bir diğer buzul çeşidi ise kıta buzullarıdır. Kıta buzulları çok geniş alanlar kaplarlar ve vadi buzullarından farklı olarak topoğrafya tarafından kontrol edilemezler. Bazen bir kıta kadar geniş bir alanı kaplayan bu tip buzullarda hareket, merkezden itibaren kenarlara doğru gerçekleşir. Örtü buzulları da denilen bu tip buzullardan günümüzde sadece iki adet kalmıştır. Bunlar Antarktika ve Grönland'da bulunmaktadır. Bu bölgelerdeki buzulların kalınlığı merkezlerinde 4200 metreyi aşar ve kenarlara doğru incelerek tüm kara parçasını kaplar.

Pleistosen boyunca kıta buzulları çok daha geniş alanlar kaplıyordu. Kuzey yarımkürenin yarısından fazlası kıta buzullarıyla örtülüydü. Bu tip buzulların bıraktıkları izlere Kanada, Kuzey Amerika, Sibiryaya, Kuzey ve Orta Avrupa'da rastlanmaktadır.

Jeolojik Bir Süreç Olarak Buzullar

1800'lü yıllarda daha buzullaşma teorisi ortaya atılmadan önce, Almanya'da bulunan İskandinavya kökenli dev kaya parçalarının 1500 km yolu aşmış da Almanya'nın ortalarına kadar nasıl geldiği hep merak konusuydu. Bazen küçük bir ev boyutundaki bu devasa blokları buraya kadar taşıyabilecek muazzam kuvvet acaba ne olabilirdi?

Erratik bloklar

Buzullar da akarsular ve rüzgarlar gibi yeryüzünde aşındırma, taşıma ve biriktirme süreçlerini gerçekleştiren etkenlerden biridir. Ancak diğerlerine kıyasla buzullar daha kısa sürede çok daha fazla miktar ve boyutta malzeme taşıyabilir ve çökeltirebilirler.



Buzulların oluşumunda, ilerlemesinde veya geri çekilip yok olmasında iklim şartları birincil etkindir. Bugün bir çok buzulun ilerleyip sonra geri çekilip yok olduğunu ve daha sonra defalarca tekrar oluştuğunu, yapılan çalışmalardan anlamaktayız. Bize bu ipucunu, eski çağlarda oluşmuş buzulların aşındırma ve biriktirme şekilleri vermektedir.

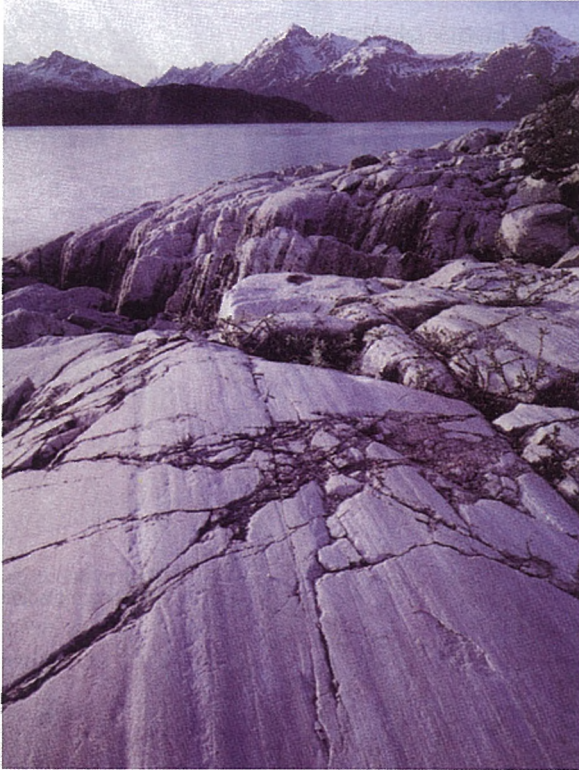
Aşındırma Şekilleri

Dünya üzerinde en etkileyici manzaralar genellikle vadi buzullarının oluşturduğu yer şekillerine aittir. Bu gibi bölgelerin çoğu günümüzde koruma altına alınmış ve milli park ilan edilmiştir. Bu tip göz alıcı ve etkileyici yer şekilleri buzulların ne kadar şiddetli bir aşındırma faaliyetine sahip olduklarının birer işaretidir.

Aşındırma şekillerinin en bilineni tekne vadiler veya diğer bir ifadeyle U-şekilli vadilerdir. Akarsuların oluşturduğu V-şekilli vadilerden farklı olarak buzul vadilerinin tabanları konkav ve kenarları diktir.

İskandinav ülkelerinin bilinen tipik topoğrafyasını oluşturan fiyortlar aslında Pleistosen boyunca bu bölgelerde oluşmuş ve denize doğru akmış buzulların oluşturduğu U-şekilli tekne vadilerdir. Bugün denizin bastığı bu vadilerin derinlikleri bazı yerlerde 1000 metreyi aşmaktadır.

Vadi buzullarının depolandığı alanları oluşturan buz yatakları (sirk), vadi kenarlarındaki törpülenmiş yüzeyler, aretler, boynuzlar (horn), hörgüç kayalar, ütü taşları, buzul kayaçları üzerinde gözlenen ve buzulun hareket doğrultusu veya yönü hakkında bilgi veren



Buz yalağı

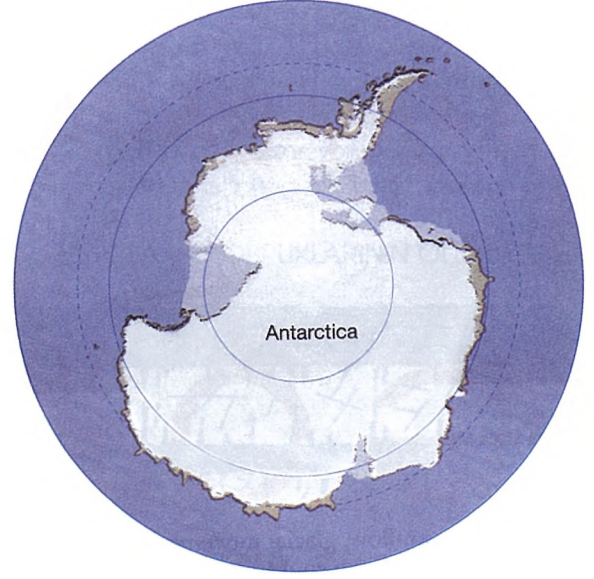
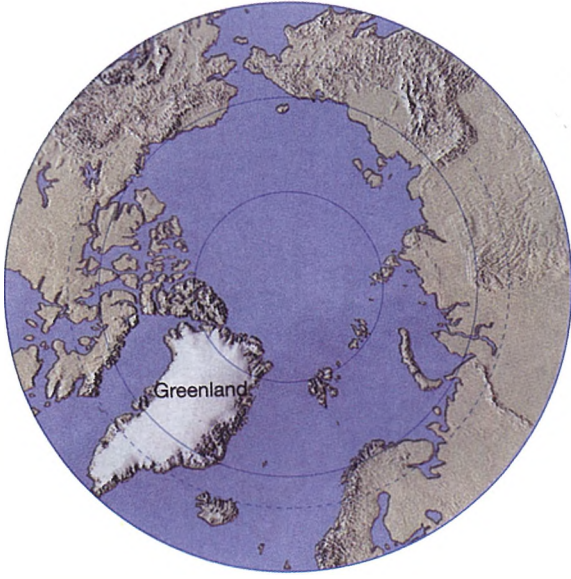
buzul çizikleri, çentikleri ve kertikleri buzulların oluşturduğu diğer aşındırma şekillerindedir.

Biriktirme Şekilleri

Bazen buzulların biriktirdiği çökeller çok geniş alanlar kaplarlar. Örneğin; bugün Almanya, Polonya ve Rusya'da bulunan kalın buzul çökelleri, İskandinavya'yı törpüleyen buzullar tarafından bu sahalara taşınmıştır. Yapılan hesaplamalara göre bu çökellerle bütün Baltık Denizi'ni ve İskandinavya göllerini doldurmak ve hatta İskandinavya Yarımadası'nı 25 metre kalınlıkta bir tabaka ile kaplamak mümkündür. Buzulların geçtikleri yerlerde bıraktıkları izler aynen bir buldozerin bıraktığı izler gibidir. Her boyutta ve şekilde malzeme sanki bir inşaat çukurunun kenarında biriktirilmiş gibi düzensiz ve gelişigüzedir. Buzullarla birlikte veya onlar çekildikten sonra gelişen süreçlerle bu malzeme tekrar depolanabilir. Genel olarak buzul çökellerini iki grupta incelemek mümkündür: Tabakalanma göstermeyen çökeller (fill) ve belirli bir tabakalanma yapısı gösteren çökeller.

Herhangi bir tabakalanma göstermeyen, boylanmamış, doğrudan doğruya buzulun kendisi tarafından depolanmış buzul çökellerine "till" adı verilir. Tillerin oluşturduğu yer şekillerine ise "moren" adı verilir. Fransız Alpleri'nde yaşayan köylülerin etraflarındaki tepecikleri isimlendirmede kullandıkları moren kelimesi, daha sonra buzul terminolojisinde yaygınlaşarak kullanılmaya başlanmıştır.

Oluşum şekillerine, morfolojilerine veya buldukları yere göre isimlendirilen bir çok moren türü mevcuttur. Örneğin yan morenler, buzul vadilerinin yan kısımlarında bulunurlar. Orta morenler, iki buzul vadisinin birleşmesiyle oluşan ana vadinin ortasında, cephe morenleri buzulun ön kısmında, taban morenleri buzul vadisinin tabanında yer alırlar.



Buzullar Hakkında İlginç Bilgiler

- Günümüzde dünyamızın %10'u buzullarla kaplıdır.
- Buzullar dünyanın temiz su kaynaklarının %75'ini barındırırlar.
- Antarktika'daki bazı bölgelerde buzulların kalınlığı 4200 metreyi aşar.
- Dünya üzerindeki tüm buzulların eridiğini düşünürsek deniz seviyesi yaklaşık 70 metre yükselecektir. Bu da dünya nüfusunun yoğun olduğu bir çok kentin sular altında kalması demektir.
- Buzullar içindeki kristaller bir tenis topu kadar büyüyebilir.
- Buzullar içlerinde çok küçük hava kabarcıkları içerirler. Bu durumda buzul beyaz bir renkte görülür. Yıllar geçtikçe basınç etkisiyle yoğunlaşan buzul içinden bu hava kabarcıkları çıkınca buzul mavimsi bir renk alır.
- Buzullar içinde kalmış hava kabarcıkları özel sondajlama teknikleri ile çıkarılarak incelendiğinde, oluştukları iklim koşulları hakkında bilgiler verirler.
- Pakistan'daki Kutiah buzulu en yüksek hızına 1953 yılında ulaşmıştır. Bu alanda bir rekor sayılabilecek bu hız, üç ayda 12 km'dir. Yani günde yaklaşık 130 m.
- Aysbergler kıta buzullarından koparak denize açılan parçalardır. Bu buz kütleleri gemiler ve çevre ülkeler için hala büyük tehlike oluşturmaktadır. Güney kutbundaki Antarktika buzulundan kopan bazı aysberglerin uzunluğu 80 km'yi bulur.
- Aysberglerin sadece %10'u suyun üzerindedir. Geriye kalan %90'ı suyun altında kalır.
- Pleistosen'den sonra iklim genel bir ısınma evresine girse de, Holosen boyunca birçok küçük buzul çağları oluşmuştur. Bunlardan en bilineni ve en sonuncusu 1500'lü yıllardan 1800'lü yıllara kadar devam eden Küçük Buzul Çağı (Little Ice Age)'dir.

Gerileme morenleri, erime morenleri ve tümseksi morenler ise diğer moren türlerinden birkaçıdır. "Drumlinler" ise genellikle kıta buzullarının oluşturduğu uzunlamasına tepecikler şeklinde bulunan buzul birikintileridir.

Bazı buzul çökelleri buzullarla birlikte veya buzullaşmadan sonra gelişen diğer süreçlerle ilişkili olarak depolanmışlardır. Bu gibi çökeller genellikle tabakalanma gösterirler ve belirgin bir derecelenme ve boylanmaya sahiptirler. Buzulların altında akan ırmakların çökelttiği sedimanlardan oluşan "ekserler", artakalmış ölü buz kütlelerinin daha sonra eriyerek ortadan kalkması ile oluşan çöküntüler, buzullardan eriyen suların oluşturduğu nehirlerin biriktirdiği sedimanların oluşturduğu "sandurlar", buzullarla ilişkili deltalar ve varırlı göl depoları bu gibi buzul çökellerindedir.

Gördüğümüz gibi buzullar Kuvaterner boyunca yer şekillerini biçimlendiren en önemli etkilere sahiptir. Her ne kadar ülkemizde bu etkilerin izleri geniş alanlar kaplamasa da, Dünya'nın diğer coğrafyalarında bu gibi alanlar azımsanamayacak kadar genişler.

Kaynaklar

- Monroe, J.S. ve Wicander, R., 1998. Physical Geology; Exploring the Earth, 3rd. Ed., Wadsworth Publishing Company, USA, 646 p.
- Tarbuck, E.J. ve Lutgens, F.K., 1997. Earth Science, Prentice Hall, New Jersey, 639 p.
- Tarbuck, E.J. ve Lutgens, F.K., 1990. The Earth: An Introduction to Physical Geology, 3rd ed., Merrill Pub. Comp., London, 651 p.
- Eriş, S., 2001. Jeomorfoloji II, Der yayıncıları, İstanbul, 483 s. <http://nsidc.org> (National Snow and Ice Data Center web sayfası)

MAY BARAJINA

DÜŞEN ÜÇ GÖKTAŞI



Kızören Obruğu

Doğa olaylarını bilgisizlik nedeniyle akıl yoluyla açıklayamayan insanoğlu, çoğu zaman hayal ürünü boş inanışlara sığınmıştır. Konya'daki May Barajında meydana gelen çöküntülerin, Ahmediye Köyü sakinlerince açıklanışı da bu bakımdan ilgi çekicidir.

D. Doğu Ateş
A.Ü. DTCF Fiziki Coğrafya Anabilimdalı Öğrencisi
ddates@mynet.com

Ülkemizin önemli mühendislik şaheserlerinden(!) birisi olan May Barajı, Konya'nın güneyinde, May Deresi üzerinde yer almaktadır. 2002 yılının Ağustos ayı sonunda, yazılı ve görsel basın tarafından kamuoyuna May Barajı göl sahasına üç tane göktaşının düştüğü duyuruldu. Haberlere göre, olay yerinde köyliüler tarafından göktaşı çarpması sonucunda oluştuğu söylenen bir takım çukurlar ortaya çıkmıştı.

Düzgün bir hat boyunca 30-40 m aralıklarla oluşmuş olan bu çukurlar büyükten küçüğe doğru sıralanmışlardır. En büyük çukur 50 metre çapında olup, yüzeyden 8 metre derinde bir gölle kaplıdır. Ortancası ise 10-15 metre çapında olup, göl seviyesi diğer büyük çukurla aynıdır. Küçük olan ise 5 metre çapındadır, göl seviyesi ise diğerlerinden farklı olarak yüzeyden birkaç santimetre aşağıda yer alır. Eylül ayı sonunda, suları bulanık olan gölcüklerin su seviyesinin May Deresi tarafından getirilen sularla yükselmiş olduğu gözlemlenmiştir.

Bölge halkı tarafından basına bilinçli olarak yanlış aksettirilen olay, yöredeki morfodinamik süreçlerle yakından ilişkilidir. Aslında bu olaylar, karstik arazilerde sıkça rastlanan ve bu yönüyle önemli risk oluşturan çökme olaylarından başka bir şey değildir. Böyle çökme olayları sonucunda oluşan, genellikle daire veya elips şeklinde olan, bazılarının içerisinde su bulunan, bu çöküntülere obruk adı verilmektedir. Obruk kelimesi de Türkçe'deki "opmak" fiilinden (çökmek- uçmak anlamında) türemiştir. Böyle karstik çökme olaylarına Konya Ovası'nın güneyi, batısı ve kuzeyindeki Obruk Platosu'nda sıkça rastlanmaktadır.

1955 yılında yapımına başlanan May Barajı, 1960 yılında tamamlanmıştır. Barajda su tutulmaya başlandıktan kısa bir süre sonra, barajdaki su seviyesi 6,7 metre düzeyine ulaştığında, baraj bir anda boşalmış, su seviyesi göl tabanına inmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda baraj göl alanında 33 tane düden olduğu tespit edilmiştir (Öncü, 1978). Daha sonra bu düdenler çeşitli yöntemlerle kapatılmaya çalışılmış, ancak düdenlerin sayısı gün geçtikçe artmıştır. Sonunda May Barajı yanlış baraj yeri seçiminin iyi bir örneği olarak kendi haline terkedilmiştir.

Kalsiyum karbonatlı ve sülfatlı kayaların yer aldığı arazilerde, sular bünyesinde bulunan karbondioksitin etkisiyle kayaları erit-



Taşkale (Karaman) güneyinde oluşmuş bir çökme dolini

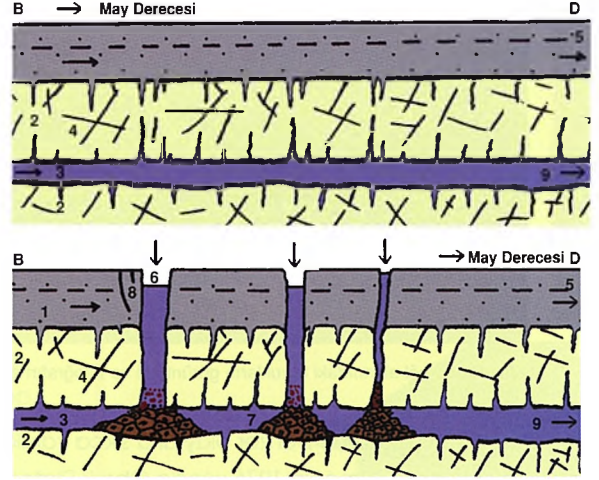
mektedir. Böylece o bölgede eriyebilen kayalara özgü, farklı bir topoğrafik yapı ortaya çıkmaktadır. Bilindiği gibi karstik yer şekilleri olarak adlandırılan bu yapılar, ülkemizde de geniş alanlarda görülmektedir. Bu sahaları, normal topografyaya sahip alanlardan ayıran en temel özellik karst sahalarının geniş bir yeraltı drenajına ve doğal olarak da büyük mağara sistemlerine sahip olmasıdır. Karstik arazilerde genellikle yüzeyde su bulunmazken, yeraltında büyük yeraltı ırmakları görülebilmektedir. Yeraltında hareket halinde bulunan karstik yeraltısuları, kimyasal ve kısmen fiziksel aşınım yoluyla bu mağaraları genişletmektedir. Bu genişleme ve aşınım, çatlak sistemleri, tektonik ezik zonlar ve fayların yardımıyla mağara tavanlarının çökmesine ve karst pencerelerinin açılmasına neden olmaktadır. Böyle ilginç oluşumlara en güzel örnek Mersin'deki Cennet ve Cehennem obruklarıdır.

Dünya literatüründe çökme dolini olarak adlandırılan bu yer şekillerine, ülkemizde "obruk" adı verilmektedir. Aslında ülkemizdeki obruklar çökme dolini kavramının dar sınırlarından daha geniş özelliklere sahiptir. Bu bakımdan yukarıda kısaca anlatılan oluşum mekanizması tüm obrukları bağlayıcı nitelikte değildir. Ancak bir obruğun oluşabilmesi için en önemli faktör kireçtaşı eritici nitelikte ve akış halinde olan yeraltı suyudur. Ayrıca yeraltısuyu seviyesi zaman içerisinde fazla değişim gösteriyorsa, bu durum obruk oluşumunu hızlandırıcı etki yapmaktadır. Obruk Platosu'nda yer alan obrukların Konya Havzasından Tuz Gölü havzasına doğru hareket eden karstik yeraltı suyunun etkisiyle oluşan karst boşluklarının ortaya çıkmasıyla oluşan karst pencereleri olduğu daha önce kanıtlanmıştır (Erol 1991). Ayrıca daha önce belirtmiş olduğumuz gibi, obrukların oluşumunda tektonik hatların da önemli olduğu belirlenmiştir.

Volkanik faaliyetlerin ve kaynağını volkanik kayaların olduğu sahalardan alan akarsuların, karstlaşmayı hızlandırdığı da bilinmektedir. Bilhassa volkanik kayaçla-

rın içerisinde bulunan demir bileşikleri (başta pirit), kireçtaşının daha hızla erimesine neden olmaktadır. May Deresi de kaynaklarını Erenler-Alacadağ volkanik kütesinden almaktadır. Dolayısıyla, karbonatlı kayaların bulunduğu bölgeyi besleyen sular, volkanik arazilerden aldığı kimyasallar sayesinde sahadaki erimeyi hızlandırmaktadır.

MAY BARAJI OBRUKLARININ OLUŞUMU



May Barajı göletinde oluşan obrukların şematik görünümü; 1.Alüvyon 2.Mezozoyik kireçtaşı 3.Karstik yeraltı suyu 4.Karstik erime boşlukları ve diaklazlar 5.Alüvyonlar içerisindeki taban suyu 6.Obruklardaki su seviyesi 7.Çökme enkazı 8.Rotasyon çatlakları 9.Akış yönü

Obruklardan karstik yeraltısuyu seviyesine kadar ulaşabilenler göllü, ulaşamayanlar ise kuru obruk olarak adlandırılmaktadır. Böyle göllü obruklara en güzel örneklerden biri May Barajı yakınlarındaki Apasaraycık Obruğudur.

Ülkemizde yer alan obruklarla ilgili ilk ciddi çalışma Sırrı Erinç'e aittir. Konya-Karapınar'daki Kızören Obruğu üzerine yoğunlaşan Erinç (1960), obruğun 145 metre derinliğinde olduğunu içerisinde 5.7 milyon m³ su depo edildiğini belirtmiştir. Erinç, obruğun bir mağaranın tavanının çökmesi ile oluştuğunu belirtmektedir.

May Barajında 2002 yılı Şubat ayı sonlarında yaşanan üç yeni obruk oluşumu yukarıda sözü edilen karstik olaylarla ilgilidir. Barajın yapımından bu yana söz konusu sahada pek çok güncel obruk oluşmuştur. Birbirlerini bir çizgisellik oluşturacak şekilde takip eden bu üç obruk, burada var olan eski bir tektonik hatta yerleşmiştir. Barajdaki su seviyesi kış aylarında yükselbilmektedir. Baraj gölünde seviyesi yükselen suyun oluşturduğu hidrolik yükün artması sonucunda, zemin basıncı artmış, böylece çökme süreci hızlanmış olmalıdır.

Karst sahalarının potansiyel risklerinin başında çökme ve oturma(subsidence) olayları gelmektedir. Üçte biri karstlaşmaya uygun kayalarla örtülü olan Türkiye'de,



May Barajı göl alanındaki obrukların görüntüsü ve fotoğrafın sol tarafında May barajının suları

May Barajındaki benzer olaylarla sıkça karşılaşmak mümkündür. Örneğin 1976 yılında Obruk Platosu üzerindeki Akören Yaylasında 60 metre derinliğinde göllü bir obruk oluşmuştur. Yine yörede 1977'de Sekizli Yayla'da, 1978'de Nebili Köyü'nde, yakın zamanda Büyükburnak ve Başgötüren yakınlarında güncel obruklar oluşmuştur. Bu çöküntüler, şekilleri ve aniden ortaya çıkabilmeleri nedeniyle bazı kimseler tarafından göktaşı çukurlarına benzetilseler de, ya da May Barajında olduğu gibi sırf kamuoyunun ilgisini çekmek amacıyla göktaşı çarpması olarak anlatılsalar da göktaşı çarpması ile bir ilgileri bulunmamaktadır.

Kaynaklar

Erinç, S. 1960. Konya Bölümünde ve İç Toros Sıralarında Karst Şekilleri (On the Karst Features in Turkey). Türk Coğrafya dergisi. 10. 33-106.

Erol, O. 1991. Konya-Karapınar Kuzeybatısındaki Obrukların Jeomorfolojik Gelişimi İle Konya ve Tuzgölü Pluvial Gölleri Arasındaki İlişkiler. İÜ Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni. 7. 5-49.

Öncü, İ. 1978. Konya May Barajı Su Kaçakları Fizibilite Raporu. DSİ Jeo. Hiz. Ve Yeraltı Suları Dairesi (Yayınlanmamış).



May Barajında oluşan obruklardan en büyüğünün yakından görünümü

DEDEKTİF JEOLOGLAR

Yıl 1908; Almanya, Bavyera'da Margaethe Filbert cinayeti ile ilgili olarak bir adam gözlem altında tutuluyordu. Şüphelinin ayakkabısındaki çamurun araştırılmasında, Frankfurt'ta bir kimyager ve jeolog olan Georg Popp, kötü ün yapmış olayın çözülmesine yardımcı olmak amacıyla jeolojiji kullandı.

Şüphelinin karısı, suçtan bir gün önce kocasının ayakkabılarını büyük bir özenle temizlediğini doğruladı. Ayakkabılara, topuğun önündeki deri kısmına üç kat toprak yapışmıştı. Popp, en içteki tabakanın, en eski olduğu sonucuna vardı. Bu tabaka, kaz dışkıları ile diğer malzemeleri içeriyordu ve şüphelinin evinin çevresinden alınan örneklerle aynıydı. İkinci katta bulunan kırmızı kumtaşı parçaları ve diğer partiküller, kurbanın vücudunun bulunduğu yerden alınan örneklerle karşılaştırıldı. Tuğla, kömür tozu, çimento ve diğer malzemeleri içeren en sonucusu ve bundan dolayı da en yenisi, şüphelinin silahı ve elbiselerinin bulunduğu bir binanın dışından alınan örneklerle uyuyordu.

Sanık, suçun işlendiği gün kendi arazisinde dolaştığını iddia etti. Yalanı tutmadı: O bölgenin altı süt kuvarısı içeren porfirler ile kaplıydı ve toprak o gün yaştı. Fakat Popp sanığın ayakkabılarında sözü edilen bu tür bir malzemeyi bulamadı. Olay adamın suçlu bulunmasıyla kapandı.

Aynı tür kanıtlar bugün devam eden suç davalarında da kullanılıyor. Popp iki numune dizisini karşılaştırmış ve suçla ilişkili iki mizanzen tanımlamıştı. Suçun teorisi ile olaylar zincirinin tutarlı olduğunu doğruladı ve sanığın suçun işlendiği sırada başka yerde olduğunu destekleyen hiç bir kanıt bulunmadığını söyledi. Böylece Popp adli jeoloji bilimi için sağlam bir temel atmış oldu. Bunlar, artık günümüzde, şüpheliyle ilgili olan suç senaryolarındaki numunelerin karşılaştırılmasını içeren adli ve sivil davalarda gittikçe artan bir oranda oldukça geniş alanlarda kullanılmaktadır.

Adli jeoloji gelişimini, aynı zamanda 1910 yılını takip eden yıllarda Fransa polisi için çalışan ve mineralleri kapsayan bazı olaylarda çalışmış Fransız suç uzmanı Edmond Locard'a büyük minnet borçludur. Edmond Locard "Eğer iki insan veya iki nesne bir araya gelirse, malzemeler karşılıklı yer değiştirir" şeklinde açıklanan Transfer



Yeryüzü malzemelerinin farklılığı, yatay ve dikey yöndeki hızlı değişimi, kusursuz ayırım yapma imkanı verir ve bu sayede de kanıtsal bir değer taşır.

Çeviri: Sermin Özsayın
H.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü
skocer@hacettepe.edu.tr



Prensibini ortaya koymuştur. Eğer siz çamur içinde yürümüşseniz, ayakba-balarınızda çamur bulunur ve ayakba-banızın küçük bir izi zemine geçer.

Yeryüzü malzeme-lerinin farklılığı, yatay ve dikey yön-deki hızlı değişimi, kusursuz ayırım yap-ma imkanı verir ve bu sayede de ka-

nıtsal bir değer taşır. Farklı özellikteki toprak sayısı ile gözlem ve ölçüm sayıları, bizim onlar üzerinde sınırsız çalışma yapmamıza yardımcı olur (örneğin, rengi, şekli ve mineralojisiyle birleştirilmiş kumun tane boyutu ve tane boyutu dağılımı). Bunu ilk düzeydeki her jeoloji öğrencisi bilir. Sadece kayaç türleri içinde, ta-nımlanabilir ve tanınabilir neredeyse sonsuz sayıda magmatik kayaç vardır. Kayaçların farklı renkleri, mi-neralojisi, dokusu ve diğer karakteristik özellikleri, onla-rı tanımlamada kullanılır. Bizim ölçüm ve gözlem yete-neğimizle birleştirildiğinde, bize ayırt etme gücünü ve-ren işte yeryüzü malzemelerinin bu farklılığıdır.

Milyonlarca yıllık bu düzen, farklı bölgelerde farklı toprak türlerinin depolanması ve değişikliğe uğraması süreçlerini oluşturmuştur. Topraklar düzenli olarak değişmezler; ani bir şekilde değişirler ve aynı alan için-de bile olsa bir tip diğerine benzerlik göstermeyebilir.

Genel Bir Kaynak

Çoğu araştırmada her iki numunenin ortak bir kaynağı olduğuna dair güçlü olasılıklar dizisi tesis et-menin gerektiği bir karşılaştırma söz konusudur. Toprakların mikroskobik olarak karşılaştırıldıkları çalış-malarda, toprakta, el yapımı şeylerin, kimyasalların veya boya ya da fiber parçaları gibi kanıt türlerinin değerini olduğundan daha fazla tahmin edemeyiz. İncele-yenlerin çoğu görsel renk karşılaştırmasıyla örneklerin büyük bir çoğunluğunu eler. Bir binoküler mikroskop, araştırmacının taneleri tanımlamasına ve kanıt kırıntıları ile diğer nesnelere araştırılmasına yardım eder. Pet-rografik mikroskop etkili bir gereçtir, çünkü toprağın kanıtsal önemi, toprağın değişimi ve minerallerinin farkları içinde gizlidir.

Kaliforniya'da, Kaliforniya Maden ve Jeoloji Bölü-mü tarafından rapor edilen 1987 yılında meydana gelmiş oldukça ilginç bir olay, alışılmamış bir olayı gözler önüne sermiştir. Stanley isimli bir adam 1975'te ikinci karısını öldürmekten mahkum edildi ve 4 yıl içe-rde kaldı. 1980 de dördüncü karısını öldürmekten tek-rar suçlu bulundu. Fakat Stanley karısını öldürmeden önceki gün, genç bir kadını yanına alacak ve ona birlikte yürüyüş yapmayı teklif edecek kadar cana yakındı. O da öldürülmüştü ve cansız bedeni etrafı çakıl olan bir petrol kuyusu yakınında bulunmuştu. Stanley'in aracında bulunan toprak, petrol kuyusu-nun çevresindeki alanda bulunan malzemeyle karşı-laştırıldı. Petrol şirketi çakılı 300 mil güneyden getirmiş ve kuyunun yakın çevresine kadar da yaymıştı. Petrol kuyusunun olduğu yere ait yerel malzemeler ve taşı-nmış malzemeler birleştirilip, Stanley'in arabasının ze-min döşemesinden alınan örnekle karşılaştırıldığında sonuç şaşırtıcı derecede benzerlik göstermekteydi. Olaydaki kanıt taşınmış çakıl taneleriydi.

Bazı durumlarda toprak tek fiziksel kanıttır. Kaktüs hırsızlığı Arizona'da büyük bir iştir. Yardımsever bir ara-zi sahibi, satış faturalarını sağlar ve çok sayıda kaktüs federal araziden çıkarılır. Bitkiler bir kere bir otoyol üzerindeyse, büyüdükleri asil yerleri belirlemede sa-dece köklerdeki toprak doğru yolu gösterebilir.

Phillips marka bir tornavidanın ucundaki jips ve di-ğer duvar sıvası malzemeleri, Tokyo'da bir kundakçı-nın mahkum edilmesine yardımcı oldu. Mahkum al-çıyla kaplı evde küçük bir delik açmak için tornavida kullanmıştı. Deliğe az bir miktar benzin döktü ve bir kibrit çaktı.

Adli jeoloji çalışmalarının en ilgi çekici türlerinden biri de bir araştırmaya yardım edilen durumlardır. Bu durumlarda gözlemci kayaç türlerini tanımlar ve orji-nal lokasyonlarını bulmaya çalışır. Toronto'da bir likör dükkanının sahibi, gelen kolileri açtığında bölmelerde İskoç viskisi bulması gerekirken, sürpriz bir şekilde her bir bölmede özenli bir şekilde yontulmuş kayaç par-çalarıyla karşılaştı. Her kayaç parçası yaklaşık olarak dolu bir şişeye aynı ağırlığa sahipti. Bu durum dünya-nın diğer bölgelerinde de zaman zaman ortaya çıktı. Bazı durumlarda kayacın kaynağının tanımlanması araştırmayı gerçeğe taşıdı. Kayaçlar tanımlanabilmiş-ti çünkü temiz ve yontulmuşlardı, belki de bir taş oca-ğında getirilmişlerdi. Jeolojik haritalar kullanılarak, lo-kasyonlar sınırlandırıldı ve taş ocakları gözden geçirildi. Ve araştırma kısa sürede İskoçya'da bitki paketlenme

me işinde çalışan, taş ocağı yakınlarında oturan ve taşları yontmaktan hoşlanan bir adamın yakalanarak mahkum edilmesiyle sonuçlandı. Ne yazık ki nakliye sırasında değerli parçaların yerine kayaçların konması son derece yaygındır.

Toprak Araştırmalarının Eğitimi

Örnekleri kimin, nasıl topladığı konusundaki dikkatsizlik bazı araştırmaların başarısı için kritik öneme sahip olabilir. Önemsiz bir suçtan bir orta doğu şehrinde bir adamı tutuklayan bir polis memuru, şüphelinin omzunu göstererek "Bu kepeğin hayatımda gördüğüm en kötü halii" demişti. O gördüğü kepek değil, diyatumlu topraktı. Önceki gün açılan parçalanmış bir kasanın izolasyon malzemesiyle bire bir karşılaştırıldığında aynı olduğu saptandı.

Toprak kısa mesafelerde hem yatay, hem de düşey yönde değişime karşı son derece duyarlıdır. Civardaki örnekler sadece bölgesel farklılığın değişim aralığını gösterebilir. Karşılaştırılması gerekmeyen örneklerin elimine edilmesi sırasındaki eleme tekniği son derece önemlidir. Bir yüzey örneğinin, bir mezarda 5 feet derinlikten alınan örneklerle karşılaştırılması küçük bir olasılıktır.

Araştırmacıların yetenekleri de önemlidir. Bu, mineraloji bilgisi, mikroskobu etkin olarak kullanabilme ve toprak araştırmalarında kullanılan diğer teknikleri bilmeyi gerektirir. Güney Dakota'daki bir cinayet olayı, dikkatli mineral tanımlaması ve alışılmamış bir araştırmanın önemine dikkat çekmiştir. Cesedin bulunduğu yerden ve şüphelinin aracından alınan toprak örneklerinin her ikisi de bu zullarda bulunan çinko spinel gahnit içeriyordu. Bu mineral güney Dakota'da yaygın değildi ve böylece mükemmel bir kanıt yakalanmıştı.

Yeni Teknolojiler

Yerkabuğu malzemelerinin araştırılmasında ve değerlendirilmesinde yeni teknikler geliştirilmeye devam etmektedir. Kantitatif X-ışını difraksiyonu (XRD), toprak incelemelerinde devrim yarattı. Toprak örneği alabilme ve güvenilir kantitatif X-ışını analiz yeteneği, bu faktörler ve tanımlamalar arasında ayırım yapma gücüne kolaylık sağlayacaktır. Günümüzde, araştırmacılar her minerali mikroskop sayesinde tanımlamaktadır.

Toprak kanıtının önemi ve kullanımı gelecekte daha da artacaktır. Bununla birlikte, bu artış araştırmacıların kusursuz eğitime ve kanıt toplayanlara bağlı olacaktır. Eğer kanıt kusursuz bir şekilde ve tam zamanında toplanmamışsa, hiçbir zaman analiz edilemeyecek ve mahke-

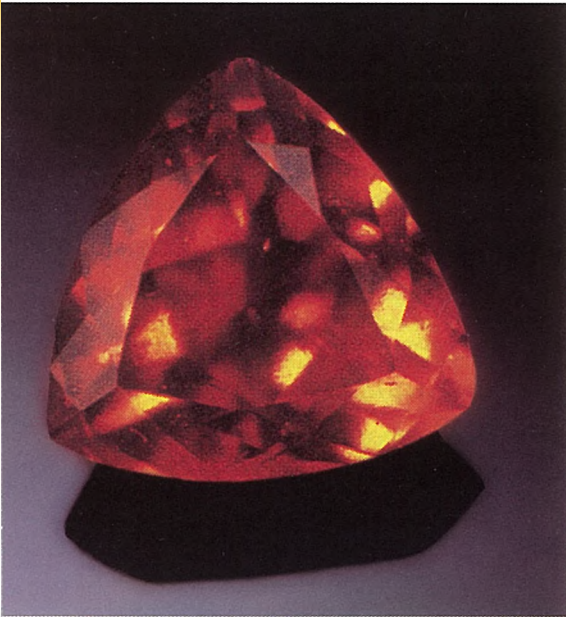
mede sunulamayacaktır. Gelecek toprağın değişimi üzerindeki çalışmalara, geliştirilmiş analitik ve örnekleme metodlarına, daha yetenekli araştırmacılara ve toprağın suçların çözülmesinde artan önemine tanıklık edecektir.

CAMARENA OLAYI

1985'te, Enrique Camarena Salazar isimli bir Birleşik Devletler ajanı, Guadalajara yakınlarında kaçırıldı. Birleşik Devletler Hükümeti, Meksika Hükümeti ve Meksika Federal Adli Polisi'nden (Mexican Federal Judicial Police-MFJP) Camarena'yı bulmalarını talep etti. Bir süre sonra MFJP, Camarena'nın cesedini, gizli gözaltı görevi yaparken kendisine yardım eden bir pilotunkü ile birlikte, Michoacan şehrinde El Mareno çiftliğinde Meksika polisi ile uyuşturucu satıcılarının bölgeleri arasında, vurduğu yerde bulunduğunu bildirdi.

Fakat FBI tarafından, özellikle de adli jeolog Ron Rawalt tarafından yapılan bir araştırma, Camarena'nın cesedinin çiftliğe gelmeden önce başka bir yerde gömüldüğünü gösterdi. İpucu, Camarena'nın mezardan çıkarılan bedenine yapışmış bulunan malzemedeki bir tür tüflü riyolit külü idi. Kül, Camarena'nın esas gömüldüğü yerin belirlenmesinde (çiftlikten uzakta Bosques de la Primavera isimli bir şehir parkında bir mezar) araştırmacılara yardım sağlamıştır. Ceset parktan çiftliğe taşınmıştı ve bu bilgi MFJP'nin araştırmayı yönlendirmesine yardımcı olmuştur

DEĞERLİ TAŞLARDA IŞIK OYUNLARI



Tarih boyunca insanoğlu değerli taşlara, gösterdikleri ışık oyunları nedeniyle çeşitli anlamlar yüklemiş, onları tanrılarına adanmış ve onların büyüdü olduklarına inanmıştır...

Peki onlara olağanüstü görüntüler kazandıran ışık oyunları nasıl oluşmaktadır?

Sanem Açıkalm

Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğrencisi,
sanemacikalın@ayda.com.tr

Tarih öncesi çağlardan günümüze kadar her dönemde insanoğlunun ilgisini çeken değerli taşlar çeşitli özellikleri ile farklı anlamlar kazanmışlardır. İnsanoğlunun değerli saydığı nesnelere tanrılarına, krallarına, soylularına armağan etme geleneğinin de etkisiyle taşlara anlamlar yüklenmeye başlanmıştır; bazıları doğa üstü güçlerin simgesi, bazıları ise tanrısal nesnelere haline gelmiştir. Kedi gözü kuvars, gösterdiği ışık oyunları ile insanları güneş enerjisine sahip olduğuna inandırmış, opal ise sahip olduğu ışık ve renk etkileri ile oluşan muhteşem güzellikteki renkleri ile kendisinin aşk tanrısı Cupid'e adanmasını sağlamış ve Cupid Taşı olarak adlandırılmıştır.

Değerli taşların sahip oldukları oldukça güzel renklerin ve sergiledikleri ışık oyunlarının nedenleri tabii ki ne doğa üstü güçler ne de tanrısal güçlerdir. Kristalografik özellikleri nedeniyle oluşan ışık oyunları, değerli taşın üzerine düşen ışığın yansımaları, kırılması ve girişimiyle meydana gelir. Kedi Gözü Etkisi (Chatoyancy), Yıldız Etkisi (Asterism), Dalga Etkisi (Adulescence), Aventurin Etkisi (Aventurescence), Labrador Etkisi (Labradorescence), Opal Etkisi (Opalization) ve Gökkuşluğu Etkisi (Iridescence) olarak gruplanabilen ışık oyunları, değerli taşın üzerine düşen ışığın oluşturduğu şekle ve etkinin gözlemlendiği minerale göre adlandırılmıştır.

Kedi Gözü Etkisi

Işığın, mineralin içinde bulunan ve birbirlerine paralel konumdaki liflerden, kapanımlardan yansımaları sonucu oluşan kedi gözü etkisinde mineralin sahip olduğu kapanımlar tek bir kristalografik yüzeye paraleldir. Bu etki sonucu oluşan ışık oyunu kedilerin yarıklı şeklindeki gözlerine benzediği için bu isim ile adlandırılmıştır.

Kedi gözü kuvars

Bir mineral düzgün konveks bir yüzeye sahip olacak şekilde kesildiğinde (kaboşon kesim) sahip olduğu lifler, kapanımlar ile mineralin üzerine düşen ışık arasında dik açı meydana gelir. En iyi güneş ışığı altında gözlenen kedi gözü etkisine sahip değerli taşlarda, taş hareket ettirildiğinde dar bir şeridin taşın bir tarafından diğer tarafına hareket ettiği görülür.

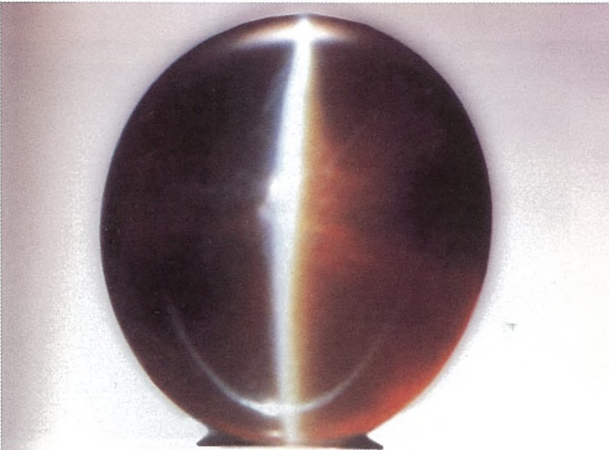


Kedi gözü kuvarsin lifli yapısı

Kedi gözü etkisi en iyi kahverengi tonlarına sahip olan ve kedi gözü kuvars olarak adlandırılan kuvarsta gözlenir. Kedi gözü kuvars asbest liflerinden oluşan kapanımlar içerir ve bu kapanımlar nedeniyle kedi gözü etkisine sahip olur. Bu etkinin gözleendiği diğeri bir değerli taş ise yeşilimsi sarı, sarımsı kahverengi renklere sahip kri-zoberildir. Kuvars ve kri-zoberilin dışında beril, diyoptaz, skapolit, turmalin oligoklaz feldispat (aytaşı) ve zümrüt de bu ışık oyununu sergiler.



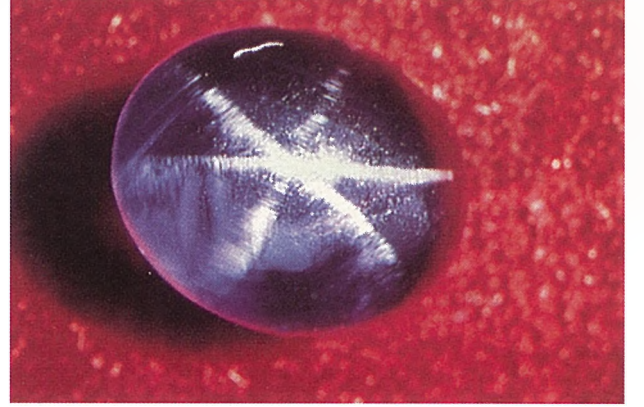
Kedi gözü etkisine sahip kri-zoberil



Kedi gözü etkisine sahip aytaşları

Yıldız Etkisi

Yıldız etkisi de kedi gözü etkisi gibi mineralin içinde bulunan kapanımlar nedeniyle oluşur. Ancak kedi gözü etkisinden farklı olarak, kapanımlar bir kristalografik yüzeye paralel değil, üç kristal yüzeyi boyunca dizilmişlerdir. Bu şekilde oluşan ışık oyunu üçlü kedi gözü şeklindedir ve yıldız etkisi olarak adlandırılır. Kaboşon kesimli minerallerde gözlenen bu etkide mineralin üzerine düşen ışık kapanımlara dik konumdadır ve bu etki en iyi c eksenine dik kesitlerde izlenir.



Yıldız safir

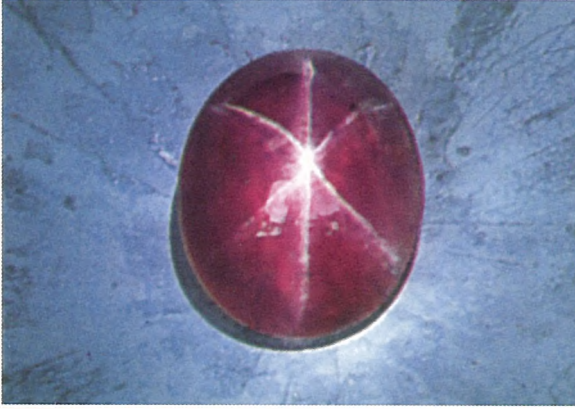
İçerdikleri rutil iğnecikleri nedeniyle bu ışık oyununu sergileyen safir ve yakut yıldız etkisinin en iyi gözleendiği değerli taşlardır. Safir ve yakuta ek olarak gül kuvars ve almandin grenada da bu etki açıkça gözlenir. Gül kuvarsta oluşan yıldız şekilli ışık oyunu başlıca taşın içerdığı sillimanit kapanımlarından kaynaklanır ve kapanım iğnecikleri arasındaki açı 1200 dir. Almandin grenadanın sahip olduğu yıldız etkisi ise mineral "c kristalografik eksenine" dik kesildiği zaman 6 kollu, diğeri yönlerdeki kaboşon kesimlerde ise 4 kollu izlenir.



Yıldız almandin grenada

Birçok değerli taşta gözlenen ve onlara etkileyici görünüm kazandıran yıldız şekilli ışık oyunu, taşın üzerine düşen ışığın yansımaları ile oluşabileceği gibi taşın içinden

geçen ışık ile de oluşabilir. Oluşan yıldız etkisi taşın üzerine düşen ve yansıyan ışık ile oluşuyorsa epiasterizm, gül kuvarsda olduğu gibi taşın içinden geçen ışık ile oluşuyorsa diasterizm adı verilir.



Yıldız yakut

Dalga Etkisi

Bazı değerli taşlarda gözlenen bu etki, ışığın şeffaf veya yarı şeffaf bir taşın içine girdiği zaman dağılması ile oluşur. Işığın dağılmasına neden olan taşın içindeki düzensizliklerdir. Dalga etkisi olarak adlandırılan bu ışık oyunu kaboşon kesimli taşlarda gözlenir. Bazı kalsedon, opal ve renksiz kuvarlar dalga şeklindeki ışık oyununu en iyi sergileyen değerli taşlardır.

Aventurin Etkisi

Aventurin etkisi değerli taşların sahip olduğu çok küçük yapraklı kaparımlar nedeniyle ışığın çeşitli yönlerde yansması ile oluşur. Aventurin etkisine sahip değerli taşlara aventurin kuvars, kordiyerit, oligoklaz feldispat ve labrador feldispat örnek olarak verilebilir. Aventurin kuvarın sergilediği ışık oyununa, sahip olduğu hematit ve mika kaparımları neden olur. Kordiyerit ve oligoklaz feldispatlarda (ay taşı) bulunan hematit plakaları, labrador feldispatta ise bakır kaparımları aventurin etkisini oluşturur.

Labrador Etkisi

Labrador etkisi, labrador feldispatların sergilediği bir ışık oyunudur ve içerdikleri ikiz lamelleri nedeniyle oluşur. Bu etkiye sahip değerli taşlarda sarıdan maviye kadar değişen renkler gözlenir.

Opal Etkisi

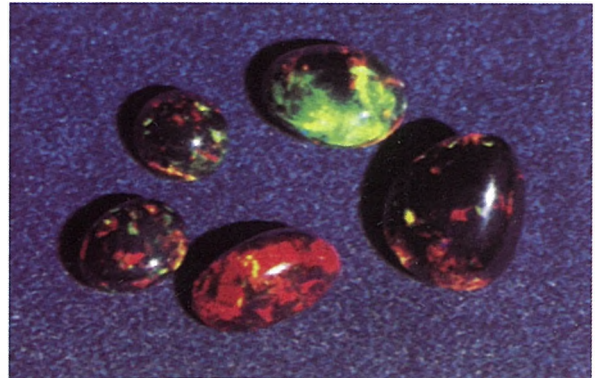
Değerli taşın bakış açısına göre farklı renkler göstermesi, renk değiştirmesi, opal etkisi olarak adlandırılır.



Labrador etkisi gösteren labrador feldispatlar



Opal etkisi gösteren opaller



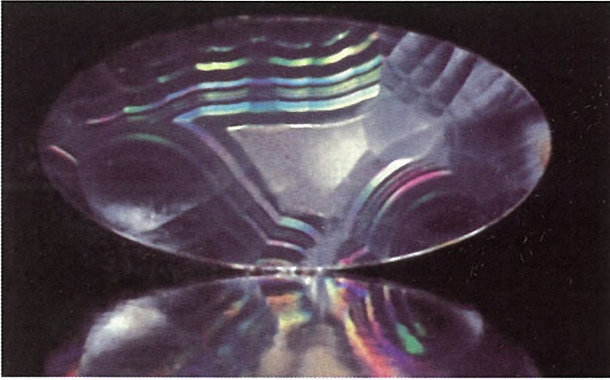
Opal etkisi gösteren siyah opaller

rılır. Özellikle opalde izlenen bu ışık oyununun 1960'lı yıllarda değerli taşın yapısındaki tabakaların ışığı farklı yönlerde yansıtması ile oluştuğu düşünülürken, elektronmikroskop ile yapılan çalışmalardan sonra opal etkisinin mineralin içinde bulunan kristobalit küreciklerinden kaynaklandığı anlaşılmıştır. Çapları yaklaşık 1/104 olan küreciklerin çapları büyüdükçe oluşan opal etkisinin renk çeşitliliği de artar.

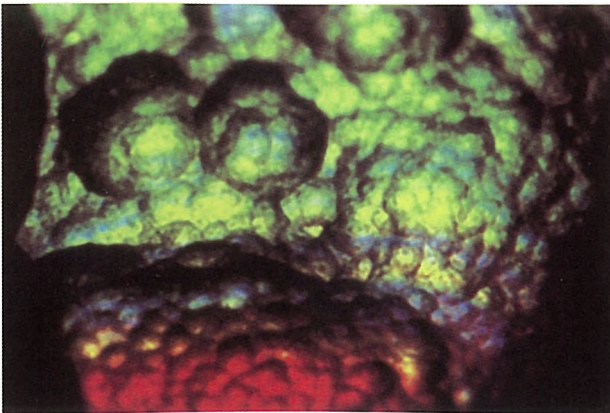
Gökkuşağı Etkisi

Değerli taşın içerdiği kırık ve çatlakların gelen ışığı dağıtması ile oluşur. Bu şekilde oluşan ışık oyununa sahip değerli taşlarda gökkuşağının tüm renkleri belirli çizgiler halinde gözlenir. Değerli taşlar gibi bazı fosiller de bu ışık oyununu sergiler.

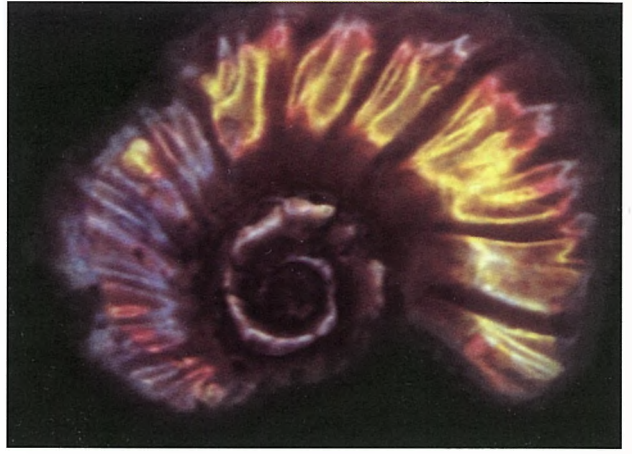
Değerli taşlara büyüleyici güzellikler kazandıran ışık oyunları mineralin kesilme şekliyle ve yönüyle doğrudan ilgilidir. Genellikle kaboşon kesimli taşlarda gözlenen ışık oyunları taşın hangi kristalografik eksene, hangi açıyla kesildiğine göre farklılıklar gösterir. Taşın kesim yönüne göre oluşan ışık oyununun şekli ve netliği değişkenlik gösterir.



Gökkuşağı etkisi gösteren iris agat



Gökkuşağı etkisi gösteren alev agat



Gökkuşağı etkisi gösteren ammonites fosili

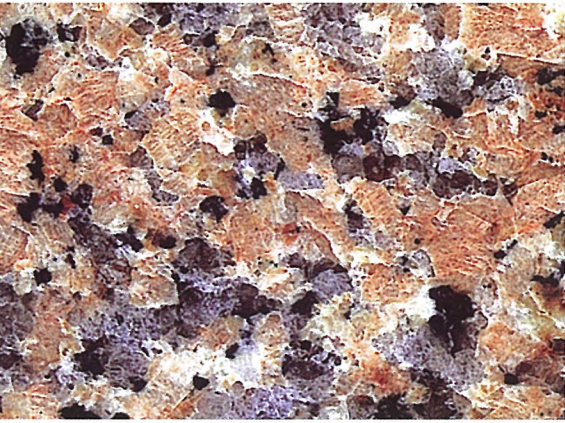
Kaynaklar

Açıkalin, S., 2002. Değerli Taşların Özellikleri ve Tayin Etme Yöntemleri, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği, Ankara, Proje Çalışması, 138 s (yayınlanmamış).

Hurlburt, S.C. and Kammerling R.C., 1991. Gemology, Jhon Wiley and Sons Inc. New York, 332 s.

Webster, R., 1997. Gems-Their Sources, Descriptions and Identifications, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1026 s.

KLİMA TAŞLAR



Granit (Kırşehir-Kaman-Ömerhacılı)

Enerji ihtiyacının giderek arttığı günümüzde, yapılarına aldıkları ısıyı uzun zaman barındırabilen kayaçların önemi gün geçtikçe artmaktadır.

Elektriği çok az kullanan, güneşten aldığı ısıyı absorbe edip ortam değiştiğinde verebilen çevre dostu kayaçlar klima taşlar adını alır.

Bina ve işyerlerinde ısı yalıtımı katkı maddeleri, perdeler ve özel tuğla üretimleri yapılarak sağlanmaktadır. Oysa doğal taşlar kırılarak veya tuğla şeklinde kesilerek kullanılabilir. Bazalt, gabro, piroksenit, dunit, harzburjit, verlit, peridotit ve olivin gibi magnezyumca zengin kayaç ve minerallerin ısı tutma kapasiteleri yüksektir.

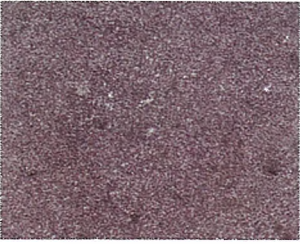
Madde veya cisimlerin termal iletkenliği; bünyesinde bulunan minerallerin veya elementlerin fiziksel özelliklerinden kaynaklanır. Bakır ve alüminyum gibi metaller ısıyı iyi iletmelerine karşın, montmorillonit, perlit ve mika gibi mineral veya kayaçların ısı iletkenlikleri düşüktür.

Kayaç ve mineraller sıcaklık arttıkça artan veya azalan özellikler sunmaktadır. Farklı maddelerden yapılmış iletkenlerin akıma karşı gösterdikleri dirence, özdirenç denir. Sıcaklık karşısında bazı kayaçların özdirençleri artmayıp azalmaktadır, bir başka ifadeyle ısı depolamaktadırlar (Ergin, 1985).

Başlıca Isı Depolayan Kayaçlar (Ergin, 1985'den)

Kayaç	Özdirenç (Ohm-metre)	Kayaç	Özdirenç (Ohm-metre)
Kireçtaşı	50-1x107	Konglomera	2 000-10 000
Kumtaşı	1-6.4x108	Granit	3x10 12-106
Mermer	100-2.5x108	Kuarsit	10-2x108
Gnays	7x10 4-3x106	Diyabaz	7x104-3x106
Gabro	1000-106	Diyorit	104- 105
Olivin	1000-6x104	Andezit	1.7x102-4.5x104
Peridotit	4000	Bazalt	10x107

Minerallerin ve kayaçların ergime derecelerinin yüksek olması ısı tutma kapasitelerinden kaynaklanır. Isı yükseltici mineraller forsterit, fayalit, ojit, diyopsit, plajjoklaz ve feldispatlardır. Plajjiyoklaz ve feldispat grubu mineraller ergime dereceleri yüksek olmalarına rağmen, ısı tutma kapasiteleri olivine göre azdır. Silis ve alüminyum değerleri düşük olan gabro, bazalt, dunit, piroksenit ve diyabaz gibi



Andezit (Gaziantep).



Mikritik Kökenli Kireçtaşı
(Burdur - Tefenni)

kayaçların ergime dereceleri ve öz dirençleri diğer kayalara göre yüksektir. Dolayısıyla ısı tutma kapasiteleri çoktur.

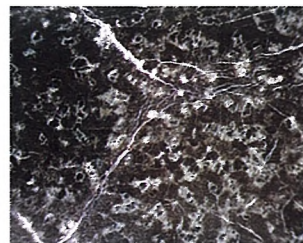
Kayaçalarda (traverten-bazalt-andezit) gözenekliliğin çok olması ısı tutma kapasitesini düşürüp öz direncini de artırır (Ergin, 1985). Mermerlerde ise gözeneklilik arttıkça ısı tutma kapasiteleri düşer (Altay vd., 2001). Hawaii bazaltları üzerine yapılan çalışmada, gaz boşluklarının artması sonucu ısı tutma kabiliyetinin azaldığı izlenmiştir. Olivin içeriğinin artması durumunda ise kayacın termal özelliğinin arttığı gözlenmiştir. Vesiküler dokulu bazaltta ısı birikimi üzerine yapılan çalışmada olivin içeriğinin artması kayacın termal özelliğini arttırmıştır (Robertson ve Peck, 1974). Su ve hava ile doymun olanların ise termal iletkenlikleri arasında bir fark olmadığı belirlenmiştir (Horai, 1991).

Halkımız taşların bu özelliklerini bilerek değerlendirmektedir. Urfa ve Diyarbakır'ın köylerinde evler, duvar kalınlıkları az olan bazaltlardan yapılmaktadır. Bu kayaçlar kullanılarak yapılan evlere yazın girildiğinde ortam serin, kış mevsiminde ise sıcak olmaktadır. Evlerin doğal kliması bazalttır. Isı depo edici adı da verilen olivinden yapılan tuğlalar, belirli bir zaman sonra termal enerjisini dışarıya vermektedir (DPT, 1995). Olivin demir çelik kazanlarında ergimiş sıvıdaki ısı derecesini düşürmemek için kullanılır. Yani kazanda ısı olmadığı halde, bir tür ısı verici olarak değerlendirilir.

Kısaca çevre dostu olan klima taşlar, binalarda tuğla olarak kullanıldığında yazın ısı, kışın ise soğuk enerji depolayacaktır. Şartların değişmesi halinde depolanan enerji dışarıya verilecektir. Çünkü demir-çelik kazanlarında kullanılan olivinler sayesinde ısı artmaktadır. Kazan içerisinde ısı azalması olsa bile olivinler ergimenin devam etmesini sağlayacaktır. Ek olarak, soğuk bölge ve kentler için özel mineral karışımı yapı malzemeleri hazırlana-



Diyarbaz (Tokat - Artova)



Dunit (Bursa - Orhaneli).

bilir. Bazı ortam ve koşullarda ısıyı yükseltici veya ısıyı azaltıcı olarak kullanılabilir.

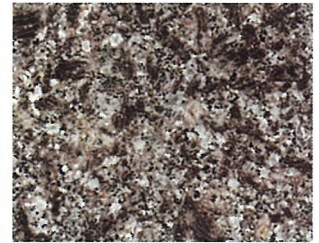
Elektrik fırınlarında ısıtma klima özellikli taş yapıldığında, enerji kesildiğinde bile pişirme devam edeceğinden enerji tasarrufu sağlanmış olur. Ekmek fırınlarındaki tuğlalar klima taşlardan hazırlanıp döşenirse, yakıt ve odun tüketimi azalmış olur. Benzer şekilde ısınma için kullanılan sobaların iç tuğla tasarımları klima taşlar ile yapılırsa odun ve kömür daha az yakılır.

Yaşadığımız ortamlar, klima taşlar kullanılarak tasarlanırsa, çevre kirliliği önemli miktarda önlenir. Elektrik ve yakıttan büyük ölçüde tasarruf sağlanır, böylece ormanlarımızı da bu iş için kullanmamış oluruz.

Bu yararlarına rağmen ülkemizde doğal taşların ısı birikim ve yalıtım özelliklerini sektör olarak değerlendiremiyoruz.



Diyorit (spessartit)
(Aksaray - Ortaköy).



Siyenit (Kırşehir - Akçakent).

Özetle, doğal kayaçlar veya minerallerle hazırlanacak tuğla veya yapı taşları bina yapımında ısı verici olarak kullanılabilir. Isı tutucu olarak mineral veya kayaçların kullanımıyla yapılacak binaların ısınmaya yönelik harçayacakları parasal giderleri azalacaktır. Çevre kirlenmeyecek ve ormanlarımızda yok olmayacaktır.

Kaynaklar

Altay, S., & Çalapkulu, F., & Tavman, I.H., 2001. Bazı Türk Doğal Taşlarının Isı İletim Katsayıları. Mermer Dergisi, sayı 30, s.74-78, İzmir.

DPT, 1995. Seramik-refrakter-cam hammaddeleri. Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.

Ergin, K., 1985. Uygulamalı Jeofizik. İTÜ yayınları, No 16, İstanbul

Horai, K., 1991. Thermal Conductivity of Hawaiian Basalt: A New Interpretation of Robertson and Peck's data, Journal of Geophysical Research Vol. 96, no 33, pp 4125-4132.

Robertson, E.C., & Peck, D., 1974. Thermal Conductivity of Vesicular Basalt from Hawaii. J. Geophys.Res., 79, pp. 4875-4888

TÜRKİYE'DE

JEOTERMAL ENERJİ

POTANSİYELİ VE KULLANIMI



İlk çağlardan yakın geçmişe kadar sadece sağlık ve yiyecekleri pişirme amacıyla yararlanılan jeotermal kaynaklar günümüzde, ya doğrudan ısıtmada, ya da başka enerji türlerine dönüştürülerek kullanılmaktadır.

Şakir Şimşek
Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
ssimsek@hacettepe.edu.tr

Tüm dünyada hızlı bir artış gösteren enerji ihtiyacının büyük bir kısmı, bir süre daha fosil yakıtlar ve hidrolik enerji ile karşılanabilecektir. Aşırı enerji ihtiyacı, günümüzde tüm dünya ülkelerinin en başta gelen sorunları arasındadır. Bunun en önemli nedenleri nüfus artışı, sanayileşme ve yaşam standartlarının yükselmesi olarak gösterilmektedir. Fosil yakıtların kısa bir süre içerisinde tükenmesi ve bir süre sonra bunların yerini yeni enerji kaynaklarının alması beklenmektedir. Son yıllarda bütün ülkeler yeni enerji kaynaklarının geliştirilmesi için çalışmaktadırlar.

Jeotermal enerji nedir?

Jeotermal kaynaklar; yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birleşmiş ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli 20°C'den fazla olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir. Bu kaynaklardan elektrik üretimi veya ısı enerjisi sağlanmaktadır. Ticari anlamda jeotermal kaynaklardan üretilen ve ya yararlanan enerji jeotermal enerji olarak adlandırılmaktadır.

İlk çağlardan yakın geçmişe kadar sadece sağlık ve yiyecekleri pişirme amacıyla yararlanılan jeotermal kaynaklar günümüzde, ya doğrudan ısıtmada, yada başka enerji türlerine dönüştürülerek kullanılmaktadır. Jeotermal kaynakların kullanım alanları, gelişen teknolojiye bağlı olarak günümüzde oldukça yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Bunların başında elektrik üretimi, ısıtma ve endüstrideki çeşitli kullanımlar gelmektedir.

Elektrik üretimi

Hazne sıcaklığı 200°C ve daha fazla olan jeotermal akışkandan elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak günden güne gelişmekte olan yeni teknolojilere göre 150°C'ye kadar düşük hazne sıcaklıklı akışkandan da elektrik üretilebilmektedir. Ayrıca, son zamanlarda buharlaşma noktaları düşük gazlar (freon, izobütan vb.) kullanılarak 60-90°C sıcaklıktaki sulardan da elektrik üretimi (binary sistem) çalışmaları sürdürülmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi ilk olarak 1904 yılında İtalya'da gerçekleştirilmiştir. Jeotermal akışkandan elektrik üretimi, başta A.B.D. ve İtalya olmak üzere Ja-

ponya, Yeni Zelanda, El Salvador, Meksika, İzlanda, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve diğer ülkelerde yapılmaktadır. Dünyada jeotermal enerjiden elektrik üretimi gün geçtikçe artmaktadır.

Isıtma

Düşük sıcaklıktaki jeotermal akışkan (30–150°C) doğrudan ısıtmada kullanılmaktadır. Yeni geliştirilen ısı pompaları yardımıyla sıcaklığı 5°C'ye düşüncüye kadar akışkandan yararlanılabilmektedir. 40°C'den fazla sıcaklıktaki jeotermal akışkan kullanılarak binalar ve kentler merkezi sistemle ısıtılmakta ve sıcak kullanma suyu olarak (İzlanda, Fransa, Japonya, A.B.D., Türkiye, Yeni Zelanda, Macaristan) yararlanılmaktadır. Seraların ısıtılması ile turfanda sebzeçilik, meyvecilik, çiçekçilik yapılmakta ve dünyada yaklaşık 17.174 MWt karşılığı jeotermal enerji bu amaçla kullanılmaktadır. Macaristan, İtalya, A.B.D., Türkiye, Japonya, Yeni Zelanda ve İzlanda'da 30°C'den fazla sıcaklıktaki akışkan kullanılarak seralar ısıtılmaktadır.

Tavuk ve benzeri hayvan çiftliklerinin ısıtılmasında (Japonya, A.B.D., Yeni Zelanda, Macaristan, Rusya), yüzme havuzu, fizik tedavi merkezleri ve diğer turistik tesislerde (İtalya, Japonya, A.B.D., İzlanda, Türkiye) ve toprak, cadde, havaalanı pistlerinin ve benzeri yapıların ısıtılmasında yine jeotermal enerjiden yararlanılmaktadır. Japonya'da farklı bir uygulama alanı olarak tropikal bitki ve balık yetiştirilmektedir.



Çeşitli endüstrilerde uygulamalar

Jeotermal kaynaklar çeşitli endüstri kollarında da uygulama alanı bulmaktadır. Yiyeceklerin kurutulmasında (balık, yosun vb.) ve sterilize edilmesinde, konserveçilikte (Japonya, A.B.D., İzlanda, Filipinler); kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayinde (Yeni Zelanda); kağıt (Yeni Zelanda, İzlanda, Japonya) ve dokuma (Yeni Zelanda, İzlanda) endüstrisinde ağartma maddesi olarak kullanılmakta; şeker, ilaç, pastörize süt fabrikalarında (Japonya vb.), bira ve benzeri endüstrilerde mayalama ve damıtma (Japonya), işlemlerinde rol almaktadır. Ayrıca Soğutma tesislerinde de (İtalya) uygulama alanı bulmaktadır. Kimyasal madde üretiminde jeotermal akışkan; borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su (döteryum oksit), amonyum sülfat (Japonya, A.B.D., İtalya), ve CO₂'den kuru buz elde edilmesinde (A.B.D., Türkiye) kullanılmaktadır. Ayrıca birçok ülkede sağlık tesislerinde ve turistik tesislerde ilgi görmektedir.

Ülkemizin Jeotermal Enerji Potansiyeli

Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde yer alan Türkiye'de genç tektoniğe bağlı olarak gelişen grabenlerin, yaygın volkanizmanın, fümerollerin (doğal buhar ve gaz çıkışları), hidrotermal alterasyonun ve sıcaklığı yer yer 100°C'ye ulaşan, sayıları 625 dolayında sıcak ve minerali kaynağının varlığı, ülkemizin önemli bir jeotermal enerji potansiyeli taşıdığını göstermektedir. Yurdumuzda 1962 yılında MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) tarafından sıcak sulara yönelik envanter çalışmasıyla jeotermal enerji projeleri başlatılmıştır. İlk kuyu 1963 yılında

Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanım Alanları

- 180°C Yüksek konsantrasyon solüsyonunun buharlaşması, Amonyum absorpsiyonu ile soğutma
- 170°C Hidrojen sülfid yolu ile ağır su eldesi, diyatomitlerin kurutulması
- 160°C Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
- 150°C Bayer's yoluyla alüminyum eldesi
- 140°C Çiflik ürünlerinin çabuk kurutulması (Konserveçilikte)
- 130°C Şeker endüstrisi, tuz eldesi
- 120°C Temiz su eldesi, tuzluluk oranının artırılması
- 110°C Çimento kurutulması
- 100°C Organik maddeleri kurutma (Yosun, et, sebze vb.) Yün yıkama ve kurutma
- 90°C Balık kurutma
- 80°C Ev ve sera ısıtma
- 70°C Soğutma
- 60°C Kümes ve ahır ısıtma
- 50°C Mantar yetiştirme, balneolojik banyolar (kaplıca tedavisi)
- 40°C Toprak ısıtma, kent ısıtması (Alt sınır), sağlık tesisleri
- 30°C Yüzme havuzları, fermantasyon, damıtma, sağlık tesisleri

İzmir-Balçova'da açılmış ve 40 metrede 124°C'lik akışkan (buhar + sıcak su) bulunmuştur. Daha sonra UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Teşkilatı) ile yapılan ortak çalışmalar sonunda 1968 yılında, elektrik üretimine elverişli ilk jeotermal alan olan Denizli-Kızıldere alanı keşfedilmiştir. 1976-1982 yılları arasında ara verilen sondajlı aramalara 1982 yılında tekrar başlanmış ve yine elektrik üretimine elverişli Aydın-Germencik (232°C), Çanakkale-Tuzla (174°C) sahaları ile ısıtma ve endüstriyel kullanımda önemli olabilecek Aydın-Salavatlı (172°C), Kütahya-Simav (162°C) ve İzmir-Seferihisar (158°C) sahaları keşfedilmiştir. 2001 yılına kadar 400 adet arama ve üretim kuyusu açılmıştır.

Ülkemiz jeotermal enerji potansiyeli açısından Dünyanın 7. ülkesi konumundadır. Sadece doğal olarak kaynak halinde boşalan termal potansiyeli yaklaşık 600 MWt dir. 2002 yılına kadar sürdürülen jeotermal enerji arama çalışmaları sonucu açılan kuyularla 2538.83 MWt görünür potansiyel belirlenmiştir. Türkiye de görünür toplam potansiyel 3138.83 MWt dir (Akkuş vd., 2002). Türkiye'nin olası jeotermal ısı potansiyeli 31,500 MWt olup bunun teorik olarak karşılığı 5 milyon konutun jeotermal akışkanla ısıtılmasıdır (Şimşek vd., 2000).

Sıcak Kuru Kaya Nedir?

Yeralında herhangi bir akışkan olmamasına karşın birkaç kilometre derinlikte çok yüksek sıcaklıklı granit gibi kırılğan kayaların bulunduğu alanlar sıcak kuru kaya alanları olarak tanımlanır. Bu alanlarda derinlere su basılması sonucu oluşturulacak kırıklı ortamda yapay bir rezervuar (sıcaksu-buhar akiferi) oluşturularak bu rezervuarlara ulaşan diğer kuyulardan yüksek sıcaklıklı su ve buhar elde edilebilir. Bu konuda dünyadaki denemelerden olumlu sonuçlar alınmaktadır. Dolayısıyla, geleceğin enerji kaynağı dünyanın kendi içinde olacaktır. Sıcak kuru kaya (hot dry rock) projeleri olumlu sonuç verdiğinde, yurdumuzun jeotermal enerjiden yararlanma olanağı daha da artabilecektir. Türkiye'de başlıca sıcak kuru kaya alanları; Nevşehir Acıgöl, Orta ve Doğu Anadolu'daki volkanik bölgeler ve masiflerdedir.

Türkiye'de İlk Jeotermal Saha

Türkiye'de elektrik üretimine uygun ilk jeotermal alan 1968'de Kızıldere-Denizli sahasında keşfedilmiştir. Bu saha önemli jeotermal enerji potansiyeline sahip olup, Batı Anadolu'daki Büyük Menderes grabeni-nin doğu kısmında yer almaktadır. Bu alandaki çalışmalar MTA-UNDP işbirliği çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Jeoloji, hidrojeoloji, jeofizik, jeokimya etütleri ile 108 sıg gradyan (termal) sondaj tamamlanmıştır. Bunlardan sonra ilk derin sondaj (KD-1) ile elektrik üretimine elverişli yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkan elde edilmiştir. Alanda iki rezervuar belirlenmiştir. Birinci re-



zervuarın sıcaklığının 198°C olduğu saptanmış ikincisinin ise derinliğinin 450-1100 metreler arasında değiştiği ve sıcaklığın da 212°C'ye ulaştığı görülmüştür. Bu kuyulardan elde edilen akışkanın buhar oranı %10-12 olup, elektrik üretiminde kullanılan kuyular bu rezervuardan üretim yapmaktadır.

1998 yılında açılan araştırma kuyusunda 242°C sıcaklığında rezervuar keşfedilmiş, üretilen buharın oranı % 20'ye yükselmiş ve sahanın kapasitesi önemli ölçüde artmıştır. Günümüzde rezervuarın beslenmesi ve çevrenin korunması amacıyla sahada yeni geribesim (reenjeksiyon) sondajlarının açılmasına ve testlerine devam edilmektedir.

EÜAŞ (Elektrik Üretim Anonim Şirketi) (eski adı TEK) tarafından yaptırılan ve Şubat 1984'de devreye giren 20.4 MW gücündeki pilot (deneme) santral Türkiye'de ilk ticari jeotermal santral olmuştur. Sahada elektrik üretimi yanında buhar içindeki kondanase olmayan (yoğunlaşmayan) gazlardan (CO₂) kuru buz üretimi amacıyla yıllık 120.000 ton kapasiteli bir tesis 1986 yılında kurulmuş ve ticari üretime başlamıştır. Santralden çıkan 140°C'lik yaklaşık 1.500 ton/saat debili atık akışkanda yaklaşık 500 dönüm serayı veya 8.000-10.000 konutu ısıtabilecek bir ısı enerjisi mevcuttur. Denizli şehrinin bir bölümünün bu artık akışkanla ısıtma proje çalışmaları sürdürülmektedir. Halen 4.500 m² olan sera uygulamalarının geliştirilmesi için Tarım-Orman ve Köyişleri Bakanlığı tarafından 1000.000 m² bir alan kamulaştırılmıştır. Bu sahalardaki entegre tesislerin (dokumacılıkta iplik ağartma, kurutmacılık vb.) tamamlanması durumunda ulusal ekonomimize büyük katkı ve önemli döviz tasarrufu sağlanmış olacaktır.

Türkiye'de Elektrik Dışı Kullanımlar

Türkiye'deki bazı jeotermal sahalarda, yaklaşık 15 yıldan beri elektrik dışı kullanım sürmektedir. Düşük sıcaklıklı ve kabuklaşma özelliklerine sahip bu sahalarda, konut ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Son yıllarda

kuyu ve taşıma borularında görülen ve başlıca kalsiyum karbonattan (CaCO_3) oluşan kabuklaşma sorununun çözümü ve jeotermal enerji kullanımının özendirilmesi nedeniyle kullanım oranı artmaktadır. 2002 yılı itibariyle 867 MW ıthermal kurulu gücü ile 57.000 konut 500.000 m² sera tesisi ısıtılmaktadır. Elektrik dışı kullanımdan yılda yaklaşık 660.000 ton fuel-oil tasarrufu sağlanmaktadır.

Türkiye’de jeotermal enerjinin 2000 yılı itibariyle kullanımını ve hedef projeksiyonuna göre önümüzdeki yıllarda enerji ihtiyacımızın karşılanmasında jeotermal kaynakların kullanımının önemli yer tutması beklenmektedir.

Türkiye’de Gönen (Balıkesir), Simav (Kütahya), Kırşehir, Afyon, Kızılcahamam (Ankara), Kozaklı (Nevşehir), Sandıklı (Afyon) ve İzmir-Balçova’da merkezi şehir ısıtma sistemi mevcuttur. Ülke potansiyelinin yaklaşık %95’i ısıtmaya uygun jeotermal sahalardan oluşmaktadır.

Jeotermal su taşımada boru çapınının 300 milimetreyi geçmesi durumunda, 90°C’lik bir jeotermal akışkanda sıcaklık kaybı, kilometrede 0,1°C’ye kadar düşmektedir. Şehir içi dağıtım ve benzeri 300 milimetrenin altındaki boru çaplarında yine 90°C sıcaklık durumunda jeotermal su taşımadaki sıcaklık kaybı kilometrede 0,5°C olmaktadır. Bu çok küçük sıcaklık kaybı Türkiye’de yapılan bir çok tesiste sağlanmıştır (Mertoğlu ve Bakır, 2000).

Artık 40°C sıcaklığındaki jeotermal suyla bile evlerde ısıtma yapılabilir. Yurdumuzda Batı Anadolu’da yüksek sıcaklıklı, Orta ve Doğu Anadolu’da ise orta ve düşük sıcaklıklı kaynaklar vardır. Ancak, sıcaklığı 40°C’nin üzerinde 170 jeotermal saha bulunmaktadır (Şimşek vd., 2000). Yerleşim bölgelerinin jeotermal enerji ile (ekonomik olarak) ısıtılması sonucu hava kirliliği kesinlikle önlenbilir ve bacaların yerini jeotermal ısıtma sistemleri alabilir.



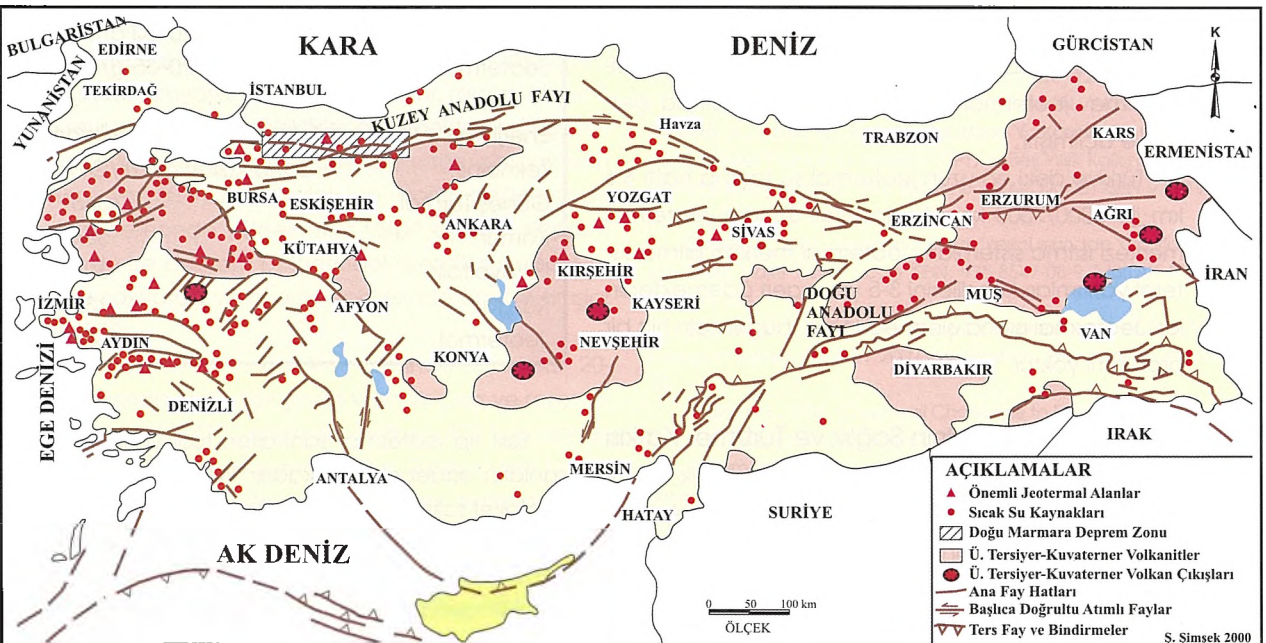
1982 yılında İzmir-Balçova jeotermal alanında kuyu içi eşanjörünün Türkiye’de ilk uygulanması sonucu otel, motel, TV salonu ve benzeri yerler 1982 yılından beri ısıtılmaktadır. Ayrıca, beş yıldızlı Termal Otel Balçova Termal Tesisleri Aralık 1994’den beri işletilmektedir. Balçova’da 7500/25000 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma ve 1500/5000 konut kapasiteli jeotermal soğutma (air-conditioning) sistemi bağlantıları devam etmektedir.

Dokuz Eylül Üniversitesi Kampüsü Tıp Fakültesi, hastane ve fakülte binaları (yaklaşık 90000 m²) 1993 yılından bu yana Balçova Jeotermal Alanı’ndan ısıtılmaktadır. Yatırım, kendisini fuel-oil’e göre 6 ayda geri ödemiştir.

Gönen’de 2400 konut, 56 adet tabakhane, 2000 m² sera ve 600 yataklı otellerin ısıtma, tabakhanelerin proses sıcak suyu sistemi Ekim 1987’den beri işletilmektedir.

Dünyada 10 Milyon m² jeotermal enerji ile ısıtılan sera tesisi bulunmaktadır. Türkiye’de ise 750.000 m² sera tesisi

Türkiye’de Önemli Jeotermal Alanlar ve Sıcak Su Kaynakları Haritası





Bir jeotermal sistemin blokdiyagramı

kurulmuştur. Şanlıurfa-Karaali sahasında yaklaşık 250.000 m² olarak kurulan seralardan elde edilen ürünler büyük oranda yurtdışına ihraç edilmektedir.

Kızılcahamam'da 2500 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile 900 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır. Devreye alınan konutların sayısı her geçen gün artmaktadır. Kızılcahamam'daki konutlar kışın ısıtma ve tüm yıl sıcak su için ayda 30.000.000 TL. (2002 yılı için) ödemektedirler (Mertoğlu ve Bakır, 2002). Sandıklı 5000 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile 2002 yılı itibarıyla 2000 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır.

Gediz kaplıca ve motelleri (200.000 kcal/saat kapasiteli) 78°C'deki jeotermal su ile ısıtılmaktadır. Havaza kaplıcası 60.000 kcal/saat tesis kapasitesi ile 54°C'deki jeotermal suyla 1000 m²'lik alanı tabandan ısıtmaktadır.

Rize-Ayder'de 1700 metre yüksekteki kür merkezi ve kaplıca tesisi 54°C jeotermal su ile ısıtılmaktadır. Haymana'daki iki adet cami 43°C'deki jeotermal su ile tabandan ısıtılmaktadır. Sistemin toplam kapasitesi 60.000 kcal/saat'dir. 2000/3500/6500 konut kapasiteli Simav jeotermal ısıtma merkezi 1992 yılında işletmeye açılmıştır.

Türkiye'deki en uzun jeotermal su taşıma hattı 8,6 km ile 5000/7000 konut kapasiteli Sandıklı jeotermal merkezi ısıtma sistemidir. Jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırımları kendilerini 3-5 yılda geri ödemektedirler. Jeotermal ısıtma işletmeciliğinin bugün için hiç bir problemi yoktur.

Jeotermal Enerjinin Sağlık ve Turizm Katkısı

Jeotermal sular eski çağlardan beri sağlık ve turizm amacıyla kullanılmaktadır. Ülkemizde MTA tarafından yapılan envantere göre toplam 625 adet sıcak ve mineralli su kaynağı ve içmece vardır. Ayrıca, açılan 400 sondaj kuyusundan da jeotermal akışkan

üretilmektedir. Toplam 195 kaplıcadan yılda 7.000.000 yerli ve yabancı turist yararlanmaktadır.

Jeotermal Enerjinin Çevreye Olumlu Katkısı

Jeotermal enerji çevre dostu olarak bilinen bir kaynaktır. Jeotermal kaynakların kullanılması ile hava kirliliği önlenmektedir. Türkiye'de jeotermal enerjinin kullanımı ile 7000 konut eşdeğeri ısıtma karşılığında 565.000 ton CO₂ gazının atmosfere atılması önlenmiştir (Mertoğlu ve Bakır 2002). Projelerin tam olarak uygulanması sonunda toprak ve suda herhangi bir kirlilik görülmemektedir.

Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal santrallerde CO₂, NOX, SOx, atımı çok daha düşük özelliklerle merkezi ısıtma sistemlerinde ise sıfırdır. Yeni kuşak modern jeotermal santrallerinde (Binary Cycle System), yoğunlaşmayan gazları buharın içinden alıp, kullanılmış jeotermal akışkan ile birlikte yeraltına geri veren geribasım (reenjeksiyon) sistemleri vardır. Bu jeotermal santraller ile jeotermal ısıtma sistemlerden dışarı hiçbir şey atılmamaktadır.

Kömür yakıtlı santrallerdeki CO₂ atımı, eski tip jeotermal santrallerdekine bile oranla çok daha fazladır. ABD Enerji Kurumunun verilerine göre jeotermal enerjinin avantajı açık şekilde görülmektedir. Bunun yanında jeotermal tesisler için diğer enerji kaynaklarından üçte bir oranında daha az bir sahaya gereksinim duyulmaktadır.

Sera gazı emisyon değerleri (kW's için)

Kömür	900-1300 g/kW's
Doğal Gaz	500-1250 g/kW's
Güneş	20-250 g/kW's
Rüzgar	20-50 g/kW's
Jeotermal	20-35 g/kW's

Enerji kaynaklarına göre arazi kullanım miktarları

Teknoloji	Saha kullanımı:m ² /GW's
Güneş Termal	3651
Kömür	3642
Fotovoltaik	3237
Rüzgar	1335
Jeotermal	404

Eski tip jeotermal santraller, fosil yakıtları ile çalışanların sadece %1'i kadar kükürt salarlar. Ayrıca azotoksit salımı da fosil yakıtlı santrallere göre çok daha düşüktür. Eski tip jeotermal santrallerdeki partikül atımı, sadece soğutma kulelerinin içindeki suyun buharlaşmasından kaynaklanır. Bu da, kömür ve petrol



ile çalışan santrallerinkine oranla yaklaşık 1000 kat daha azdır.

Öte yandan, yurdumuzun doğal güzelliklerinden Pamukkale jeotermal suları ve travertenlerini koruma çalışmaları sürdürülmektedir. Önceki yıllarda kirlenmiş olan travertenlerde yapılan çalışmalar Kültür Bakanlığı, Denizli Valiliği, Hacettepe Üniversitesi-UKAM ve diğer ilgili kuruluşların katkıları sonucu her geçen gün düzelerek eski doğal güzellğine kavuşmaktadır.

Termal Kaynak-Deprem İlişkisi

Dünya'da depremlerin önceden tahmin edilmesi amacıyla yer kabuğunun derinliklerinden gelen termal sular, mineralli sular ve gaz çıkışları özellikle, Çin ve Japonya'da gözlem altında tutulmaktadır (Wakita, 1996). Yeraltı sularının düzenli olarak gözlenmesi ve ölçüm alınması deprem mekanizmasının gelişimi ve erken uyarı açısından önem taşımaktadır. Aktif deprem kuşaklarında jeokimyasal ve hidrojeolojik araştırmalar kapsamındaki sularda kimyasal değişiklikler (klorür, radon, trityum) ve su seviyelerindeki değişiklikler ölçülmektedir. 17 Şubat 1995'deki Kobe depremi öncesinde yağış olmamasına rağmen, yeraltı suyu seviyeleri ve klorür değerlerinde anormal derecede yükselmeler tespit edilmiş, deprem sonrasında ise deprem bölgesindeki yeraltı suyu seviyesindeki sıcaklıklarda ve akarsu debilerinde önemli artışlar görülmüştür.

Türkiye'de deprem kuşakları üzerinde sıcaklıkları 20-101°C arasında 1500 dolayında kaynak çıkışı ve rezervuar sıcaklıkları 30-242°C arasında değişen 400 kuyudan sıcak ve mineralli su çıkışı mevcuttur. Türkiye'deki bu jeotermal kaynaklar Kuzey Anadolu Fay hattında, Batı Anadolu grabenler sistemi üzerinde, Orta ve Doğu Anadolu'daki volkanik bölgelerde ve yoğun tektonik zonlarda yer almaktadır (Şimşek 1997; Pfister vd., 1998).

17 Ağustos 1999 depreminin olduğu Adapazarı, İzmit ve Yalova hattında Yalova termal ve Sakarya-Akyazı Kuzuluk'ta ve 12 Kasım 1999 Düzce depremi ile Efteni ve Bolu Küçükkaplıca jeotermal alanlarındaki kaynak ve kuyularında bazı değişiklikler gözlenmiştir. Benzer değişikliklerin 13 Mart 1992 Erzincan depreminde bölgede yer alan sıcak ve mineralli su kaynaklarında da olduğu bilinmektedir (Yıldırım, 1992).

Sonuç olarak, ucuz, ekonomik, sürdürülebilir ve temiz enerji elde edilen jeotermal kaynakların öncelikli olarak ele alınması ile bu kaynakların bulunduğu yörelere ve ülkemize önemli ölçüde ekonomik ve sosyal katkı sağlanacaktır.

Kaynaklar

Akkuş, İ., Aydoğdu, Ö., Sarp, S., 2002. Ülkemiz Enerji Gereksiniminin Karşılansında Jeotermal Enerjinin Yeri, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İstanbul 613-629.

M.T.A. 1996. Jeotermal Enerji Envanteri MTA Matbaası, Ankara.

Mertoğlu, O. and Bakır, N., 2002. Existing and Possible Geothermal Projects. Examples From Turkey. Proceedings of Int. Summer School Workshop Greece 2002, Milos, Greece. 120-125.

Şimşek, Ş., Mertoğlu, O., Koçak, A., Bakır, N., Akkuş, İ., Durak, S., Dilemre, A., Şahin, H., Akıllı, N., Suludere, Y., Karakaya, C. ve Tan, E., 2000. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Jeotermal Enerji Raporu, DPT Yayın no 2609-ÖİK:620 ISBN 975-19-2825, Ankara, 67s.

Şimşek, Ş., 2001. Jeotermal Enerji "Yerçi ısısından Yararlanma" Temiz Enerji Vakfı Yayını no: 6 ISBN: 975-8547-08-9 TÜBİTAK Matbaası, Ankara. 24s.

Şimşek, Ş., 2002. Potential and Developments of Geothermal Energy in Turkey, ENERGY'2002 Conference, Proceedings İstanbul, 1-10.

Wakita, H., 1996. Chemical Challenge to Earthquake Prediction. Proceedings Natural Academic Science Vol. 93 pp. 3781-3786. USA.

Yıldırım, N., 1992. 13 Mart 1992 Erzincan depreminde lokal yeraltı sularında meydana gelen değişiklikler. Doğu Anadolu Ulusal Deprem Sempozyumu. 21-25 Ekim 1992, Erzincan.

BUZADAM ÖTZİ



"Bu buluntunun dünyada eşi yok; çünkü tarihten önce yaşayan insanların aletleri ile elbiselerinin organik parçaları hiç bu denli kusursuz korunmuş durumda ve bir bütünlük içinde bulunmamıştı.

Çeviri: AYŞİN DORA
Yüksek Jeoloji Mühendisi.

İklim küresel boyutta ısınıyor- bu ısınma pek az hissedilse bile gene de açıkça görülebilen bir olgu. Sadece kutup bölgelerindeki buzullar geri çekilmiyor, aynı zamanda Orta Asya'nın yüksek dağlık bölgelerinde yada kuzey ve güney Amerika'daki buzulla kaplı alanlar da geriliyor. Hatta Avrupa Alplerine tırmanan deneyimli dağcılar, geçen yıl gibi yakın bir geçmişte bir buzulun kenarından geçen patikanın buzulun erimesi nedeniyle bu yıl buzul molozunun ortasında kaldığını görünce şaşırılmışlar. Kar ve buz kütlelerindeki artan erime, arkeolojik çevrelerde çok yankılanan bir buluntuyu ortaya çıkardı ve önemli araştırmaları başlattı. Hatta, bu buluntuyu korumak için Güney Tirol'de, Bolzano'da özel bir müze inşa edildi.

1991 Eylül'ünde Nurenberg'li iki dağcı Ötztal Alpelerindeki Finailspitze zirvesinden inerken yürüdükleri patikadan fazla uzakta olmayan bir kaya oyuğundaki erimiş su kalıntısı içinde ve birazı buzdan dışarı sarkmış bir insan cesedi buldular. Kaldıkları Similian pansiyonunun sahibine buluntuyu anlattılar. O da derhal Schnals'daki İtalyan ile Sölden'deki Avusturya resmi makamlarına bildirdi. Çünkü Niederjoch buzulunun kenarındaki buluntunun yeri, açıkça İtalya ve Avusturya arasındaki sınır bölgesindeydi.

Hemen ertesi gün Avusturyalı bir kurtarma ekibi 3120 metre yükseklikteki bu yere helikopterle geldi. Ancak hava koşullarının kötülemesi üzerine geriye, vadiye elleri boş döndüler. Buraya ilk ulaşanlar yürüyerek gelen Güney Tirollü iki dağcı Reinhold Messner ile Hans Kammerlander oldu. Cesedi ve çevresini dikkatle incelediler, giysi kalıntıları ile aralarında bir yayın da olduğu çeşitli aletler buldular. Bu nedenle ölen adamın 20. yüzyılda meydana gelmiş bir dağ kazası kurbanı olamayacağını ileri sürdüler.

Bu varsayım birkaç gün sonra doğrulandı. Ceset ile toplanan alet parçaları Innsbruck Üniversitesi'nin Adli Tıp Bölümüne getirildi ve İlk ve Yakın Çağ Tarihi Enstitüsünden Prof. Dr. Konrad Spindler'e başvuruldu. Kendisi bulunan cesedin Erken Bronz Çağına ait olduğunu saptadı-bu müthiş haber bütün dünya manşetlerinde yankılandı.

Mumya daha sonra Anatomi Enstitüsüne taşındı, orada sıfırın altındaki sıcaklıkta ve buzul koşullarına eşdeğer nem içeren bir or-

tamda korunmaya alındı. Yanında bulunan tüm materyal de Almanya, Mainz'daki Merkezi Alman-Roma Müzesine koruma ve üzerinde araştırma yapmak için taşındı.

BUZADAM ASLINDA KİME AİT?

Daha ilk medya haberlerinde buluntu yerinin Avusturya sınırları içinde değil, İtalyan bölgesinde olduğu yorumunu yapanlar vardı. O nedenle de dünyada bu denli heyecan uyandıran buluntuyla ilgili ne yapılacağına İtalyan otoriteleri karar vermeliydi. Buluntu yerinin hangi ülkeye ait olduğuna dair kuşkular ilk bakışta biraz tuhaf görünmekteydi. Ancak asıl sınır çizgisinin geçtiği yere ait farklı görüşler artık doğrulanmalıydı; yani sınırın Ötzi'nin buzdaki mezarının kuzeyinden mi yoksa güneyinden mi geçtiği saptanmalıydı.

Birinci Dünya Savaşından sonra galip gelen İttifak Kuvvetleri Tirol'ü ikiye bölerken, İtalya ve Avusturya arasındaki sınır olarak Adige ile Inn nehri vadileri arasındaki sırt çizgisini kararlaştırmışlardı. Ancak, doğa politikacıların kararlarını tanımazsa, eriyen buzullar topografya şekillerini ve su yollarını değiştirirse neler olur?

Güney ve Kuzey Tirol'de yaşayanlar ezelden beri bölgeleri bağlayan at ve araba yollarını kullanırlardı ve kendi sürülerini büyük Alpin doruğunun her iki yamacındaki, yüzyıllar önce resmen ruhsatı alınmış meralarda otlatırlardı. Asıl sınırın sonsuz buzulun içinde hangi metreden ve 1919'daki uluslararası yasaya göre belirlenmiş ekime yasak alanın neresinden geçtiği, Ötzi'nin bulunuşuna değin hiç kimsenin umurunda değildi. Ancak buluntu yerinin kimliğine dair artan hararetli tartışmalar ulusal sınırın yeniden ölçülmesi gerekliliğini ortaya koydu. Ölçüm yapıldığında, binlerce yıl buzul mumyasına ev sahipliği yapmış bu önemsiz kayanın İtalyan bölgesinde, sınır çizgisinden tam olarak 92,56 metre içerde yer aldığı anlaşıldı. Diğer bir deyişle buluntunun yasal sahibi Güney Tirol eyaletiydi.

GÜNEY TİROL ARKEOLOJİ MÜZESİ

Buzadam acaba Güney Tirol'de mi yaşıyordu? Nereydi ve nereye kayıtlıydı? Bunlar ve bu güne değin yanıtı bulunmamış daha bir çok sorunun aydınlanması gelecek yıllarda da bilim çevrelerini meşgul edecektir. 1998 den itibaren, Bolzana'da özel Güney Tirol Arkeoloji Müzesinin yapılmasıyla bu görkemli buluntuya, kendi önemine yaraşır bir yuva sağlanmıştır. Buzadam burada özel olarak tasarlanmış, soğuk tutulan bir kompleks içinde herhangi bozulma riski olmadan saklanmaktadır. Bu kompleks bir dezenfekte odası, Zeiss teknolojisi ile donatılmış bir inceleme odası ve soğutma sistemleri ayrı olan 2 odacıktan ibarettir. Buzadam bu odacıklardan birinde -6°C sıcaklıkta ve nemlilik oranı neredeyse %100 olan ortamda korunmaktadır. Oda çepçevre gizli yerleştirilmiş lambalardan gelen, tüm mor ve kızıl ötesi ışınların filt-



Buzadam Ötzi'nin bilgisayar rekonstrüksiyonu ile oluşturulmuş görüntüsü

re edildiği soğuk ışıkla aydınlatılmaktadır. Müzeyi gezenler mumyayı bir pencereden seyredebilmekte. Nem değiştiğinde mumyanın vücudunda buz oluşumunu engelleyen, yepyeni örtülü bir ısı sistemi içeren bu koruma yöntemi özel olarak geliştirilmiş olup, dünyada ilk kez burada uygulanmaktadır.

Müzedeki sergilemenin merkezini Buzadam, elbiseleri ve aletleri oluşturmaktadır. Koruma amacıyla loş olan sergi alanında yapılan bir gezinti sırasında özel iklimli küçük vitrinlerde buluntu yerindeki özgün aletlerle onların yeni yapılmış kusursuz eşleri görülür. Bilgilerin yazı ve resimle öğretici şekilde sunumu ise büyüleyici bir atmosfer yaratmaktadır. Müzeyi gezenler, buzul mumyasının yaşının bilimsel çalışmalarla yaklaşık 5300 yıl olarak saptandığını, Buzadam'ın öldüğü sırada boyunun 1,60 metre, ağırlığının kabaca 50 kg olabileceğini ve olasılıkla 46 yaşına ulaşabildiğini de öğreniyorlar.

BU BULUNTUYU BU DENLİ ÖZEL YAPAN NEDİR?

"Bu buluntunun dünyada eşi yok; çünkü tarihten önce yaşayan insanların aletleri ile elbiselerinin organik parçaları hiç bu denli kusursuz korunmuş durumda ve bir bütünlük içinde bulunmamıştı. Buzadam bizler için bilinemeyen bir nedenle birdenbire yaşamdan koparılmış ve bu rastlantısal konumda aletleri ile birlikte yıllarca buz içinde korunarak kalmıştır.

Arkeolojik kazılarda toplanan nesnelere genellikle dini törenlerde yada gömü törenlerinde amaca göre bırakıldıkları yerlerde bulunurlar. Öte yandan, Buzadam buluntusu 5000 yıl önce yüksek dağlık bölgelerdeki insanların günlük yaşamından gerçekçi o anlık bir resimdir.

Buzadam sadece Alpin bölgesinin tarih öncesi araştırmalarına yeni bilgiler kazandırmakla kalmıyor; bu buluntunun tümünü incelemede diğer bilimsel ve teknik disiplinler de devreye giriyor: tıp (anatomi, radyoloji, patoloji), hematoloji, dermatoloji, parazitoloji vs.) mikrobiyoloji, antropoloji, paleobotanik, donma teknolojisi (müzedeki yazılı belgeden).

ULUSLAR ARASI İNCELEME

Güney Tirol Arkeoloji Müzesi koordinatörü Angelika Fleckinger mumyanın bulunuşuyla Innsbruck'tan Bolzano'ya taşınması arasında geçen sürede sadece gövdesi üzerinde 570'e yakın bilimsel inceleme yapıldığını yazmaktadır. Alınan 100 örnek içinde en büyük olanın ağırlığı 60 miligramdır ve tüm örneklerin toplam ağırlığı 1 gramdan biraz fazladır. Dünyanın en ünlü araştırma enstitüleri bu çalışmalara katılmışlardır.

Örneğin, Stocholm Üniversitesinin Osteoloji Araştırma Laboratuvarı ile Innsbruck Üniversitesinin Anatomi Enstitüsü yaşa ilişkin bozulma arazıları yönünden kemik yapısını incelediler ve bu iki kurum Buzadamın öldüğü sıradaki yaşının en az 40 olacağını ve 53 den daha fazla olamayacağını ortaklaşa saptadılar.

Oxford'daki Arkeoloji ve Sanat Tarihi Araştırma Laboratuvarı ile Zürih Teknik Üniversitesinin Orta Enerji Fizik Enstitüsü'nde doku lifleri ile kemik parçalarının C¹⁴ yöntemiyle yaşları saptandı. Buna benzer şekilde, elbiselerindeki bitkisel lif parçalarının analizleri de Uppsala Üniversitesinin Svetborg Laboratuvarı ile Paris'teki Düşük Radioaktif Parçacıklar Merkezi'nde yapıldı. Sonuçlar, birbirine uyumlu olarak, "Ötzi"nin İ.Ö. 3350 ile 3500 yılları arasındaki dönemde yaşadığını göstermektedir.

Bu olağanüstü araştırma projelerinin listesi sınırsız olarak devam etmektedir. Ferrara, Camerino, Roma ve Bolzano Üniversiteleri, Zürih Teknik Üniversitesi ve Londra Üniversitesinin Antropoloji ve Biyoloji Bölümleri şimdilerde buna özgü DNA analizleri gerçekleştiriyorlar. Bu analizler farklı yaklaşımlara dayansa da, hepsinin amacı Buzadamın kökeni ve göçüyle ilgili daha fazla bilgi kazanmaktır.

"Ötzi" uluslararası bir proje. Bugüne dek 100'den fazla uzman Buzadamın bilimsel terminolojideki yerini saptamaya uğraştılar; "Homo Tyrolensis" mi, yoksa "Homo Hauslabiensis" mi? Biz şu anda bile onun hakkında epeyce bilgi sahibiyiz. Örneğin, arthritisten et-

kilenmişti ve çatlak kaburga kemikleri nedeniyle acı çekiyordu, bazı akıl dişleri eksikti, Hauslabjoch üzerinden yaptığı bu yolculuk için yanına erzak olarak kepikli buğday, erik, kuru üzüm ve kurutulmuş oğlak eti almıştı, insanı şaşırtan pratik elbiseler giymişti ve neredeyse hayatta kalmasını bile sağlayacak kusursuzlukta alet takımı vardı.

YENİ BULUŞLAR

Başlangıçta Buzadamın ölümüne, birdenbire kötü havanın bastırmasıyla aniden düşen sıcaklığın onu güçsüz bırakmasının yol açtığı kabul edilmişti. 2001 yazında Ötzi araştırma projesinin koordinatörü ve patalogu Eduard Egarter ile Bolzano hastanesinin radyologu Paul Gostner mumyanın göğsünde bir okucu ile sol kürek kemiğinin altında okun girdiği yerde bir delik keşfettiler. Bu da Ötzi'nin arkadan vurulduğunu göstermektedir. Sağ elin tuhaf bir şekilde bükülmüş durumu daha ayrıntılı incelenince, Buzadamın baş parmağı ile işaret parmağı arasında ayrıca derin bir yara olduğu ortaya çıktı. Buna karşın avucundaki kaması ile çakmak taşı sıkıca kavramıştı.

Adli Tıp uzmanı Eduard Egarter'in düşüncesine göre, eldeki ciddi yara, mumyanın ok kılıfında bulunan bitmemiş ok saplarını oyma sırasında kaza eseri oluştuğuna dair yürütülen varsayıma ters düşmektedir. Onun yerine, "Ötzi"nin dövüş sırasında kendini korumak için elini kaldırdığı ve bununda derin bir yaralamaya neden olduğu kabul edilebilir.

Her iki olasılıkta da, sol kürek kemiğinin altındaki okucu onun kol kaslarını felce uğratmış ve iç kanamaya neden olmuştur. Güçsüz kalan, kendini korumaktan aciz ve zor yolculuğuna devam edemeyen yaralı adam nefes almakta zorlanmış, öncelikle iç kanamaya neden olan ok yarası gibi yaralarına yenik düşmüş olabilir. Kısa bir süre sonra mı, yoksa saatler sonra mı ölmüş olduğu 5000 yıl sonra kesin olarak söylenemez.

Acaba Buzadam kaçıyor muydu? Eğer öyleyse, neden ve kimden? Araştırma devam edecektir, her yeni bilgi yalnızca bunları yanıtlamayacak, aynı zamanda yeni sorular da ortaya sürecektir. Hala açığa çıkacak bir çok gerçek vardır, ama bir bölümü de gizini saklamayı sürdürecektir. Bekleyelim ve zamanımızın en heyecan verici buluntusunun daha neleri gün ışığına çıkaracağını görelim.

Kaynak

Manfred SCHINDLER, INNOVATION 11, CARL ZEISS, 2002

AY DÜNYA'DAN MI OLUŞTU?..

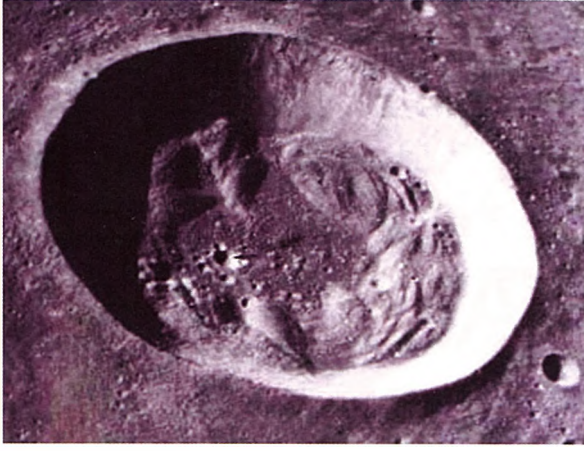
1970'lerden beri birçok bilim insanı Ay'ın belli bir yörünge-
si olmayan, asteroitlerle dolu ilksel bir güneş sisteminde
oluşturduğunu düşünmektedir. Buna göre bu asteroidlerden
bir tanesi Dünya'ya çarptı ve çarpışma etkisiyle koparak
etrafa saçılan ve belli bir yörüngeye giren ergimiş parçalar bir ara-
ya gelerek Ay'ı oluştururdular. İki astrofizikçi tarafından geliştirilerek
güncellenen bir bilgisayar simülasyonu, bu düşünceye başka ayrıntılar
da katmıştır. Daha önceki modellerden ortaya çıkan birbiri ile
çelişkili senaryolardan farklı olarak, bu modelde Ay'ın, Dünya'nın
oluşum evresinin sonlarına doğru Dünya'ya Mars büyüklüğünde bir
asteroidin eğik olarak çarpması sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

Kolorado'daki (ABD) Güneybatı Araştırma Enstitüsü Uzay Çalış-
maları Bölümünden Robin Canup, ilk meteoritlerin oluşumundan
50-70 milyon yıl sonra gerçekleşen bu eğik çarpmanın olduğu za-
manlarda buna benzer çarpışmaların oldukça sık meydana geldi-
ğini belirtmektedir. Canup, Kaliforniya Üniversitesinden Eric Asphaug
ile birlikte, bu çarpışma modelini ve sonuçlarını Nature Dergisinde
açıklamaktadır. Bu şiddette muhtemelen on civarında çarpışma
gerçekleşmişti. Ama diğer modelciler Ay büyüklüğündeki malze-
menin kararlı bir yörüngeye girmesiyle sonuçlanan bir saçılmayı
taklit etmeyi başaramadılar. Ya çarpan kütlelerin tamamı Dünya'nın
bir parçası haline geliyordu, ya da saçılan malzemeler kaçış hızın-
dan daha da hızlı yol alıyorlardı. Peki o zaman bu çarpışmayı fark-
lı kılan koşullar nelerdi? Ayın oluşumuna neden olan etkenlerin bil-
gisayarda modellenmesi, oldukça karmaşık olmasına rağmen bu
konuya bir açıklık getirebilir. Böyle bir model, ısınan akışkanların ani
fiziksel etkileri olan ergime ve buharlaşmalarını ve karşılıklı yerçekim-
sel etkileşimlerini bir araya getirmelidir. Bu tür modellerin çoğunda
pürüzsüz parçacık dinamiği (Smooth Particle Dynamics-SPH) adı ve-
rilen bir yöntem kullanılır. Bu modelle yerküre ve asteroid arasındaki



Güneş'ten sonra yaşamımızı en fazla etkileyen ve Dünya'ya en yakın gök cismi olan Ay'ın oluşumu hala tartışma konusu. Üstelik, hakkında çok şey biliniyor olmasına rağmen...

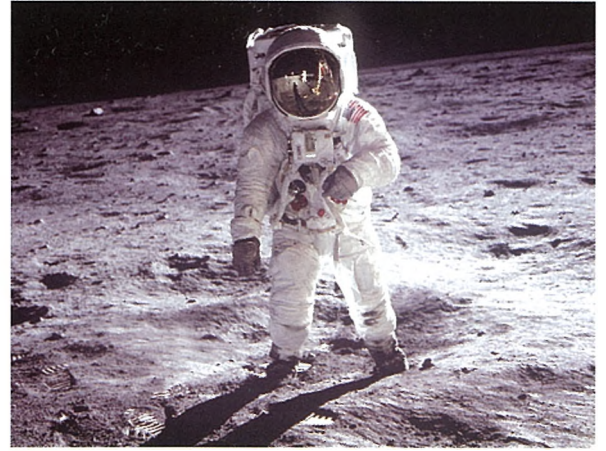
Çeviri: Eda Zirek
AÜ, DTCF, İngiliz Dili ve Edebiyat Bölümü



etkileşimler, kütlelerin partikül adı verilen küçük, tanımlanabilir parçalara ayrılması ve bu parçacıklar arasındaki etkileşimlerin hesaplanması ile taklit edilir. Bu parçacıkların sayısı ne kadar çok olursa taklit de gerçeğe o denli yakın olur. Üzerinde çalıştıkları senaryo ile ilgili eski simülasyonlarda yaklaşık üç bin parçacık kullanılmış olmasına rağmen, Canup ve Asphaug bu sayıyı en az yirmi bine kadar yükselttiler. Daha önceki modellerde, Dünya'ya çarpan ve Ay'ı oluşturan kütlelerin Mars'tan çok daha büyük olduğu ve çarpışmanın yerkürenin yansı ya da üçte ikisi oluştuğunda meydana geldiği şeklindeydi. Canup ve Asphaug bunu pek tatmin edici bulmadılar. Eğer yer-

küre tam olarak oluşmamışsa, çarpışmadan sonra da büyümeye, oluşmaya devam etmiş olmalıydı. Fakat yerküre, kendi kütlelerinin %3'ünü oluşturan, jeokimyasal olarak susuz, mantoya benzeyen, demir bir çekirdeğe sahiptir. Eğer Ay genç dünyayı oluşturan malzemelerin onda birlik bir kısmından dahi oluşmuş olsaydı, yapısında şu an sahip olduğundan çok daha fazla demir bulunuyor olmalıydı. Bunun da ötesinde, yerküreye çarpan Mars'tan daha küçük kütlelerin demirce zengin küçük yassı parçaların oluşumuna neden olması gerekir. Çünkü çarpan kütleinin demir çekirdeğinin büyük bir kısmı yörüngede kalacaktır.

Asphaug'a göre büyük şiddette çarpımlar, o zamanda zaten bir çekirdeğe ve mantoya ayrılmış olan yerküreden olasılıkla çok daha büyük miktarlarda demirin saçılmasına neden olmalıdır. Araştırmacılar daha sonra Ay'ın oluşumundan günümüze kadar olan süre içerisinde açılal momenti sabit kabul ettiler. Asp-



Ay Hakkında Genel Bilgiler

- *Kütlesi: Yer kütleinin 1/81.3'ü kadardır.*
- *Yarıçapı: 1738 km (Dünyanın yaklaşık dörtte biri).*
- *Ortalama yoğunluğu: 3.34 gr/cm³ (Yer çekirdeğinininkine yakın).*
- *Dünya'ya ortalama uzaklığı: 384.400 km (min: 363.000 km, max. 406.000 km).*
- *Ay her gün 50 dakika gecikmeyle doğar.*
- *Ay'ın kendi etrafındaki dönüşü ile Dünya etrafındaki dönüşü aynı sürede gerçekleşir. Bu nedenle Ay'ın Dünya'dan sürekli aynı yüzü görülür.*
- *Ayın yüzey alanının en fazla. % 57'sini görebiliriz.*
- *Orta boy bir teleskop ile Ay'daki 100 m çapındaki bir krater görülebilir.*
- *Ay'a Romalılar Luna, Eski Yunanlılar Selene veya Artemis derlerdi.*
- *Ay ilk kez 1959 yılında Sovyet uzay gemisi Luna 2 tarafından ziyaret edildi. Ay'a ilk ayak basma tarihi ise 20 Temmuz 1969'dur.*
- *Ay'a bugüne kadar 12 kişi ayak bastı.*

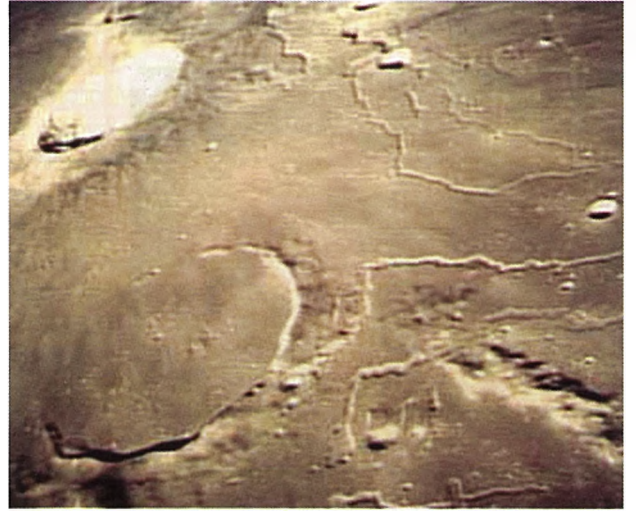
haug, açılal momentin değişmesi çok zordur, bütün sistem jeolojik zaman boyunca aynı açılal momente sahip olmuştur, demektir. Buna göre yerküreye çarpan kütleinin darbesi, Dünya'nın günümüzdeki dönüşü hakkında bilgi verecek bir açıda ve şiddette olmalıydı. Canup ve Asphaug kendi modellerini geliştirmek için bu varsayımları kullandılar. Asphaug'a göre, modellerinde oluşturdukları kütleler doğru büyüklükte ise ve çarpımdan sonra Dünya-Ay dinamiğinde çok az değişiklik yapmak ya da hiç yapmamak gerekiyorsa, simülasyonlar başarılı kabul edilir. Elde ettikleri sonuçlar geçerli olduğu halde, henüz son sözü söyleyecek noktada değillerdi. Tartışılan sorunlardan biri, kullanılan hal denklemi üzerinedi. Hal denklemi iç enerji, yoğunluk ve basınç arasında termodinamik bir bağıntıdır.



Arizona Üniversitesinden Jay Melooch, "modeli irdelediği ve eleştirdiği Natura Dergisinin aynı sayısında, kullandıkları denklem katı, ergimiş ve buhar fazlar arasında belirgin farklılıklar göstermekten yoksun olup, Dünya ve Ay'ın yapısında çok büyük oranda bulunan karmaşık silikatlar için yeterli bilgi vermez" demektedir. Yine Arizona Üniversitesinden bir bilim adamı olan Al Cameron, çarpma teorisini ilk olarak kavramış ve birçok simülasyon yapmıştır. Ona göre, Tillotson Denklemi adı verilen bu özel denklem hatalıdır; çünkü, bu denklem kütlelerin çarpıştıklarında tek bir kütle haline dönüştüğü esasını kabul etmektedir. Cameron, burada çok daha az simülasyon yapmak yeterli olsa bile, çok daha fazla parçacığın daha uzun bir zaman diliminde kullanıldığı simülasyonlar görmek istediğini belirtiyor. Araştırmacılar, vardıkları sonuçlarda haklı olsalar bile, hala cevaplanması gereken çok soru var. Asphaug, "Ay'ın oluşumuna neden olan olay, bizim düşündüğümüzden çok daha basittir" der ve ekler: "Bizim bilmediğimiz, o küçük yassı parçanın oluşmasının, gelişmesinin ve Ay'ı oluşturmasının ne kadar sürdüğüdür. Ay ve benzeri gök cisimlerinin neden sık rastlanır olmadıklarını cevaplamak sanırım oldukça güç".

Kaynak

Johnson, E., D., 2001. Moon Formed from Older Earth?, Geotimes, October 2001, 6.



MARS'TA İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ



*Karbondioksit gazı, sera etkisi
oluşturan bir gaz olduğundan,
Mars atmosferinin basınç ve
sıcaklığı birkaç yüzyıllık bir
periyottan daha kısa bir zaman
diliminde çarpıcı bir
biçimde değişebilir.*

Saadettin Özel

A.Ü. DTCF Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı Öğrencisi
sadettinozel@mynet.com

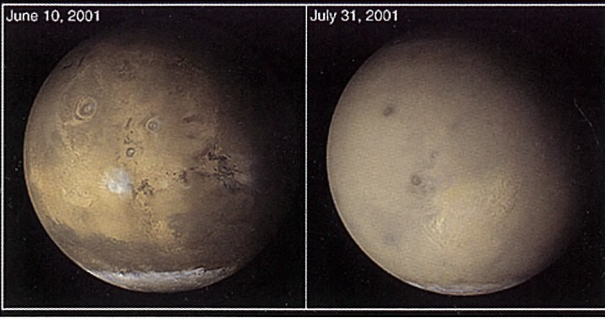
ASA'nın Mars Global Surveyor uzay aracı tarafından toplanan veriler, Mars ikliminin geçmişte önemli şekilde değişikliğe uğramış olabileceği, günümüzde bile hızlı bir biçimde değişiyor olabileceği fikrini vermektedir. Science Dergisinin 7 Aralık 2001 tarihli sayısında yayınlanan iki makaleye göre bu değişiklikler bilim insanlarının evvelce düşündüklerinden çok daha kısa bir süreç içinde gerçekleşebilir.

Aracın kamera sisteminin bir Mars yılı (687 Dünya günü) boyunca kaydettiği görüntüler, gezegenin güney kutbunda sürekli buz olan bölgelerdeki çukurlukların çarpıcı bir şekilde genişlemekte olduğunu göstermiştir. Gaz fazına bu kadar çabuk bir biçimde süblimleşebilecek tek madde, çukurları gözle görülebilir oranda genişleten karbondioksit buzu (kuru buz) olabilirdi. Görüntüler, araştırmacılar arasında on yıldır var olan, gezegenin buz yüzeyinin donmuş su yerine katı karbondioksitten meydana geldiğine dair şüphelerini doğrular nitelikteydi.

Meslektaşları Michael Caplinger ve Scott Davis ile birlikte Global Surveyor'un kamera sisteminin başlıca araştırmacılarından olan San Diego'daki Malin Uzay Bilimleri Sistemleri'nden Michael Malin, "Bu, iklim değişikliklerinin aksi ispatlanana dek geçerli olan kanıttır, ölçümlerin oldukça önemli karmaşıklıkları var ve bunlar Mars ikliminin kısa süreli stabilitesi ile ilgili bazı görüşlerimize soru işaretleri getiriyor." demektedir.

Çukurlar o kadar çabuk genişliyor ki; buz olan bölgelerin üst katmanının tamamı on ya da yirmi Mars yılı gibi bir sürede gaz haline dönüşecek gibi görünüyor. Karbondioksit gazı, sera etkisi oluşturduğu bir gaz olduğundan, Mars atmosferinin basınç ve sıcaklığı birkaç yüzyıllık bir periyottan daha kısa bir zaman diliminde çarpıcı bir biçimde değişebilir.

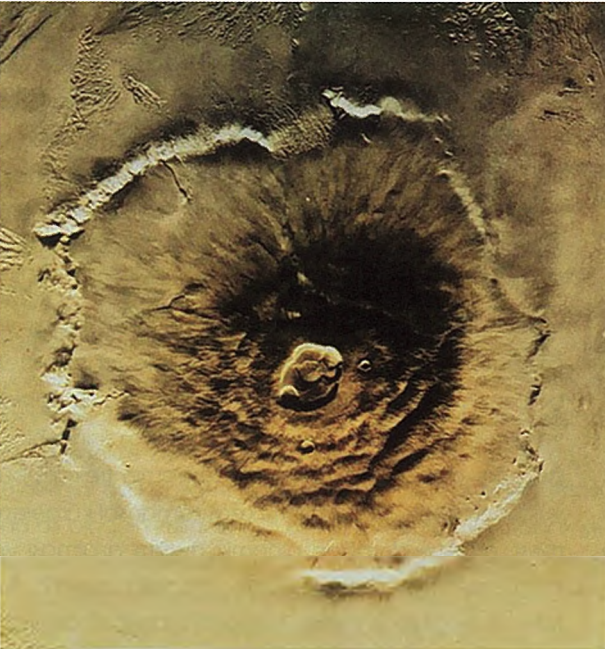
Eğer Mars'ın güney kutbu buz alanlarında yeterli oranda karbondioksit varsa bu potansiyel olarak yüzey basıncını, yüzey suyunun var olması için yeterince ılık sıcaklıkların oluşması ile sonuçlanmasına yetecek kadar yükseltebilir. Malin ve Kenneth Science 30 Haziran 2000 tarihinde yayınlanan sayısında, son su akıntıları ile oluşmuş olabilecek Mars yüzeyindeki vadi oluklarının kanıtlarını açıklayan bir makale yayınladılar. MOLA (Mars Orbiter Laser Alti-



Sol taraftaki her görüntüyü sağ taraftaki karşılığı ile karşılaştırın. 1999 ile 2001 arasında küçük tepeler kaybolmuş, çukurların duvarları genişlemiştir. Donmuş karbondioksit içinde meydana gelmiş güney kutbu çukurları, her Mars yılında karbondioksitin biraz daha fazla süblimleşerek kaybolmasıyla genişlemektedir. Güneş ışığı her iki pozisyonu da üst sol taraftan aydınlatmaktadır.

meter=Mars Yörüngesinde Bulunan Lazer Altimetre-yükseltiyi gösteren alet) ile yapılan gözlemler, derginin aynı sayısında farklı bir çalışma olarak yayınlanmıştır. David Smith, Maria Zuber ve Gregory Neumann tarafından hazırlanan bir makale, bir Mars yılı gibi sürede Mars atmosferinde meydana gelen ciddi değişikliklere işaret eden gezegenin topoğrafyasının ve yerçekimsel alanının ayrıntılı ölçümlerini ortaya koymuştur.

Kendi dönme eksenini etrafında eğik olduğundan dolayı, Mars'ın da aynen Dünya gibi iklimleri vardır. Mars sonbaharında ve kışında Mars yüzeyi kısmen daha karanlık bir hal alırken, karbondioksit gazı atmosferden dışlanır. Yoğun kuru-buz kar, kış döneminde gezegenin orta enlemlerine kadar ulaşan bir donma hattı ile sınırlandırılmış bulunan her iki kutba da düşer. İlkbahar ve yaz dönemlerinde olaylar tersine döner.



Güneş Sisteminin en büyük volkanı olan Olympus Mons

Smith'in makalesi, çoğunlukla 80 derecenin üzerindeki enlemlerde kuru-buz karın kış döneminde nasıl 2 metreye çıkacak kadar yığıldığını anlatır. Yazarlar aynı zamanda, global ölçekte kütlelenin yeni bir dağılımını yansıtan, Mars'ın yerçekimi alanında meydana gelen çok küçük bir değişimi de açıklamaktadırlar. Bu yüzden, çok fazla miktarda karbondioksit-bir Mars yılı süresince gezegenin toplam karbondioksit miktarının üçte biri kadarı-Mars'ın atmosferi ile yüzeyi arasında değiş-tokuş edilir ki gezegen tıpkı Dünya gibi kışları hafifçe yassılaştır, gerçekte ise daha yuvarlak bir hal alır.

MOLA'nın departman baş araştırmacılarından ve MIT'de (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü) ve de NASA'nın Greenbelt, Md.'deki Goddard Uzay Uçuş Merkezinde bilim adamı olan Maria Zuber, "Bu, Mars'taki en yaygın atmosferik gazın global-ölçekteki döngüsünün ilk eksiksiz ve kesin ölçümüdür, mevcut karbondioksit döngüsünü anlamak, geçmiş iklimleri anlamaya doğru atılan hayati bir adımdır."demektedir.

Malin "Mars, doğal iklim sistemlerinin hızlı düzensizliklere, Dünya ve Mars üzerinde, nasıl karşılık verdiklerini yorumlamamıza yardımcı olabilir. Gözlemler eğer bizi Mars'taki iklim değişikliklerine götürürse, aynı zamanda doğal iklim değişimlerinin insan etkileriyle meydana gelmiş iklim değişimlerini tamamen bastırabileceği fikrini de vermektedir. Bazı insanlar 'terraforming' Mars (daha yaşanabilir hale getirmek için çevresini değiştiren) fikrini öne sürdüler, fakat gözlemlerimiz gösteriyor ki; Mars, insanlığınun etkiyebileceğinden çok daha geniş ve ciddi bir değişimi zaten geçiriyor" diye eklemektedir.

Dünya üzerinde devam eden iklim değişiklikleri ile ilgili ciddi kanıtlar biriktikçe, Mars iklimindeki şiddetli dalgalanmaların anlamları hedefe daha yakın yerlerde belirlir. Malin "Ayrı ayrı ve aralıklı meydana gelen veya felaket meydana getiren şiddetli olayların doğada bizim düşündüğümüzden çok daha fazla gerçekleştiğini gösteren oldukça kanıt var" diyor ve "tabi ki benim hem Mars hem de Dünya üzerine yaptığım araştırmalar yeryüzü şekillerinin biçimlendirilmesinde bu tür işlemlerin hayati ve çok ehemmiyetli olduklarına işaret etmektedir." diyerek ekliyor.

Kaynak

Geotimes, February, 2002, pgs.

Julian Smith

Tek Tek Depremleri Güvenilir bir Şekilde Öndeyilemek Gerçekçi bir Hedef mi?

Ian Main

Çeviri: Zümrüt Alpınar
ODTÜ Felsefe Bölümü Öğrencisi
Borga Mentek
Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği

Kolombiya'daki en son deprem bir kere daha herkese bilimin bu tür doğal felaketleri öndeyemeyeceğini gösterdi. Depremlerin nükleasyon sürecini anlamak için gösterilen toplumsal çabaya rağmen, depremler birdenbire ve önceden uyarılmadan ortaya çıkıyor. Ama tüm doğal afetlerin de öndeyilenemez olduğunu söyleyemeyiz.

S t. Helens yanardağının 1980'deki patlamasından önce günde 1 metreye kadar varan yer deformasyonu, gaz ve buhar çıkışları, beşi büyük binlerce küçük deprem meydana gelmişti. Kamuoyu yaklaşık 20 yıl öncesinden birkaç aylık zaman aralığı hassasiyetinde bu olay hakkında uyarılmıştı. Eğer diğer doğal afetler bir dereceye kadar öndeyilenebiliyorsa, depremleri bu kadar özel kılan nedir? Neden laboratuvar testlerinde ortaya çıktığı gibi güvenilir haberciler gözlemlenememektedir? Güvenilir ve doğru öndeyi yöntemlerinin yokluğunda daha başka ne yapmalıyız? Depremleri öndeyilemek için daha ne kadar ilerleme kaydetmeliyiz?

Bilimin her şeyi öndeyilemediği fikri hiç de yeni değil. 1755 büyük Lizbon depremi "iyi huylu", öndeyilebilir evren düşüncesini ortadan kaldırmıştı. 18.yüzyılda "Akıl Çağı"nın, öndeyilenebilir evren tablosu Newton'un yerçekimi kanunundaki gibi lineer matematiğin başarısı üzerine kurulmuştu. Bu yüzyıl süresince bilim tarihi bu tartışmayı tekrarladı. 20. yüzyılın ilk yarısında, Einstein'ın görecelilik kuramı ve kuantum mekaniği kuramı, deney ve gözlemle test edildiğinde harikulade başarılı bulundu. Aynı başarı herkesin bilime olan inancını da arttırdı. Ama, bu yüzyılın sonunda uygulayıcılar ve genel olarak herkes bilimsel ön-

deyilerin hatasız olamayacağını farkettiler. Basit lineer olmayan sistemler bile kaotik davranış gösterirken, daha karmaşık olan ve birbirini etkileyen parçalardan oluşan lineer olmayan sistemler bile farkedilebilir istatistiksel durağanlık gösterebiliyor ve aynı zamanda (eğer tamamen kaotik değilse) kendine özgü gelişigüzel bir ögeyi barındırabiliyor. Kanıtlanamayacak null varsayımı depremlerin öndeyilendiği değil, ama onların öndeyilenemediğidir.

Bu tartışmada başvurulacak soru şu olmalıdır: tek depremlerin doğru, güvenilir öndeyisi gerçekçi bir bilimsel hedef midir ve eğer öyle değilse deprem kuşağı sürecinin öndeyilebilmesi için daha ne kadar ilerleme kaydetmeliyiz? En son yapılan araştırmalar ve gözlemler sismolojik köken (sismogenesis) sürecinin tamamen gelişigüzel olmadığını gösterdi. Depremler mekansal olarak kümelenmeye eğilimlidir ve öncelikle levha sınırlarında ve rastgele bir süreçten beklenemeyecek bir şekilde zamanda da kümeleniyorlarmış gibi gözükmektedir. Fay morfolojisinin ölçüğe göre değişmeyen doğası, depremin frekans-büyüklik dağılımı, depremlerin uzayzamansal kümelenmesi, görece durağan dinamik gerilim azalması ve depremlerin gerilimdeki küçük dalgalanmalarla tetiklenebilirliğinin yarattığı serbestliğin hepsi, deprem popülasyonlarının özelliklerindeki belirlenebilirlik ve



öndeylenebilirlik derecesine işaret etmektedir. Tartışma tek tek olayların öndeyilenmesi çevresinde toplanmaktadır.

Bu tartışmanın amaçları açısından, deprem "öndeyisi" konusundaki kavramları aşağıdaki gibi tanımlıyoruz:

1. Zamandan-bağımsız tehlike: Depremlerin zamansal olarak rastlantısal bir süreç olduğunu varsayıyor ve depremlerin oluşum yerlerini, aktif fayları, jeolojik tekrarlanma zamanlarını ve/ya levha tektoniği veya uydu verilerinden gelen fay kayma oranlarını gelecekteki uzun-erimli sismik riskleri sınırlamak için kullanıyoruz. Daha sonra güzergah ve yer etkileriyle kaynak büyüklüğü (magnitude) olasılığının bileşiminden olası yer sarsıntısı oluşumunu hesaplar ve ilişkili hataların hesaplamasını da katarız. Bu tür hesaplamalar ayrıca bina dizaynı ile alan kullanımının planlanmasında ve deprem sigortasının tahmininde de kullanılır.

2. Zamana-bağlı tehlike: Burada sismik tehlikenin zamana bağlı olarak değiştiği süreçte bir öndeylenebilirlik derecesi kabul ediyoruz. Ayrıca, lineer kuramları, en son olan olaydan sonra tehlikenin nerede yükseldiğini, veya görece benzer büyüklükteki "karakteristik deprem" düşüncesini, eski olayların jeolojik tarihinden öndeyilenen yer ve yaklaşık yinelenme zamanını katabiliriz. Şaşırtıcı olan, depremlerin uzay ve zamanda kümelenme eğiliminin gerçekte zamana bağlı olarak azalan sismik tehlike olasılığını da kapsamasıdır. Bu, sismik riskin hesaplanmasına bir binanın kullanımının zamanı ve süresini katacak şekilde tehlike anlayışının hassaslaştırılmasını sağlayacaktır.

3. Deprem tahmini (forecast): Burada, genellikle haberci sinyallerinin gözlemlenmesine dayanarak, yaklaşan bir depremin özelliklerini öndeyilemeye çalışırız. Tah-

min hala olasılıksaldır çünkü tam olarak büyüklüğü, zamanı ve nerede olacağı kesin ve güvenilir bir şekilde verilemeyebilir, ama haberci ve onu takip eden olayın gözlenmesi arasında şansın ötesinde bir tür fiziksel bağ vardır. Tahminin içinde olasılıkların ve hataların kesin olarak ifade edilmesi ve zamana-bağlı tehlikede söz edilen kümelenmeden daha fazla bir öndeylenebilirlik olduğu gösterilmek zorundadır. Bunun pratik yararı ilgili yetkililerin ay veya hafta gibi bir sürede yaklaşan ve beklenen bir depreme hazırlanmalarını sağlaması olacaktır. Pratik zorluklar ise güvenilir ve belirgin habercilerin belirlenmesini ve kamu güveninin kaybolmasına yol açacak bir kaç ay sürebilecek tahliye-

lere neden olabilecek öndeyilenememiş olayların veya yanlış alarmların belli bir oranda olacağına kabullenilmesini içermektedir.

4. Belirlenimci (deterministic) öndeyi: Depremler ilkece öndeylenebilir. Planlı bir tahliye yapabilmek için depremlerin yerini (eylem, boylam ve derinlik), büyüklüğünü, oluşum zamanını dar sınırlar içerisinde ve güvenilir bir şekilde bilebiliriz.

Uydu verilerinin giderek artan bir şekilde kullanılmasına rağmen zamandan-bağımsız tehlike 30 yıldan beri standart uygulama olmuştur. Buna karşılık, çok az sismolog yukarıda tanımlandığı gibi belirlenimci öndeyinin orta vadede kabul edilebilir bir hedef olduğunu iddia edecektir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, Parkfield, Kaliforniya'daki bir depremin habercilerinin başarısız bir şekilde izlenmesi hariç, ağırlık deprem sürecinin temellerinin daha iyi anlaşılmasına ve daha geliştirilmiş bir şekilde sismik tehlikenin hesaplanmasına kaydırıldı. Özellikle 1995'teki Kobe depreminin kötü sonucundan sonra, Japonya'da başarılı bir deprem öndeyisinin gerçekçi olmadığı inancı giderek arttı. Çin'de son 3 yılda yapılan 30 tane yanlış alarmdan dolayı elektrik hatlarında ve ticari etkinliklerde kesintiler olması nedeniyle, en son yapılan hükümet planlarında gayri resmi öndeyiler yasaklanmıştır.

Eğer bugünkü bilgimizle tek tek depremleri güvenilir ve doğru bir şekilde öndeyemiyorsak, olduğu sanılan öndeyilebilirlik derecesini araştırmada daha ne kadar ileri gitmeliyiz?

Kaynak

Nature Debates, www.nature.com

Deprem Öndeyisi

(Prediction):

Bu tartışma Gerekli mi?

Robert J. Geller

Çeviren: Zehra Tahtakılıç

ODTÜ Felsefe Bölümü Öğrencisi

Borç Menteş

Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği

Büyük depremler çok büyük miktarda enerji açığa çıkardığı için birçok araştırmacı güvenilir ve kesin öndeyide bulunmak için temel olarak kullanılabilecek ve teşhis edilebilecek haberciler olması gerektiğini düşünüyordu. Son 100 yıldır ve özellikle 1960'tan beri, böyle varsayımsal haberciler bulabilmek için büyük çabalar sarfedilmiş ve hepsi başarısızlıkla sonuçlanmıştır.

Kamuoyu, medya ve hükümet "deprem öndeyisini" yakın zamanda olacak bir deprem için şehirlerin boşaltılması gibi önlemleri almak amacıyla yeterli kesinlik ve güvenilirliğe sahip bir uyarı olarak görüyorlar. "Öndeyi" burada sadece yukarıda verilen anlamıyla kullanılıyor; diğer bir deyişle sismik etkinliklerin daha uzun erimli tahminleri (forecast) ya da artçı deprem olasılıklarının istatistiksel tahminleri, öndeyi olarak sınıflandırılmıyor.

Burada üç soru ortaya çıkıyor.

- 1) Hangi tuzaklar öndeyi araştırmalarını zayıflattı?
- 2) Neden depremlerin öndeyilmesi bu kadar zor?
- 3) Neden öndeyi hala tartışılıyor?

Bu sorular aşağıda yanıtlanıyor.

Deprem öndeyi araştırmalarının çoğu deneysel ve "vaka incelemesi" yaklaşımını içeriyor. Büyük bir depremden sonra haberci bulma umuduyla her tür bilgi geçmişe bakarak inceleniyor. Aday haberci bildiren araştırmacılar sık sık gelecek depremlerden önce benzer haberciler aramak için gözlemleri kuruyorlar.

Deneycilik (empiricism) birçok önemli bilimsel keşfe yol açtığı için tamamen gözardı edilmemelidir. Fakat E.B. Wilson'un da belirttiği gibi gerekli denetlemeler yapılmazsa deneysel yaklaşım saçma sonuçlara varabilir, örneğin bir güneş tutulmasından sonra tamam çalmanın güneşi yerine getireceği gibi. Denetle-

menin eksikliği haberci arayışını baltalayan ana sorunlardan biridir.

Diğer bir kronik sorun da daha akla yatkın açıklamaların üzerinde durmadan önce "anormal" işaretlerin depremlere bağlanması. Bir araştırma grubu depremin elektriksel habercilerini gözlemlediklerini defalarca iddia etti (hatta Nature'in haber sütunlarında bir hayli olumlu reklam almayı da başardılar) fakat işaretlerin yakındaki dijital radyo-telekomünikasyon vericilerinden kaynaklanan sesler olmaları ve depremlerle bağlantılarının olmaması şimdi yüksek bir olasılık gibi görünüyor.

Öndeyi araştırmacıları çok nadir olarak titiz istatistiksel analizler yapıyorlar. Bu da marjinal açıklama bolluğuna neden oluyor. Bunun iki ana nedeni var. Birincisi, çoğu haberci iddiası geçmişe bakılarak yapılan çalışmalardan kaynaklanıyor ve olaydan sonra parametreleri aslında uydurma ama görünüşte anlamlı bağıntıları oluşturmak için "akord etmek" kolay. İkincisi, depremler zaman ve mekanda kümeleniyor ve uygun geçersiz varsayımlar kullanılmadığı sürece, yapaylık izlenimi veren yüksek derecede istatistiksel değer kolayca elde edilebiliyor.

Neden öndeyi böylesine zor? Bu soru kesin olarak cevaplanamaz; çünkü henüz sismik kaynak hakkında kesin bir kuramımız yok. Kuvvetin dağılımı ve depolanmış elastik gerilme enerjisi gibi (depremlerin neredeyse tümünün meydana geldiği) dünyanın ka-



buğu da heterojen bir yapıya sahip. Depremi kaynak süreci başlangıç koşullarındaki küçük farklılıklara aşırı duyarlı görünüyor (kırılma ve çökme süreçlerinin çoğunda olduğu gibi).

Kabuktaki faylar arasında karmaşık ve yüksek oranda doğrusal olmayan etkileşimler olması öndeyi daha da zor hale getiriyor. Kısacası depremlerin öndeyilenebilir olduğunu düşünmemiz için baştan geçerli bir nedenimiz yok. Laboratuvarlarda yapılan birkaç çökme deneyi aksini düşündürülebilir ama bunlar sınırlı boyutlarda yapıyor ve gerçek depremlerdeki karmaşık ve heterojen şartları sağlamıyor.

Güvenilir ve kesin öndeyi şimdi ve görülebilen gelecekte olanaksızsa neden Nature'ın internet sitesinde tartışılıyor? Görünüşe göre yanıt bilimsel olmaktan çok sosyolojik. Belli araştırma konuları hem bilim insanları hem de kamuoyuna kaçınılmaz olarak çekici geliyor. Bu çekiciliği de büyük zorluğuna ve getirebileceği büyük ödülle bağlı. Büyük bilim insanı Sir Isaac Newton simyayı (elementlerin kimyasal reaksiyonlarla başka elementlere dönüşmesi) asıl araştırma alanı olarak görürdü. Sürekli başarısızlıkları onu umutsuzluğa itti ve bilimi darphane amirliği memuriyeti için bırakmasına yol açtı. Sir Isaac'ın başarısızlıklarına rağmen simya 100 yıl daha yetenekli bilim insanlarının başarısız emeklerini çekmeye devam etti. Deprem öndeyisi zamanımızın simyası gibi görünüyor.

Simya ve devir daim makineleri örneklerinde görüldüğü gibi bir şeyin olanaksızlığını "kanıtlama"nın tek yolu altta yatan görüngülerin (sırayla nükleer fizik ve termodinamik) tatmin edici bir kuramını geliştirmek.

Şu anda deprem kaynak süreciyle ilgili tatmin edici bir kuram yok. Daha fazla çalışma yapılması desteklenmeli ama bu olasılıkla etkili öngörünün fillen imkansız olduğunun daha iyi anlaşılmasına yol açacaktır.

Birçok ülkede hükümetler deprem öndeyisi konusundaki çalışmalara önemli maddi kaynak ayırmıştır. Böylesi maddi kaynaklar sık sık normal mesleki değerlendirme kanallarıyla başarılı bulunan çalışmalar için sağlanan maddi kaynaklardan çok daha fazladır. Üzücü olan, aradaki bu uçurumun bazen saygıdeğer bilim insanlarını böylesi finansmanlardan yararlanabilmek için çalışmalarını "deprem öndeyi araştırması" olarak isimlendirmeye itiyor olması.

Pek de iç açıcı olmayan olasılıkları göz önünde bulundurursak öndeyi için özelleşmiş kurumlara ve araştırma programlarına açık bir ihtiyaç yoktur. Bu alandaki araştırmalar deprem bilimindeki diğer tüm araştırmalarla yarışlarında normal mesleki değerlendirme kanallarından finansman aramalıdır. Bu

herhalde öndeyi araştırmalarının tamamen kenara itilmesine yol açar; sansürden dolayı değil ama şu anda bu alandaki çalışmaların düşük kalitesine bağlı olarak. Tabii, övgüye değer öndeyi önerileri (eğer varsa) maddi olarak desteklenmeli.

Bundan daha da önemlisi uzun erimli sismik tehlikelerin tahminiyle ilgili övgüye değer çalışmalar eşzamanlı sismoloji üzerine ve depreme dayanıklı yapılar için tasarım standartlarının düzeltilmesi üzerine övgüye değer çalışmalar—temel araştırmalar ve gözlemsel ağların çalışmasıyla beraber birleşmiş bir sismolojik araştırma programında anahtar unsurlar olarak—desteklenmelidir.

Japonya'nın da dahil olduğu birçok ülkede artık öndeyi araştırmaları baskı altında olduğuna göre bazı öndeyi yandaşları araştırmalarını sismik tehlikelerin azaltılması için böylesi bir entegre araştırma programına dahil etmek isteyebilir. Fakat öndeyi araştırmalarının hedef ve yöntemlerini gözönünde bulundurursak bu temelsiz görünüyor.

Nature'daki bu tartışmanın kurallarına göre, katılımcıların yayımlanmadan önce diğer katılımcıların yazılarını görmeleri yasak. Fakat, depremlerden farklı olarak, öndeyi yandaşlarının savları kolayca öndeyilenebiliyor.

Deprem öndeyi araştırmalarının üzücü tarihi bize şimdiye kadar soğuk füzyon gibi tartışmalardan öğrenmiş olmamız gereken bir ders veriyor. Diğer bir deyişle belirli bir araştırma konusunun potansiyel önemi bilimsel standartların düşürülmesine yol açmamalı. Uzun vadede (ve de kısa vadede) bilim ancak titiz araştırma yöntemleri kullanıldığında ilerliyor.

Kaynak

Nature Debates, www.nature.com

Henüz Değil; Ama Sonunda

Max Wyss

Çeviren: Erdal Öz

ODTÜ Felsefe Bölümü Öğrencisi

Alper Sakitaş

MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi

Ne yazık ki deprem öndeyilerine dair araştırmalar hakkındaki tartışmaların tipik özelliği yanlış iddia temellerine oturtulmasıdır. Forum yöneticisinin (Ian Main) önsözünün ilk iki cümlesi bu geleneği izlemektedir. Onun savına karşın Kolombiya'daki deprem, deprem öndeyilerine dair bilimin yeterliliğini veya yetersizliğini gösterecek türden değildi. Çünkü Kolombiya'da esas olarak bu sorun üzerinde çalışılmadı.

Önemli Derecede Küresel Çaba

Üstelik "önemli derecede küresel çabanın depremlerin nükleasyon araştırmaları için sarfedildiğini" söylemek doğru bir bakış açısını yansıtmaz. ABD ve B.Britanya ciddi bir anlamda bir soruna el attıkları zaman daha büyük ve önemli düzeyde kaynaklarla araştırma yaparlar. Bunu, geçmişte birkaç on yıl boyunca yeraltı nükleer patlamalarını incelerken ve onları doğal sismik olgulardan ayırırken yaptılar. Eğer depremlerin nükleasyonunu anlamak istiyorsak bilimin ciddi anlamda büyük çabalar sarfetmesi gerekir ama bu hiç bir ülkede yapılmamaktadır.

Bütün Depremler Aniden mi Vurur?

Önsözdeki bir diğer ifade deprem öndeyilerinin mümkün olamayacağını iddia edenlerin dillendirdiği "depremler aniden vurur" ifadesidir. Ama bu gerçeği yansıtmaz. Bilimsel tartışmalarda genel geçer doğruları tartışma konusu yapmamalıyız. Şöyle ki; deprem öndeyilerinin imkansız olduğunu savunan küçük bir grup bilim insanıyla bu problemin zaten çözüldüğünü iddia edenler genellikle doğruları çarpıtmakta, doğrulara zarar vermektedir.

Gerçek şudur; birçok ana-şok aniden görülmez. Bunların %10-30'u gerçekleşmelerinden önce hafta

boyunca öncü-şoklarla, bazıları etkinlikten bir yıl önce, bazıları gerçekleşmeden yıllar önce kendilerini hissettirirler. Bunlardan bazıları sismik durgunlukla kendilerini hissettirirler.

Başarılı Bir Öndeyi Nedir?

Yararlı bir deprem öndeyisinin tanımıyla-bir tanesi "planlı bir tahliyenin yer alabileceği" üzerine temellendirilmiş-forum yöneticisi deprem öndeyisi üzerine çalışılması gerektiği düşüncesini kurguluyor. Çünkü bu, forum yöneticisinin "çok az sismoloğun yukarıda tanımladığım gibi belirleyici bir öndeyinin mantıklı bir amaç olduğunu savunabileceği" yanlış kurgusunu yapmasını mümkün kılar. Enerji yüklü bir çevrimin en sonunda harekete geçen büyük bir kırılmanın başlangıcındaki düzensizliğinin en iyi bilinen ögesi birçok durumda kısa erimli öndeyilerin bakış açılarını engeller. Yine de uzun yıllar boyunca gözlemlene zamanına sahip öndeyilerden birçok yarar sağlar. Bunlar sık sık ayrıntılı bir biçimde açıklanmaktadır. Bundan dolayı birçok sismolog iyi kurgulanmış ve iyi formüle edilmiş öndeyilerin yarar olduğu düşüncesinde hemfikiridir.

Bilimin Gelişmesi Umulmadık Olabilir

Zamandan bağımsız tehlike tahminlerinin "standart uygulaması" önsözde sağlam ve iyi kurgulanmış



bilim olarak öne sürüldüğü zaman, bu genel geçer mühendislik sismolojisi görüşünde yer alır, ama bu yöntemin oldukça ciddi bazı eksiklikleri son zamanlarda belgelenmiştir. Batı Amerika'daki aktif fayın yanındaki kararsızca dengelenmiş kayaların varlığı açıkça gösteriyor ki standart pratik tarafından ölçülen hızlanmalar birçok yörede çoğu zaman öndeyleniyor.

Benim görüşüm şudur ki; bazı çalışma alanlarının ve metodlarının ne derece kabul gördüğüne veya görmediğine bakmayarak, meraklı insanlar daima ulaşılmaz olanı araştırarak ve sonunda bizim bilgimizin gelişmişliğine erişecekler. Bu, standart pratiğin umulmadık reddi-

ni de içerecektir. Üstelik şu ana kadar bazıları tarafından çözümlenemeyen sorunların çözümüne ulaşacaklar. Öndeyi araştırmalarında büyük sıkıntılara neden olan sorunlar deprem tahmini araştırmalarında büyük sıkıntılara neden olan ve odaklanmamız gereken problemler kanımca; a) bilimsel olarak zayıf çalışmaların gelişimi veya dergilerdeki çıkarımlar b) bilimde söz sahibi olmayan araştırmacıların hatalarını ve ifadelerini içeren çalışmalardır.

Ne yazık ki insan psikolojisi öyledir ki, çalışanlar ve gerçekte inananlar daima kendilerini büyüleyen deprem öndeyisi sorunuyla zamanlarını geçirirler. Bu yüzden yetkili olmayan insanlar tarafından oluşturulan rahatsızlık verici durumlara rağmen dikkatli ve niceliksel tahmin araştırmalarıyla nasıl bağlantı kuracağımızı öğrenmek zorundayız. Henüz bu seviyeye ulaşmış değiliz. Birçok Batı ülkesinde deprem tahmini araştırmaları için ayrılan fon çok yetersizdir. Çünkü bu birçok fon acentesi ve soylu eleştirmenlerce "bir ateş topu" olarak algılanıyor.

Deprem Öndeyi Araştırmalarının Geleceği

Peki kusurlu işleyen deprem çalışmalarının geleceğinin olası öndeyilere yönelmesine ne demeli? Yakın bir gelecek hakkında kötümserim ama uzun dönem için iyimserim. Öyle görünüyor ki deprem öndeyi araştırmalarının değeri hakkındaki tartışmalarda oldukça geçersiz ifadeleri duymaya devam edeceğiz. Ama deprem kırılmalarına dair (öncü-şoklar bunu gösteriyor) hazırlayıcı gelişmelerin olduğuna şüphe olmasın. Eminim ki bizden sonra gelecek olan hünerli ve açık fikirli insanlar deprem öndeyisi konusunda bir kaşık suda koparılan bu fırtınaya gülecekler. Bu insanlar sayesinde deprem öndeyi yeteneğimiz gelişecek ve en azından bazı uygun alanlarda depremleri öndeyilemeyi başaracağız. Kuşkusuz bu öndeyiler forum yöneticisinin ortaya koyduğu dar zaman aralıklarında ve belirttiği sıklıkta olmayacak.

Kaynak

Nature Debates, www.nature.com

Deprem Öndeyisi: Başarılabılır ve Yararlı mı?

Christopher Scholz

Çeviren: Çağdaş Tülek

ODTÜ Felsefe Bölümü Öğrencisi

Alper Sakitaş

MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi

Gelecekteki bir depremin zamanını, yerini ve büyüklüğünü birkaç gün ya da hafta öncesinden öndeyileme (yani, kısa erimli deprem öndeyilerinin olabirliğı) üzerine yapılan uzun tartışmalar yakın zamanda yeniden başladı. Bu tür deprem öndeyisi özünde zor olan bir araştırmadır ve olası habercilerin çok sayıda ama eksik gözlemiyle dolu zorlu bir geçmiş olsa da, bilimsel temelden ve doğruluktan yoksundur.

İmdiki tartışma, bu tür öndeyilerin olanaksızlığı savıyla meseleyi daha uç bir noktaya taşımıştır. Bu sav iki konu üzerine odaklanmıştır: Birincisi, dünyanın kendiliğinden yapılan kritiklik (self-organized criticality) durumudur; yani, dünyanın her yeri kırılma noktasına yakındır. Bunun anlamı, her an, her yerde, her büyüklükte, gelişmiş güzel depremlerin olabileceğidir.

SOC, dünyanın tamamının ya da büyük bir kısmının, birbirleriyle ilişkisiz büyük depremler oluşturan faylarla dolu olduğu küresel bir duruma işaret etmektedir. Amerika Temsilciler Meclisi'nin son sözcüsü Tip O'Neil'in politika üzerine söylediklerini burada kullanırsak, diyebiliriz ki, deprem öndeyileri ne yazık ki her zaman yereldir.

Bu nokta, kanonik (canonical) kum yığını SOC modelini gösteren Şekil 1'de betimlenmiştir. Yukarıdan akan kumun oluşturduğu yığının kenarları, kritik kayma açısına ulaştığında, değişik büyüklüklerde toprak kaymaları başlayacaktır. Şimdi, kum yığınının sadece belli bir bölgesine odaklanalım. Bu bölgede eğimi kayma açısının altına taşıyan, sistem boyutunda toprak kaymaları ara sıra olacaktır. Böylece eğim kayma açısına ulaşmadığı sürece, bölgesel hiçbir toprak kayması olamaz. Bu kaymanın zamanını hesaplamak, uzun erimli deprem öndeyisi sorunudur.

Bu, deprem öndeyisi araştırmalarında "sismik boşluk" varsayımı olarak bilinir. Bu varsayımı test eden olumsuz bir deneme hatalı olmuştur çünkü sistem boyutundaki depremlerden daha küçük depremler kullanılmıştır ve sonraki yerel depremleri dışlamayan kenarın sadece bir kısmını almıştır.

İkinci konu, bir depremin kendi büyüklüğünün ne kadar olacağını "bilemeyeceği" varsayımdır. Çünkü bu bütünüyle başlangıç koşullarına (fayın yerel gerilmeleri ve kuvvetlerine) bağlıdır. Depremin nükleasyonunu saptasak bile depremin büyüklüğünü öndeyilememize engel olacaktır. Bu nükleasyon, sürtünme (friction) kuramıyla deprem duraysızlığından günler ve haftalar önce fark edilebilir.

Bu varsayım yanlış olabilir mi? Öncü deprem kuşaklarının büyüklüğünü ve nükleasyon bölgesini gösterebilecek bir deprem kayma fazı habercisininin, takip eden ana şokun büyüklüğü ile orantılı olduğuna işaret eden gözlemler bulunmaktadır. Böylece nükleasyon zonunun büyüklüğünün belirlenmesi durumunda, ardından gelecek depremin büyüklüğü öndeyilebilir.

Peki, varsayım doğruysa, bu durum depremin büyüklüğünün öndeyilmesini engelleyecek midir? Hayır, sadece sorunumuz değişmiş olacaktır; içsel koşulların belirlenmesine gereksinim duyulacaktır. Yani, kritik duruma yaklaşıncaya kadar yüklenen nükleasyon zonu-



nun etrafındaki bölgenin büyüklüğünün belirlenmesi gerekecektir. Örneğin, "dilatancy-diffusion" deprem öndeyi kuramınca benimsenenlere benzeyen diğer yöntemler bunu olası kılabilir.

Bu yüzden, her ne kadar kısa-erimli öndeyilerde bulunmak için bir yöntemimiz yoksa da, bunun olanaksızlığını öne sürmenin doğru olacağına inanmıyorum. O zaman, diğer deprem öndeyi türlerinin olabilirliği ve kullanılabilirliği hakkında neler söyleyebiliriz?

On yıllık süreler içerisinde, aktif fay dilimlerinin olası kırılma zamanları üzerinden yapılan uzun-erimli öndeyiler kabul edilmiş sismik tehlike analizlerinin bir parçası olmuştur. Bu yöntem bilim temel alınarak, birçok çalışma yapılmış ve 1989 Loma Prieta, Kaliforniya, depremi altı yıl öncesinden tahmin edilmiştir (forecast). Bu tür öndeyilerin yararı, depremin etkisini azaltmak için gereken mühendislik ve acil durum planlarının hazırlanması için on yıla varan süreler tanınmasıdır. Orta-erimli öndeyi, uzun-erimli öndeyinin güncellenmiş şeklidir. Orta-erimli öndeyi, sismik ölçümlerdeki iyileşmeyle ya da fayın kırılma noktasına yaklaştığı uyarısı veren cihazlarla başarılmıştır.

Bir başka öndeyi türü olan "Acil Alarm"da, eşik değerin üzerindeki sismik dalgalar bir elektronik uyarı gönderirler. Bu sistem sayesinde, nükleer reaktörler, gaz ve elektrik şebekeleri vb. birkaç saniye içerisinde kapatılabilmektedir. Benzeri bir sistem, Japonya'da, deprem anında hızlı trenlerin durdurulmasında kullanılmaktadır.

Son olarak, depremlerin sıklıkla yakındaki faylarda

deprem oluşumunu tetiklemesine dair bulgular, bir diğer öndeyi modeline kaynaklık etmiştir. Bu model, deprem sonrası sismik tehlike değerlendirmesi olarak anılır. Modelde, büyük bir depremin hemen ardından, yakındaki bütün faylar üzerinde oluşan gerilim değişikliği hesaplanır ve önceki deprem sonucunda kırılmaya yaklaşan faylar hakkında tehlike raporları çıkarılır.

Peki, kısa erimli deprem öndeyilerini ne yapacağız? Olasılığının düşük olduğuna karar verip kafamızdan silmeli miyiz? Ben böyle düşünmüyorum: deprem fiziği üzerine daha öğreneceğimiz çok şey var ve özellikle hız/durum değişken sürütme (rate/state variable fraction) yasalarının sorunumuza yönelik uygulamalarında hızlı ve büyük ilerlemeler kaydedildi. Bugüne kadar karanlıkta yolumuzu bulmaya çalışıyorduk; gözlemlenebilir olarak elimizde sadece depremlerin kendisi vardı. Kaliforniya, Japonya ve başka yerlerde kurulan, uydu radar interferometreleriyle desteklenmiş çok sayıda yerleşik küresel yerbelirleme sistemi (GPS) ağları, ilk defa, gerilim alanlarının gelişimini uzay-zaman ölçeğinde görmemizi sağlayacak. Nelerin ortaya çıkacağını kim bilir? O zaman, ara sıra beklenmedik bir şekilde ortaya çıkan ilginç "haberci" olaylar gözlenecektir. Acaba bunların mekanizmaları ne olabilir?

Kaynak

Nature Debates, www.nature.com

Kaynak Yoksa İlerleme de Yok

Max Wyss

Çeviren: Elçin Yılmaz
ODTÜ Felsefe Bölümü Öğrencisi

Nature'da şimdiye kadar yapılan deprem öndeyi çalışmalarıyla ilgili tartışmaya olan katılım açıkça gösterdi ki, deprem kırklarının nasıl başladığı ve öndeyilenebileceği konusuna daha başlamamışız bile. Bu durum sorunun güçlüğünden ve bu konuları araştırarak iyi bir programın olmamasından kaynaklanmaktadır. Andrew Michael'ın dediği gibi, deprem öndeyi araştırmaları için ayrılan fon ABD'de sismoloji için ayrılanın sadece çok küçük bir kısmı. Zaten astronomi gibi diğer disiplinlere oranla sismolojiye çok az kaynak ayrılıyor.

Geçtiğimiz yüzyıl boyunca büyük çabaları

Bu tartışmanın katılımcılarının bazılarının da belirttiği gibi, deprem kırklarının fiziği, yer kabuğunun değişimi ve deprem öndeyi olanaklılığı konusunda daha işin başındayız. Aynı zamanda, birçok kabuksal parametrenin ilişkili bilgiyi içerebileceğine, ama genel olarak hiçbirinin kabul edilmediğine ve bunlardan herhangi birinin güvenilir deprem öndeyisine izin vereceğine dair ne-redeyse hiç kanıt olmadığına dikkat çekildi.

Geller yine abartmaya devam ediyor: "Geçtiğimiz yüz yıl boyunca ve özellikle 1960'tan beri, varsayımsal habercileri bulabilmek için büyük çabalar har-candı ve hepsi başarısız oldu." Geophysical Journal International'da yayınlanan son makalesinde bu güçlü söylem kesinlikle kabul edilemezdi, çünkü bu dergide yayınlanacak makaleler gözden geçirilir. Gerçek şu ki, 1960'ların ortalarına kadar öndeyi araştırması üzerine hiçbir ayrıntılı plan yapılmadı ve hiçbir plana da izin verilmedi. 1970'lerden önce hiç öndeyi programı yoktu ve 1970'lerin ortalarındaki kısa etkinlik dalgasından sonra, ABD'deki ve Avrupa'daki fonlar tükendi. Deprem kırkları ya da öndeyileri üzerine çalışan bizler, NSF'ye veya USGS'ye "deprem öndeyi-

si" ifadesiyle araştırma teklifi götürüp, araştırma için kaynak istediğimizde, deneyimlerimize dayanarak, bu fonun kesinlikle sağlanmayacağını biliyoruz.

Hiç şüphem yok ki, eğer öndeyi araştırmasında yüksek kalite kontrolünü garanti etmezsek ve astrofiziksel araştırmayla karşılaştırılabilir ölçüde kaynak sağlamayı başaramazsak, depremleri öndeyileme konusunda hiçbir ilerleme sağlayamayacağız.

Deprem öndeyisinin tanımı

Ian Main'in "planlanmış tahliliye" anlamına gelen "deprem öndeyisi" tanımı kabul edilemez, çünkü sosyal bilimciler tahlilyelerin faydadan çok zarar getirebileceği konusunda uyarıyorlar ve kabul edilen bir tanımı da zaten var. Geçerli bir deprem öndeyisi aşağıdakileri kesin olarak tanımlayan her ifadedir:

- yer +/- belirsizlik
- boyut +/- belirsizlik
- oluşum zamanı +/- belirsizlik
- yerine getirilen öndeyinin olasılığı.

Birçok değişik tüketici çeşidi (bireyler, bürokratlar, devlet daireleri, sigorta şirketleri ve diğer şirketler, polis ve itfaiye) olduğundan, büyük çapta belirsizlik içeren öndeyiler ilgi görmez. Tüketici, bir öndeyinin faydalı olup olmadığına belirsizliklere bakarak karar ve-



rebilir. Sigorta şirketleri ve eski binaları sağlamlaştırma konusunda karar verenler, kısa-erimli doğru öndeyilerden- se, uzun-erimli ve büyük belirsizliklerin olduğu öndeyilerle ilgilenirler.

Mühendislik çözümü yeterli değil

Emlak müteahhitleri, nükleer reaktör ve yüksek baraj inşaatçıları dışında herkes, depreme dayanıklılığı garanti eden katı kurallara göre inşaat yapmak konusunda hemfikirdir. Ancak, insanların büyük çoğunluğu önümüzdeki elli yıl boyunca, bugün varolan ve gevşek kurallar yürürlükteyken yapılan binalarda yaşayacak ve çalışacak. Üzücü bir gerçek de şu ki; dünyanın birçok bölgesinde bu binaları sağlamlaştıracak para yok. Dolayısıyla,

kısa-erimli öndeyiler kadar, uzun- ve orta-erimli öndeyiler de önlem almak için teşvik edicidir ve eğer başarılabilirse ve doğru bilime dayanıp sorumluluğun bilincinde olarak duyurulursa insanlara büyük yarar sağlar.

Eğer mevcut deprem, başlangıç süreci bilgisi deneyimli araştırmacıların bu tartışmadaki gibi derin düşünce farklılıklarını sürdürebilmelerine olanak verecek kadar zayıfsa şu anda yapılmayan büyük bir araştırma çabasına şiddetle ihtiyacımız var demektir.

Kaynak

Nature Debates, www.nature.com



Deprem Öndeyisi

(Prediction):

Neyi Tartışıyor Olmalıyız?

Robert J. Geller

Çeviren: Zehra Tahtakılıç
ODTÜ Felsefe Bölümü Öğrencisi

Yayımcıların bu tartışma için ortaya attıkları konu tek tek depremlerin güvenilir bir şekilde öndeyilmesinin gerçekçi bir bilimsel hedef olup olmadığıdır. Günlük dilde şöyle ifade edebiliriz: bugünkü donanımımızı göz önünde bulundurursak depremlerin öndeyilmesiyle ilgili araştırmalar devletin kaydadeğer yatırımlarını hak ediyor mu? Bu konuda olumsuz görüşü savunuyorum. Gördüğüm kadarıyla, olumlu görüşü savunanlar hiç de güçlü kanıtlar ortaya koyamıyor.

Olanaksız bir Hedef mi?

Diğer tartışmacıların bir kısmı tarafından sunulan görüşler şu tema üzerindeki çeşitlemelerdir:

- 1) Depremin öndeyilmesinin olanaksızlığı kanıtlanmamıştır.
- 2) Geçmişte olanaksız olduğu söylenen bazı şeylerin olabirliği sonradan anlaşıldı.
- 3) O halde ileride neden deprem öndeyisinin olabirliği ortaya çıkmasın?

Her neyse, teklif edilen araştırmalar onaylanmadan önce bunlarla ilgili inandırıcı destekleyici bilgi sunulması istenmelidir. Öndeyinin olanaksızlığının kanıtlanmamış olması yeterli bir gerekçe değildir. Bu, özellikle öndeyi ve soğuk füzyon gibi geçmişteki başarısızlıklarıyla tanınan alanlar için geçerlidir. Öndeyinin özünde olanaksız olup olmadığına karar vermek zorunda olmadığımızı dikkatinizi çekerim. Sadece depremin öndeyilmesiyle ilgili araştırmalar için geniş çaplı (büyük bütçeli) çalışmalar başlatmamızı zorunlu kılacak nedenler olup olmadığına karar vermeliyiz. Şu anki bilgilerimize bakılırsa cevabımız açıkça olumsuz olacaktır, ancak gerekirse, gelecek yeni teklifler iyi belgelenmiş ve inandırıcı sonuçlarla desteklenmiş olursa, her zaman bu konu tekrar açılabilir.

Kumarbazın Yanılgısı

Şans oyunlarında kullanılan basit mekanik sistemler öndeyi araştırmacıları için tedbirin önemini gösteren örnekler oluşturur. Hilesiz bir zar atıldığında her sayının gelmesi olasılığı altıda birdir ama (başlangıç koşullarındaki küçük farklara olan duyarlılık nedeniyle) tek tek atışların sonucunu güvenilir ve kesin olarak öndeyilemek olanaksızdır.

Yine de birçok kumarbaz önceki atışların sonuçlarından yola çıkarak boşuna bir düzen bulmaya çalışır. Bu kumarbazlar, bir grup olarak, paralarını kaybeder ama bazen birkaç şanslı kazanır. Çok daha büyük bir grup olan kaybedenleri görmezden gelip sadece kazananlara bakarak, kazananların bir formül bulduklarını düşünmek işten bile değildir.

Kumarbazın yanılgısının kökeninde, geçmişteki sınırlı deneyimine bakarak çok daha büyük bir bilgi yumağını temsil etmeyen bir numuneden kendince sonuçlar çıkarmak yatıyor. Deprem öndeyisinde bulunduğunu iddia eden kişilerin yaptıkları vaka incelemelerinde de temel sorun budur, fakat burada yanılgı daha az belirgin. Bunun nedeni, zar atışlarında olasılıklar kesin olduğu halde deprem oluşumu olasılığının mekansal olarak değişkenliği ve zamansal olarak geçmiş sismik hareketlerle güçlü bağlarının bulunması olmalı.

Öndeyi Yöntemleri için bir Standart

Bir depremden hemen sonra deprem olması olasılığı normal zamana oranla çok daha yüksektir ve bu olasılık bir güç yasası (power law) olarak gittikçe azalır. "Otomatik Alarm" öndeyi statejisinin çıkış noktası da budur. Belli bir eşik değeri aşan her depremden

sonra otomatik olarak bir alarm başlar çünkü bunun daha büyük bir depremin habercisi olması olasılığı vardır.

Otomatik alarm stratejisinin başarısı ve alarm oranları zaman aralıklarının seçilmesine bağlı olacaktır ama her başarı için herhalde yüzlerce yanlış alarm durumu olacaktır ve kaydadeğer depremlerin aşağı yukarı yarısı herhalde kaçırılacaktır. Böylece bu stratejiyi öneren kişinin de vurguladığı gibi bu strateji genel olarak halkı uyararak için yeterince güvenilir ve kesin değildir. (Artçı depremlerin olasılığa dayalı öndeyilmesi halkı uyarmayı doğrulayan bir istisna olabilir.) Otomatik alarm stratejisinin, her ne kadar tehlikenin azaltılmasındaki asıl işlevi açık olmasa da, Main'in ikinci kategorisinde (zamana bağlı tehlike) öndeyide bulunmak için bilimsel olarak geçerli bir yöntem olduğunu göz önünde bulundurabiliriz.

Otomatik alarm stratejisi çok düşük bir maliyetle uygulanabilir çünkü tek ihtiyacımız bir sismik ağdaki hiposantr bilgisidir. Ne elektromanyetik sinyallerin ölçümüne, ne kuyu suyundaki radyo-izotop oranlarına, ne de bazen deprem habercisi olduğu söylenen başka görüngülerin (phenomena) bilgisine gereksinim vardır. Otomatik alarm stratejisi halkı uyararak için gereken kesinlik ve güvenilirlikten uzak olsa da, tamamen rastgele yapılan öndeyilerden olasılık açısından kaydadeğer bir fark sağlıyor. Otomatik alarm sistemi önerilen diğer öndeyi yöntemlerini test etmek için bir çıkış noktası olarak alınmalıdır. Önerilen yöntemlerden biri otomatik alarm stratejisinden daha başarılı olana kadar (bu yöntemlerin hiçbiri şimdiye kadar başarılı olmadı) bu yöntemlerin derinlemesine araştırılması için bir gerekece yoktur.

Vaka İncelemesi Değil, Nesnel Deneyler

Şu andaki öndeyi araştırmalarının nesi yanlış? Wyss bilimsel açıdan zayıf çalışmalar ve bilimsel yetkinliğe sahip olmayan reklam arayışındaki kişileri sorun olarak görüyor. Ona katılıyorum ama bunların önemli sorunlar olduğunu düşünmüyorum. Görünüşe göre asıl sorun öndeyi araştırmacılarının vaka incelemesi yaklaşımları. Erken bir evrede bu yaklaşım değerli olabilir, ama bugün herkesin deprem habercileri hakkında binlerce yayımlanmış yargısı bulunmakta. Bu listeye daha fazla ekleme yapılmasının değeri tartışılır (marjinal fayda kuramı gibi).

Wyss hem "artan moment salınımını" (normalden daha sık küçük depremler) hem de "sismik durgunluğu" (normalden daha seyrek küçük depremler) haberci olarak kabul ederek bu tartışmaya katkıda bulunuyor. Böylece deprem sonrasında, depremden önceki sismik hareket farklılıklarının haberci olduğu iddia edilebiliyor. Bu sismik hareket seviyelerindeki farklılıkların ratlantısal dalgalanmalar mı yoksa gerçek fiziksel görüngüler mi olduğunu belirlemek için belirgin varsayımların nesnel bir şekilde test edilmesi gereklidir.

Uzun Erimli Tahminler (Long-Term Forecasts): Şu Anda Ne Durumdayız?

Eğer güvenilir ve kesin olsalardı uzun erimli tahminler mühendislik ve depremlerin etkisini hafifletme amaçlı planlamadaki acil önlemler için yararlı olabilirdi. Ama

maalesef uzun erimli sismik tahminler için önerilen yöntemlerin kesinliği ve güvenilirliği ciddi bir sorundur. Mesele "sismik boşluk" varsayımına dayanarak birçok uzun erimli tahminde bulunulmuştur. Oysa bu tahminlere sonradan bağımsız testler uygulandığında rastgele tahminlerden daha başarılı olmadıkları gösterilmiştir. Sismik boşluk tahminleriyle ilgili tartışma hala devam etmektedir.

Scholz 1989 Kaliforniya'daki, Loma Prieta depremi için başarılı uzun erimli tahminler olduğunu iddia ediyor. Fakat bu iddianın doğruluğu şüpheli; çünkü uzun erimli tahminler gerçek depremden farklı bir fay hattı üzerinde ve farklı bir odaksal mekanizması olan bir deprem için yapılmıştı. Dahası buna "başarı" desek bile bu, kumarbazın içine düştüğü çok daha büyük bir bilgi yumağından, tipik olmaması olası bir örneği seçme yanılığının bilinen bir örneğine benziyor.

Uzun Erimli Tahminlerin Olası Zararları

Tamamen geçerli yöntemlerimiz olana kadar yöneticilerin uzun erimli tahminlere dayanarak geniş çaplı önlemler almasını önermekten çekinmeliyiz. Ama uzun erimli tahminlerin açıklandığı bölgelerde abartısız, mantıklı önlemler alınmasının zarar değil, aksine yarar sağlaması olasıdır.

Uzun erimli tahminlerin açıklanmadığı bölgelerde yetkililerin fazlasıyla kendilerinden hoşnut olma riski vardır. Bu sadece kuramsal bir olasılık değil. Tokyo içinde ve civarında gelecekte olacağı varsayılan birkaç deprem son 25 yıldır Tokyo'da kapsamlı tartışmalara neden oluyor. Kısım bu tahminlerin sonucu olarak, batı Japonya'da, özellikle Kobe'de yerel yönetimler, hatalı olarak kendi bölgelerinin kaydadeğer bir risk içinde bulunmadığını varsaydılar ve depreme karşı yeterli önlem almadılar. 1995 Kobe depreminde beklenmeyen boyuttaki hasarın nedenlerinden biri de budur.

Sonsöz

Güvenilir ve kesin deprem öndeyilerinin olanaklılığını tartışmaktansa deprem oluşumunun ne ölçüde rastlantısal olduğunu tartışıyor olmalıyız. Deprem oluşumu en azından kısmen rastlantısal gibi görüldüğüne göre (ya da tamamen rastlantısal) belirlemci (deterministic) öndeyilere ulaşma çalışmaları yanlış görünüyor.

Bunun yerine deprem olma olasılığını yer, zaman, deprem büyüklüğü ve geçmiş sismik değerlerin sonucu olarak sayıya dökecek istatistiksel yöntemler arıyor olmalıyız. Deprem öndeyi araştırmalarında vaka incelemesi yöntemi bırakılıp, açık bir şekilde formüle edilmiş varsayımların nesnel bir şekilde deneylerle sınanması gerekmektedir. Kanıtlanmış öndeyi yöntemlerinin eksikliğini göz önünde bulundurarak bilim insanları gelecek sismik tehlikelere karşı halkı uyarma konusunda ihtiyatlı davranmalıdırlar. Son olarak, öndeyi yandaşları, öndeyinin kanıtlanmamış olmasının öndeyi araştırmalarını doğruladığı iddiasını öne sürmekten vazgeçmelidirler.

Kaynak

Nature Debates, www.nature.com

Gerçekçi Öndeyiler Dikkate Değer mi?

Andrew Michael

Çeviren: Onur Ertuğrul
ODTÜ Felsefe Bölümü Öğrencisi

Güvenilir deprem öndeyisini o şekilde tanımlayabiliriz ki başarılı öndeyide bulunmak olanaksızlaşır. Mesela, Main'in dördüncü seviyesine göre, böylesine kesin bir öndeyi sayesinde insanlar tahliye edilebilir. Ancak standart olarak bu dar tanımlanmanın, bize hiçbir yarar sağlamayacağını düşünüyorum. Fakat Main'in ikinci ve üçüncü seviyeleri—onları öndeyi ya da olasılıksal tahmin olarak adlandırıp adlandırmamıza bağlı olmadan—sosyal açıdan yararlı olabilirler.

Nasıl ki Main'in son derece kesin, kısa erimli öndeyileri olanaksızsa, insanlar da ne böyle öndeyilerle felaketten kurtulmayı beklemeli ne de bu beklentiyle yapılan araştırmaları desteklemeli. Fakat, deprem öndeyi çalışmalarını geliştirmek—insanların büyük kitle halinde tahliye edilmesini sağlamak gibi çok etkiliyici olmasa da—toplumsal faydalar sağlayabilirler.

Kalifornia Olağanüstü Hal Ofisi başkanı, Richard Andrews'ın da değindiği gibi, doğal felaketler arasında yalnızca depremler kendini belli etmeden ortaya çıkıyorlar. Fırtınalar yakınlaşır, yangınlar büyür, seller büyük yağışlardan sonra gelirler fakat depremler, tamamen normal bir günü birkaç saniye içinde felakete dönüştürebilirler. Eğer biz düşük olasılıklı tahminlerimizi (öncü ve artçı depremlere dayalı modellerde olduğu gibi) kısa erimli yaparsak toplum bundan nasıl yararlanabilir?

Bilinçlenme

Büyük bir deprem olduğu takdirde, bizi yüksek zararlardan kurtaracak düşük masraflı birkaç tedbir vardır. Genellikle deprem konusundaki hazırlık planlarına, diğer konulara gösterilen özen gösterilmiyor. Yangın tatbikatları gibi, düşük olasılıklı deprem uyarıları da planları güncellemek ve hazırlık durumlarını gözden geçirmek için yararlı olabilir. Mesela, ana-

okulları ilk yardım malzemelerini gözden geçirebilir ya da ailelerin acil durumlarda ulaşılacak telefonları gözden geçirebilirler.

Tahmin edilen olay beklendiğinden geç ortaya çıksa dahi, bu gibi tedbirler çok yararlı olabilir. Son günlerde çoğu hastane, ana binalarını daha verimli kullanabilmek için tıbbi gereçlerini bina dışındaki depolarda bulunduruyor. Fakat zayıfa yol açan ve depolara ulaşımı engelleyen bir deprem olduğu takdirde, bu durum ciddi sorunlara yol açabilir. Yine, düşük olasılıklı bir uyarı söz konusu olduğunda, düşük bir masrafla depolardaki gerekli olabilecek malzemeler hastaneye getirilebilir. Nükleer yakıtların taşınması gibi alışılmamış endüstriyel durumlarda sorun daha da büyük olabilir ve bu işler daha az riskli zamanlara kadar ertelenebilir.

Main'in tek sonuç olarak verdiği yüksek olasılıklı, belirlenmiş öndeyilerin yanında düşük olasılıklı uyarıların avantajı da var. Deprem tahminleriyle ilgili en yaygın endişelerden biri de yanlış alarmların yarattığı masraf olmaktadır. İşyerlerinin kapatılması ya da tahliye gibi tedbirler, çok büyük ekonomik ve sosyal masraflara yol açıyor. Hepsini bir yana, bu gibi yanlış alarmlar çok büyük bir kargaşaya sebep oluyor. Diğer taraftan, düşük olasılıklı tahminler belli bir süre için kamunun makul önlemler almasını sağlar ve Kalifornia'da dikkatli yürütüldüğü takdirde problemlere yol



açmaz. Kaliforniya eyalet yönetiminin uyarıları, hiçbir karışmaya yol açmadan başa çıkma yollarını ve belli önlemleri de içeriyor.

Bilme Gereksinimi

Düşük olasılıklı öndeyiler, belirtilerin devamlı araştırılması sonucunda gelişebilecektir. Robert Geller'e göre, bu araştırma güçlüydü fakat en azından Amerika'da 1960'ların iyimserliğinde hayal edilen, çok çeşitli aygıtlardan oluşturulacak geniş ağı hiçbir zaman kurulamadı. Sonuç olarak da elimizde depremlerdeki kırılmalara çok yakın elektromanyetik alanlar ve gerilmelere (strain) dair çok az kayıt bulunuyor. Güncel gerilme kayıtları, kırılma bölgesi dışından deprem kaynağının hazırlanma sürecinin gözlemlenemeyeceğini belirtiyorlar fakat kırılma bölgesinin içinden veri alamadıkça herhangi bir habercinin bulunabileceğini söylemek zordur.

Üstelik deprem öndeyisinin imkansız olduğunu bilmek bile çok yararlı olabilir. Amatör bilimciler her zaman depremleri tahmin etmeye devam edeceklerdir ve bilimsel çevrelerden gelecek yanıt zaman alacağı için de bu tahminler yarardan çok zarar getireceklerdir.

Gerçekten depremlerin öndeyilenemeyeceğini kanıtlamak, bize daha az bilimsel yaklaşımlarla baş etmek için yardımcı olacaktır. Fakat şimdiki deprem fiziği anlayışı bu noktayı kanıtlayamıyor. Örneğin, Nature'daki bu tartışmada yazıların çoğu kendiliğinden yapılan kritiklik modellerinden (self-organized criticality) söz ediyor ancak ortada ne deprem öndeyisi hakkında söyledikleri, ne de depremleri iyi açıklayıp açıklamadıkları hakkında bir uzlaşma var.

Deneme çalışmaları

Diğer önemli bir sorun da deprem öndeyi araştırmalarının kalitesi. Varsayım geliştirmeyle varsayımı test et-

meyi birbirinden ayırma konusunda daha dikkatli olmalıyız. Deprem öndeyi araştırmalarına, varsayım geliştirme için çok iyi olan vaka çalışmaları hakim, fakat varsayım test etme için gerekli olan küresel çalışmalar yeterli değil. Geller tarafından belirtildiği gibi, Wyss bazı depremlerin sismik düzeyin artmasından, bazılarının sismik durgunluktan önce geldiğinden, bazen de bunlarla hiçbir ilgisi olmadığından söz ediyor. Vaka çalışmaları çerçevesinde bakılınca bunlar hem haberci etkinliği hem de durgunluğunun gelişimine yol açmaktadır. Diğer yandan mesele, küresel varsayım test edilmesi (global hypothesis testing) olarak görüldüğünde, bu değişen gözlemlerin karışımı tamamen rastlantısal bir davranışa işaret ediyor.

Eğer bir davranış ne zaman a priori olarak bekleme-
miz gerektiğini ayırt edemezsek, bu gibi haberler yararsızdır. Bu günlerde benzer bir problem de, depremlerin "zaman-kırılma analizi" ile öndeyilenebileceğini ileri sürülenlerle yaşanmaktadır. Birçok saha çalışması olmasına rağmen bunların hepsi harekete geçirme (activation) varsayımıdır. Şu anda ihtiyacımız olan şey, iyi bir varsayım testidir ama bunlar maalesef çok ender bulunuyorlar. Yani bu kritik testleri yapmaları için daha fazla araştırmacıyı desteklemeliyiz.

Kesinlikle deprem öndeyileri son derece zor. Fakat düşük-olasılıklı, kısa erimli tahminlerimizi geliştirebiliriz ve bunlar toplum için, büyük ihtimalle imkansız olan yüksek olasılıklı olanlardan çok daha faydalı olacaklardır. Hünerimizi toplanan verilerin (özellikle yakın-kaynak bölgelerinin) ve yapılan işin kalitesini geliştirmekte göstermeliyiz.

Kaynak

Nature Debates, www.nature.com

Gerilim Tahmini: Görünürde uygulanabilir üçüncü strateji

Stuart Crampin

Çeviren: Şükran Şahbudak
Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji
Mühendisliği, Bölümü Öğrencisi
ssahbudak@hotmail.com

Şimdiye kadar yapılan bütün tartışmaların konusu depremlerin oluş zamanı, yeri, kırılma mekanizması, kaynağın yapısı, depremin olası habercileri gibi konulardır. Depremler çeşitlidir ve bunları bir kalıba sokmak zordur. Depremlerin en önemli özelliği, geniş hacimli zayıf kayalar üzerinde ister istemez biriken büyük miktardaki gerilimin ortaya çıkmasıdır. Eğer bu gerilim birikimi izlenebilirse depremin zaman ve büyüklüğü, kırık kritik bir noktaya geldiğinde gerilim tahminine konu olabilir. Ben bunu zaten bildiğimizi söylüyorum. Bu etkiler dünya çapındaki sekiz deprem için gözlenmiş ve M=5 büyüklüğündeki bir depremin zaman ve büyüklüğünün başarılı bir gerilim tahmini (stress forecast) yapılmıştır.

İmdi tartışmaya küçük bir gerçekçilik payı katalım. Depremler karmaşıktır ve gerilim alanının yönü ve büyüklüğü ile, fay düzleminin şekliyle, gerilim alanına bağlı olarak fay düzleminin yönelimiyle, akışkanların varlığı ve yokluğuyla, akışkanların doğasıyla, su basıncıyla, fay düzlemindeki birikmelerle, fay breşinin varlığı ya da yokluğuyla, su kanallarının varlığı ya da yokluğuyla, basınçla, su tablasının yüksekliğiyle, sıcaklıkla, gelgit'lerin durumuyla; hava basıncıyla, yerel jeolojiyle, diğer depremler ve benzeri gibi birçok olayla değişirler. Bu görüntülerin her birinin depremlerin büyüklüğü, yeri ve oluş zamanını önemli ölçüde etkilediği bir durum vardır. Sonuç olarak hiçbir deprem birbirinin aynısı değildir.

Böylesi bir depremin davranışını doğru bir şekilde tahmin etmek, modellemek ve anlamak için kaya kütlesi içerisindeki her bir kılcal çatlağı ve fay breşinin (gouge) en küçük parçasının çok hassas bilgisi gerekmektedir. Bu teoride mümkün olabilir ama pratikte mümkün değildir. Deprem tahmini sadece zor bir konu değil, aynı zamanda çok fazla bilgi ve bütçe gerektiren bir konudur ve astronomik ölçüde etkenlerle bizim ulaşabileceğimizin çok ötesindedir.

Bunlar, herhangi bir kaynağın özelliğinin, habercisinin, çekirdek içeriğinin anlaşılması vb.'ne bağlı olan

tekniklerin neden başarılı olmadığının bir sonucudur. Büyüklüğün onlarca kat daha artması, heterojenitenin de artmasına neden olur. Bazı tartışmalarda olduğu gibi keşfedilmeyi bekleyen büyütlü bir formülün olmadığı açıkça görülmektedir. Depremin kaynağına bakarak büyüklük, yer ve zamanını öndeyilemek pratik olarak olanaksızdır.

Sonuç olarak, dar sınırlar içerisinde gerçekleşecek depremin büyüklüğü, yeri ve klasik deprem zamanı tahmini oldukça imkansız görünmektedir. Benim önerdiğim gerilim tahmini yöntemi, çok fazla karmaşık tasarımlardan veya çok değişkenlik sunan deprem kaynaklarından uzak ve daha anlaşılabilir. Ancak bazıları bunun para ve zaman kaybı olduğunu düşünmektedir.

Birşeyler yapabilir miyiz? İnanıyorumki yapabiliriz, fakat bu, yalnızca kaynağı araştırmakla olmaz. Depremler büyük hacimdeki kayalar üzerindeki gerilim birikmesi sonucunda oluşur ve bu gerilim kayaçların zayıf olmasını sağlayan makaslama dayanımıdır. Belki de sekiz büyüklüğündeki bir deprem yüz milyonlarca km³'lük bir hacim kaplar. Doğrudan veya dolaylı olarak delil birikmesi, sismik dalga açıklıklarındaki makaslama dayanımlarının değişmesi, depremden önce yayımlı strese sahip kayaçların herhangi bir yerindeki stresin gözlenmesiyle anlaşılır.

Suya doygun, tanelerle sınırlanmış çatlak ve gözenekler kabuk içindeki birçok kayacın gerilim içeriğinin işaretidir. Bunlar kaya kütlesinin duraylı elemanlarıdır ve geometrileri gerilimin ortaya çıkmasıyla nitelik kazanır. Sismik keskin makaslama dalga ayırımındaki (seismic shear-wave splitting) değişimler kırık geometrisindeki değişimleri yansıtır ve bundan dolayı depremden önceki gerilim yüklenmesini ve deprem anındaki (ya da bazı durumlarda depremden hemen önceki) gerilim boşalmasını izleyebilir. Niteliği sonradan anlaşılacakla birlikte, bu tür değişiklikler, USA'daki üç, Çin'deki bir ve rutin olarak Güneybatı İzlanda'daki dört depremden önce saptanmıştır.

Keskin – dalga ayırımındaki (shear wave splitting) bu değişiklikler, "çatlamalar çok yaygın olduğu zaman, gerilim kayacın kırılma kritikliğine ulaşana kadar artar ve deprem olur" şeklinde yorumlanmaktadır. Gerilim artışının oranı keskin – dalga ayırımındaki değişikliklerden, kritik kırılma düzeyi ise daha önceki depremlerden belirlenebilir. Gerilim artışı kritik kırılma noktasına ulaştığında deprem oluşur. Büyüklük gerilim artışı oranının tersinden (inverse) belirlenebilir: Belirli bir gerilim oranı girdisine göre, eğer gerilim küçük bir hacimde birikirse oran artışı hızlı ama deprem küçük, ancak eğer gerilim büyük bir hacimde birikirse oran artışı yavaş ama deprem büyük olur.

17 Mart 1999'da, Güneybatı İzlanda'da, 5 büyüklüğünde bir deprem için başarılı bir zaman ve büyüklük tahmini yapılmıştır. 27 ve 29 Ekim 1998 tarihinde kesin olmayan gerilim tahminleri, İzlanda Ulusal Sivil Savunma Komitesi'ne bildirilmiştir. 10 Kasım 1999'daki son zaman-büyüklük penceresi (ölçümlerdeki belirsizlik nedeniyle gerek duyulan bir pencere), çok yakında, 1999 Şubat bitmeden, $M \geq 5$, eğer gerilim artışı sürerse, $M \geq 6$ şiddetinde bir depremi göstermekteydi. Üç gün sonra (13 Kasım 1999), keskin-dalga ayırımının belirlendiği üç istasyonun merkezinin 2 km çevresinde $M \geq 5$ şiddetinde bir deprem görüldü. Daha önce ne anlama geldiği anlaşılmayan ve başka bir yerde gözlenen bir davranıştan hareketle, bunun başarılı bir gerçek zaman gerilim öndeyisi olduğunu iddia edebiliriz. Keskin – dalga ayırımı potansiyel deprem yerlerini göstermemiş, ama Ragnar Stefansson tarafından yapılan yerel sismiklik analizi, gerilim tahmini deprem oluşumundaki küçük fayı (çatlağı) doğru olarak belirlemiştir. Anlaşıyor ki, depremlerden

önce gerilim artışı denetimi, yaklaşan depremlerin zamanı ve büyüklüğü hakkında tahminde bulunmamızı sağlamaktadır.

Gerilim tahmini hakkında üç yorum

1. Gerilim tahmininin, zaman ve büyüklük hakkında mantıklı sonuçlar verdiği gözüküyor; fakat Bob Geller'in 'stokastisizm'inin devreye girdiği yer hakkında hiç bir bilgi vermemektedir. Buna rağmen, Chris Scholz deprem tahmininin daima yerel olduğunu söylemektedir. Eğer büyük bir depremin meydana geleceği biliniyorsa (bir gerilim tahmini yapılması durumunda) İzlanda'da olduğu gibi, yerel bilgiler kırılacak faya işaret eder.

2. Gerilim tahmini yalnızca, kaya kütlesini açıklamak için neredeyse yeterli küme aktivitesinin sağladığı doyurucu keskin- dalgaların bulunduğu Atlantik Ortası Sirtı'nın (Mid Atlantic Ridge) denizden kıyıya dönüşüm kuşağındaki benzersiz sismiklik nedeniyle Güneybatı İzlanda'da mümkündür. Böyle bir küme aktivitesinin bulunmadığı başka bir yerde yapılacak rutin gerilim tahmini, kontrol kaynaklı sismoloji gerektirecektir.

3. Gözlemediğimiz olgu belirleyici değildir. Deprem anındaki gerilim azalması bir yana, etkiler, depremin kaynak parametrelerinden bağımsızdır. Kritik kırılma düzeyine ulaşıldığında, artış oranının ve zamanının belirlenmesine olanak tanıyan, kaya kütlesindeki gerilim artışı etkileri ile keskin -dalga ayırımı denetimleri, başlı başına iki ayrı süreçtir.

Çizgisel olmayan 'akışkan kaya etkileşimlerinin' kritik doğasından kaynaklandığı düşünülen, ancak henüz tam olarak anlaşılabilen nedenlerden dolayı, keskin – dalga lardaki basınçlı akışkanlarla doyurulmuş mikro çatlakların etkisi hissedilir düzeyde kalıcıdır.

Depremlerden önce görülen davranış, İzlanda'daki 1996 Vatnajökull patlamasından önce gördüklerimizle tamamen aynıdır. Beş aylık bir süre boyunca, yaklaşık 1 km³'lük mağma, kabuk tabakaya sızmıştı. Bir depremden en büyük farkı; depremlerde olduğu gibi stres bir anda salınmamış, patlamayı izleyen birkaç yıl içinde gevşeme olmuş.

Kaynak

Nature Debates, www.nature.com

Deprem Öndeyi Araştırmalarında Yeni Olanaklar

Didier Sornette

Çeviren: Alper Sakıtış

MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi
alpersakitias@yahoo.co.uk

Depremleri öndeyilemek, şu ana kadar ele alınmamış yeni çok-disiplinli yaklaşımları zorunlu kılan deprem fiziğini kavramayı gerektirmektedir. Son on yıllarda birkaç ülkenin gösterdiği çabaya karşın, bilimsel çevrelerin deprem sorununda bir gelişme sağlamak için geleneksel sismolojik ve jeolojik yaklaşımlarla birleştirilen yapay-zeka, istatistiksel fizik, süper-bilgisayar modellemesi ve büyük ölçekte fiziksel ölçümlerin tam spektrumunun görüntülenmesini kullandıklarını gördüğüm konusunda kuşkuluyum. Deprem öndeyisi alanında geçmiş başarısızlıklardan öğrendiğimiz bunun basit bir sorun olduğu yönündeki önyargılı yaklaşımımızı yansıtmaktadır.

Depremlerin Simyası

Coğu zaman paradokslar, yanlış anlamlar ve tartışmalar, bir konu mevcut bilgilerimizin "dar" sınırlarına hapsedildiğinde ortaya çıkar. İlk Yazısında Geller'in Sir Isaac Newton'un simyayı kendine başlıca araştırma alanı edinmesinin önemini vurgulamasını ve ardından da "Deprem öndeyisi günümüzün simyası gibi görünmektedir" diyerek devam eden kışkırtıcı açıklamasını hatırlayın.

Bu örnekten kişisel olarak aldığım ders şudur: Newton temelde fiziksel süreçlerin bir elementin bir başka elemente dönüşmesine (transmutation) neden olabileceğini ummak konusunda haklıydı. Ama, fizik ve teknoloji o dönemde yeterince ilerlemiş değildi ve bilim, Becquerel ve Curie'nin modern "simya" (çekirdek bilim) çağını açmasını beklemek zorundaydı. O halde işin gerçeği, Newton zamanını ulaşamayacağı ama geçerli bir amacın peşinde koşuşturmakla kaybetmiştir.

Benzer şekilde, depremlerin ne olduğunu anlamak için temelde yeni yaklaşımlara ihtiyaç duymaktayız. Neyse ki, şimdilerde çok daha donanımlıyız ve bilim bugüne kadar olduğundan çok daha hızlı geliyor da, "depremlerin simyasını" anlamak için çok daha az bir süre bekleyeceğiz. İki nedenden dolayı depremleri anlamanın öndeyi potansiyelinin değer-

lendirilmesi için bir gereklilik olduğunu düşünüyorum. Basit "kara kutu" model (pattern) tanıma teknikleri defalarca denendi ve (olasılıkla bir dereceye kadar düşük kalite ve veri yetersizliği yüzünden) çok sınırlı bir başarı getirdi. Bu yüzden sadece kaynak (source) sorununu değil, tüm sismik döngüleri anlamaya çalışan esaslı bir deprem anlayışına ihtiyaç vardır.

Bu anlayış kaos ve dinamik sistem kuramlarının hava tahmininin sınırlarını anlamaya yardımcı olması gibi, bizlere deprem öndeyisinin sınırlarını ve potansiyellerini nicel olarak değerlendirmemiz için yardımcı olabilir. İki nedenden dolayı meteorolojinin çok ama çok gerisindeyiz:

1. Şu anda bile ilişkili bir çok parametrenin çok sınırlı sayıda kesin nicel ölçümleri var.

2. Depremlerin özünü oluşturan fiziksel görüngüler (phenomena) çok karmaşık ve içiçe girmiş durumdadır ve kabuk yapılanması konusunda temel bir Navier-Stokes denklemimiz de yoktur.

Bu yüzden deprem öndeyisinin esas sınırları konusunda kesin birşeyler söylemek için henüz çok erken.

Mekano-kimya

Depremler gerçekte çok ama çok az anlaşılımıştır. Standart kuram, 1910 yılında Reid tarafından formüle edilen ve daha sonra 1966 yılında Brace ve Byerlee'nin Ruina-Dietrich tipi yasalar kullanılarak sürtünme görüngüsü olarak düzenlediği rebound kuramına



dayanmaktadır. Bu kuram hala gerinme (strain) paradoksu, gerilim (stress) paradoksu, ısı akımı paradoksu ve benzerleri gibi bir çok temel paradoksu içermektedir. Bu paradoksların çözümleri genellikle, deprem öncesi ve/ya deprem anında kırılma sürecinin doğasının fayın doğasının ve kabuk içinde sismojenik derinliklerde sıkışıp kalmış akışkanların etkileri üzerine ek önsayıları (assumption) gerekli kılmaktadır. Standart kuramın bu paradoksları birleştirici bir anlayışı yoktur.

Depremler çok sayıda jeolojik ve fiziksel koşula bağlıdır. Özellikle suyun hem mekanik olarak (boşluk basıncı), hem de kimyasal olarak (yeniden kristallenme, parçacık etkileri, doku) ve ikisinin olası girişik, karşılıklı etkileri biçiminde önemli bir rolü olduğuna dair bir çok doğrudan ve dolaylı kanıt vardır. Su ile temasta olduğunda veya anizotropik gerinim ve gerilimin olduğu durumlarda, mineral yapılarının saf denge faz diyagramlarının gösterdiğinden daha düşük basınç ve sıcaklıklarda oluşabildiği ve deforme olabildiği kabul edilmeye başlamıştır.

Örnek olarak, daha önce fay yarıkları (gouges) içinde sonlu yerleşmiş gerinim olduğunda suyun yeniden kristallenmesi ve belki de duraylı minerallerin yüksek serbest enerji yoğunluklu yarı-duraylı polimorfalarına faz-dönüşümlerini de içeren mineral dokularının değişimine yol açtığını önermiştim. Mekanik deformasyon, etkinleştirilmiş kimyasal dönüşüm ve kırılma arasındaki karşılıklı etkileşim, depremlere mekanik (indirgen) paradigmanın ötesinde bakılacak yeni pencereler açmaktadır.

Kendiliğinden Yapılanan Kritiklik

Bir yandan depremler için Gutenberg-Richter yasası ve fay uzunluk dağılımı gibi güç yasası (power law) dağılımları ile deprem episantrlarının fraktal geometrisinin ve fay modellerinin ışığında, öte yandan da az çok benzer ölçekli değişmez özellikte çok basitleştirilen modellerin

çalışılmasıyla SOC varsayımı öngörülmüştür.

SOC'un en ilginç yanı, önemli genlik değişimlerinin yanı sıra, gerilim alanının uzun-aralıklı alansal denestirmeler gösterdiği öngörüsüdür. Basit SOC modellerinin kesin çözümü, ortalama gerilim çevresindeki gerilim değişimlerinin gerilimin alansal denestirilmesiyle uzun aralıklı olduğunu ve uzaklığa bağlı güç yasası olarak bozunduğunu göstermiştir.

Bu tür modeller, yalnızca gerilim alanlarına yansımakla kalmayıp, SOC a neden olan yapılanma ilkesinin etkin ve gerekli bir bileşeni de oluşturmaktadır. Kuvvetli bir deprem öncesi uzun aralıklı orta büyüklükte deprem etkinliğinde gözlenen artışın, artan uzun aralıklı denestirmelerin bir

işareti olup olmadığı ilgi uyandıran bir olasılıktır. Bu kuramsal çerçeve büyük ölçekte gerilim görüntülemenin iyi bir strateji olduğu görüşünü desteklemektedir.

SOC varsayımından iki önemli sonuç çıkarılabilir. İlki, herhangi bir zamanda kabuğun (küçük) bir kısmı kopma duraysızlığına yakındır. Faylar üzerindeki deprenselliğin yerelleştirilmesiyle birlikte, bu neredeyse hareketsiz olduğu halde, kabuğun bir kısmının kopmaya karşı hassas olduğu sonucuna yol açmaktadır. Hassas kesimin nicel olarak belirlenmesi, modelin özgül oluşuna bağlıdır ve bu yüzden kabuk için tam olarak araştırılmamaktadır. Kabuğun hassas kısmının, baştan başa hareket ettirici koşulların değişimiyle veya görece küçük karşılıklarla etkinleştirilebilmesi her nasılsa önemlidir. Bu işaret, SOC çerçevesinde insan etkinliğiyle tetiklenen ve etkilenen deprenselliğin doğal açıklamasına neden olur.

SOC fotoğrafında önemli olan, ama sıklıkla göz ardı edilen ikinci önemli nokta, kabuğun her yerde kopma sınırında olmadığı ve kendini kritik nokta yakınında koruyamadığıdır. Örneğin, sayısal simülasyonlar sürekli bir skaler gerilim değişkeni taşıyan etkileşimli bloklardan yapılan süresiz modellerde, ortalama gerilimin kopma için gereken gerilim eşliğinin üçte ikisi civarında olduğunu göstermiştir. Bu modellerde, kabuk ortalama olarak kopmanın uzağındadır. Bununla birlikte, güçlü değişimler gösterdiğinden alansal olarak herhangi bir anda kopmaya çok yakındır.

Bu yüzden bu ortalama kabuktaki gerilim genliklerinin büyük çeşitliliğinin zayıf bir göstereimidir. Bu, tüm karşılıkların deprenselliği tetiklemediğini veya etkilemediğini ve bazı bölgelerin de çok duraylı olacağı öndeyisine yol açmaktadır. SOC modelleri yersel gerilim ölçümlerinin, küresel yapılanmanın temsilcisi olmadığını öngörmektedir.



Kritiklik ve Öndeyilenebilirlik

Bugünkü bağlamda, istatistiksel fizik anlamında kullanılan kritiklik ve kendi kendine yapılanan kritiklik, bu tartışmada görüldüğü üzere birçok karışıklığa neden olan çok farklı iki kavrama değinmektedir. İlki, SOC kendi kendine yapılandığı halde, kritiklik öyle değildir. İkincisi ise kritikliğin nitelikleri, alan ve zamanda özgül öncü modellerin varlığıdır (artan 'hassasiyet' ve denestirme uzunluğu).

Büyük bir depremin farklı grupların ortaya attığı kritik bir olgu olduğu düşüncesi neredeyse 20 yıl önce başlar. Heterojen ortamlarda kopmanın kritik bir olgu olduğunun gösterimiyle depremler ile kritik olguları ilişkilendirme çabaları destek bulmaktadır. Ayrıca sıklıkla büyük olaylar öncesinde artan orta büyüklükte depremselliğin gözlemlendiğinin bildirilmesi de bunun göstergesidir.

Kritiklik, kaba-tanelenme ve evrensellik kavramlarını içermekte ve yeterince büyük ölçekte gözlemlendiğinde, belirtilerinin kesinliği görünmektedir. Bu, birinin öndeyide bulunma amacıyla fay sistemlerinin mekanizmasının ve jeolojisinin geniş karmaşasının ayrıntılı bilgisine (fay geometrisi, faydaki dayanım değişimleri, kuşak malzemesi, akış özellikleri, gerilim durumu, vb.) gereksinim duyduğu sonucuna zıttır.

Kritiklik ve SOC Birlikte Bulunabilmektedir

Laboratuar numunesinin kopması, yüklemeye geçişinin iyi tanımlanan sonucu olurken, aynıysa büyük depremlerin ardından 'yaşamın var olduğu' kabuk için söylenemez. Kritiklik ve SOC'un birlikte bulunuşunun gösterimi, hiyerarşik bir fay yapısındaki depremlerin basit kum yığını modelindedir. Burada, önemli olan

nokta hem çizgisel olmayan dinamiği, hem de karmaşık geometriyi göz önüne almaktadır.

Sistem, deprem büyüklüğü frekansı için Gutenberg-Richter yasası gibi beklenen istatistiksel karakteristiklere göre geniş zaman ölçeklerinde kendini yapılandırdığı halde, büyük depremlerin, çoğu on yıllık zaman ölçeğinde ve yüzlerce kilometrenin üzerinde, habercileri vardır. Kritik bakış açısı içinde, bu orta ölçekli depremler denestirmelerde hem 'tanık', hem de 'aktör' konumundadır. Bu haberciler zaman - yenilme süreci olarak ölçüldüğünde bir enerji boşalımı üretmesi, hızlanan güç yasası davranışıyla çok tutarlıdır. Ek olarak, habercilerin maksimum büyüklüğü olarak ölçülen denestirme uzunluğunun (çok büyük depremler üzerinde) istatistiksel ortalaması da büyük depreme zamanın bir güç yasası olarak artmaktadır.

Kendiliğinden yapılanan kritiklik açısından, bu şaşırtıcı bir haberdir: Büyük depremler "kimliği"ni kaybetmez. Bu modelde büyük bir deprem, "büyük bir olayın habercisinin temelde küçük bir olayın habercisine benzer olduğu ve depremin ne büyüklükte olacağına bilinemediği" olağan SOC bilgisi ile anlatıldığından çok farklı bir öyküsü olan küçük bir depremden farklıdır.

Farklılık, standart SOC modellerinde geometrinin olmayışından kaynaklanmaktadır. Geometrinin yeniden ortaya konulması gereklidir. Hiyerarşik fay yapıları modellerde, büyük olayların öndeyilenebilirliğini bulmaktayız. Tipik yinelenme zamanı yaklaşık yüzyıl düzeninde olan büyük depremlerin çoğu bir yıldan daha iyi bir hassasiyetle yaklaşık dört yıl önceden öndeyilenebilmektedir.

Önemli bir katkı da verileri daha iyi bir uyumla "senkronizasyonuna" yardımcı olan, hiyerarşik geometriye yansıyan, büyük olaylar öncesinde sismik etkinliğin güç yasası artışına yapılan logperiyodik düzeltmelerin olmasıdır. İlişkili süresiz ölçek değişmezliğinin ve karmaşık üssel değerlerin, eşik dinamiğine sahip bu tür dengeye ulaşamayan hiyerarşik sistemlerde olması beklenmektedir.

Elbette ki aşırı dikkat gösterilmekte, olasılıkla genelde kesin olmamasına rağmen kuram kendi içinde tutarlıdır ve yararlı bir kılavuz işlevi görmektedir. Fay-deprem süreci birdenbire kendi tutarlı yapılanmasından çıktıkça, hiyerarşik geometrinin sunulmasında gerek kalmamaktadır.

Kaynak

Nature Debates, www.nature.com

MAVİ GEZEĞEN YAYINA KABUL KOŞULLARI

NİTELİK

MAVİ GEZEĞEN'de yayınlanmak üzere gönderilecek yazılar, yer bilimlerinin her hangi bir dalında veya yer bilimlerinin diğer bilimlerle kesişim alanlarında veya yer bilimlerinin toplumsal konulara dokunduğu noktalarda konuyu kurumsal, uygulamalı, kavramsal ve tarihsel açıdan ele alan özgün yazı, çeviri, derleme ve haberler olmalıdır.

YAZILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAYINA KABUL İLKELERİ

MAVİ GEZEĞEN Editörlüğüne ulaşan yazılar öncelikle editörlükçe konu, sunum ve yayın kuralları açısından incelenir ve gerekli görüldüğünde bir ya da daha çok danışmana gönderilir. Danışman(lar)ın önerileri doğrultusunda yazının doğrudan, az veya önemli ölçüde düzeltilmesi koşuluyla yayınlanmasına veya reddine editörlükçe karar verilir ve sonuç yazara bildirilir.

Gönderilen yazılar MAVİ GEZEĞEN'de yayınlansın ya da yayınlanmasın, yazarlara iade edilmez.

YAZIM KURALLARI

1. Yazım dili Türkçedir.
2. Metin A4 boyutunda (21x29.7cm) kağıtların üzerine bilgisayarda, 1.5 satır aralıklı ve 12 punto Times New Roman ya da benzeri bir karakterle yazılmalıdır. Yazılar (resim ve şekiller hariç) altı (6) sayfayı geçmemelidir. Sayfa kenarlarında 3'er cm boşluk bırakılmalı ve sayfalar numaralandırılmalıdır.
3. MAVİ GEZEĞEN, okuma arzusunda olan herkese yönelik bir dergi olduğundan, yazım dili sade ve açık olmalıdır. Okuyucunun anlamasını güçleştirecek teknik ayrıntılardan ve ağır dilden olabildiğince kaçınılmalıdır.
4. Yazılar en az üçte bir oranında (tercihen renkli) resim ve şekil içermelidir. Resimlerin asılları (bilgisayar ortamına aktarılmadan) gönderilmelidir. Şekiller ise uygun çizim programları aracılığıyla bilgisayar ortamına aktarılmış olmalıdır.
5. Otuz kelimeyi geçmeyen ve yazı hakkında fikir veren çarpıcı bir kaç cümle "Spot" başlığı altında yazının girişine eklenmelidir.
6. Çevirilerde kaynaklar (sayfa numaraları da dahil olmak üzere) açık olarak belirtilmelidir.
7. Dipnotlar, yerleştirme ve yazılma açısından güçlükler nedeniyle olduğundan çok gerekli durumlar dışında kullanılmamalıdır. Eğer dipnot kullanılırsa, yıldız(*) işareti ile gösterilmeli ve mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Eğer dipnotta değinme yapılırsa kaynakça bilgileri dipnotta değinme yapılırsa kaynakça bilgileri dipnotta değil Değininlen Belgeler Dizisinde verilmelidir.
8. Yazar(lar)ın isim ve çalıştıkları/öğrenim gördükleri yer ve ünvanları ve varsa e-posta adresleri belirtilmelidir.

9. Değininlen belgelerde (yazının sonunda olacak şekilde) aşağıdaki formata kesinlikle uyulmalıdır.

Sürelî Yayınlar

Kremler, A. ve Arnould, M. 2000. World Bank's role in reducing impacts of disasters. Natural Hazards Review 1(1), 37-42.

(Yazar ad(lar)ı. Tarih. Makalenin başlığı. Sürelî Yayınının (kısaltılmamış) Adı Cilt No (Sayı No), sayfa no.)

Bildiriler

Altay, C. ve Sav, H. 1991. Kuzey Anadolu Fay Zonunda Sürekli Krip Ölçümleri. 44. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, 4-8 Şubat 1991, T. Ercan (ed.), TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 77-84.

(Yazar ad(lar)ı. Tarih. Bildirinin başlığı. Sempozyum veya Kongrenin Adı, Editör(ler) (varsa), Yayıncı, Cilt/Sayı No. (birden fazla ciltten oluşuyorsa), sayfa no.)

Kitaplar

McBirney, A.R. 1984. Igneous Petrology. Freeman, Cooper and Company, San Francisco, 509s.

Ketin, I. ve Cartez N. 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, İstanbul, Sayı: 869, 520s.

(Yazar ad(lar)ı. Tarih. Kitabın Adı (ilk harfleri büyük). Yayınevi, Basıldığı Şehrin Adı, sayfa sayısı.)

Raporlar ve Tezler

Kutlu, R. 1955. Kars 32/1 ve 32/2, Çıldır 15/4 paftalarının jeolojisi etüdüne dair rapor. MTA Derleme No: 6785, 32s (yayınlanmamış).

Vıcal, M. 1982. Gümüşköy (Kütahya) Aktepe Pb-Zn-Sb-Ag cevherleşmesi. Ege Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesi, İzmir, Doktora tezi, 283s (yayınlanmamış).

(Yazar ad(lar)ı. Tarih. Raporun veya Tezin Başlığı. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı, Arşiv No. (varsa), sayfa sayısı (yayınlanıp, yayınlanmadığı))

MAKALELERİN İNCELEME İÇİN EDITÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

MAVİ GEZEĞEN'in "Yayına kabul koşullarında belirtilen ilkelere uygun olarak hazırlanmış yazılar üç kağıt kopya ve Word formatında diskete kaydedilmiş olarak resim ve şekillerle (yukarıda belirtildiği biçimde) birlikte aşağıdaki adrese gönderilmelidir.

MAVİ GEZEĞEN EDITÖRLÜĞÜ

T.M.M.O.B.

Jeoloji Mühendisleri Odası

PK 464, Yenışehir

06444, Ankara

Tel: (312) 432 30 85 / (312) 434 36 01

2004

22-26 Mart
March 22-26

57th
Türkiye Jeoloji Kurultayı
57th Geological Congress of Turkey



MTA Genel Müdürlüğü Kültür Sitesi
Congress Center of General Directorate of MTA



TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
UCTEA
The Chamber of Geological Engineers



kurultay yazışma adresi

Eğref ATABEY

57. Türkiye Jeoloji Kurultayı Düzenleme Kurulu Sekreterliği TMMOB JMO Bayındır Sokak 7/7 Yenisehir-ANKARA Tel: 0(312) 434 36 01

kurultay@jmo.org.tr atabey@mta.gov.tr