



JEO 2002

55. Türkiye Jeoloji Kurultayı

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

Kültür Sitesi

11-14 Mart 2002



Mavi Gezegen

Popüler Yerbilim Dergisi

Yıl 2001 • Sayı 5

Jeolojik Zaman



TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınıdır





Mavi Gezegen
Popüler Yerbilimleri Dergisi

Yıl: 1999 Sayı: 1

ISSN 1302-4198



TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınıdır



Mavi Gezegen
Popüler Yerbilimleri Dergisi

Yıl: 2000 Sayı: 2

ISSN 1302-4198



TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınıdır

ÖNCEKİ SAYILARI ALDINIZ MI?



Mavi Gezegen
Popüler Yerbilimleri Dergisi

Yıl: 2000 Sayı: 3

ISSN 1302-4198

Anadolu'nun yitik ayakizleri



TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınıdır



Mavi Gezegen
Popüler Yerbilim Dergisi

2001 / 4

Dosya: Jeolojik Mirasımız



TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınıdır



MAVİ GEZEĞEN YAYINA KABUL KOŞULLARI

NİTELİK

MAVİ GEZEĞEN’de yayınlanmak üzere gönderilecek yazılar, yerbilimlerinin her hangi bir dalında veya yerbilimlerinin diğer bilimlerle kesişim alanlarında veya yerbilimlerinin 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 Değinilen Belgeler Dizininde verilmelidir.

8. Yazar(lar)ın isim ve çalıştıkları/öğrenim gördükleri yer ve ünvanları ve varsa e-posta adresleri belirtilmelidir.

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

Süreli 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. Süreli 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 Catez 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).

Vicil, M. 1982. Gümüsköy (Kütahya) Aktepe Pb-Zn-Sb-Ag cevherleşmesi. Ege Üniversitesi Yerbilimleri 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

05444, Ankara

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

Bu Sayıda

Ünlü dördüncü yüzyıl teolog ve filozofu St. Augustine, "Bana sormadıklarında ne olduğunu çok iyi bildiğim halde, ne olduğu sorulduğunda zaman hakkında hiçbir şey bilmiyorum" diyerek, zamanın düşünce ve eylemlerin düzenlenişi açısından en alışılmış, ama tanımlanması en zor kavram olduğunu vurgulamıştır. Gerçekten de zaman en iyi bildiğimizi düşündüğümüz, ancak anlamakta ve tanımlamakta/betimlemekte en çok zorluk çektiğimiz kavramlardandır.

Jeolojik zaman da yerbilimlerinde yaygın olarak kullanılmasına karşın, hem algılanması ve tanımlanmasındaki güçlüklerden, hem de geniş boyutuyla irdelenmemesinden, bir çoğumuzun bu konudaki bilgisi sınırlıdır. Bu nedenle, yerbilimleri için böylesine önemli bir kavramın Mavi Gezegen'in bu sayısında dosya konusu olarak işlenmesinin ilgi çekeceğini düşünüyoruz. İlk bakışta popüler bir yaklaşım değilmiş gibi gözükse de, konuyu tarihi ve felsefi yönleri ile zenginleştirerek sunuyoruz. Böylece hem yerbilimleri öğrencilerinin, hem de profesyonel yerbilimcilerin keyifle okuyacakları bir dosyayı hazırlamış olduğumuzu düşünüyoruz.

Bu sayıdaki diğer bir yazı grubumuz, değerli taşları ve özel olarak elmasları anlatan üç yazıdır. Yerbilimlerinde kullanılan bazı sözcüklerin kökenlerini anlatan "Mineral ve Kayaç İsimleri Etimolojisi" başlıklı yazının özellikle beğenileceğini umuyoruz. Akarsuların önemine ve güzelliklerine değinen "Yeşil koridor" yazısı sizlere ayrı bir tat verecektir. Konu değişikliği açısından geniş bir yelpaze sunan "Tehlike! Burada Radyasyon Var", "Volkanik Patlama Bulutları", "Neptünyen Daykları" gibi yazıların da beğeninizi kazanacağını umuyoruz.

Mavi Gezegen'in bundan önceki sayısında yaptığımız yenilikler, çoğunlukla olumlu karşılandı. Bu sayımızda bazı küçük hatalarımızı da düzelterek aynı format içinde devam edeceğiz.

Bundan sonra da yazar ve okurlarımızın katkılarıyla, dergimizi daha nice sayılara ulaştıracağımızı ümit ediyoruz.

Yayın Kurulu

Tarihi İçinde Zaman 4



Jeolojik Zaman Cetveli Doğuşu ve Gelişimi 8

Cesare Emiliani ve Zaman 16

Jeokronoloji ve Mutlak Yaş Tayini 22

Göreceli Yaş Tayini 26

Kuvaterner Dönemi Yaşlandırma Yöntemleri 30

Parlak ve Renkli Bir Dünya: Süstaşları 32



Tehlike! Burada Radyasyon Var 36

Malta Beşiği 42



JMO Yönetim Kurulu

Aydın Çelebi
İsmet Cengiz
Bülent Baybutoğlu
Ali Kayabaşı
Cevdet Çakır
Dinçer Çağlan
Yüksel Metin

Yayın Kurulu

Ahmet Apaydın
Ayhan Aydın
Ece Gökpinar
Ediz Kıрман
Nilsun Okan
M. Akif Sarıkaya
Ayhan Sol
Koray Törk
Jülide Yapmış
Okan Zimitoğlu

Yıl 2001
Sayı 5

Sahibi
TMMOB Jeloji Mühendisleri Odası
Adına
Aydın Çelebi

Katı İçinde Katı	46
Elmaslarda Renklenme	50
Yeşil Koridor Neden "Irmaklar Özgür Akmalı"?	54



Grafit mi Elmas mı?	58
Elementler ve Biz	61
Volkanik Patlama Bulutları	62



Yeryuvarının İç Dinamikleri	66
Calpionellid'ler	70
Mineral ve Kayaç İsimleri Etimolojisi	74
Neptünyen Daykları ve Tektonik Önemleri	78

Kapak Fotoğrafı
Ammonites Kesiti
Tasarım: Etki Tanıtım

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

Baskı
Kanomat Ltd. Şti.
Tel : 0 312 440 73 72
Fax: 0 312 441 08 72

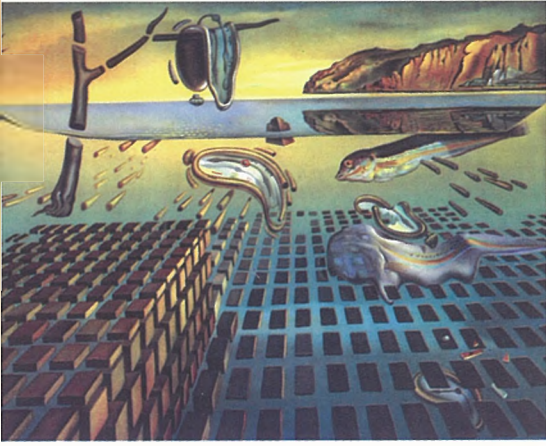
Mizanpaj & Tasarım

etkitanıtım

Tel.: 0 312 424 11 05-06
Fax: 419 86 22
Yüksel Cd. 11/8 Kızılay/Ankara
etkireklam@superonline.com
ereklam@bir.net.tr

Tarihi İçinde Zaman

"Düşüncenin getirdiğinden daha karmaşık
bir tat yoktur, bizde kendimizi o tada bıraktık"
Borges



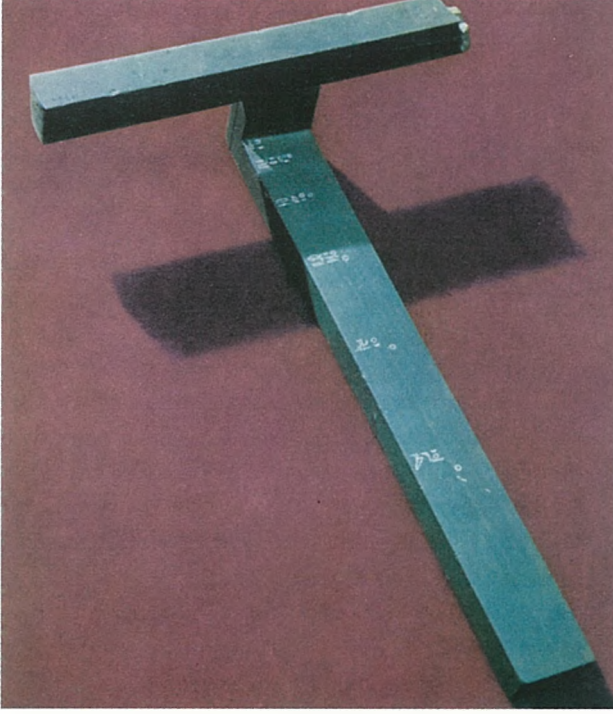
*Zaman doğadaki
diğer şeyler gibi algı yoluyla
kavrayabildiğimiz nesnel bir
gerçeklik değildir.
Duyumsal olarak algılanamazlığı
elbette ki onu yok kılmamıştır
ama nasıl varolduğu ile
zamana hayli tartışmalı bir
çehre kazandırmıştır.*

Saliha Yazgaç
ODTÜ Felsefe Bölümü Öğrencisi

Binlerce yıllık bilme çabası serüvenimizde ne olduğu üzerine hala bir uzlaşmaya varılamamış olan *bilinmezlerimizden* birisidir zaman. Üzerinde uzlaşılamamasının gerekçeleri hem zamanın karakterine ilişkin ipuçları vermiştir bize, hem de bilgi kuramının bu ipuçları değerlendiriş biçimine göre *zamanın tarihini* oluşturmuştur. Tarihi içinde zamanı bugün iki temel anlayış çerçevesinde yorumluyoruz: döngüsel zaman ve çizgisel zaman. Bu çerçevede genişletilen zaman tartışmaları geçmiş-şimdi-gelecek, öncelik-sonralık, an, sonrasızlık... gibi kavramlar üzerine açılımlar yaptığı gibi, bu açılımlar doğrultusunda farklı evren modelleri de betimlemiş olur. Çünkü zaman sadece kendisi referans alınarak bilinebilecek bir şey değildir; zaman üzerine her düşünme beraberinde uzay, hareket ve değişim üzerine düşünmeleri de gerektirir. Zaman ve uzay, varlığın olanaklılığını mümkün kılan iki temel olay olarak çıkar karşımıza; çünkü uzayın ve zamanın varlıkları taşıma özelliği vardır. Yani evrendeki şeyler hem mekansal hem de zamansal olarak tasarlanırlar. Her ne kadar net bir uzay tasarımı yoksa da, şeylerin mekansal olarak tasarlanmaları zamansal tasarıma göre daha kolaydır. Algılarımız aracılığıyla boyutu olan her şeyin uzayda bir yer kapladığını biliriz. Ancak uzayın üç boyutuna zaman olarak eklenen bu dördüncü boyut daha sorunsaldır. Çünkü zaman doğadaki diğer şeyler gibi algı yoluyla kavrayabildiğimiz nesnel bir gerçeklik değildir. Duyumsal olarak algılanamazlığı elbette ki onu yok kılmamıştır ama nasıl varolduğu ile zamana hayli tartışmalı bir çehre kazandırmıştır. Dolayısıyla filozoftan filozofa, fizikçiden fizikçiye farklı zaman anlayışları ortaya çıkmıştır. Ne ki insana sınırlarını bildiren şu tanrısal duruşu ile zaman, fizikçi ve filozof kadar şaire, ressama, teolog ve edebiyatçıya da esin kaynağı olmuştur.

"Saatlere hem akrebi, hem yelkovanı koyma buluşu gerçekten şaşırılacak bir buluştur.

İki yıldız gökten çalıp bir camın altına kapamak kolay iş mi?" diyor şair.



Taşınabilir bir Eski Mısır gölge saati.

Tarihi boyunca, anlama ve anlamlandırma çabası insanoğlunu kaçınılmaz olarak iki yıldız bir camın altına koymak zorunda bırakmış gibi görünüyor. Böylece anlama çabası, evreni insana uydurma çabası olarak da yorumlanabilir kuşkusuz. Belki de tersine her birimizin farklı öznel zamanını evrensel bir zamanda buluşturmuş olduk. Ya da dilimizin oyununa geliyoruz: zamanı hep akıp giden, geçip giden bir şey olarak tasarlamak onun ölçülebilir bir şey olduğu yanılgısını mı doğruluyor? Yoksa bizi çelişkiye düşüren aklımız mı? Kimimize aklın doğuştan gelen zorunlu bir verisi olarak görünürken, kimimize de akıl yoluyla ulaştığımız doğanın mutlak verisi olarak görünüyor. Belki de Tanrının bir oyunuyla karşı karşıyayız, farklı açılımlarla karşılaşsak da hala herkesin zaman olarak anladığı zaman üzerine konuşuyoruz. Ve öleceğimizi bilmemek, zaman üzerine hiç düşünmeyecektik belki de !

Tarihsel bir varlık olarak insan, zamanı bu tarihselliğe doğru orantılı olarak anlamlandırmıştır. İnsanoğlu bilinçlendikçe zamanı algılayışı değişmiş ve o oranda da zaman insan için önemli olmuştur. Farkındalık, öğrenme, bilinç düzeylerinin hepsi temel olarak hafızaya dayanır. Hafızası sayesinde ki insanoğlu *geçmiş-şimdi-gelecek* diye anlamlandırdığı zamansal bir sıralama ile iş görmeye başlar. Bu zamansal sıralama, insanın doğadaki sürekliliği algılayışının ve anlamlandırışının ifadesidir. Tarih öncesi çağlarda geçmiş, şimdi ve gelecek arasında bilinçli, bizlerin bugün yaptığı anlamda net bir ayırım yoktur. Çünkü doğanın hakimiyeti altında yaşayan insanlar olarak kaygıları, doğayla uyum içinde yaşamaktı. Onla-



Bir 16. yüzyıl mekanik saatinin iç yapısı.

rı çevreleyen evren değişmez, düzenli ve döngüsel bir evrendir. Değişmeyen, düzenli ve döngüsel olan evren, süreklilik olarak aslında zamandır da. Doğa olaylarının tekrarlanırlığını temel alan bu durağan evren tasarımı doğal olarak döngüsel bir zaman kavrayışını da beraberinde getirmiştir. Döngüsel zaman anlayışı sonsuzluğu imler. Yani zaman sonsuzlukta içerilip, zamanın değişen yanı görmezden gelinerek, kabaca, bütün zamanları içeren tüm bir zaman fikrine ulaşılır. Bu düşünce izleği bizi Mısır, İnan, Hint ve Antik Yunan'a götürür. Farklılıklarına rağmen hepsi için ortak olan şey, düzenli, döngüsel ve sonsuz evren tasarımıdır

Döngüsel zaman anlayışı, geçmişin ritüellerdeki sürekliliğe olumsuzluk sağlayacağı inancından gelir. Mutlak ve değişmez geçmiş başlangıçta tanrı tarafından yaratılmış ve içindeki her şeyle birlikte sürekliliği temelinde organize edilmiştir. Sonsuz zamandan çıkarak varlık kazanan sonlu zaman, asıl yeri olan sonsuzluğuna dönene dek, döngüsel değişim içinde varlığını sürdürür. Dünya tarihindeki tüm olayları ölçmek için kullanılan zamanki bu zaman başlangıçta tanımsız ve sonsuz uzay formundan yükselen evrenin kaotik aşamasını içerir. Bu kaotik aşamadan sonra, kozmosun yaradılış basamaklarından birinde kronozu ulaşılır ve bu da sonlu ve mükemmel olmayan döngüsel zamandır. Dinamik zaman, değişen sonlu zamana işaret ederken, statik zaman sonsuz zamana göndermede bulunur. Evrendeki nesnelere bölünabilir, değişebilir şeyler olarak doğada konumlanırken, evrenin kendisi sonsuzdur. Yaratılmış olan her şey



Bir Fransız bahçesinde öğle işareti (Bir tür güneş saati).

zamanın kuralları gereği yok olmak, bozulmak zorundadır. Bu durumda geçmiş ve gelecek anlamsızlaşarak sadece devamlılığı içinde gerçeklik kazanan "şimdi" var olacaktır.

"Ya o seni düşlemekten vazgeçerse."

Borges

Ortaçağla birlikte evren tanımımız tamamen değişmiş ve zihinlerimiz düşünce labirentlerinin en zorlularından birisine girmiştir. "Tanrının düşüyoruz, dedi o yaşlı adam / bizi unutunca ölüyoruz / basbayağı bir ölü..." Yahudilikle başlayan bu süreç, ortaçağa damgasını vuran Hıristiyanlıkla devam edip genişleyecektir. Yahudilikle birlikte ilk defa bir yaratıcının varlığı kabul edilir ve çağ boyunca anlaşılmaya çalışılır. Tanrı evreni ve evrendeki her şeyi yaratandır. Evrenin sebebi olduğu için evrenin de tek zorunlu varlığı olarak ebediyken, yaratımları, geçici ve mümkün varlıklar olarak, evrensel düzendeki yerlerini almışlardır. Artık evren Tanrı eliyle başlangıcı ve sonu olan bir evrendir ve zaman da bu başlangıç ile son arasındaki doğrusalıktaki anlamını bulur. Tanrı mükemmel ve zaman dışı olandır ve O'nun başlangıcı ve sonu yoktur, yani sonsuzdur. Zamanlılık ise yaratılmış, dünyasal olanın karakteristiğidir. İnsanın kavrayış gücünün yetmezliği tüm zamanı bir arada görebilmeyi olanaksız kıldığından geçmiş-şimdi-gelecek olarak zamanı bölmeyi ve bu şekilde anlamlandırmayı gerektirmiştir. Halbuki Tanrı sonsuzluğu içinde alemleri sürekli bir şimdi olarak görür. Ortaçağın önemli filozoflarından Augustine, "bana sordukları zaman ne olduğunu bildiğim halde, zamanın ne olduğu sorulduğunda hiçbir şey bilmiyorum" diyor haklı olarak. *Şimdi* geçmiş ile gelecek arasındaki sınırdır Augustine'ye göre. Geçmiş, geçmiş olduğu için artık yoksa ve gelecekte zaten olmadığına göre yoksa zaman olarak bilebileceğimiz birim sadece yaşamakta olan an yani *şimdi*dir. Fakat geçmiş ve geleceğin olmadığını düşündüğümüzde *şimdinin* varlığını

nasıl açıklarız? Eğer zaman olmayan bir şey ise ölçtüğümüzü düşündüğümüz şey nedir? Newton'a göre zaman herkesçe iyi bilinen bir şeydir ve bu anlamda zamanın tanımını yapmak gerekli değildir. Ama zaman, uzay ve hareket gibi nicelikleri şeylerle olan ilişkileri içinde değerlendirdiğimizden, Newton, mutlak ve göreceli, doğru ve açık, matematiksel ve ortak zaman anlayışları arasında ayırım gözetir. Mutlak, doğru ve matematiksel zaman dışsal herhangi bir ilişkiyi gerektirmeyen, eşit olarak akan süredir. Yani zaman fiziksel evrenin nesnel bir ögesidir. Newton'un evreninde, iyi saatleriniz varsa iki olay arasındaki zaman aralığını kesin olarak ölçebilirsiniz. Göreceli ve ortak zaman ise hareketle ilişkisi içinde, dışsal, gözlenebilir bir olay referans alınarak belirlenirler, bir gün ya da bir yıl gibi. Newton'un algılanamazlığı dışında doğanın diğer nesnelere farksız kıldığı sonsuz ve mutlak zaman, matematiksel bir soyutlamadır. Sayacak hiç kimse yoksa, sayılacak hiçbir şey de yoktur diyor Aristoteles, o halde sayılar da yoktur.

Einstein görellik kuramı ile birlikte zamanın öyle bir nesne olmadığını ancak bir ilişkiler bütünü olduğunu göstererek, mutlak zamanın olanaksız olduğunu da göstermiştir. Genel görellik kuramı ile birlikte uzay ve zaman değişime açık nicelikler haline gelmiştir. Bir kuvvet etkisini gösterdiğinde ya da bir cisim devindiğinde uzayın ve zamanın eğriliği de değişmiş olur. Görellik kuramının zorluğu, insanların, zaman duygusunu, renk duygusu gibi bir algı biçimi olarak kabul etmek istememelerinden kaynaklanıyor görünmektedir. Uzay nasıl ki maddi şeylerin olası bir sırası ise zaman da olayların sırasıdır. Zamanı gösterecek bir olay olmadıkça bir saat, bir gün gibi süreler de anlamlarını yitireceklerdir. "Bireyin yaşantıları bize bir olaylar dizisi

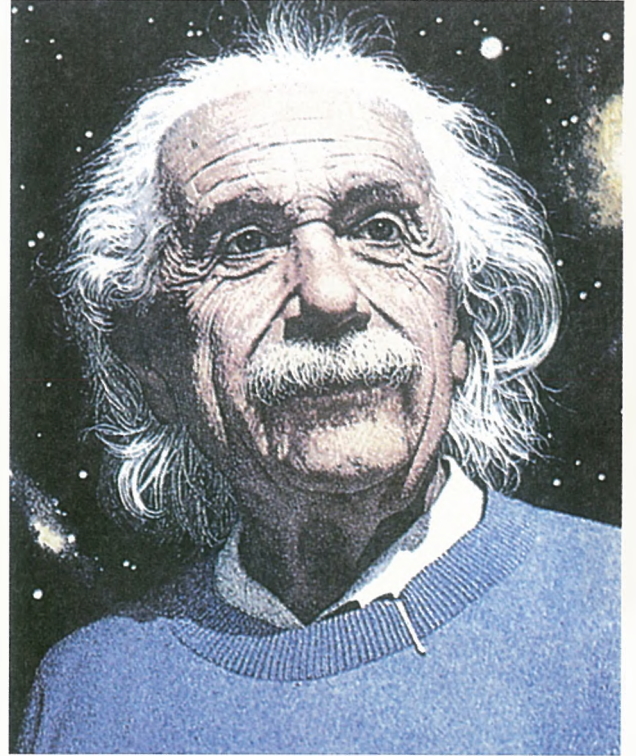


Hans Holbein'in (1479-1543) "The Ambassadors" (1553) adlı tablosu. Holbein burada insan varlığının belirli bir "an"da varoluşunu göstererek an duygusunu vurgulamak istemiş. Bunun için de, resimdeki zaman gereçlerinde tarih 11 Nisan'ı ve saat ise sabah 10.30'u göstermektedir.



Sir Isaac Newton.

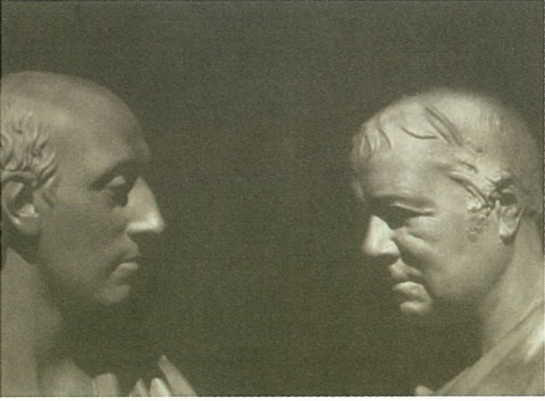
içinde düzenlenmiş görünür. Bu diziden hatırladığımız olaylar *daha önce* ve *daha sonra* ölçüsüne göre sıralanmış gibidir. Bu nedenle birey için bir *ben* zamanı ya da *özel* zaman vardır. Bu zaman kendi içinde ölçülemez. Olaylarla sayılar arasında öyle bir ilgi kurabiliriz ki, büyük bir sayı önceki bir olayla değil de, sonraki bir olayla ilgili olur. Bu ilgiyi saat yardımıyla tanımlayabiliriz, saatin sağladığı olaylar sırasını belli bir olaylar dizisinin sırasıyla karşılaştırabiliriz. Saat denilince sayılabilecek bir olaylar dizisi sağlayan şey anlarız " diyen Einstein, zamanın özelliğini tanımlamış olur böylece. O halde *şimdi* dediğimiz *şu an* bütün evren için aynı değildir, her ne kadar kabulü zor olsa da. Aslında kabulü zor olan, yaşantılarımızı evrensel, herkesçe kabul görmüş bir uzlaşım üzerinden devam ettiren (ortak takvim, ortak saat kullanımı) saatler üzerinden aynılığı kabul edilmiş *şimdiler*in aslında öznel *şimdiler* olduğudur. Birer sembol olarak saatin ya da takvimin işlevlerini yerine getirebilmeleri için sosyal düzenin içine yerleşmiş olmaları şarttır. Akrep ve yelkovan, saatin kadrani ve üzerindeki rakamlar, takvimin değişen tarihleri hepsi insanların icadıdır. İnsanlar, algıladıkları biçimleri, kendilerine özgü tasarımlarla ilişkilendirirler. Zaman, semboller aracılığı ile fiziksel, biyolojik, sosyal ve bireysel düzlemlerdeki bütün amaç ve faaliyetleri bütünleştirir. Kadran üzerindeki rakamlar bize zaman dediğimiz şeyi gösterir ve bu zaman tüm toplum için geçerlidir. İnsanlar takvim yapmayı çok uzun yıllar içinde öğrenebilmişlerdir. Artık zaman belirleyicilerimiz sorunsuz ve pürüz-



Albert Einstein.

süz olarak kullanılabilirler. Bu sayede geçmişte karşılaşılan güçlüklerle karşılaşmıyoruz ve belki de bu yüzden zamanı ve zamanın herkes için aynılığını çok olağan karşılayabiliyoruz. İnsanlar, güneş ile ayın görünürde tekrarlanan hareketleri arasındaki uyumsuzlukları bir ölçüye kadar azaltmayı başarmışlardır. Güneşin ve ayın hareketleri model olarak alınıp, bu doğal olayların dilimleri ile sosyal hayatın kesintileri bir takvim zamanı içinde birbirine uyarlanmışlardır. Bu noktaya gelinceye kadar sembolik zaman birimleri ile doğal hareket düzlemi örtüşmesi başarmamıştı. Ancak bugün en eski zaman ölçükleri olarak kullanılan güneşin, ayın ve yıldızların hareketlerinin düzeni, birbirleriyle ilişkileri ve kuralları konusunda ayrıntılı bilgiye sahibiz. Artık zaman yaşamı olanaklı kılan temel bir uzlaşım. Tam da bu noktada yani yaşantılarımızla saat ya da takvimler arasında kurulan ilişkide zamanı nesnel bir kavram haline getiriyoruz. Böylece New York ile Londra arasında yapılan bir telefon görüşmesinin zamanını tam ve aynı olarak verebiliyoruz. Çünkü aynı gezegende ve saatlerimiz aynı astronomik sisteme göre ayarlanmış durumda. Fakat *insan ömrü çok kısa ve yıldızlar çok uzak*; bizler hala milyonlarca ışık yılı öteden artık sönmüş ve yok olmuş bir yıldızın ışıklarını görüp *şimdi* var olarak algılayabiliyorsak, sınırlarını bile bilmediğimiz bir evrenin her yerinde zamanın aynı olduğunu söyleyebilir miyiz? O halde cevap vermesi gittikçe güçleşen bir sorumuz var: *şimdi* saat kaç?

Jeolojik Zaman Cetveli Doğuşu ve Gelişimi



James Hutton (solda) ve John Playfair (sağda)

Bugün kullandığımız jeolojik zaman cetveli, birçok araştırmacının yüzyıllar süren çalışmaları sonucunda oluşturuldu ve kullanımda birlik ancak uzun yıllar sonra sağlanabildi. Kayaçlar ile oluşum zamanları arasındaki ilişkinin kurulmasında, Nicolaus Steno'nun (1638-1686) Süperpozisyon ve James Hutton'un (1726-1797) Tekdüzenlilik İlkesinin payı büyüktü.

Ahmet Apaydın
DSİ V. Bölge Müdürlüğü,
apaydinahm@isnet.net.tr

Jeolojik oluşumların birbirleriyle olan alt-üst ilişkileri ve oluşum zamanları özellikle madencilikle uğraşan araştırmacıların ilgisini çekmiş ve bu ilgi 16. ve 17. yüzyıl süresince artarak yayılmıştır. Minerallerin babası sayılan Agricola'dan sonra madenciliğin ekonomik olarak gelişimi sayesinde yer tarihini araştırmaya yönelik çalışmalar gelişme göstermiştir.

Değişik kaya tabakalarının tanımlanması ve aralarındaki ilişkilerin araştırılmasına yönelik ilk çabalar yerel ölçekte tabakaların birbiri üzerine ardıl olarak istiflenmesi konusundaydı. Ancak ilk zamanlar kayaların birbirleriyle olan alt-üst ilişkileri geniş bir bölgede tanımlanamıyordu. Yerkabuğunu oluşturan kayaların daha geniş ölçekte tanımlanması ve oluşum zamanına göre sınıflanmasında artık yavaş yavaş fosiller devreye giriyordu.

Bazı araştırmacılar, stratigrafik istifler içindeki organik kalıntıların incelenmesiyle türlerin değişiminin izlenebileceğine işaret etmişlerdi. Canlı türlerindeki değişim geniş bir alandaki istiflerden fosillerin toplanarak incelenmesiyle daha iyi anlaşılabilirdi. Çünkü farklı fosil toplulukları zaman birimlerinin ayrılmasında temel esası oluşturuyordu. Başlangıçta fosil topluluklarına göre oluşturulan zaman birimleri belirsiz olup kesin olarak sınırlanmamıştı. Aynı zamanda zaman aralıkları da oldukça uzundu. Daha kısa zaman dilimleri, türler arasında ata-evlat ilişkisinin daha ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesiyle sınırlanabildi. Böylece, zaman birimleri arasındaki hiyerarşik ilişki kurulmaya başlandı. Her zaman birimi belirli bir fosil topluluğu üzerine kuruldu. Zaman birimlerinin belirlenmesinde yararlanan her bir fosil topluluğunu içeren kayaların bulunduğu yerlere *tip alan* denir. Tip alanları jeolog için çok önemlidir; çünkü bu alanlar geçmişe gidilerek zamanın yeniden işletildiği yerlerdir.

Jeolojik oluşumlar arasında zamansal ilişkinin kurulmasında anahtar rol oynayan tabaka dizilişleri ve fosil içerikleri bazı temel ilkeler sayesinde yorumlanabildi. Ancak bugün kullandığımız jeolojik zaman cetvelindeki terimler ilk zamanlar bütün yer bilimciler tarafından kabul görmüş değildi ve kullanımda birlik uzun yıllar sonra sağlanabildi.

Jeolojinin İlkeleri ve Gelişimi

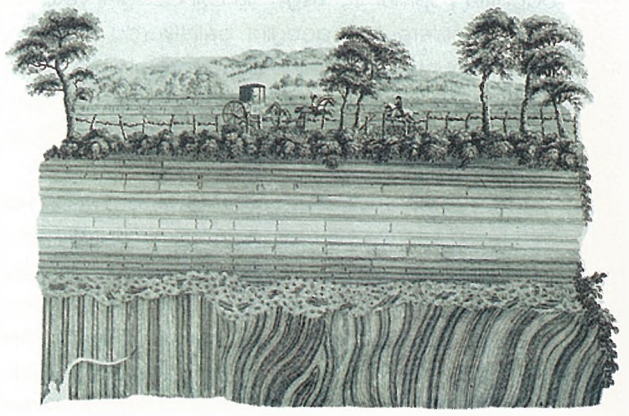
Zaman çizelgesi tasarlanmadan önce, hatta jeoloji bir bilim dalı olarak kabul edilmeden önce bazı ilkelerin yerli yerine oturtulması gerekiyordu. Jeoloji, James Hutton'un kayalar ile doğal olayların ilişkisini açıklayan çalışmalarının 1795'te sonuçlanması ve Charles Lyell'in Hutton'un vardığı sonuçları daha da geliştirmesi ve elde ettiği sonuçları 1830-1833'te *Jeolojinin İlkeleri* adlı üç ciltlik kitapta yayınlamasıyla bazı ilkeler üzerine kurulan bir bilim dalı haline geldi.

Hutton ve Lyell'in eserlerine kadar doğa olaylarının zaman süreci boyunca tekdüze olmadığı kabul ediliyor ve bu olayların ilahi bir güç (Tanrı) tarafından kontrol edildiğine inanılıyordu. 1800'lü yılların başlarında birçok doğabilimci, yaratıcının kaprisleri nedeniyle çeşitli felaketlerin dünyayı harabeye döndürdüğüne inanıyordu. Birçoğu da dünyanın doğum tarihinin M.Ö. 4004 olarak kabul ediyordu. Hutton ve Lyell'in çalışmaları bu dogmaları ortadan kaldırmaya yönelik oldu. Bu iki araştırmacı jeolojiyi dogmalar ve spekülatif kabuller üzerinden atarak gözlemsel ve deneysel sonuçlardan elde edilen ilkeler üzerine oturttu.

Dünyanın evrimi ve yeryüzündeki jeolojik süreçlerle ilgili ilk kayıtlı gözlemler ve elde edilen sonuçlar belki de Helenlerinkidir. Yunanlıların atası olan Helen bilginleri (M.Ö. 500 yılından önce yaşamışlardır) üzerinde yaşadıkları dünyadaki doğal olayları az çok anlayabiliyorlar,



James Hutton'ı, sert kayalara benzeltiren muhalifleri ile karşı karşıya gösteren karikatür (Kay, 1842)



James Hutton'un "Theory of the Earth" adlı eserinden (1795) alınan ve Edinburg güneyinde, taban konglomeraları ile üzerindeki tabakaların uyumsuzluğunu gösteren jeolojik kesit

yaptıkları gözlemlerden temel ilkelerin veya yasaların var olduğunu sezebiliyorlardı.

Platon'un öğrencisi Aristoteles (M.Ö. 384-322), kara- ların ve denizlerin konumlarının sabit olmadığına ve o zamanda kara durumunda olan bölgelerin bir zamanlar denizle kaplı olduğuna inanıyordu.

İlkçağ ve Ortaçağ'da Roma İmparatorluğu'nun zayıflaması ile bilimsel araştırmalar da yavaşladı. Doğa olaylarını algılamaya yönelik çalışmalar Rönesans'a kadar pek su yüzüne çıkarmadı.

Çok yönlü bir dahi olan Leonardo da Vinci, (1452-1519), doğa olaylarını geçmiş ile bugün arasında bağ kurarak yorumlamaya çalıştı.

Vinci zamanında ve kısa bir süre sonra yer tarihi ile ilgili olarak iki zıt görüş karşı karşıya geldi. Birinci görüş, dünyanın yaratılıştan birkaç bin yıl önce bugünkü halini almış olduğudur. İkinci görüş, Yunan ve Romalılarca kabul gören, yeryüzündeki değişimlerin sürekliliğidir.

Durağanlık ve Değişim görüşleri arasındaki farkla birlikte başka bir tartışma daha ortaya çıktı. Bu tartışma, o zamanki kıyı şeridindeki kayalar içinde bulunan canlı fosillerinin durumu idi. Bu fosiller, denizde yaşayan hayvanların kabuklarına çok benziyordu. Fakat bu kabuklar kaya haline nasıl gelmişti? Birçoğuna göre bu olay yaratılış sırasında meydana gelmişti. Çünkü *Yaratılış Efsanesi*'nde bu olay sıkı bir şekilde savunuluyordu. Bu konuda şüphesi olanlar için Roma'da 1600'lerde doğan ve karalarla denizlerin konumunun birçok kez değiştiğini savunan Giordano Bruno örneği vardı. Bernard Palissy, rahipler sınıfına karşı öfkesini açığa vuran bir başka araştırmacı idi. Ve üstüne basa basa, fosillerin daha önce yaşamış olan hayvan ve bitkilerin kalıntıları olduğunu söylüyordu. Fakat ne yazık ki, bunun kabul görmesi ancak iki yüzyıl sonra gerçekleşecekti.

Vinci'den sonra birçok doğabilimci, doğa olayları ve onların yer kabuğu üzerindeki etkilerini araştırmaya başladı. Bunlardan Burnet (1860'lar) zamanla bütün

dağların yağmur ve rüzgar ile aşınacağını ve akarsularla denizlere taşınacağını belirtiyordu. Hooke ise yerkabuğunun değişimine asıl depremler ve volkanik aktivitelerin neden olduğunu savunuyor, fosillerin incelenmesiyle geçmiş zamanların kayıtlarının tutulabileceğini de belirtiyordu.

18. yüzyılın ortalarında Jean Guettard ve O'ndan kısa bir süre sonra Nicolas Desmarest, geçmişteki doğa olaylarının bugünküyle aynı özellikte olduğunu vurguluyorlardı. Yüzyılın sonlarına doğru, doğa olaylarındaki tekdüzenliliğin kabul görmesiyle geçmiş zamanın kayıtlarının tutulabileceği anlaşılıyordu. Ancak yine de birçok olay kilise dogmalarıyla ilişkilendirilerek açıklanıyordu.

Voltaire'nin de aralarında bulunduğu birçok din ağırlıklı araştırmacı yazar, jeolojinin ve jeologların *Yaratılış Kitabı*'nda yazılan dünya tarihine hürmetle saygı duyması gerektiğini belirtiyordu.

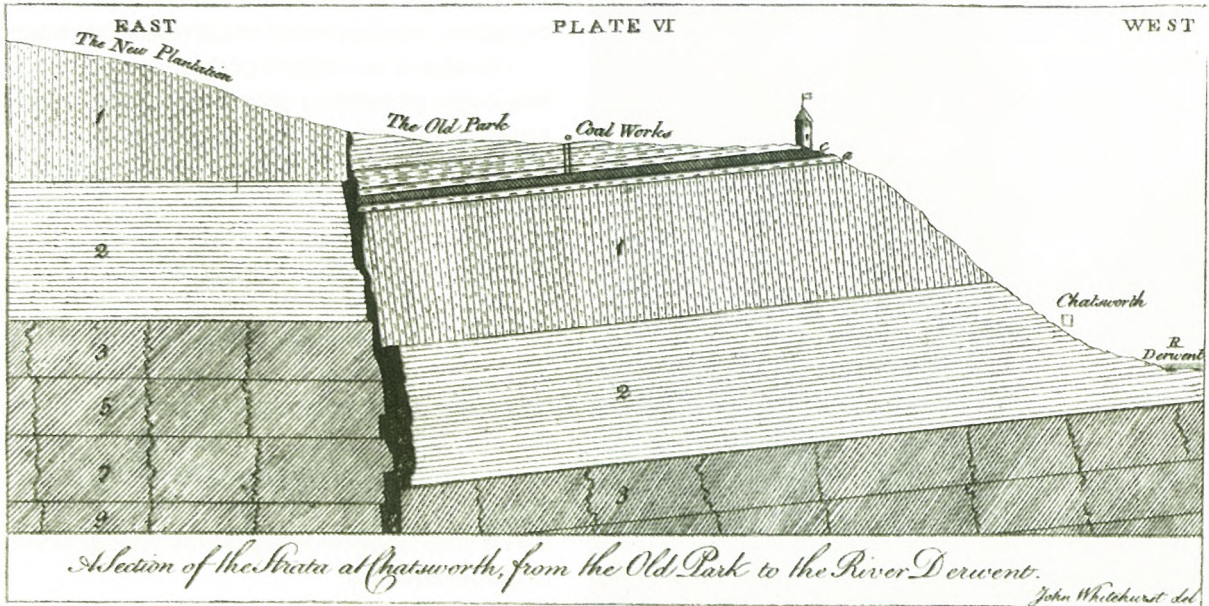
Bu arada İngiltere'de birçok bilim topluluğu türemeye başladı. Bunlardan ilki Londra'da kuruldu, ancak bu topluluk başlangıçta akşamları güzel sohbet, yemek ve içki beraberliğinden öteye gidemedi. Bir çiftçi olan fakat kayalar ve minerallere son derece meraklı olan James Hutton, 1785 Mart'ının sonlarındaki haftalık toplantılardan birinde, her zamanki coşkusundan daha büyük bir heyecanla o güne kadar yaptığı çalışmalar, gözlemler ve vardığı sonuçlar üzerine bir konuşma yaptı. O'nun konuşmalarını da içeren eser 1795'de *Dünya Teorisi* (Theory of the Earth) adıyla yayınlandı. Hutton'ın görüşlerinin özü, bugünkü doğa olaylarını ve doğa yasalarını irdeleyerek geçmişin aydınlatılabileceği şeklindeydi.



Charles Lyell

Hutton'ın en ilginç görüşü ise, yer tarihinin çok uzun olduğu yönündeki saptamasıydı. 18. yüzyılda, insan beyninin dünya tarihinin bu kadar uzun olabileceğini ve bu uzun zaman boyunca yerkabuğunun değişiminin sürmüş olabileceğini algılayabilmesi ve kabullenmesi çok zordu. Çünkü birçok insana göre yerin tarihi 6 bin yıl gibi kısa bir süreye dayanıyordu.

Hutton'ın görüşleri birçok doğabilimci tarafından zamanla benimsendi. Bunlardan en ünlüsü olan ve Hutton'la birlikte jeolojiyi bazı ilkeler üzerine oturtturarak bilim haline getiren Charles Lyell, *Jeolojinin İlkeleri* (Principles of Geology) adıyla üç ciltlik bir eser yazdı (1830, 1832, 1833). Lyell, Hutton'ın görüşlerini daha da geliştirdi. 19.yüzyılda birçok doğabilimci tarafından



Newcastle (İngiltere) yakınlarında bir kömür havzasındaki stratigrafik istif ve faylanmaları gösteren ilk jeolojik kesit (Whitehurst, 1778). Yazar, faylanma ve kıvrımlanmaları şu şekilde açıklamaktadır: Yer altındaki ısı, kayalarda genişlemeye ve kırılmaya neden olmuş, daha sonra deniz suyu bu kırıklardan aşağı doğru sızarak yerkabuğunda ani bir sarsılma meydana getirmiştir. Bu olay, İncil'de sözü edilen Büyük Tufan'da (Biblical Deluge) şiddetinin zirvesine ulaşmıştır.



Abraham Gottlob Werner

okunan bu eser sayesinde, Hutton'ın *Doğa Olaylarının Tekdüzenliliği İlkesi* iyice yerleşmeye başladı.

Tekdüzenlilik ilkesinden başka, kayaları oluşturan tabakaların üst üste istiflenmeleri *Süperpozisyon İlkesi* ile açıklanmaya başlandı. Nicolaus Steno (1638-1686), Kuzey İtalya'da yaptığı araştırmalarda süperpozisyon ilkesini pekiştirdi. Bu ilkeye göre yatay tabaka durumunda, en alttaki tabaka en yaşlı, en üstteki tabaka en genç olanıdır. Steno, alttaki tabakanın üsttekinden önce oluştuğunu belirtmekle birlikte, ayrıca tabakaların yatay olarak oluştuğunu da vurguluyordu.

Zaman Cetveli Oluşturma Çabaları

17. yüzyıl ve 18. yüzyılın başlarında birçok kaya türünün alt-üst ilişkileri büyük ölçüde tanımlandı. Bilim adamları yaşlı kayaların yüksek dağ sıraları boyunca, genç kayaların ise daha alçak bölgelerde yer aldığını, bütün kristalin kayaların önce; kırıntılı kayaların ise daha sonra oluştuğunu farkettiler. Bu görüşü önce Alman Johann Lehman ve İtalyan Giovanni Arduino ve daha sonra Alman Abraham Werner ve öğrencileri geliştirdiler. Bu görüşlerin geçerliliği Hutton, Playfair ve Lyell tarafından doğrulandı.

Lehmann, kayalar açısından üç tür dağ sınıfladı. Birincisi, Alpler gibi yüksek dağlardır ve bu dağlar kıvrımlı ve dik eğimli kaya tabakalarından oluşmuştur. Önemli mineral yatakları içeren bu kayalara Lehmann *Gang-Gebürge* adını vermiştir. Gang-Gebürge üzerine gelen ikinci tür dağlar olan *Flotz-Gebürge* kayaları, Nuh Tufanı sırasında oluşmuştur. Tufan esnasında dağlardan akan sular toprakla karışarak yamaçlarda hayvan ve bitkileri de bünyesine almış, akış hızının yavaşlamasıyla, bu karışık sedimanlar dağların eteklerinde çökelmiştir. Daha sonra bu sedimanlar sertleşerek kaya halini almıştır.

Üçüncü tür dağlar Tufan'dan sonra oluşmuştur. Bunlar tam katılaşmayan gevşek kayalardır.

Lehmann zamanında yaşayan George Cristian Fuchsel, Almanya'nın Tübingen bölgesinde yaşadığının büyük bir bölümünü kayaları incelemeye verdi. 20 yılı aşkın çalışmaların sonunda iki eser yayınladı. Üzerinde durduğu konular yer tarihi ve kaya tabakalarının dizilişiydi. O'na göre tabakalı kayalar denizlerde oluşmuştu ve aşırı kıvrımlanıp yükselerek dağları oluşturan tabakalar ise bunların altındaydı ve daha önce oluşmuştu. Kayaları ayrıntılı olarak tanımlamanın yanında Fuchsel bazı kaya grupları içerisindeki fosilleri de tanımladı. Fuchsel'in eserleri yaşarken pek okunmadı, ancak öldükten sonra büyük ilgi gördü.

Lehmann ve Fuchsel'in Almanya'da tabaka dizilişleri üzerine yaptığı çalışmalarla eş zamanlı olarak Giovanni Arduino İtalya'da kayalar ve mineral yatakları üzerine çalışıyordu. Bu çalışmaların olduğu alan, yaklaşık bir asır önce Steno'nun süperpozisyon ilkesini ortaya koyduğu alandı.

Arduino oldukça enerjik bir araştırmacı ve yazardı. Bu yönüyle başta İtalya'daki jeologlar ve ülkeye araştırma yapmaya gelen jeologlar üzerinde büyük etkisi oldu. Bu ilgi sayesinde Arduino'nun görüşleri başka araştırmacılarca da kabul gördü.

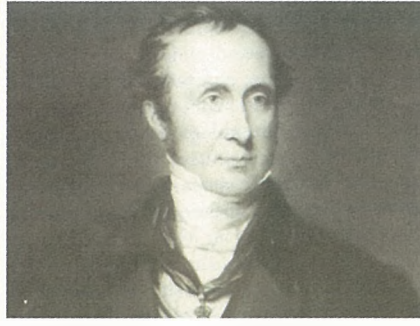
Arduino, üç tür dağ sınıfladı ve bu dağlar da üç tür kaya grubundan oluşuyordu: *İlksel* (Primitive), *İkincil* (Secondary) ve *Tersiyer* (Tertiary). Birincil kayalar, fosil içermeyen ve dağların çekirdeğini oluşturan şist, granit ve bazalt gibi kayalardı. İkincil kayalar fosilce zengin denizel kireçtaşları, marnlar ve killer ile diğer tortul kayalardı. Bu kayalar tabakalıydılar ve dağların yamaçlarında bulunuyorlardı. Tersiyer kayalar genç kireçtaşları, kumtaşları, marnlar ve killerdiler ve bol fosil içeriyorlardı. Arduino, bazı Tersiyer kayaların ikincil kayalardan türediğini de savunuyordu. Bu grup kayalar alçak dağlar ve tepelerde gözleniyordu. Bu üç gruba ek olarak Arduino, 4. bir grup olarak volkanik kayaları tanımlıyordu. O'na göre volkanik kayalar lav ve tüfler ile fosilli denizel tabakaların ardalanması şeklindeydi ve üstteki fosilli denizel tabakalar volkanik kayalar üzerine denizin istila etmesi sonucu oluşmuşlardı.

18. yüzyılın sonlarında jeolojik düşünce, Abraham Gottlob Werner adlı mineraloji profesörünün etkisine girdi. Werner, az yayın yaptı ancak okurları ve öğrencileri üzerinde müthiş bir etki bıraktı.

1749 yılında dünyaya gelen ve küçük yaşlardan itibaren minerallerle oynayan Werner'in çalışma alanının dar olması nedeniyle (Almanya'nın Saksonya bölgesi) kayalar konusundaki bilgileri sınırlı idi ancak yerkabuğunun yapısını küresel ölçekte tartışıyordu.



William Smith



Roderick Impey Murchison



Adam Sedgwick

Sonuçta Werner dünyanın bir zamanlar tamamıyla okyanuslarla kaplı olduğunu ve ilksel kayaların neredeyse tamamının okyanuslarda kimyasal çökeltme ile oluştuğunu savunuyordu.

Granit, gnays, şist, bazalt ve diğer yaşlı kayaların üzerine, Werner'e göre *Geçiş Kayaları* geliyordu. Bu kayalar organik kalıntılar içeriyordu ve yaşamın ilk başladığı zamanlarda kimyasal çökeltme ile oluşmuşlardı. Ve ilksel kayaların oluşturduğu karalardan akan akarsuların getirdiği organik olmayan kalıntıları da içeriyordu. Werner'e göre *Flötz-Schichten* veya tabakalı kayalar bu geçiş kayaları üzerine geliyordu. Bu grup kumtaşı, kömür, kireçtaşı ve arduaz gibi kayalardan oluşuyordu. Ayrıca, çoğunlukla fosil de içeriyordu. Werner'in tanımladığı 4. Grup, alüvyial çökellerdir. Bu çökeller, kayaların üzerinden akan akarsuların taşıyarak getirdiği malzemelerden oluşmaktadır. Werner'e göre bu dört tür kaya grubunun istiflenmesi yer kabuğunun oluşumunda dört temel evreye işaret etmektedir.

Werner'in yer tarihi konusundaki tezine ilk karşı çıkış, denizlerin nasıl geri çekildiği sorusuyla oldu. Werner bu soruya cevap veremedi. Werner'in görüşlerine başka bir itiraz da, O'nun belirttiği tabaka dizilişine uymayan birçok jeolojik mostranın bulunmasıydı.

Jeologlar arasında iki yüz yıl boyunca (17 ve 18. yüzyıl) süren tartışmaların ve özellikle kilisenin ve dinsel dogmaların etkisinden sıyrılarak yapılan çalışmaların ardından, 18. yüzyılın sonlarında temel dört kayaç türü tanımlanmış ve kabul görmüştü ve kaya türü ile zaman arasındaki ilişki artık kurulabiliyordu. Bu gelişimde Hutton'ın *Tekdüzenlilik* ve Steno'nun *Süperpozisyon İlkesinin* payı büyüktü.

Zaman Birimlerinin Adlandırılması:

Tersiyer

Giovanni Arduino (1714-1795), sert kireçtaşlarının istiflendiği, gevşek ve çimentolanmış kum ve çakıllar ile volkan camlarından oluşmuş dağları ve bu dağları oluşturan kayaları "Tersiyer" olarak tanımlıyordu. Bu kayaların içinde birincil ve ikincil kayalardan türemiş fosiller ve kayaç parçaları da bulunuyordu.

Tersiyer kayaları İtalya'nın kuzeyinde yaygındı ve bol fosil içeriyordu. Benzer özellikteki ve benzer fosil içeriğine sahip kayalar İtalya dışında da keşfedilmişti. Özellikle Paris havzasında 19. Yüzyılın başlarında Cuvier ve Brongniart Tersiyer istiflerini iyi tanımlamışlardı. Tersiyer, 1820-1830 yıllarında Charles Lyell ve Gerard Deshayes'in mollusk fosilleri üzerine yaptıkları ayrıntılı araştırmalar ile jeolojik zaman çizelgesi içinde yerini almaya başladı.

Karbonifer

Ekonomik açıdan önem taşımaları nedeniyle kömür tabakaları üzerinde her dönemde araştırmalar yapılmıştır. Kömür tabakaları Abraham Gottlob Werner'in (1750-1817) Flötz kayalarının tabanında tanımlanmıştı ve birçok yerde madenciler tarafından alt bölümlere ayrılmıştı.

1822'de W.D. Conybeare ve W. Phillips, Eski Kırmızı Kumtaşları'nı (Old Red Sandstone) çalışmışlar ve Karbonifer istifini kaya grupları içinde önemli bir bölüm olarak tanımlamışlar ve dört alt gruba ayırmışlardır. Bunlar gençten yaşlıya doğru; kömür damarı, Millstone Grit, Karbonifer (veya Dağ) kireçtaşları ve Eski Kırmızı Kumtaşlarıdır. Conybeare ve Phillips, Karbonifer olarak adlandırdıkları kaya birliğinin Werner'in Geçiş Kayaları veya Flötz tanımından farklı olduğunu, ancak Geçiş kayaları tanımına daha yakın olduğunu belirterek, Werner'in kötü imajından uzaklaşmak amacıyla da farklı bir terim kullanmayı tercih etmişlerdir.

Kretase

Kretase Sistemi (Terrain Cretacé veya Cretaceous System) terimini ilk olarak 1822'de D'Omalus d'Halloz ortaya attı. Daha önce Werner ve öğrencileri Saksonya'da kumtaşı ve kireçtaşlarını çalışmışlar ve bu kayaları Flötz kayalarının üst bölümünde tanımlamışlardı. William Smith (1769-1839), iki ayrı tebeşir, yeşilkumtaşı ve killeri formasyon olarak ayırdetmişti. O'nun tanımladığı üst tebeşir zonu başka araştırmacılar tarafından İngiltere, Fransa, Belçika, Hollanda, Almanya, Polonya ve İsveç'te de tanımlanmıştı.

D'Omalius d'Halloy, Fransa'da (Paris Havzası) yaptığı çalışmalar sonucunda, beş gruba ayırdığı ikincil (second) kayaların üç grubunu Kretase'ye dahil etti. Kretase sadece tebeşir değil, kumtaşı ve marn da içeriyordu.

Conybeare ve Philips 1822'de 'Cretaceous' terimini de kullanmışlardır. Auguste de Montmollin, Jura Dağlarında çalışırken fosilli kireçtaşı ve marnları tanımlamıştır. Bu kayalar, 'Terrain Cretacé du Jura' olarak adlandırılan Britanya'daki Yeşilkumtaşları ile benzer özellikteydi.

O Dufrenoy ve J. Elie de Beaumont, Kretase istifini iki bölüme ayırdılar: Jura dağlarında tanımlanan Neocomian tabakaları ile yeşilkumtaşları ve marnlardan oluşan Alt Grup, beyaz tebeşirlerden oluşan Üst Grup. Bu ayırım, başta İngilizler olmak üzere diğer araştırmacılarca da benimsendi.

Kretase'nin alt ve üst olarak ikiye ayrılması Amerika'daki çalışmalarla da kabul edildi. R.T.Hill, Texas'daki fosilli kireçtaşı ve kumtaşlarında yaptığı çalışmalarda tanımladığı Körfez Serisinin Orta ve Üst Kretase'ye; Comanche Serisinin de Alt Kretase'ye denk düştüğü sonucuna vardı.

Jura

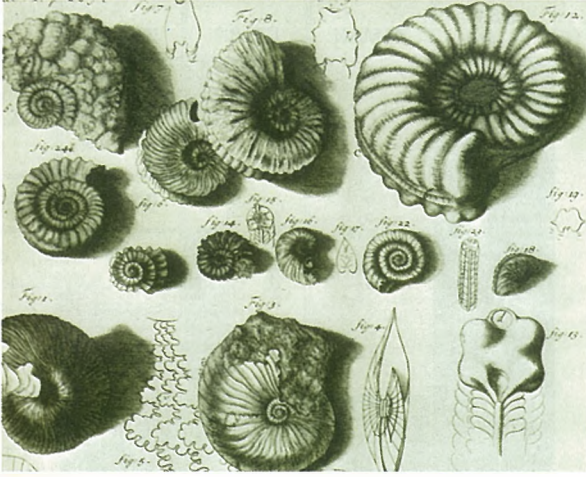
1795 yılında Alexandre von Humboldt (1769-1859), Fransa'nın güneyi, İsviçre'nin batısı ve İtalya'nın kuzey bölgesine yaptığı gezi sırasında, İsviçre'deki Jura dağlarındaki masif kireçtaşlarından oluşan Jura-Kalkstein'in farklı bir kaya birliği olduğu sonucuna varmış ve 1799'da yayınlanan kitabında Jura-Kalkstein kayalarından söz etmiştir. Ancak bu tanımlama bugünkü Jura'nın yalnızca bir bölümüdür. Humboldt, bir sistem olarak Jura terimini kullanmasa da, Jura kireçtaşı formasyonu, jeolojik zaman cetvelinde Jura periyodunun kullanımına ilk adım olmuştur. Conybeare ve Philips, İngiltere'de oolit serisinde Oolit (Üst) ve Lias (alt) olmak üzere iki formasyon tanımladılar. Alman araştırmacı Leopold von Buch, daha önce İngiltere'de Oolit ve Lias olarak ikiye ayrılan Jura'nın Almanya'nın güneyinde üç bölüme ayrıldığını belirtti: Üst (Beyaz Jura, Orta (Kahverengi) Jura ve Alt (Siyah) Jura. Fosil içeriğiyle de buradaki Jura kayalarının İngiltere ve Fransa'dakilerle aynı yaşta olduğu sonucuna vardı. Von Buch, ayrıntılı fosil çalışmaları ile de Jura'nın daha da alt gruplara ayrılabilceğini belirtiyordu. Bundan sonra Jura kayaları konusunda çalışan birçok araştırmacı, Jura'nın özellikle fauna açısından üç bölüme ayrıldığı konusunda hemfikir oldular.

Kuvaterner

18. yüzyıl sonlarında Jura ve Kretase yaşlı kayaların cazibesine kapılan birçok İngiliz jeolog, araştırmasını bu konu üzerinde yoğunlaştırmıştı. Fransa ve İtalya'da da durum farklı değildi, ancak buralardaki araştırmacılar Arduino'nun Tersiyer kayalarını da çalışıyorlardı.

ÜST ZAMAN	ZAMAN	DEVİR	DEVRE	MİLYON YIL	
F A N E R O Z O Y I K	SENOZOYİK	KUVATERNER	HOLOSEN	0.8	
			PLEYİSTOSEN	1.8	
		TERSİYER	NEOJEN	PLİYOSEN	5
				MİYOSEN	25
			PALEOJEN	OLİGOSEN	40
				EOSEN	55
				PALEOSEN	65
				MESOZOYİK	KRETASE
		ALT	140		
		JURA	MALM		160
	DOGGER		180		
	LİYAS		200		
	TRİYAS	ÜST			
		ORTA			
		ALT	230		
	PALEOZOYİK	PERMIYEN	ÜST		
			ALT		280
		KARBONİFER	ÜST		
			ALT		350
		DEVONİYEN	ÜST		
			ORTA		
		SİLÜRİYEN	ALT	400	
			ÜST		
		ORDOVİSİYEN	ALT	430	
ÜST					
KAMBRİYEN	ALT	500			
	ÜST				
	ORTA	570			
PRETEROZOYİK	PREKAMBRİYEN	ALGONKİYEN	ALT	570	
			ÜST		
KRIPTOZOYİK ARKEOZOYİK AZOYİK	PREKAMBRİYEN	ARKEEN		2600	
				2600'dan önce	

Prof. Buckland, 1823'de güncel çökellerin tamamını *Alüvyon* olarak; alüvyonun altında, ancak Tersiyer kayalarının üzerinde bulunanları ise *Diluvyum* olarak adlandırdı. Bu adlandırma, diğer İngiliz araştırmacılarca da benimsendi. Paul G. Desnoyers, Tersiyer'den daha genç olan ve denizel, gösel, alüviyal ve volkanik olan bütün çökelleri Kuvaterner olarak tanımladı (1829). H.P.I. Rebol, 1833 yılında Kuvaterner çökelleri içinde rastladığı fosillerin güncel formlara çok benzediğini belirtiyor, Kuvaterneri *Historik Zaman* ve *Prehistorik Tersiyer Sonrası Zaman* olarak ikiye ayırıyordu.



17. yüzyılda Robert Hooke tarafından çizilen ammonit resimleri

Triyas

Avrupa'da Triyas yaşlı kayaların bulunduğu alanlarda 1820'li yıllarda çok sayıda araştırma yapıldı. Bunlardan en önemlisi Friedrich von Alberti'nin Almanya'daki tuz yatakları ve çevresindeki kayalar üzerinde yaptığı ayrıntılı çalışmalarıdır. Alberti, bugünkü anlamıyla *Devir* terimini, *Formasyon* ile aynı anlamda kullanıyordu. Fosiller üzerinde yaptığı araştırmalar sonucunda Alberti Triyas'ı ayrı bir zaman bölümü olarak jeolojik zaman cetveli içerisine oturtuyor, ayrıca Triyas'ı alt bölümlere ayırarak her bölüm içerisindeki fosilleri de listeliyordu. O'nun Triyas'ı Bunter, Muschelkalk ve Keuper olarak üç alt gruba ayırması çok az değişikliklerle Avrupa'da kabul gördü.

Alberti'nin Triyas'ı zaman cetvelinde tanımlamasının ardından, özellikle Alman ve Avusturyalı jeologlar Alp dağlarında araştırmalar yapmaya başladılar. Buralardaki fosilli denizel şeyil, kireçtaşı ve dolomitler Bunter, Muschelkalk ve Keuper alt zamanları ile denestirilerek tanımlandı.

E. Mojsisovics tarafından Alp ve Himalaya dağlarında Triyas ammonitleri üzerinde yürütülen çalışmalar, denizel Triyas faunası hakkındaki çalışmaların temelini oluşturur.

Silüriyen ve Kambriyen

İkincil kayalar ve üzerindeki genç kayalar konusundaki çalışmalar 1800'lü yılların başlarında hız kazandı ancak, bunların yaşça altında yer alan geçiş kayaları veya yaşlı grovoklar diye adlandırılan kayalarda pek çalışma yoktu. Londra Jeoloji Topluluğu üyesi iki arkadaş, Roderick Murchison ve Adam Sedgwick bu konuya merak sardılar. Daha önce bir subay olan Murchison atını ve av köpeğini sattıktan sonra bütün enerjisini jeolojiye verdi. 1824 kışında jeoloji konusunda bir kurs gördü ve Londra Jeoloji Topluluğuna

katıldı. 1825 yazında İngiltere'nin güneybatısındaki Devon ve Cornwall bölgesinde çalışmalar yaptı. 1827 yılında Sedgwick ile İskoçya'ya, 1828'de Lyell ile Fransa ve İtalya'ya ve tek başına Alp dağlarına geziler yaptı. Çalışmalarını eski geçiş kayaları üzerinde yoğunlaştırdı.

Adam Sedgwick, kısa zamanda o zamanın jeologlarının lideri durumuna geldi. Londra Jeoloji Topluluğunda Murchison ile tanışmasından sonra karmaşık kayalar üzerinde yoğunlaşmaya başladı.

1830'larda Roderick Murchison ve Adam Sedgwick arazi çalışmalarında topladıkları fosiller üzerinde birbirinden ayrı olarak laboratuvar çalışmaları yaptılar ve her ikisi de 1832-1834 arasında bu konuda makale ve raporlar yayınladılar. 1834'de bir araya gelerek birkaç gün geçirdiler ve bulgularını birbirlerine aktardılar.

1835 yılında *Londra ve Edinburg Felsefe Dergisi*nde, Murchison çalıştığı kayaları eski bir kabile olan *Silures* adından esinlenerek Silüriyen Sistemi olarak adlandırdı. Aynı makalede Silüriyen'i alt ve üst olarak ikiye ayırıyordu. Tanımladığı Silüriyen, Eski Kırmızı Kumtaşlarının altında, Sedgwick'in çalıştığı grovokların ise üzerinde bulunuyordu. 1835 Ağustosunda Sedgwick ve Murchison, Silüriyen ve Kambriyen adlarının yer aldığı bir makaleyi birlikte yayınladılar. Sedgwick, çalıştığı kayaları Murchison tarafından çalışılan Silüriyen kayaları kadar fosil içermediğini belirterek bu kayaları, çalıştığı bölge olan Galler bölgesine Romalılar tarafından verilen *Cambria* ismine atfen Kambriyen Sistemi olarak adlandırıyordu. Arduaz, volkanik kayalar ve grovokların oluşturduğu Kambriyen sistemini alt, orta ve üst olarak üç bölüme ayırıyordu. İki araştırmacı da artık geçiş kayaları teriminin kullanılmasına gerek olmadığını belirtiyordu.

Devoniyen

Eski Kırmızı Kumtaşlarının altında yer alan kayalar-daki (Kambriyen ve Silüriyen) çalışmalarının ardından Sedgwick ve Murchison 1836-1839 arasında İngiltere'nin Devonshire bölgesinde birlikte çalışmalar yaptılar. Devonshire bölgesindeki kayaların Galler bölgesindekilerden farklı olarak fosilli kireçtaşı tabakaları içerdiğini farkettiler. Ordudan emekli biri olan William Lonsdale, Güney Devonshire bölgesinde bazı formların benzer olmasına karşın mercan fosilleri içeren Devon kayalarının Silüriyen'den genç, Karboniferden yaşlı olduğu sonucuna vardı. Bu kayalar İngiltere'nin diğer bölgelerinde yaygın olan ve Silüriyen ile Karbonifer arasında yer alan Eski Kırmızı Kumtaşları ile eş olmalıydı. Ancak bu varsayım Sedgwick ve Murchison tarafından başlangıçta kuşku ile karşılandı ancak daha sonra tamamen benimsendi. Sedgwick ve

Murchison Karboniferin altında yer alan arduaz, kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşan kayaları Devoniyen adı verdikleri yeni bir devire ait olarak kabul ettiler (1839).

Permiyen

1840 yılında Murchison, Sedgwick ile Devoniyen kayalarında yaptığı çalışmaları sunmak üzere gittiği Paris'te, Rusya'ya bir jeolojik gezi yapılacağı haberini aldı ve geziye katılmaya karar verdi.

Murchison ve Fransız paleontolog Edouard de Verneuil 1840'da birkaç kişilik bir ekiple yola çıktılar ve Rusya'daki yolculukları bir yaz boyu sürdü. Murchison oralarında çok ilginç Silüriyen, Eski Kırmızı Kumtaşları ve Karbonifer kayaları gördü. Bu kayalar çok az deforme olmuştu ve fosil de içeriyordu, ancak İngiltere'dekilerden oldukça farklıydı.

Bir sonraki yaz Rusya'ya tekrar bir gezi daha yaptılar. Moskova'dan yola çıkarak Rusya'nın Perm ve Ural dağlarını gezdiler. Murchison yol boyunca araştırmalar yaptı, bol fosil inceledi. Fosillere dayanarak Silüriyen, Devoniyen ve Karboniferi bir kez daha tanımladı. Bunlara ek olarak Murchison bir periyod daha tanımladı. 1841 yılında Moskova Bilim Akademisine Ural dağlarının batı eteklerinde bulunan Perm kasabasına atfen yeni bir periyod olarak Permiyen terimini kullanmalarını öneren bir mektup yazdı. İngiltere'ye döndükten sonra 1841 yılında yeni bir makalede Permiyen terimini kullandı. Bu makalede, Uralların batısında Karbonifer kayalarının üzerine Braikiyopod fosilli marn, kireçtaşı, kumtaşı ve çakıltaşlarının bulunduğunu ve bu fosillerin Karbonifer kayalarındakilere benzer olduğunu belirtiyordu. Bu kayalardaki flora ve fauna bütünlüğünü ve alt-üst ilişkisini (Karboniferin üstünde, Triyas'ın altında) gözönüne alarak Permiyen adıyla ayrı bir devir tanımlıyordu.

Ordovisiyen

19. yüzyılın ortalarında İskoç araştırmacı Charles Lapworth, İskoçya'da yaptığı çalışmalarda daha önce pek çalışılmayan graptolit fosilleri içeren kayalar üzerinde çalıştı. Ve graptolit türlerine göre kayaları alt gruplara ayırmaya çalıştı. Ayırdığı zonlardan bir kısmı Silüriyen içerisindeydi, ancak bazıları ise Silüriyen'den daha yaşlı idi. Lapworth Murchinson tarafından fauna açısından alt ve üst olarak ikiye ayrılan orijinal Silüriyen'inin varlığını doğruluyordu. Üçüncü grup fosilleri Sedgwick'in tanımladığı Kambriyen'in alt seviyelerinden toplamıştı. O'na göre Üst Silüriyen ayrı bir periyottu ve buna Silüriyen denmeliydi, Kambriyen de fauna topluluğu ile ayrı bir periyottu. Ancak bu durumda, zaman cetvelinde daha önce tanımlanan Alt Silüriyen boşluğu doğuyordu. Bu zaman aralığında oluşan kayalara eski İngiliz kabile adı olan *Ordovices*'e atfen Ordovisiyen Sistemi adını verdi. Bu ka-

bilenin yaşadığı Kuzey Galler bölgesindeki Bala kasabası Ordovisiyen için tip alan olarak jeoloji literatürüne geçti.

Pensilvaniyen ve Missisipiyen

Karboniferin alt ve üst olarak ikiye ayrılması birçok Avrupalı jeolog tarafından kabul görmüştü. Kuzey Amerikalı stratigraflar Karboniferi iki sisteme ayırdılar: Kömür içeren ve daha genç olan Pensilvaniyen Sistemi ve ikinci olarak da kireçtaşlarından oluşan ve daha yaşlı olan Missisipiyen Sistemi. Kömür içeren genç tabakalar Amerika'nın Pensilvanya bölgesinde bulunuyordu ve bu alt sistem buradaki çalışmalarda tanımlanmıştı. Daha sonraki çalışmalar Missisipi vadisine yönlendirildi ve burada kömürlü Pensilvaniyen tabakalarının altında kireçtaşları keşfedildi (1839). 1870 yılında Alexander Winchell, Missisipi vadisinin kuzey kesiminde yer alan ve kömür tabakaları altında bulunan kireçtaşlarını Missisipiyen olarak adlandırdı.

Prekambriyen

Kambriyen sistemi altında yer alan kayalara Kambriyen öncesi anlamına gelen Prekambriyen adı verilmesi geniş kabul gördü. Jeologlar tarafından genellikle ihmal edilmiş olan Prekambriyen kayaları kıtaların çekirdeklerini oluşturmaktadır. Ender olarak fosil içermeleri nedeniyle alt gruplara ayırmak pek mümkün olmamaktadır. Ancak fosil içeriğinden çok, fiziksel özelliklerine dayanarak yerel olarak bazı bölgelerde alt bölümlere ayrılabilmiştir.

Paleozoyik, Mesozoyik, Senozoyik

Paleozoyik terimini ilk olarak Adam Sedgwick 1838 yılında önerdi ve bugün bilinen Paleozoyik zamanına eş anlamda Paleozoyik Serisi (Paleozoic Series) terimini ortaya attı.

1840 yılında John Phillips, ilk kez Mesozoyik Zamanı (Mesozoic Era) ve Senozoyik Zamanı (Cenozoic Era) terimlerini kullandı. Kretase, Jura ve Triyas devirlerinin Mesozoyik'e ait olduğunu belirterek; Senozoyik zamanına ait olan Eosen, Miyosen ve Pliyosen'e Tersiyer demiştir.

Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik terimleri, Yunanca'da yaşamak sözcüğü ile eski (ancient), orta (middle) ve güncel/yeni (recent) sözcüklerinin birleşmesinden meydana gelmiştir.

Kaynaklar

Albritton, C.C., 1980. The Abyss of Time. Changing Conceptions of the Earth's Antiquity after the Sixteenth Century. Freeman, Cooper and Company, 251s.

Berry, W.B.N., 1987. Growth of a Prehistoric Time Scale. Blackwell, Oxford.

Dott, R.H ve Batten, R.L., 1971. Evolution of the Earth. McGraw-Hill, Inc. 649s.

Gould, S.J., 1987. Time's Arrow Time's Cycle. Myth and Metaphor in the Discovery of Geological Time. Harvard Univ. Pres. 222s.

Doğayı Okumuş, Anlamış Gerçek Bir Yenidendoğuş Adamı

Cesare Emiliani (1922-1995) ve Zaman



Cesare Emiliani gerçek anlamıyla bir Yenidendoğuş Bilim adamı'dır. Klasik dilleri ve tarihi çok iyi bilen, ilgi alanı çok geniş bir akademisyendi. O'nun derin okyanusların değişmeyen, kararlı ortamlar olmadığını keşfetmesiyle paleoöşinografi bilimi doğmuş oluyordu.

Mehmet Ekmekçi

Hacettepe Üniversitesi, Hidrojeoloji Mühendisliği Bölümü
ekmekci@hacettepe.edu.tr

Cesare Emiliani Kimdir?

İzotop jeokimyası ve paleoklimatoloji topluluğunun en yaratıcı-üretici simalarından biri olan Cesare EMILIANI, 1922 yılında İtalya'nın Bologna kentinde doğdu. Bologna Üniversitesi'nde Jeoloji okuduktan sonra aynı üniversitede mikropaleontoloji konusundaki doktora çalışmasını 1945 yılında tamamladı. 1946-1948 yılları arasında Floransa'da mikropaleontolog olarak çalıştı ve bu arada Bolonga yakınlarındaki Kretase yaşlı killi birimlerle, Faenza yakınlarındaki Pliyosen yaşlı birimlerin foraminifer taksonomisi ve stratigrafisi üzerine çok sayıda makale yayınladı.

1948 yılında Rollin D. Salisbury bursuyla gittiği Chicago Üniversitesi Jeoloji Bölümünde ikinci doktora çalışmasını 1950 yılında tamamladı. 1950 ile 1956 yılları arasında Chicago Üniversitesine bağlı Enrico Fermi Nükleer Araştırmalar Enstitüsü Harold Urey Jeokimya Laboratuvarında araştırmacı olarak çalıştı. Duraylı izotoplarla ortamsal değişkenler arasındaki ilişkiler üzerine ilk çalışmalar bu laboratuvar da gerçekleştirilmişti. Urey ve öğrencilerinin ilk çalışmaları güncel yumuşakça kabuklarındaki oksijen-18 izotopu ile sıcaklık ilişkisi ve bunun Kretase'deki paleosıcaklıkların belirlenmesinde kullanılmasını kapsıyordu. Emiliani, bu tekniği okyanus tabanındaki çökellerde bulunan foraminifer kavkalarına uyguladı ve Erken Tersiyer'de okyanusun derin sularının çok daha sıcak olduğu sonucuna vardı. Böylece, derin okyanusların değişmeyen, kararlı ortamlar olmadığını keşfi yeni bir bilim dalının başlangıcı oldu: *Paleoöşinografi...*

Bu keşiften hemen sonra birbirini izleyen önemli keşifler geldi. Kullenberg'in geliştirdiği piston karotiyer kullanılarak İsveç Derin Deniz Araştırma Programı (1947-1949) ve Lamont Jeolojik Gözlem Laboratuvarı, Pasifik ve Karayiplerde derin denizlerden uzun karbonat çamuru karotları almışlardı. Emiliani bu karotları 10'ar cm'lik kısımlara ayırarak örneklediği planktonik foraminiferler üzerinde oksijen-18 tekniğini uyguladı. Oksijen 18 (ağır oksijen)-Oksijen 16 (hafif oksijen) oranının testere dişine benzer şekilde sistematik olarak birbirini izleyen dönemlerde artıp azaldığını gördü. Ağır ve hafif oksijen oranındaki değişimi iki ana etmenin göstergesi olarak değerlendirdi: deniz

suyunun sıcaklığı ve buzulların hacmi... Sıcaklığın düşük, buzul hacimlerinin büyük olması $^{18}\text{O}:^{16}\text{O}$ oranının pozitif olarak artması (büyümesi) anlamına geliyordu. Emiliani, orandaki artışın % 60'ının sıcaklık, %40'ının da buzul etkisini yansıttığını düşündü. Ekvator ve tropik denizlerin yüzey sıcaklıklarının buzul dönemlerinde birkaç derece daha düşük olması gerektiği sonucuna vardı.

Çalışmasını yürüttüğü dönemde, Pleystosen'de sadece dört ana buzul dönemi olduğu sanılıyordu. Emiliani'nin analizleri sonucunda çok daha fazla sayıda buzul dönemi olduğu ortaya çıktı: Karayiplerden alınan karot örneklerinden 7, Pasifik karotlarından alınan örneklerden ise 15 buzul dönemi ayırtlayabildi. Buradan çevrimsel (dönemsel) buzullaşmaların, orojenik yükselme, yeryüzüne hareketlerinin neden olduğu değişim (Milankovitch çevrimleri), buzul-albedo geri-beslemesi ve buzul katmanlarının kabuksal kıtalara bindirdiği yük nedeniyle izostatik dengenin değişmesi gibi etkilere bağlı olduğu sonucuna vardı. Bütün bu etkiler, günümüzdeki çalışmaların ana konularını oluşturmaktadırlar. Emiliani'nin bu keşifleri okyanus ve buzullara ilişkin düşüncelerimizde yeni ufuklar açtı.

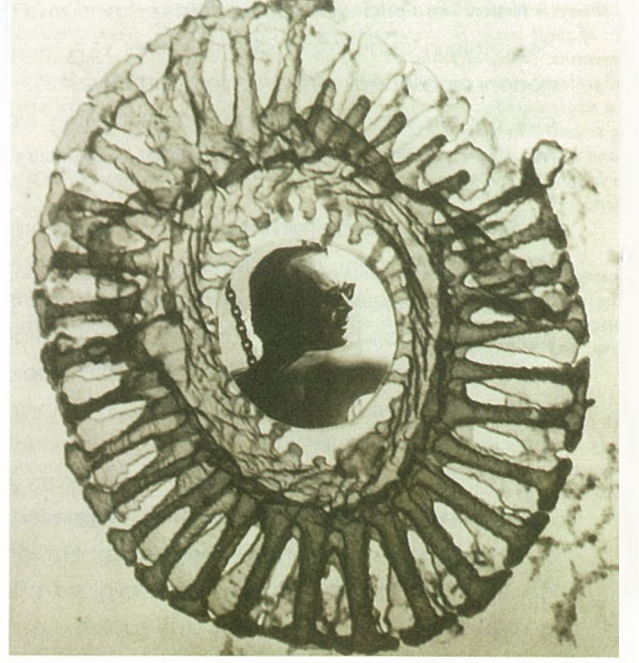
Diğerleri çalışmaları arasında, oksijen-18 izotopunun paleoekoloji ve paleoklimatoloji alanlarında kullanılması konusundaki katkılarını özetlemek gerekirse:

1- Oksijen izotopu çevriminin G. Arrhenius tarafından ölçülen yüksek karbonat dönemlerine karşılık geldiğini göstermiştir. Bu çevrimlerin de buzul-buzularası dönemleri yansıttığını kanıtlamıştır. Bu kesit, Pleystosen'de dört buzul dönemini varsayan görüşün ölümü olmuştur. Bulgular, Senozoyik'te son üç milyon yılda 36 buzullaşma dönemi olduğunu ortaya koymuştur.

2- Bu buzullaşma dönemlerinin, yeryuvarının yörünge ve presesyon hareketlerinin sonucunda ortaya çıkan Milankovich çevrimindeki sıcaklık değişimlerine karşılık geldiğini göstermiştir.

3- Derin okyanus sıcaklığının Geç Kretase'den bugüne, düzenli bir şekilde düştüğünü göstermiştir.

1957 yılında Emiliani, adı daha sonra Rosenthal Deniz ve Atmosfer Bilimleri Okulu olarak değişen Miami Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne geçti. Burada deniz jeolojisi ve jeofiziği programlarını başlattı ve gelişmiş bir izotop jeolojisi laboratuvarı kurdu. Kuvaterner buzullaşmalarının doğası ve nedenleri üzerindeki çalışmalarını burada sürdürdü. Bu dönemde Amerika'nın en büyük bilimsel faaliyetlerinden birisi olan ve Mohorovicic Süreksizliği olarak adlandırılan, yerkabuğunu mantodan ayıran yüzeyi kesecek bir delgi kuyusu açmayı amaçlayan *Mohole Projesi* gündemdedi. Cesare Emiliani, bu proje kapsamında alınacak uzun karotlardan çok önemli bil-



giler elde edilebileceğini düşünüyordu. Ancak, Mohole Projesi için yapılan maliyet analizleri projenin yapılabilirliğinin olanaklı olmadığını ortaya koyunca, Emiliani, hazırladığı LOCO Projesini (Long Cores) Amerika Ulusal Bilim Kurumuna sundu. Nikaragua yakınlarında karot delgileri için uygun bir gemi olan SUBMAREX proje çalışmalarına verildi. Bu projeden elde edilen başarılı sonuçlar, derin deniz karotlarından okyanusların evrimine ilişkin bilgilerin yanı sıra okyanus tabanı yayılması ve levha tektoniği hipotezinin sorgulanmasını sağlayacak kanıtlar elde etmenin olanaklı olduğunu gösterdi. Bu sonuçlar, JOIDES Programının (Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling) ve bu program kapsamındaki üç projenin yaşama geçirilmesini sağladı. Atlantik Kıta Kenarı Delgi Projesi (1966); Derin Deniz Delgi Projesi (1967-1983) ve Okyanus Delgi Programı (1984-2003).

1967'de Emiliani Miami Üniversitesi'nde Jeoloji Bilimleri Bölümünü kurdu ve 1993 yılında emekli olana kadar bu bölümün başında kaldı. Olağanüstü ve sürekli heyecan dolu bir hocaydı. Yerbilimlerini, çok sayıda öğrenciyi bilimle tanıştırmak ve bilimin içine çekmek doğrultusunda çok ustaca kullandı. Bu anlamda yerbilimlerini bilimin merkezine yerleştirdi.

Cesare Emiliani gerçek anlamıyla bir **Yenidendoğuş Bilim adamıdır**. Klasik dilleri (Latince ve Antik Yunanca) ve tarihi çok iyi bilen, ilgi alanı çok geniş bir akademisyendi. İlgili alanı, izotop jeolojisi, tektonik, yıkımlar, yok oluşlar, evrim, düşünce tarihi ve insanın yeryuvarına etkileri gibi konuların çok ötesine de taşmıştır. Çeşitli yaratıcı düşünceleri vardı: Kara üzerinde (Bahamalardaki Eleuthera Adası) bir delgi ile okyanusal Mohorovicic Süreksizliğine

ulaşarak burada yapılacak nükleer patlamalarla depremlerin denetimi; virüslerin kitlesel yok oluşların nedeni olabileceği; evrimin doğrudan bir rekabetten çok yok oluşların ardından gelişen bir boşluk doldurma süreci olabileceği gibi düşünceler bunlardan sadece bir kaçıdır.

Emiliani, ayrıca bir takvim reformu önerisi üzerinde de çalıştı. Bu yeni düzenlemenin amacı, kısmen, İ.Ö./İ.S. kronolojisinde *sıfır* yılı bulunmamasından kaynaklanan zaman boşluğunu (hiyatüs) ortadan kaldırmak, ama daha önemli olarak, çoklu kültür yapısına sahip toplumlarda din tabanlı sistemlerin kullanımını ortadan kaldırmak olmuştur.

Emiliani'nin yaratıcı düşünceleri ve başarıları yanı sıra çeşitli kaygıları da vardı. İnsan nüfusunun hızlı artışı ve gezegenimize olan çevresel etkileri Emiliani'yi çok kaygılandırıyor. Genel olarak bilgi ve bilimin gelişmesine paralel olarak bilimciyle toplumu oluşturan halk arasındaki bağın gittikçe zayıfladığını görüyor ve bu da onu çok endişelendiriyor ve üzüyor. Bu üzüntü ve kaygı, onu 1988 yılında basılan ve bilimin öyküsünü, hem uzmanlara hem de sıradan insana hitap edecek şekilde eğlenceli bir dille anlatan *The Scientific Companion*'u yazmaya yöneltti. Olağanüstü kişiliği ve geniş ilgi alanı, 1992'de yayınlanan *Planet Earth* kitabına yansımıştır. *Planet Earth* yerbilimleri için olduğu kadar matematik, fizik, kimya ve biyoloji için de muhteşem bir giriş kitabı niteliğindedir. Kitap, bilimsel düşüncenin gelişimini tarihsel süreciyle birlikte vermektedir. Önceleri coccolith olarak bilinen huxleyi taksonuna yuva olan bir cinse adı verilerek (*Emiliana huxleyi*) Cesare Emiliani onurlandırıldı.

Emiliani, çok sayıda dili akıcı bir şekilde konuşabiliyordu. Hiçbir dogmaya katlanamazdı. Dogmalara ve sabit fikirliliğe karşı amansızca savaştı.

Ayrıca, 1983 yılında İsveç Vega Madalyası, 1989 yılında A.B.D. Ulusal Bilimler Akademisi Agassiz Madalyası ile ödüllendirildi. 20 Temmuz 1995 günü beklenmeyen bir şekilde Florida'daki evinde geçirdiği kalp krizi sonucunda öldü.

Emiliani'nin dediği gibi "Sic transit gloria mundi/ Geçti işte dünyevi ihtişam".

Emiliani'den 'Yeryuvarının Yaşı ve Jeolojik Zaman Çizelgesi Üzerine'

Farklı bilim dallarından çok sayıda araştırmacının emek ve katkılarının bir ürünü olan Jeolojik Zaman Çizelgesi, büyük bir hayranlık ve saygıyı hak etmektedir. 19.yy'ın ilk yıllarına kadar bilim adamlarının pek çoğu

kutsal kitaptaki yaratılış öyküsüne sadık kalmış ve dünyanın 6 bin yıl yaşında olduğu yolundaki inançlarını sürdürmüşlerdir. 19. yy. jeoloji için de **gelişme yüzyılı** oldu. Darwin, 1859 yılında yayınladığı ünlü kitabı Türlerin Kökeninde, güneydoğu İngiltere'de bulunan Weald antiklinalinin aşınma hızını hesaplayarak, Kretase'den itibaren 300 Milyon yıldan fazla bir süre geçmiş olması gerektiği sonucuna vardı.

Kambriyen'den bu yana kumtaşı, grovak gibi hızlı çökelen sedimanların yaklaşık 150 bin metre olarak tahmin edilen toplam kalınlıklarından yola çıkarak elde edilen sonuç ise çok daha farklı olmuştur. Kuzey İtalya'daki Ravenna gibi büyük nehirlerle yakın limanlarda siltlenme oranı, ortalama çökme hızının *bin yılda 1 metre* dolayında olduğunu göstermiştir. Bu durumda, çökmenin sürekli olduğu varsayılırsa, Kambriyen başlangıcından itibaren geçen sürenin 150 Milyon yıl olması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Okyanusların, dolayısıyla da yeryuvarının yaşının tahmini için uygulanan bir diğer yaklaşım da okyanus sularının tuzluluğuna dayanan hesaplama yöntemi olmuştur. Sodyum ve klorür kararlardaki kayaçlardan yağış ve yağıştan süzülen sularla çözünerek okyanuslara akarsu ve yeraltı sularıyla taşınmakta ve burada birikmektedirler. Bu elementlerin okyanuslara taşınan miktarları, örneğin kalsiyum gibi biyolojik süreçlere katılmadıkları için korunabilmektedir. Deniz suyunun sodyum içeriği 10.8 g/l veya 10.8 kg/m³ ve okyanusların hacmi 1.356x10⁹ km³ veya 1.356 x 10¹⁸ m³ olduğuna göre okyanuslarda 1.5 x 10¹⁹ kg sodyum bulunmaktadır. Okyanuslara tatlı su akışı yılda 3x10¹⁶ kg ve nehir sularının sodyum içeriği 6.3 mg/l (dünya ortalaması) ise okyanuslara sodyum akışı 3x10¹⁶ * 6.3x10⁻⁶ = 1.9x10¹¹ kg/yıl'dır. Buradan okyanusların yaşı 1.5x10¹⁹ / 1.9x10¹¹ = 0.8x10⁸ yıl (800 Milyon yıl) olarak bulunur.

Ondokuzuncu yüzyılın ikinci yarısında Lord Kelvin kendini yeryuvarının yaşı problemini çözmeye verdi. Lord Kelvin, yeryuvarının ilkin ergimiş bir küre olduğu varsayımından yola çıktı ve bu kürenin dış yüzeyinde soğumuş ve katılaşmış bir kabuğun oluşarak, bugünkü sıcaklığına ulaşabilmesi için geçen süreyi küre için yaptığı ısı akışı hesaplamaları ile belirledi. Bu şekilde 1899 yılında yaptığı hesaplama sonucunda yeryuvarının 20 ile 40 Milyon yıl arasında bir yaşa sahip olabileceği sonucuna vardı. Yeryuvarı için bulduğu bu yaş aralığı, güneşin yaşı için hesaplanan yaşa (20 Milyon yıl) yakındı. Güneşin yaşı, o dönemlerde yaygın olan *güneşin verdiği enerjinin yerçekimsel büzülme ile ortaya çıktığı* görüşüne dayanarak hesaplanmıştı. Lord Kelvin'in yöntemi ile jeolojik yöntemlerin verdiği

Emiliani'den Jeolojik Zaman Çizelgesi

Zaman	Devir	Devre	Yaş (*G.Ö Yılı)	Ana Olaylar
SENOZOYİK	Kuvaterner	Holosen	0	
			50	'Atom çağı'nın başlangıcı: (2 aralık 1942)
			3000	Demir çağı'nın başlangıcı:
			10 000	
			12 000	Buzların yaygın bir şekilde çözülmesi
			20 000	Son buz çağı'nın en şiddetli dönemi
			125 000	Son buzları döneminin en yüksek sıcaklık dönemi: Homo sapiens sapiens ve Homo sapiens neanderthalensis'in ortaya çıkışı
			250 000	Homo erectus'un ortadan kayboluşu; Homo sapiens 'praesapiens'in ortaya çıkışı
			1.5 Milyon	Paranthropus'un ortadan kayboluşu; Homo erectus'un ortaya çıkışı
			1.64 Milyon	Hyaline balıca'nın ortaya çıkışı
	Neojen	Pliyosen	3.0 Milyon	Australopithecus africanus'un ortaya çıkışı
			3.2 Milyon	Orta Amerika istikamini kapanması; Yaygın kuzey buzlaşmasının başlangıcı
			3.8 Milyon	Australopithecus africanus'un ortaya çıkışı
			5.2 Milyon	Cebelârik geçirdiğin açılması
			6.2 Milyon	Akdeniz'in göl haline gelmesi; tabanın da evaportü (halit, jips) çıkması
Paleojen	Miyosen	14.0 Milyon	Antarktik yaygısının okyanusta uluşması; Ramapithecus	
		23.3 Milyon	Alp Dağoluşumunun en yoğun dönemi	
	Oligosen	30.0 Milyon	Aegyptopithecus	
	35.4 Milyon	Antarktik buzlu yaygısının arzi genişlemesi; Avustralya'nın Antarktika'dan ayrılması; artiodactyl, perissodactyl ve maymunların ortaya çıkışı		
	56.5 Milyon	Glöborotakidlerin ortaya çıkışı; placentali memelilerin yayılması; ilk primatlar, çiçekli bitkilerin yayılması		
MESOZOYİK	Kretase		65.0 Milyon	Dev sterooid çarpması: cycadeoidlerin, globotruncanidlerin, ammonitlerin, belemnitlerin, ichtyosaurların, plesiosaurların, dinosaurların yokoluşu İlk angiospermier (kapalı tohumlular) ve marsupiallar; Güney Atlantik'in açılması
		Jura	145.6 Milyon	Kuzay Atlantik'in açılması; ilk coccolith ve planktonik Foraminiferalar; ilk kuşlar
	Triyas	208.0 Milyon	Dinosaurların, kertenkelelerin, kaplumbağaların ortaya çıkışı; ilk memeliler	
PALEOZOYİK	Permian		246.0 Milyon	Appalaş-Alleghani-Herşinyan-Viriskan Dağoluşumu; Güney yarımkürde buzlaşma; tetracaranların, cyslodlerin, placodermilerin yokoluşu
		Karbonifer	290.0 Milyon	Yaygın kömür oluşumu; cyclothemler; ilk sürüngenler, kanalı böcekler
	Devoniyen	362.5 Milyon	İlk köpek balıkları; ilk çit yaşımlar	
	Silüriyen	408.5 Milyon	Tektonik-Kaledoniyen Dağoluşumu	
	Ordovisyan	439.0 Milyon	İlk kemikli balıklar; ilk ağaçlar	
	Kambriyen	510.0 Milyon	İlk mercanlar; ilk omurgalılar (çenesiz balıklar)	
PROTEROZOYİK			540.0 Milyon	Trilobitler, brachiopodlar, echinodermier ve kabuklu yumuşakçaların ortaya çıkışı Archaeocyathaların ortaya çıkışı
			500.0 Milyon	Metazoanın ortaya çıkışı
			1.7 Milyar	Atmosferde O ₂ 'nin artışı; Eucaryotanın ortaya çıkışı
ARKEAN			2.7 Milyar	En yaşlı stromatolitler
HADEAN			3.5 Milyar	İlk bakteriler (heterotroph)
			4.0 Milyar	En yaşlı karasal kayalar
			4.6 Milyar	En yaşlı meteorit ve ay taşı
			4.7 Milyar	Güneş sisteminin oluşumu
GAMOWİYAN			4.7 Milyar	Güneş sisteminde çekirdek oluşumu
				Yıldızların, kuvsularların ve galaksilerin oluşumu ve evrimi; günümüzde kadar süren ağır elementlerin göreceli bolluklarında genel artış
			16.5 Milyar	300 000-800 000 yıl: elektronlar çekirdekler tarafından kapıldı; H ve He atomlarının ve H ₂ moleküllerinin oluşumu; evren saydamlaşıyor
			3.8 dakika: H, ³ He ve ⁴ He çekirdeklerinin kararlı hale gelmesi; göreceli bolluklar kütlece % 74 H; % 26 He veya atom sayısınca % 92 H, % 8 He	
			10 saniye: Elektronların kararlı hale gelmesi	
			10 ⁻¹⁰ saniye: Proton ve nötronların kararlı hale gelmesi	
			10 ⁻¹⁰ saniye: Kuvarik-antikuvaridların yokoluşu	
			10 ⁻¹⁰ saniye: Kuvaridlerin kararlı hale gelmesi	
			10 ⁻¹⁰ saniye: Elektromanyetik kuvvetlerle zayıf kuvvetlerin ayrılması	
			10 ⁻¹⁰ saniye: Şişme	
		10 ⁻¹⁰ saniye: Güçlü kuvvet ile elektro-zayıf kuvvetin ayrılması		
PLANCKİYAN			16.5 Milyar	10 ⁻¹⁰ saniye: Kütle çekiminin ayrılması
			16.5 Milyar	0.5.360x10 ⁻¹⁰ saniye: Uzay, zaman, enerji ve süpergüçün ortaya çıkışı

*G.Ö.:Günümüzden Önce
Bu Çizelge Emiliani tarafından 1992 yılında hazırlanmıştır.

sonuçlar arasındaki bu büyük uyumsuzluk halen açıklanamamış değildir.

Radyoaktivitenin keşfi, jeolojik oluşukların yaşlarının ölçülebilmesini sağlayan yöntemlerin geliştirilebilmesini sağladı. Bu keşifle, yeryuvarının yaşının genel ve belirsizlik içeren varsayımlara dayanmadan hesaplanabilmesi olanaklı olmuştur. Bu keşiften sonra yapılan hesaplamalarda dünyanın yaşı, 1956 yılında hesaplanan ve artık değişmeyen sonuca ulaşana dek her seferinde biraz daha büyük bulunmuştur. Birinci Dünya Savaşı'ndan önce bulunan yaş 2 Milyar yıl iken 1930'larda yeryuvarının yaşı 3.5 Milyar yıl olarak hesaplandı. Sonunda, Chicago Üniversitesi'nde 1956 yılında Clair Patterson tarafından hesaplanan 4.6 Milyar yıl değişmeyen yaş oldu.

Görüldüğü gibi, daha önce yapılan hesaplamaların tümü bundan çok uzak ve hep daha küçük yaşlar vermiştir. Okyanus suyu tuzluluğuna dayanan yöntemle bulunan yaşın çok küçük olması, karalarda ve bugün artık bildiğimiz gibi Akdeniz'in tabanında gömülü olan kalın tuz yatakları varlığının dikkate alınmamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, yine bugün bildiğimiz gibi, dalma-batma zonlarında deniz suyu kaybolmakta ve büyük bir çevrime katılmaktadır. Dolayısıyla, belirli bir zaman aralığında büyük miktarlarda sodyum ve klorür bu şekilde mantoda tutulmuş olmaktadır. Büyük bir olasılıkla, dalma-batma zonlarında kaybolan miktar ile volkanik çıkışlarla geri kazanılan miktar arasında kararlı bir dengeye Kambriyen'den çok daha önce varılmış olsa gerek. Böylece, Kambriyen'den sonraki dönemlerde okyanus suyunun tuzluluğu aşağı yukarı sabit kalmıştır.

Clair Patterson'un yeryuvarının yaşı olarak hesapladığı 4.6 Milyar yıl değişmedi; ama, değişen evrenin yaşı ile ilgili tahminler oldu. **Büyük Patlama (Big Bang)** kuramı 1948 yılında George Gamow tarafından ileri sürüldü. Kuram, doğrulanmak için 1964 yılını bekledi. Arno Penzias ve Robert Wilson, 1964 yılında mikrodalgaya arkaplan ışınmasını keşfetti. Bilimciler, evrenin bir başlangıcı olduğuna aslında bu keşiften sonra inanmaya başladı. Hubble Değişmezi değerindeki belirsizliklerden dolayı evrenin yaşı ancak 10 Milyar ile 20 Milyar yıl gibi geniş bir aralıkta hesaplanabilmektedir. Hubble Değişmezinin olasılı değerinin 18 km/s/10 Milyon ışık yılı olduğu varsayılırsa, evrenin 16.5 Milyar yıl

yaşında olduğu bulunur. Bu rakamdaki ondalık sayının aslında pek bir anlamı yok, çünkü, hesaplama yönteminin hata aralığı artı-eksi birkaç milyar yıldır. Yeryuvarının kökeni ve evrimine ilişkin zaman ölçeği bundan çok daha belirli ve sağlam verilere dayanmaktadır. Jeolojik Zaman Çizelgesinde verilen yaşlardaki hata payı % 1-2'yi geçmemektedir.

Başlangıçtan ($t=0$), $t=5.390 \times 10^{44}$ saniyeye kadar geçen kozmolojik t zamanı *Planck Zamanı*'dir. Bu zaman aralığı, Planck uzunluğu $(Gh/2\pi c^3)^{1/2}$ 'nin ışık hızına bölümü kadardır. Dolayısıyla Planck Zamanı $(Gh/2\pi c^5)^{1/2}$ 'e eşittir⁽¹⁾. Planck Zamanı, uzayın, zamanın ve enerjinin varlık kazandığı zaman aralığıdır. Hakkında hiç bir şey bilmediğimiz yaratılış anıdır. Bunun aksine, *Gamow Zamanı*, Planck Zamanının bitiminden güneş sisteminin oluştuğu ana kadar geçen en uzun zamanı tanımlar. Gamow Zamanı sırasında, ilksel ışımadan soğuma ve yoğunlaşmayla madde oluştu; yıldızlar oluştu ve kümelenen yıldızlar galaksileri oluşturdu. Bu şekilde yüz kuşaktan fazla yıldız doğdu ve yitti. Bu arada, yıldızlar arası madde ağır elementlerce sürekli olarak zenginleşti.

Emiliani'nin Holosen Takvimi

Cesare Emiliani, başlangıcı (sıfır yılı) jeolojik Holosen Devresine karşılık gelen bir takvim önerisinde bulunmuştur. Bu önerisine ilişkin makalesi *Nature*'da 1995 yılında yayınlanmıştır. Kimileyin *Beşeri Zaman* olarak da adlandırılan Holosen yaklaşık 12 bin yıl önce sona eren son buzul çağının bitimi ile başlar.

Halen kullanmakta olduğumuz ve Hristiyan inancı açısından önemini anlayabileceğimiz Gregoryen Takvimi 1582 yılında Papa XIII Gregor tarafından düzenlenmişti. Bu takvimde başlangıç, Hz. İsa'nın doğumu olarak kabul edilmiş, bu nedenle, insan uygarlığının gelişimi İsa öncesi (İ.Ö.) ve İsa sonrası (İ.S.) dönemlere ayrılmıştır. Bu ayrımın sınırı (İÖ/İS), özellikle tarihçiler, arkeologlar ve bu sınırın her iki tarafını kapsayan tarihlerle ilgilenen herkes için sıkıntılara neden olmaktadır. Ayrıca, Gregoryen takviminde 'sıfır' yılının bulunmaması da ayrı bir sorun oluşturuyordu. Örneğin, Papa II. John Paul'un ikinci binyıl (mileniyum) sonu-üçüncü binyıl başlangıcını tanımlarken bu nedenle hataya düştüğünü *Nature*'daki makalesinde göstermiştir.

⁽¹⁾ Eşltilikte geçen simgeler ve değerleri

G: Kütle Çekim Değişmezi = $6.6720 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

h: Planck Değişmezi = $6.6720 \times 10^{34} \text{ J/Hz}$

c: Işık Hızı = 299 792 458 m/s

π = Pi Sayısı = 3.141592654

Emiliani'den Holesen Takvimi

HOLOSEN	GREGORYEN	HOLOSEN	GREGORYEN
12001 HD Yeni bin yılın (yeni milenyumun) ilk yılı	I.S. 2001	8400 HD Çin'de Shang Süalesi	
12000 HD İkinci bin yılın (Önceki milenyumun) son yılı	I.S. 2000	8372 HD Ege'de Thera volkanının püskürmesi	
11953 HD Watson ve Crick DNA'nın yapısını açıkladılar		8251 HD Hammurabi Babil İmparatorluğunu kurdu	
11860 HD Gustov Mahler'in doğumu		8000 HD Yunanistan-Minos saray kültürü	
11859 HD Darwin Türlerin Kökeni'ni yayınladı		Çin - Xia, ilk devlet	
11804 HD Alexander Hamilton Aaron Burr tarafından düelloda öldürüldü		Güneydoğu Asya - metal işçiliği	
11649 HD İngiltere'de Charles I başa geldi		Pecos Irmağındaki kaya üzerine resim	I.Ö. 2000
11627 HD Günümüz Siğirini atasının son bireyi avcılar tarafından yok edildi.		7650 HD Sargon I Sümeri fethetti	
11582 HD Papa Gregory XIII halen kullanmakta olduğumuz takvimi uygulamaya koydu		7500 HD Mezopotamiya - Akad İmparatorluğu-ulus devlet	
11492 HD Taino yerlileri Columbus'u kıyılarında gördüler		7000 HD Sümerler - uygarlık kurdu	
11456 HD Gutenberg Yayınları reklamların doğuşunu müjdeledi		Akdeniz- küçük şehirlerin kurulması	I.Ö.3000
11215 HD İngiltere kralı John I Magna Carta'yı imzaladı		6900 HD Mısır - Birleşme ve Menes hakimiyetinde Birinci Süale	
11066 HD William I, İngiltere'yi Norman yönetimine aldı		Güney İsrail'de Mısır kolonisi	
11000 HD Norse kaşifleri Kuzey Amerika'ya ulaştı	I.S. 1000	6700 HD Avusturya Alpleri - 'Buz adamı'nın ölümü ve mumyalanması	
10622 HD Muhammed'in Medine'ye hicreti- Hicri takvimin ilk yılı		6600 HD Mezopotamiya - İlk yazı	
10476 HD Batı Roma İmparatorluğunun düşüşü		Mısır - kültürel gelişme	
10455 HD Vandallar Romayı soydular		6500 HD Mezopotamiya - Uruk ve Jemdet Nasr	
10410 HD Visigothlar Romayı soydular		6400 HD Amerika kıtaları - mısırın evcilleştirilmesi	
10330 HD Doğu ve Batı Roma İmparatorluklarının resmen ayrılışı		6000 HD Deniz seviyesinin bugünkü seviyeye ulaşması	
10250 HD Maya uygarlığının doğuşu (10900'da en ihtişamlı dönemleri)		Cüce mamutların yokoluşu	
10079 HD Vezüv'ün Pompeii'yi yıkan püskürmesi		Hindistan - tarım	
10070 HD Romalıların Kudüs'ü yıkmaları		Avrupa - bakır, çiftçilik	I.Ö. 3000
10001 HD Gregoryen takviminin başlama yılı	I.S. 1	5997 HD Ussher'e göre Tanrının evreni yarattığı tarih	I.Ö. 4004
9993 HD Nasıralı İsa'nın muhtemel doğumu	I.Ö. 8	5400 HD Kuzey Amerika - Mazama'nın püskürmesi	
9967 HD Julius Caesar katledildi		5000 HD Sümer - Ubiad I kültürü	
9955 HD Sosigenes Juliyen takvimini düzenledi		Çin - Laquer ware, rice 5000 BC	
9669 HD Büyük İskender'in Filistin'i fethi		4000 HD Kuzey Amerika - Idaho'da Bitterroot kültürü	
9645 HD Makedonyalı İskender'in doğumu		Avrupa - Maglemose kültürleri (mezolitik)	
9614 HD Platon akademisini kurdu		Kore - Chulmun avcı-toplayıcıları	I.Ö. 6000
9600 HD Guatama Buddha'nın yaşadığı dönem		3000 HD Indus Vadisi - İlk Mehrgarh Dönemi, buğday, arpa, koyun ve keçilerin ıslahı	
9450 HD Konfüçyüs'ün doğumu		2000 HD Güney Amerika - kabağın evcilleştirilmesi	I.Ö. 8000
9248 HD Roma'nın kurulması	I.Ö. 1000	1000 HD Abu Hureyra - çiftçiliği başlattı	I.Ö. 9000
8850 HD Orta Amerika'da Olmec uygarlığı		800 HD Brezilya- Amazon mağarası-resimlemeler yapılar	
8450 HD Minos uygarlığının yükselişi		500 HD Japonya - En erken Jomon çömlekçiliği	
8420 HD Mısırlıların Jerico'yu yıkışı		0 HD Holesen devresinin kabul edilebilir en erken dönemi	
		Afganistan-Hindu Kush, koyun ve keçinin evcilleştirilmesi	I.Ö. 10000

Uygarlık gelişimini iki döneme ayıran Gregoryen takvimi bu ayrımla kalmamış, yapılan bölümlenmeyle, uygarlığın sanki, İsa'dan önceki dönemde gelişimini 2 bin yıl öncesine kadar *geriye doğru* 10 bin yıl sürdürdüğü; sonra İsa'nın doğumuyla aniden yön değiştirerek son 2 bin yıldır *ileriye doğru* geliştiği izlenimi vermektedir. Oysa, iyi bir takvimin, en az son 12 bin yıllık *sürekli değişim*'i ifade eden uygarlığın da hep 'ileriye doğru' geliştiğini göstermesi ve İ.Ö./İ.S. sınırında olduğu gibi bir zaman boşluğu (hiyatüs) kapsamaması gerekir.

Aslında, genel olarak bilinen, Holesen'in 12 bin yıl önce değil, 10 bin yıl önce başladığıdır. Kimilerine göre de dünya hala Pleyistosen dönemi içindedir. Ne olursa olsun, günümüzden 12 bin yıl öncesini başlama (sıfır) noktası olarak kabul etmek en uygun yol gibi görünmektedir. Çünkü, bu şekilde hem uygarlık gelişimindeki en önemli olaylar ve dönemeçleri kapsamış olur hem de çok basit bir şekilde, istediğimiz tarihi bu yeni takvime göre yeniden

düzenleme olanağı buluruz.

İ.S. tarihleri, HD (Holesen Devresi/HE Holocene Epoch) tarihlerine sadece 10 bin yıl eklenerek çevrilebilmektedir. İ.Ö. tarihleri ise İ.Ö. tarihinden onbinbir çıkarılarak HD tarihine çevrilebilir. Buradaki fazladan 1 yıl, Papa Gregor'un *sıfır* yılını takviminde dikkate almamasından kaynaklanmaktadır.

İki örnek vermek gerekirse:

$$\text{İ.S. } 1066 = 10\ 000 + 1066 = 11066 \text{ HD}$$

$$\text{İ.Ö. } 44 = 10\ 001 - 44 = 9957 \text{ HD}$$

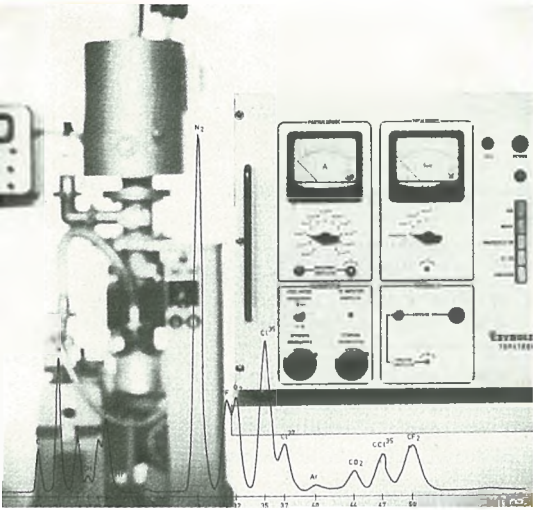
Katkı Belirtme

Çok kısa bir sürede hazırlanan bu nedenle eksik ve yanlış arınma olanağı bulamayan metni düzelten dergi inceleme kuruluna ve özellikle Sayın Dursun Bayrak'a (MTA) sonsuz teşekkürler.

Kaynak

Emiliani, C., 1992. Planet Earth: Cosmology, Geology, and the Evolution of Life and Environment, Cambridge Univ.

Jeokronoloji ve Mutlak Yaş Tayini



İnsanlığın geçmişini arama konusundaki azmi, onu kendi gezegeni üzerinde 4.5 milyar yıl geriye götürdü. Tüm evrende ne kadar geriye gidebileceği ise hala bir sır....

Okan Zimitoğlu
MTA Genel Müdürlüğü
okan@mta.gov.tr

Radyoaktivitenin geçtiğimiz yüzyıl sonlarına doğru keşfedilmesi, kayaların ve minerallerin yaşının teorik esasta belirlenebilmesine olanak sağlamış ve jeokronoloji gibi bir çalışma disiplininin doğuşuna neden olmuştur. Yerbilimlerinin bu disiplininde son 50 yıl içinde yaşanan gelişmeler, dünya tarihini anlama ve güneş sistemi içindeki yerimizi belirleme tarzımızı da değiştirmiştir. Bugün bu gelişmeler sayesinde, özellikle meteoritlerin, ay taşlarının ve gezegenimizin yaşını belirleyebilme yeteneğine sahibiz.

İnsanoğlu en azından 2000 yıldır dünyanın yaşını tahmin etmeye uğraşmaktadır. Radyoaktivitenin keşfi ve Dünya'nın teolojik esaslara göre yapılan tahminlerden çok daha yaşlı olduğunun ispatlanması, jeoloji biliminde büyük bir devrim olarak kabul edilir. Bu keşif aynı zamanda kayaların yaşını hassas bir şekilde belirleyebilme yeteneğimizin de başlangıcı olmuştur. 1950'lerden sonra radyoaktif yarılanma konusundaki bilgi birikimlerine paralel olarak, elementlerin izotopik bileşimlerinin ölçülebilmesi için gerekli ekipmanların geliştirilmesi, Dünya'nın yaşının hesaplanabilmesine olanak sağladığı gibi, modern jeokronolojinin doğuşunu da sağlamıştır.

Teknolojik Tarihçe

Geçtiğimiz 50 yıl içinde, zamanın yeryüzünde ve dünya dışı materyallerdeki dağılımını anlamamızı sağlayan radyojenik izotopların incelenmesinde büyük gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmelerin pek çoğu, tabiatıyla teknolojiktir ve çok daha düşük değerlerdeki izotopik bulunurlukların tesbit edilmesinde ve daha hassas tarihlendirmelerin yapılabilmesinde faydalı olmuşlardır.

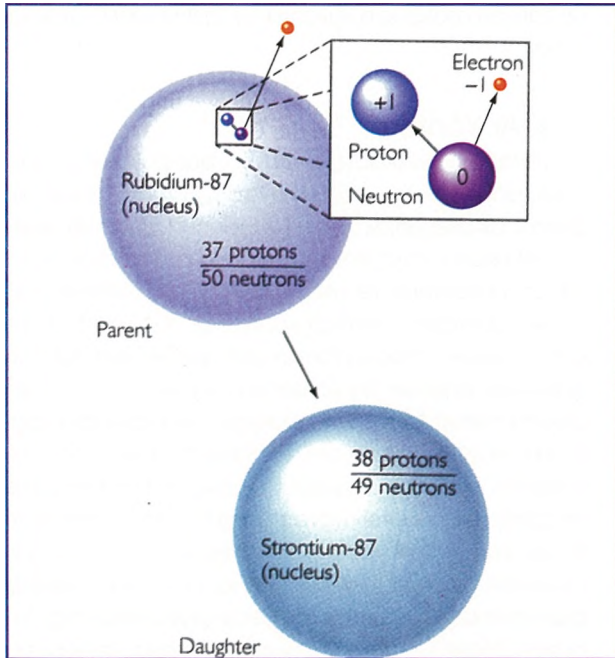
Bu anlamda ilk büyük gelişme, bundan yaklaşık 60 yıl önce A.O. Nier'in çoğu modern kütle spektrometresi cihazının prototipinin tasarımını ve yapısal unsurlarını bilim alemine tanıtmasıyla yaşanmıştır. Bunu takip eden gelişme ise ilk bilgisayar kontrollü cihazların yapılması olmuştur. Bilgisayar kontrollü sistemlerin geliştirilmesine katkı hal elektroniği ve vakum teknolojisindeki gelişmeler de eklenince, kütle spektrometre cihazları dünya çapındaki yerbilimleri laboratuvarlarında gittikçe yaygınlaşan ve seri üretimi yapılan ticari birer araç olarak yer almaya başladılar.

İki tip kütle spektrometre geliştirilmiştir. Bunlar katı kaynaklı ve gaz kaynaklı kütle spektrometreleridir. Katı kaynaklı cihazlar (TIMS=Thermal Ionization Mass Spectrometer) katı şeklinde işlenebilen kimyasal olarak saflaştırılmış ana element veya ondan türeyen elementlerin (U, Pb, Sm, Nd, Rb, Sr) termal yolla iyonize edilmesinde kullanılırlar. Gaz kaynaklı cihazlar ise ana elementlerin veya ondan türeyen elementlerin sadece gaz halde bulunmaları (örneğin, Ar) durumunda kullanılırlar. Başlangıçta büyük miktarlarda kayaç ve mineral örneklerinin analiz edilmesini gerektiren kimyasal ayırtlama teknikleri ve cihazlardaki gelişmeler devam ettikçe, çok daha küçük miktarlarda (miligram) örneklerin analiz edilmeleri mümkün olmuştur.

Jeokronolojik uygulamalarda son derece kullanışlı olan ve yüksek hassasiyetli izotopik ölçümlerin yapılabilmesine olanak tanıyan iyon mikroprob analiz teknikleri, 1970'lerin sonlarına doğru Avustralyalı iki bilim adamı (Stewen Clement, William Compston) tarafından geliştirilmiştir. Geliştirdikleri cihaz SHRIMP (Sensitive High Mass Resolution Ion Microprobe) olarak adlandırıldı. SHRIMP özellikle zirkon gibi minerallerdeki U ve Pb izotoplarını analiz etmek üzere kullanılmıştı. İyon mikroprob analiz cihazları kullanıcılarına birkaç nanogramlık örnekleri temsil eden, yaklaşık 25 mikron kadar küçük minerallerdeki izotopik değişimlerin yerinde analizine (kimyasal ayırtlama olmaksızın) olanak sağlamıştır.

Jeokronolojik Yaşlandırma Teknikleri

Kayaçların ve sedimanların nicel ve nitel yaşlarının belirlenmesinde kullanılan jeokronolojik araçlar ve yöntemler oldukça kapsamlıdır. Bu teknikler jeolojik materyallerin milyar yıl öncesinden tarihsel dönemlere kadar



Rubidyum-87 izotopundaki bir nötron ardında ek bir proton bırakarak bir elektron fırlattığında stronsiyum-87 oluşur.

yaşlandırılmalarında kullanılırlar. Jeokronolojik yaşlandırma teknikleri sadece kayaların ve minerallerin mutlak yaş tayinlerinin yapılmasında değil, canlıların evrim safhalarının tarihlendirilebilmesinde ve yakın tarihimizdeki iklimsel değişimlerin ve insanlığı büyük ölçüde etkilemiş doğal felaketlerin kayıtlarının tutulabilmesinde de kullanılırlar.

U-Th-Pb Yöntemi

Yüzyilin bitimine doğru uranyum ve toryumun radyoaktifitesinin keşfi, bu olayın uranyum içeren minerallerin tarihlendirilebilmesine yardımcı olmuştur. Uranyum ve toryumun çöküş ürünü olarak helyum ve kurşunun yığılmasına bağlı birkaç metod geliştirilmiştir:

- Pb-U, Th metodu
- Pb-alfa metodu
- U-He metodu
- U, Th-Pb izotopik metodu
- Adi Pb metodu

Bununla birlikte, bu metodların ilk üçü bunların esas alındıkları varsayımlar büyük ölçüde geçersiz kabul edildiği için nadiren kullanılırlar. Uranyum ve toryumun kurşuna çöküşü zirkon, monazit, sfen, apatit ve bu iki elementi içeren diğer bazı minerallerin yaşlarının belirlenmesinde işe yarar.

Uranyum serisi yaşlandırma metodu özellikle Kuvaterner yaşlı sedimanter karbonat, sills ve fosil kalıntılar için en güvenilir olanıdır. Kuvaterner dönemi yaşlandırması yakın geçmişteki iklimsel ve jeolojik değişimlere ait kayıtların tutulmasına da olanak sağlar. Zirkon, baddeleyit ve monazit gibi yüksek uranyum içerikli minerallerin U-Pb jeokronolojisi, bileşimi fark etmeksizin bütün magmatik kayaçların Arkeen (3.8 milyar yıl) ile Tersiyer (65 milyon yıl) zaman aralığında, yerleşim yaşının belirlenmesinde kullanılır. Bununla birlikte zirkon, sfen ve monazit gibi metamorfik minerallerin U-Pb yaşları ise meteor çarpması gibi termal olayların ve metamorfik sahaların termokronolojik geçmişlerinin incelenmesinde kullanılırlar.

Rb-Sr Yöntemi

Periyodik cetvelde IA Grubuna (lityum, sodyum, potasyum, rubidyum, sezyum, fransiyum) ait bir alkali metal olan rubidyum, iyonik yarıçapı (1.48 Å) potasyuma (1.33 Å) yakın olan bir elementtir. Bu nedenle tüm K içeren minerallerde (muskovit, biyotit, flogopit, lepidolit, ortoklaz, mikroklin, kil mineralleri, silvit ve karnallit gibi evaporitik mineraller) potasyumun yerini alabilir. Doğada ⁸⁵Rb ve ⁸⁷Rb izotopları şeklinde bulunur.

Stronsiyum elementi Grup IIA olarak bilinen alkali toprak elementlerin (berilyum, magnezyum, kalsiyum, stronsiyum, baryum, radyum) bir üyesidir. İyonik yarıçapı (1.13 Å) kalsiyuma (0.99 Å) yakın olduğu için kalsiyum içeren minerallerde (plajiyoklaz, apatit, kalsit, aragonit) onun yerini alabilir. Doğada ⁸⁸Sr, ⁸⁷Sr, ⁸⁶Sr, ⁸⁴Sr izotopları şeklinde bulunur.

Rb-Sr jeokronolojisi, belirli minerallerin yerleşim ve soğuma yaşlarının belirlenmesinde yardımcı bir metod olarak U-Pb veya ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşları ile birlikte kullanılır. Yaş aralığı Arkeen (3.8 milyar yıl) ile Tersiyer (65 milyon yıl) olup, yüksek dereceli metamorfik sahalarda sınırlı kullanıma sahiptir. Sr izotop jeokronolojisi denizde çökelmiş saf karbonatların ve fosil mercanların yaşlandırılmasında kullanılan bir yöntemdir ve yaşlandırma aralığı Kuvaterner (2 milyon yıl) ile Tersiyer (65 milyon yıl) arasındadır.

Sm-Nd Yöntemi

Sm-Nd yaşlandırma metodu magmatik kayaların kristalizasyon ve yerleşim yaşlarının bulunmasında işe yarar. Tarihlendirme aralığı bazı istisnai durumlarda Prekambriyen'e (570 milyon yıl) kadar uzanır. Normalde yardımcı bir metod olarak veya U-Pb tekniklerinin uygulanması için uygun minerallerin olmadığı durumlarda, mafik kayaların yaşlandırılması için kullanılır.

Lu-Hf Yöntemi

Lu-Hf jeokronolojisi mantonun evrimi, tüketilmesi ve heterojenitesi için kullanılan bir tekniktir. 35.4 milyar yıllık yarılanma ömrü ile günümüzde kullanılan çoğu USGS (United States Geological Survey) jeokronoloji metodlarında sınırlı kullanıma sahip bir sistemdir.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Yöntemi

Jeolojik meteryallerin termal geçmişlerini ortaya koymak için kullanılan bir izotopik tarihlendirme tekniğidir. Dünya tarihi boyunca herhangi bir döneme ait kayaç örneklerinin yaşı, bu yöntem sayesinde doğru ve hassas bir şekilde belirlenebilir ancak örnek günümüzden en az 10 bin yıl öncesine ait olmalıdır. Bu teknik özellikle, bir örnek içindeki değişik minerallere uygulandığında ve diğer jeokronolojik tekniklerle birlikte kullanıldığında, oluşumun sadece yaşını değil, ayrıca

oluşum sonrası termal ve alterasyon (yaklaşık 100-550°C arası sıcaklıklarda) özelliklerini de öğrenmemizi sağlar. Bu teknik; hornblend, muskovit, biyotit, sanidin, anortoklaz, mikroklin, plajiyoklaz, adulariya, ortoklaz ve K-evaporitler gibi mineraller ile sleytler, su içermeyen volkanik camlar, ve bazaltlar gibi kayalara uygulanır.

^{210}Pb Yöntemi

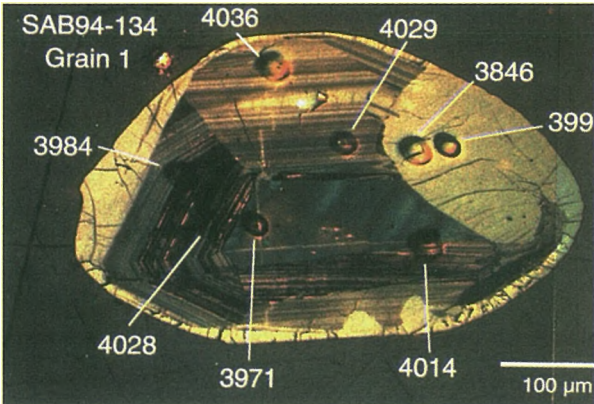
^{238}U çöküş zincirinin bir halkası olan Radyum-226, ^{222}Rn izotopunu meydana getirir. Bu izotop da atmosfere kaçarak, 3.8 günlük bir yarılanma ömründen sonra çöker ve daha uzun ömürlü olan ve birkaç gün içinde yeryüzüne geri düşecek olan ^{210}Pb radyoizotopunu oluşturur. ^{210}Pb izotopunun 22.3 yıllık yarılanma ömrü, yaklaşık 150-200 yıllık bir zaman aralığı için kullanışlı bir jeokronolojik araç sağlar. Bu sayede yağın karların, güncel tatlısu ve denizel sedimantasyonun ve yakın geçmişteki çevresel kirlenme olaylarının tarihlendirilmesi yapılabilmektedir.

^{14}C Yöntemi

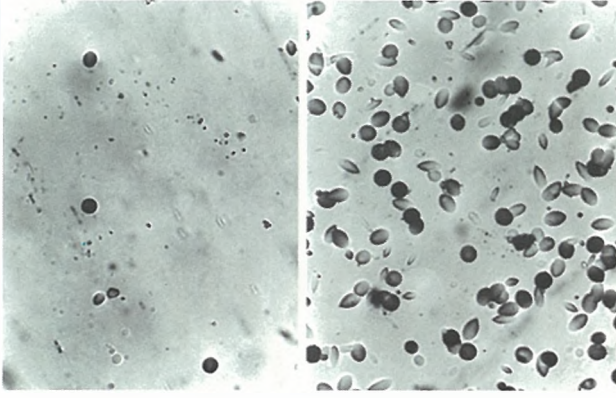
Kozmik ışınların oluşturduğu termal nötronların atmosferin üst seviyelerinde nitrojen çekirdeğine çarpması ile meydana gelen reaksiyonlar sonucunda karbon-14 izotopları oluşur. Bu izotopun hızlıca okside olarak karbondioksit dönüşmesi ve 2-3 yıl içinde meydana gelen küresel homojenizasyon, $^{14}\text{CO}_2$ izotopunun yeryüzündeki karbon döngüsüne katılmasını ve daha sonradan fotosentezle alıkonmasını veya karbonat minerali şeklinde çökmesini sağlar. ^{14}C izotopu yaklaşık 5700 yıllık bir yarılanma ömrüne sahiptir. Bu özelliği ile günümüzden 80-100.000 yıl öncesini kapsayan bir zaman aralığı için kullanışlı bir tarihlendirme tekniği sunar.

K-Ar Yöntemi

Potasyum yer kabuğunda en bol bulunan 8 elementten biridir ve çoğu kayaç oluşturan mineralin önemli bir bileşenidir. K-Ar metodunun teorik temelleri 1950'lerde ortaya konmuştur ve o zamandan beri K içeren kayaçların ve minerallerin yaşının belirlenmesinde kullanılan önemli bir yöntemdir. K-Ar yönteminin esası, doğal ^{40}K izotoplarının duraylı ^{40}Ar izotoplarına çöküşüne dayanır. Bu yöntemin uygulanabileceği en elverişli mineraller biyotit, muskovit, hornblend (magmatik ve yüksek dereceli metamorfik kayaçlar), feldispatlar (volkanik kayaçlar), glokonit (metamorfize olmamış sedimanter kayaçlar) şeklinde sıralanabilir. Genç volkanik kayaçlardan türeyen K-Ar yaşları yer manyetik alanının terslenmeleri için bir zaman ölçeği oluşturulmasına yararlar. Böylece plaka tektoniği teorisinin formulasyonuna yol açan kıtasal uzaklaşma olayına açıklık getirilebilmiştir.



Kuzeybatı Kanada'nın 4.03 milyar yıllık gnayslarından ayırtlanmış bir zirkon mineraline ait parlatılmış incekesit fotoğrafı. Rakamlar milyon yıl cinsinden elde edilen $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ yaşlarını gösterirler (Geotimes, Növenber. 1998, sf. 37).



Kendiliğinden olan (solda) ve sonradan olan (sağda) fizyon izleri

Fizyon İzi Yöntemi

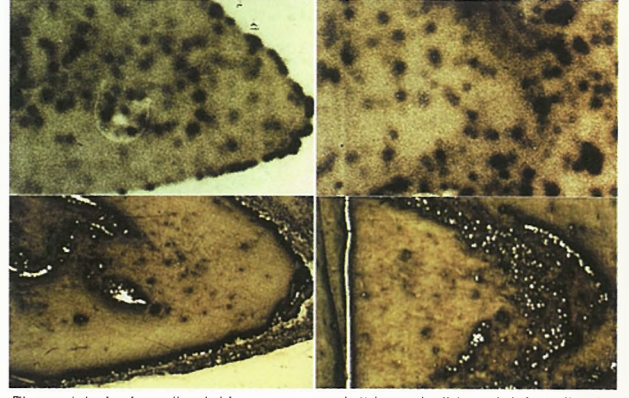
Bu yöntem ^{238}U izotopunun kendiliğinden ayrışması yüzünden meydana gelen radyasyon hasarlarını (izlerini) esas alır. Fizyon izi yöntemi, bir örneğin veya bölgenin termal geçmişinin belirlenmesinde oldukça kullanışlıdır. Fizyon izleri küçük miktarlarda uranyum içeren apatit, sfen, zirkon gibi minerallerde korunurlar. Parlatılmış bir mineral yüzeyindeki izlerin sayısı ve mineralin uranyum içeriği belirlendiğinde, mineral bünyesinde korunmuş olan izlerin ne kadar sürede oluştuğunu hesaplamak mümkündür. Fizyon izi içeren bir mineral yeryüzüne yakın seviyelerde ve katı halde korunabilmişse, bu izler birbiri üzerine yığılacaktır. Ancak bu tip mineralleri içeren kayalar ısındıkça, minerallerdeki bu izler ortadan kaybolacaktır. Bununla birlikte, bu metod fizyon izlerinin sıcaklıktan bağımsız olarak korunabilmesi ve farklı minerallerin fizyon izlerini farklı sıcaklıklarda kaybetmeleri nedeniyle yaşlı kayaların termal geçmişleri hakkında da faydalı bilgiler sağlar. Kayaların volkanik faaliyetlerde veya sığ soku-lumlarda olduğu gibi hızlı soğudukları durumlarda, fizyon izi yaşları bu ilk soğuma olayına ait yaşları verir. Eğer mineral derinlerde oluşmuşsa veya daha sonradan bir şekilde derinlere gömülmüşse, fizyon izi yaşları daha sonraki ısınma ve soğuma yaşını yansıtabilir.

Fizyon izi analizleri yerbilimlerinin volkanoloji, maden yatakları, stratigrafi, basen analizi, tektonik ve meteor çarpımları gibi pek çok alanına başarıyla uygulanabilmektedir.

Tefrakronoloji

Yeryüzünde Kuvaterner ve Neojen yaşlı tefra seviyeleri (volkan külü yatakları ve tüfler) yaygındır. Bu seviyeler, jeolojik olayların tarihlendirilmesi veya volkanik püskürmeler ve püskürüm frekansları, volkanik provenans, fay yerdeğiştirmeleri ve deprem tekrarlanma aralıklarını kapsayan jeolojik süreçlerin oluş hızları ile çökelim olaylarına ait yaşlar ve diğer yüzey ve yüzeyaltı olayların ve süreçlerin tarihlendirilebilmelerine ve stratigrafik korelasyonların yapılabilmesine olanak sağlarlar.

Tefra seviyeleri yaş kontrolü gerektiren kritik lokasyonlardan örneklenirler. Daha sonra tefraya ait bileşenlerin fiziksel karakteristikleri (mineraloji, cam kıymığı morfolojisi



Fizyon izleri minerallerdeki uranyumun dağılımını belirlemek için kullanılırlar. Üstteki fotoğraflar bir kaprolit örneğinin fizyon izi haritasıdır ve uranyumun mineral içinde belirli bölgelerde siyah noktacıklar şeklinde zenginleştiği gözlenir. Altta fotoğraflar ise aynı mineralin yansıyan ışıkta çekilmiş fotoğrafidir. Bu fotoğrafta uranyum zenginleşmeleri beyaz noktacıklar şeklinde gözlenir.

ve diğer bileşenlerin varlığı ve tabiatı) tanımlanır ve volkanik cam tefradan bileşimsel karakteristikleri belirlenmek üzere ayrılır. Volkan camının bileşimsel karakteristikleri, daha önceden analiz edilmiş tefra örnekleri ile karşılaştırılır ve bunlar içinde benzer bileşime sahip olanların petrografik, stratigrafik ve kronolojik özellikleri de değerlendirilerek, kronolojik kriterlere göre en uygun olanlar seçilir. Bu işlemler kritik lokasyonlarda bulunan tefra seviyelerinin, yaşı daha önceden nümerik yöntemlerle ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ gibi) belirlenmiş diğer yerlerdeki benzer tefra seviyeleri ile karşılaştırılmalarına olanak sağlar.

Termolüminesans

Bu tarihlendirme tekniği sedimanlar için kullanılan bir tekniktir ve yaşlandırma aralığı 1.000 ile 500.000 yıl arasında değişir. Bu yöntem, gömüldüğünde doğal bir radyasyon dozimetresi gibi işlevi olan kristal hatalarına ve safsızlıklara sahip sediman tanelerinde uygulanır. Topraktaki K, U, Th ve Rb gibi elementlerin radyoaktif çöküşlerinin bir bölümü ve kozmik ışınlardan gelen radyoaktivite, zaman içinde sedimanlarda hapsolür. Gömülmenin süresi uzadıkça, sediman içinde daha fazla doz absorblanır. Burada doz, örnek ısıtıldığında veya değişik ışık kaynaklarından gelen ışığa maruz bırakıldığında, elde edilen ışığın parlama eğrisi ile orantılıdır. Işığın dozu arttıkça örneğin yaşı da artar.

Termolüminesans tekniği U serisi, ^{14}C yöntemi ve stratigrafi ile birlikte kullanılır ve lós ve silt yatakları, kumullar ve kum örtüleri, A ve C toprak horizonları, fisür dolguları, volkanik kül ve cam, kolüvyal ve alüvyal materyaller, delta, göl ve kıyı çökelleri, eski kaya siperleri, höyükler, mağara tabanları ile bataklık ve turba çökellerinin tarihlendirilmesinde kullanışlı bir yöntemdir.

Kaynaklar

Gunter Faure, 1997. Principles of Isotope Geology, John Wiley and Sons Inc.

Bowring, S.A., 1998. Geochronology, Geotimes, November, vol.43, No:11, sf. 36-40.

Göreceli Yaş Tayini

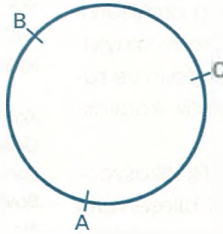


Göreceli yaş tayini, jeolojinin genel bilime yaptığı en önemli katkılardan biri olan derin zaman anlayışının kaynağıdır. Gündelik yaşamda da kullanılan bir kaç basit ilke ve daha da önemlisi derin bir sezgi ile fizikçilerin bile yapamadığını 18 ve 19. yüzyıl yer bilimcileri başarmışlardır.

Ayhan Sol
ODTÜ Felsefe Bölümü
asol@metu.edu.tr

Bir doğru parçasının üzerine işaretleyeceğimiz A, B, C gibi üç nokta arasında çeşitli asimetrik ilişkiler düşünebiliriz. Söz gelimi eğer A, B, C doğal sayılar ise A, B'den küçük ($A < B$), B, C'den küçük ($B < C$) ve dolayısıyla A C'den küçük ($A < C$) diyebiliriz; eğer A, B, C sadece üç harfse A, B'nin solunda B, C'nin solunda ve A, C'nin solunda diyebiliriz; ya da bu doğru parçasının zaman koordinatı olduğunu düşünür ve A, B, C'nin üç doğa olayı olduğunu varsayarsak A, B'den önce, B, C'den önce ve dolayısıyla A'nın da C'den önce olduğunu söyleyebiliriz. (Tüm bu ilişkileri, 'büyüktür,' 'sağındadır' ve 'sonradır' şeklinde de kurabileceğimizi unutmamalıyız.) Bu ilişkileri ilkökul matematiğinden ve günlük hayattan biliyoruz. Ancak bu ilişkilerin asimetrik olmasının ne demek olduğunu kavramamız için biraz daha fazla düşünmemiz gerekebilir.

Asimetrik ilişkilerin tek yönlü olduğunu düşünebiliriz: Şöyle ki, eğer solda olma ilişkisini bir çemberin üzerinde düşünürsek sonuçta A'nın da C'nin solunda olduğunu söylememiz kadar doğru olan sonuç A'nın aynı zamanda C'nin sağında olmasıdır. Öte yandan solda olma ilişkisinde bizim ne taraftan baktığımız da önemlidir. Bakış yönümüzü değiştirdiğimizde (yani doğru parçasına geçip diğer yandan baktığımızda) tüm ilişki tersine döner. Buna göre solda olma ilişkisinin içsel değil dışsal bir özellik olduğunu, yani dışardan bakan bir gözlemciye göre kurulduğunu görürüz. Bu yüzden çember



üzerindeki solda olma ilişkisinin simetrik, doğru parçası üzerindeki ise (dışsallığını unutmuyarak) asimetrik olduğunu söyleyebiliriz. Doğru parçamız üzerindeki üç noktamız arasında tamamen simetrik ilişkiler de düşünebiliriz: A, B'nin yanında, B de A'nın yanında gibi.

Yukardaki örneklerimizden küçük-tür ve gençtir ilişkisinin ise asimetrik olduklarını ve bu asimetrinin de içsel bir

özelliğini söyleyebiliriz: Şöyle ki, bizim harflerin üzerinde olduğu doğru parçasına bakış açımızdan bağımsız olarak bu ilişkiler tek yönlüdür. Diğer bir deyişle, A, B'den küçükse nereden bakarsanız bakın yalnızca A, B'den küçüktür. Ancak genç olma ilişkisi solda olma ilişkisi gibi bir çember üzerinde düşünülürdüğünde (çünkü zamanın döngüsel olduğunu düşünmek ne fizik yasalarına ne de mantık yasalarına aykırıdır) simetrik. (Buna şöyle bir itiraz yapılabilir: Eğer bu döngüsel zamanın dışından bunu doğrusal bir zamanla ölçen bir saat olsaydı o zaman bu simetri ortadan kalkardı.) Ancak biz genç olma ilişkisini küçük olma ilişkisi gibi asimetric bir ilişki olarak düşünmekteyiz, çünkü zamanı doğrusal olarak düşünmek (en azından günümüzde) daha yaygın bir yaklaşımdır.

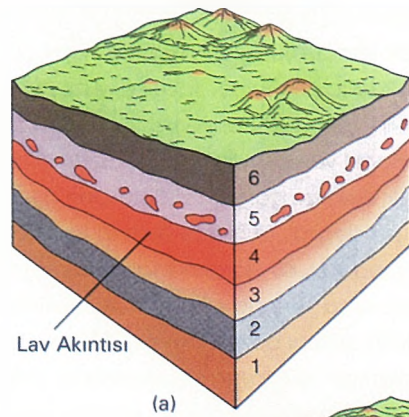
Hem 'küçüklük' hem de 'öncelik' ilişkisinde ancak ve ancak nesnelere arasında birbirlerine göre bir ilişkiden söz edebiliriz. Başka bir deyişle, eğer B'nin mutlak değerini (söz gelimi boyunu, kilosunu veya yaşını) bilmiyorsak, A'nın B'den küçük veya önce olmasından A'nın "mutlak" değerini (boyunu, kilosunu veya yaşını) belirleyemeyiz. Benzer şekilde eğer birinin diğerinden ne kadar kısa, küçük ya da genç olduğunu bilebilsek de ne birinin ne de diğerinin boyu, kilosu veya yaşı hakkında bir şey söyleyemeyiz. Bu son söylediğimiz gerçekten doğru mu acaba?

Jeoloji tarihi ilkece olanaksız olan bir durumdan bazı ek malumatların da yardımıyla yeryuvarının yaşı hakkında bazı zekice tahminler yapmış yerbilimcilerden söz etmektedir. Bunun öyküsünü jeolojik nesnelere göreli yaşlarının (yani öncelik sonralık ilişkisinin) en temel ilkelerini ele aldıktan sonra görelim.

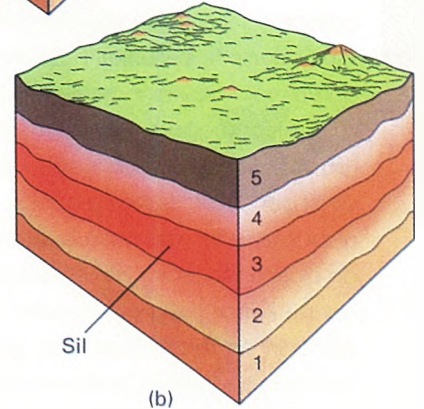
Göreceli Yaş Tayininin Temel İlkeleri

Tabakalı kayaların göreceli yaşlarını ölçmeye yarayan bu son derece basit ilke ancak onyedinci yüzyılda Nicolas Steno (1638-1686) tarafından formüle edilebilmiştir. (Daha fazla bilgi için bu sayıdaki "Malta Beşiği" ve "Kati İçinde Kati" yazılarına bakınız.) Steno'nun meşhur Süperpozisyon İlkesi şöyle der: İki kayaç tabakasından altta olan üstte olandan daha yaşlıdır. Bu ilke ilk bakışta gündelik süperpozisyon ilkesinden bir farklılık göstermez ve bunun keşfedilmesi için neden onca yüzyıl beklendiğini de açıklamaz. Ancak jeolojik süperpozisyon ilkesi üzerinde dikkatlice düşününce gündelik ilke ile jeolojik ilke arasında önemli farklılıklar olduğunu görürüz.

Günlük yaşamda bu ilke çoğunlukla doğru olsa da ve biz bunu neredeyse düşünmeden kullansak da istisnalar çok yaygındır. Masamın üzerinde gelişigüzel üst üste yığıldığım kitaplarıma bu ilke uygulanabilir gibi görünmekte. Sanırım alttaki kitapları üsttekilerden daha önce



(a)



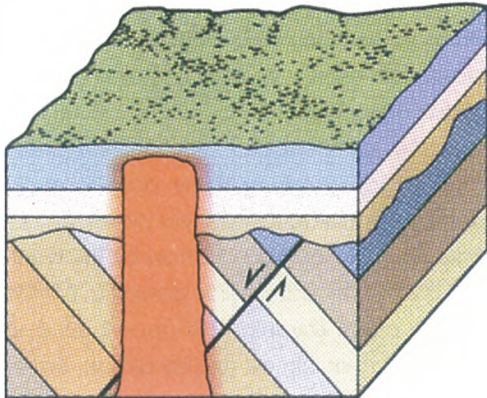
(b)

Lav akıntıları, siller ve ilişkili çökel kayaçların göreceli yaşlarını saptamak zor olabilir. (a) Tabaka 4 ile gösterilen gömülü lav akıntısı alttaki kayacı pişirdiği için ve tabaka 5 ise lav akıntısının parçalarını içerdiği için lav akıntısının tabaka 3'den genç ama 5 ve 6'dan yaşlı olduğunu söyleyebiliriz. (b) Tabaka 3'deki sil hem üstteki hem de alttaki tabakaları pişirdiği için 2 ve 4 numaralı tabakalardan gençtir.

koydum oraya. Bu iddiamın doğru olma olasılığı var, belki epeyce de yüksek, ancak hiç kimse kitaplarımı üst üste koyduktan sonra bir gün bunların hepsini alt üst etmediğimi söyleyemez. Diğer bir deyişle, benim böyle bir şey yapmış olduğuma engel bir "kanun" olduğunu söyleyemez. Peki Steno'nun yukarıda formüle ettiğimiz ilkesinin de benzer bir zaafı var mı? Üst üste yığılmış (çökelmiş) tabakaların alt üst edilmelerinin yeryuvarının geçmişinde pek de ender olaylardan olmadığını biliyoruz. O halde Steno'nun ilkesi açıkça yanlış. Bu yanlış ilkenin jeolojinin en temel ilkelerinden biri (hatta en temel ilkesi) olarak kabul edilmesi çok şaşırtıcı. O halde bu ilkeyi biraz sınırlandırmalıyız: Tektonik vb. olaylar nedeniyle düzeni bozulmamış tabakalardan altta olanlar üstte olanlardan daha yaşlıdır. Şimdi bu ilkenin doğru olduğunu yani her tür tabakalı kayaç için geçerli olduğunu düşünme hakkımız var gibi. Söz gelimi, alttaki bir lav akıntısı da üstündeki lav akıntısından yaşlıdır diyebiliriz. Böylece bu ilkenin sadece çökel kayaçlar için geçerli olmayıp bazı magmatik kayaçlar için de geçerli olması, ilkemizin genelliği açısından iyi bir gelişme. Ama durum pek de görüldüğü gibi olmayabilir. Söz gelimi magmatik sokulum kayaçla-

rından olan sillerin bu ilkeye aykırı bir durum oluşturduğunu anlamak için uzman olmak gerekmiyor çünkü sillerin oluşan kayaçların içine, tabaka yüzeyleri boyunca da, gelip yerleştiğini biliyoruz. Bu durumda bir sil hemen altındaki ve üstündeki tabakalardan daha gençtir. Oysa ki ilkemize göre üstündekinden genç olması söz konusu değildir. O halde ilkemizi biraz daha daraltmak zorundayız. Bu daralmadan çok memnun değiliz kuşkusuz ama yine de elimizde lav akıntıları ve çökel kayaçların düzeni bozulmamış olanlarının hepsi var. Ancak aklımıza mağara oluşuklarından sarkıtlar gelince canımız iyice sıkılabilir, çünkü sarkıtlar tektonik vb. nedenlerle düzenleri bozulmamış çökel kayaçlardan olmalarına karşın yine de ilkemize uymazlar çünkü sarkıtlar mağara tavanlarından damlayarak ince tabakalar oluşturduklarından alttaki tabakalar yaşlı değil gençtirler. Kuşkusuz günlük hayatta da herhangi bir kapalı bir mekanda buharlaşma yoluyla tavana oluşan tabakalar için bu ilke geçerli olmayacaktır. Her ne kadar daha söylenecek çok söz olsa da stratigrafinin en temel ilkesi olan Steno'nun meşhur Süperpozisyon İlkesinin sınırlarını belirledik.

Bir diğer ilke ise Kesişme İlişkisi İlkesidir. Bir intrüzyon veya kırık (çatlak, fay, vb.) kestiği kayaçtan daha gençtir. Bunun ilk kez James Hutton (1726-1797) tarafından formüle edildiği söylenebilir. Bu ilke de Süperpozisyon İlkesi gibi gündelik kesişme ilişkisi ilkesiyle büyük bir paralellik gösterir bir farkla: Bir duvara çaktığınız çivinin kendisi zorunlu olarak duvardan daha genç olması (daha sonra imal edilmiş olması) gerekmez, ancak çivi çakma olayı duvarın inşa edilmesinden daha sonradır diyebiliriz. Oysa ki intrüzyonların "imalatı" ile "sokulumu" eş zamanlıdır. Kuşkusuz doğada da katı halde sokulumun olanaksız olmadığını belirtmeliyiz. Bu durumda sokulan kayaç daha yaşlı olabilirse de (gündelik ilkedeki gibi) olay daha genç olacaktır. Bu nedenle kesişme ilişkisi ilkesi yalnızca kırık-



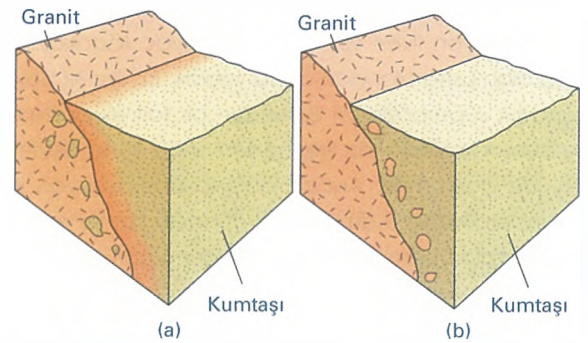
Fay ve sokulumla gösterilen kesişim ilişkisi.

ları ve magmatik sokulumları kapsamaktadır.

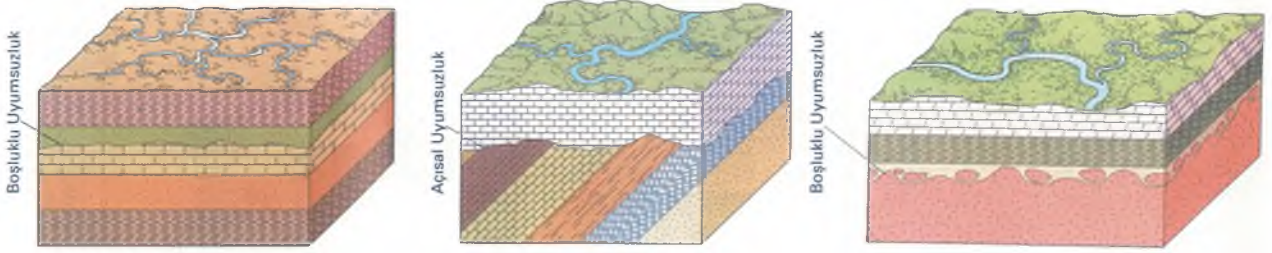
Üçüncü ilke ise İçerme/İçerilme İlkesidir. Bir başka kayacın parçacıklarını içeren kayaç içerdiği parçacıkların geldiği kaynak kayaçtan daha gençtir. Bu ilişki hem magmatik ve çökel kayaçların kendi aralarında hem de birbirleri arasında geçerli olabilir. Kuşkusuz burada içermeyi sokulumları kapsamayacak şekilde yorumlamamız gerekmektedir. Yani bu ilke bir kayacın içerdiği sokulumu içerme ilişkisi olarak görmemektedir.

Kayaç ilişkilerinin yanında kayaç-fosil ve fosil-fosil ilişkileri de göreceli yaşlandırmanın en önemli ilkelerini vermektedir. Eş zamanlılık ilkesi olarak formüle edebileceğimiz bir ilke aynı fosilleri içeren kayaçların aynı yaşta olduklarını söylerken fosil ardışımı ilkesi ise (süperpozisyon ilkesiyle birlikte) fosil gruplarının zaman içinde birbirlerini izlediklerini ve altta bulunan tabakalardaki fosillerin üstte bulunanlardan yaşlı olduğunu söyler. Bu ilkeden yararlanarak da fosiller ile bulunduğu kayaçlar arasındaki eş zamanlılık ilkesiyle süperpozisyon ilkesinin doğrudan kullanılmadığı durumlarda göreceli yaş ilişkileri fosiller aracılığıyla belirlenebilir ve farklı mekanlardaki tabakaların birbirleriyle korelasyonu sağlanır.

Son olarak söz edebileceğimiz diğer ilkeler ise ilk kez James Hutton tarafından tanımlanan uyumsuzluklara dayanır. Bir uyumsuzluğun altındaki kayaçların oluşumuyla bunların üstündeki tabakaların çökmesi arasında zaman boşluğu vardır. Bu boşluk esnasında eğer tabakalar kıvrılıp bükülüp daha sonra da erozyona maruz kaldılar ve üstteki tabakalarla arada bir açı oluştuysa "açısal uyumsuzluk"; eğer sadece erozyonun sürdüğü bir boşluk söz konusuysa "boşluklu uyumsuzluk" denir. Boşluklu uyumsuzlukta altta aşınan kayaçlar sedimanter (disconformite) ya da magmatik/metamorfik (nonconformity) olabilir.



(a) Batolit kumtaşından gençtir çünkü kumtaşı dokanakta pişirilmiştir ve granitin içinde kumtaşı parçacıkları bulunmaktadır. (b) Kumtaşı içindeki granit parçacıkları kumtaşının daha genç olduğunu gösteriyor.



Oluşum şekillerine bağlı uyumsuzluk türleri.

Yerkürenin Yaşı

Radyoaktif elementlerden yararlanarak dünyanın mutlak yaşını tespit edene kadar yer bilimcilerin elinde sadece yukarıda kısaca değindiğimiz ilkeler vardı. Ancak ondokuzuncu yüzyılda yerkürenin yaşı ile ilgili çok yoğun bir tartışma yaşandığında ve fizikçilerin mutlak yaş ölçmek için radyoaktivite dışı başka yöntemleri olmasına rağmen yer bilimciler haklı çıktılar. Bu nasıl mümkün oldu?

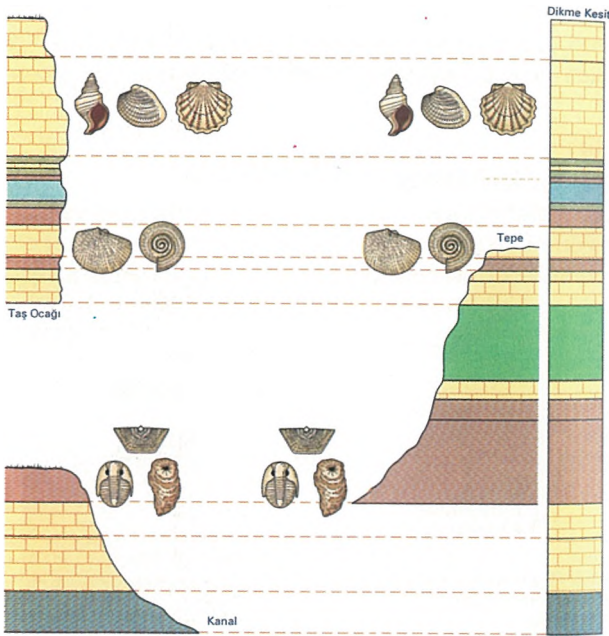
Lord Kelvin (1824-1907) ondokuzuncu yüzyılın en etkili bilimcilerindendi. Termodinamiğin ilkelerinin geliştirilmesinde çok önemli katkıları olmuştu. Bu ilkelerden yararlanarak ve yeryuvarının çok sıcak bir durumdan başlayarak düzenli bir şekilde soğuduğunu varsayarak yeryuvarının yaşını önce 20-400 milyon yıl ve sonra 20-40 milyon yıl olarak hesapladı. Bu hesap yer bilimcilerin tahminlerinin çok altındaydı ama Kelvin'in elinde kendini kanıtlamış fizik biliminin ilkeleri varken yer bilimcilerin elinde sadece yukarıda değindiğimiz ilkeler vardı. Kelvin'in hesapları

neredeyse yer bilimci olmayan herkesi inandırdı.

20 milyon yıllık bir süre yer bilimciler için yeterli değildi çünkü bu sürede ancak Werner'in (1749-1817) neptüncü kuramının öngördüğü bir yeryuvarı tarihi geçerli olabilirdi. (Werner ve neptüncülük hakkında daha fazla bilgi için Mavi Gezegen'in ikinci sayısındaki "Modern Jeolojinin Doğuşu" yazısına bakınız.) Öte yandan Charles Darwin'in (1809-1882) evrim kuramının geçerli olabilmesi için yüzlerce milyon yıl gerekiyordu. (Bu nedenle Darwin yer bilimcilerden yanaydı.) Ayrıca günümüzde izlenebilen jeolojik olayların ne kadar yavaş olduğunu bilen ve kilometrelerce kalınlıktaki kayaçların anlamını kavrayabilen yer bilimciler tüm bu kayaçların çok kısa bir sürede oluşabileceğine inanmıyorlardı. Çünkü bu, geçmişteki jeolojik süreçlerin bugünkünden defalarca daha hızlı olması anlamına geliyordu. Charles Lyell'in (1797-1875) üniformitarianizmi önemli ölçüde kabul görmüştü ve jeolojik süreçlerin hızlarındaki böyle bir farklılık jeolojik akla uymuyordu.

Her ne kadar James Hutton dünyanın yaşı ile ilgili bir tahminde bulunmadıysa da bu sürenin aklın sınırlarını (o zamanki aklın kuşkusuz) zorlayacak kadar uzun olduğunu düşünen ilk kişiydi. Ancak bunun nedeni Hutton'un elindeki gözlemsel verilerden çok kendi yeryuvarı kuramıydı. Hutton'un "Newtoncu" jeolojisi sürekli işleyen bir yeryuvarı "makinesi" öngörüyordu ve bu makinenin yaşının ne olduğunu düşünmek, onun bir başlangıcı olduğunu düşünmek anlamına geliyordu. Spekülasyon anlamına gelecek böyle bir çaba Hutton'un mekanikçi ağız tadı için hiç de uygun değildi.

Yukarıda kısaca değindiğimiz kuramlar ve gözlemler yer bilimcilerin yüz milyonlarca yılı kavrayabilmelerini mümkün kılıyordu. Diğer bilimcilerde henüz gelişmemiş olan bir mesleksi sezgi "derin zaman" kavrayışına uygun bir zemin oluşturmaktaydı. Derin zaman anlayışı jeolojinin genel bilime yaptığı en büyük katkı olarak da düşünülebilir. Göreceli yaş tayininin ilkeleri gibi bir kaç küçük araç ve iyi bir sezginin neler yapabileceğini gösterdiği için bu katkının jeoloji tarihinde benzersiz bir yeri vardır.



Fosil ardışımı ilkesinin uygulanması. Farklı yerlerde bulunan tabakaların fosiller yardımıyla tanınması ve bu istiflerden bir dikme kesitin elde edilmesi.

Kuvaterner Dönemi Yaşlandırma Yöntemleri



Alfa Spektrometresi (Uranium seri analizlerinde kullanılır).

Yaklaşık 4.5 milyar yıllık Dünya tarihinde daha dün denilebilecek kadar yakın bir zaman dilimidir Kuvaterner. İnsan ırkının ortaya çıktığı bu kısacık dönem, sadece jeolojik kayıtların değil tarihsel kayıtların da yaşlandırılması açısından önemlidir.

Koray Törk
MTA Genel Müdürlüğü
cave@mta.gov.tr

Kuvaterner yaşlandırma metotları 4 ana başlık altında toplanırlar. Bunlar; sayısal yaşlandırmanın yapıldığı yöntemler, kalibrasyona dayalı yöntemler, göreceli yaşlandırma yöntemleri ve korelasyona dayalı yöntemler.

Sayısal yaşlandırma kantitatif yöntemleri içermektedir. En sık kullanılan yöntemler radyokarbon ve izotopik yaşlandırma yöntemleridir.

Kalibrasyon yaşlandırma yöntemlerinde herhangi bir parametrenin zamana bağlı değişimi saptanır. Ancak bu değişim oranı başka bir bilinmeyene bağlı olabilir. Bu nedenle kalibrasyon için, bağımsız kronolojik kontrol kullanılmalıdır. Kalibrasyon yaşlandırmada, kimyasal ve biyolojik yöntemler en sık kullanılanlardır.

Göreceli yaşlandırma yöntemi belirli bir sıra dahilinde ancak yaklaşık bir yaşın saptanabildiği yöntemleri içermektedir. Eğer kronolojik kontrol mümkünse, kalibrasyon yaşlandırma yöntemlerine dönüşüm yapılabilir. Kimyasal-biyolojik yöntemlerin yanısıra en sık jeomorfolojik yöntemlerde kullanılır.

Korelasyon yaşlandırma yöntemleri nominal verilerin elde edildiği yöntemleri içerir. Duraylı izotop, paleomanyetizma bu yöntemlerdendir.

Mağara Çökellerinin Yaşlandırılması

Mağara çökellerinin yaşlandırılması, mağara arkeolojisi ve paleontolojisine yönelik olarak mağara klastik sedimanlarında kronolojik amaçlı yürütülen çalışmalardan daha büyük öneme sahiptir. Mağara klastik sedimanlarının kronolojisi mağara bilim (speleology)

Yöntemler ve Yaş Aralıkları

Yöntem	Yaş Aralığı (ka)
Radyokarbon	0.3-45
Potasyum-Argon	30- < 20000
Uranium serileri	100-1500
$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (α)	3-350
$^{230}\text{T}/^{234}\text{T}$ (α)	0.05-500
$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ (α)	5-150
$^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$ (α)	100- > 2000?
Helyum-Uranium	0.1-100 (500)
Termoluminesans (Thermoluminescence)	5-900
Electron Spin Resonance (ESR)	(0.1) 50 - > 2000
Fizyon izi (fission track)	0.05- > 2000
Paleomagnetizma (Paleomagnetism)	1 - > 2000
Yörünge ayarı (Orbital tuning)	

Yöntemler ve Kullanım Alanları

Yöntem

Radyokarbon

Potasyum-Argon

Uranyum serileri

$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (α)

$^{230}\text{T}/^{234}\text{T}$ (α)

$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ (α)

$^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$ (α)

Helyum-Uranyum

Termoluminesans

(Thermoluminescence)

Electron Spin Resonance

Fizyon izi (fission track)

Paleomagnetizma

(Paleomagnetism)

Yörünge ayarı (Orbital tuning)

Kullanım Alanları

Kemik, Diş, Ağaç-Bitki kalıntıları,
Kabuk, Mercan

Vulkanikler

Mercan, Vulkanikler, Mağara Çökelleri

Mercanlar

Sedimanlar, Mercanlar, Mağara

Çökelleri

Sedimanlar, Mercanlar, Mağara

Çökelleri, Vulkanikler, Diş

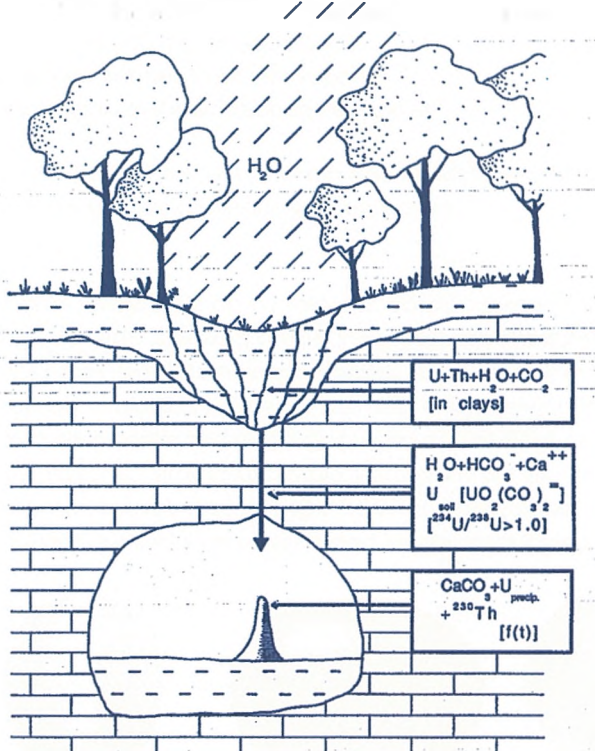
Vulkanikler

Vulkanikler, Sedimanlar

Okyanusal karotlar

açısından önemli olmasının yanısıra, mağara galerilerinin gelişim yaşlarını ortaya koymak da önemlidir. Mağara çökelleri galeri oluşumundan sonra gelişmeye başlarlar ve bu sadece ortamın boşluk oluşumundan sonraki dönem gelişimini verir. Bazı durumlarda yeni galeriler, mağara çökellerinin kırılıp, bozulmasından sonra oluşabilir bu da yeni galerilerin maksimum oluşum yaşını verir.

Uranyum serisi, mağara çökellerinin yaşlandırılmasında en sık kullanılan yöntemdir. Bu yöntem ile mağara çökellerinde birkaç binden 350 bin yıla kadar yaşlandırma yapılabilmektedir. Uranyum izotopunun birincil kökeni magmatik kayaların alterasyonudur. Bu alterasyon ürünleri daha sonra hidrolojik döngü ile birlikte mağara çökellerinin yapısına girer. Uranyumun doğal olarak ^{235}U ve ^{238}U olmak üzere iki doğal şekli vardır. Uzun yarılanma ömrü olan bu izotoplar α ve β yayılmaları (emmisyon) ile



Mağara Çökellerinde (speleothem) uranyum serisi yöntemleri kullanılırken; Kalsitin içerisinde yeterli miktarda uranyum olmalıdır (minimum 0.01 ppm). (Gillieson, 1996)



Mağara dikitlerinde yaşlandırma

kararlı kurşun izotopları ^{206}Pb ve ^{207}Pb haline gelirler. İkincil ürün olan uranyum (^{234}U) ve radon (^{226}Ra) izotopları da yaşlandırma için uygundur. Özellikle ^{234}U , ^{235}U ve ^{238}U izotoplarına göre daha çok serbest hale geçebilmektedir. Prokatniyum (^{231}Pa) ve toryum (^{230}Th) çözünmeyen izotoplardır ve kil parçacıklarının yüklü yüzeylerinde ve organik maddelerin köklerinde yer alırlar. Mağara kalsit yüzeylerinde de detritik olarak yer alırlar. Kalsitin yapısında zaman içerisinde ^{234}U ün azalmasına bağlı olarak ^{230}Th da artma oluşur. Bu gelişim süreçleri mağara çökellerinde uranyum yöntemlerinin kullanılmasının temelini oluşturur.

Mağara Çökellerinde (speleothem) uranyum serisi yöntemleri kullanılırken;

Kalsit içerisinde yeterli miktarda uranyum olmalıdır (minimum 0.01 ppm).

Kalsit ve uranyum tuzlarının tekrar çökmesinden sonra kalsitin tekrar değişimi kısa sürede olmalıdır. Bu durum özellikle tekrar çözünmenin ve çökmenin olduğu alanlarda yer alan gözenekli kalsitler için önemlidir. Bu nedenlerden ötürü tuf ve sarkıtlardan kaçınılır.

Her kalsitin bünyesinde biraz olmasına karşın, örnek içerisinde ^{230}Th yada ^{231}Pa bulunması istemeyen bir durumdur.

Kaynaklar

Gillieson, D., 1996. Caves: Processes, development and management, Blackwell Pub. Ltd., sf: 167-185.

Smart, P.L. ve Frances, P.D., 1991. Quaternary dating methods - a user's guide, Univ. of Bristol, 233 s.

Parlak ve Renkli Bir Dünya: Süstaşları



Gemoloji, mineralojinin çok yeni bir alt disiplini olarak süstaşlarının incelenmesi, tanımlanması ve sınıflandırılması konusunda çalışır.

Amaç, bir süstaşını gerek işlenmiş, gerek ham haliyle, üzerinde yıpratıcı ve zarar verici hiçbir test yapmadan en doğru şekilde tanımlamaktır. Taş kesimi (lapidary) ve mücevher yapımı (kuyumculuk), gemoloji ile çok yakından ilgili olmalarına rağmen birer gemoloji konusu değildir.

Çiğdem LÜLE-WHIPP

Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
c_lule@hotmail.com

Becerikli ellerin şekillendirdiği ametist() üstünde,
Duruyorum Baküs vahşiliğinde,
Bağlilik yabancı olsa da ağırbaşlı taş
Sahiplendi onu Kleopatra
Kabul eder O'nun asil ellerindeki mücevher taşları da
Ayımlıdır estik tanrıça...*

*Thessalonicalı Asclepiades ya da Antiper (Anth. IX 752)
(Çeviri: Aybala Günay-Eren)*

*A Bacchante wild, on amethyst I stand,
The engraving truly of a skillful hand;
The subject's foreign to the sober stone,
But Cleopatra doth the jewel own;
And on her royal hand all will agree
The drunken goddess needs must sober be.*

(*) Mor renkli kuvars olan ametistin Eski Yunan Mitolojisi'nde sarhoşluğa karşı panzehir olduğuna inanılırdı.

Tarih öncesi çağlarda bile alet ya da silah olarak kullanılan taşlar, insanlığın ilgisini daima çekmiştir. Parlak ve güzel renkli olanları da gücüne inanılan efsanevi, hatta tanrısal objeler haline gelmiştir. Arkeolojik bulgularla da desteklenen ilginç özelliklerden biri, ilk çağlardan beri minerallerin çekici görünüşleri ile süs malzemesi olarak kullanılmış olmasıdır. Zamanla taşları işlemeyi öğrenen insanoğlu, bu sert, dayanıklı ama bir o kadar da çekici malzemeleri hep en iyiye layık bulmuş, tanrıları



Kaboşon kesilmiş süstaşları

na, liderlerine sunmuş; tapınaklarını süslemiş, bir soyluluk ya da özel bir toplumsal sınıfın işareti olarak kabul etmiştir. Bu konuda, tarih öncesinde çakmaktaşıdan yapılan ok uçlarından Aztekler'in turkuaz tören masklarına, Uzakdoğu'da kutsal sayılan jadeitlerden tapınakları süsleyen değerli taşlara, hatta bugünkü tek taşlı elmas alyanslara kadar pek çok örnek verilebilir.

İnsanoğlunu bu denli etkileyen süstaşlarını, bilinen binlerce mineral içinde farklı kılan nedir? Bir malzemenin süstaşı sayılabilmesi için 3 temel kriter vardır:

Dayanıklılık: Bu kavram, sertlik, kırılabilirlik, darbelerle ve dış etkenlere dayanım gibi tanımlayıcı fiziksel özelliklerle açıklanır. Örneğin elmas bilinen en sert mineral olmasına karşılık, mükemmel dört yönlü dilinimi kesimi sırasında elemine edilmezse kullanım sırasında kolaylıkla birkaç parçaya ayrılabilir. Keza, 7.5 sertliğe sahip zirkon o kadar kırılmandır ki, bu taştan yapılmış bir yüzüğün bir kaç aylık kullanımdan sonra minik konkoidal kırıklarla dolu olması hiç şaşırtıcı değildir.

Güzellik: Her ne kadar göreceli bir kavramsa da temiz, şeffaf ve çekici renkli aynı zamanda işlenebilir boyutlarda olan taşlar büyük bir çoğunluk tarafından "güzel" kabul edilecektir. Sözelimi her zaman düz çizgilerden ve açık renkli taşlardan hoşlanan bir Kuzey Avrupalı bile, temiz, şeffaf, mükemmel kırmızılıktaki bir yakutun güzelliğini inkar edemez.



Neolitik döneme ait kuvars kolye

Nadirlik: Şüphesiz, bir objeyi değerli kılan onun az rastlanır olmasıdır. Binlerce karatlık elmas üretiminin içinde belki birkaç yüz karatı pembe elmadır. Dolayısıyla bir pembe elmanın karat fiyatı, sıradan bir renksiz elmanın binlerce katıdır. Nadirlik konusunun en klasik örneğini ametist oluşturur. 18. yy sonuna dek neredeyse elmas kadar değerli olan bu taş -ki girişte de görüldüğü gibi Eski Roma'da şiiirlere bile konu olmuştur- 19. yy'da Brezilya'daki geniş ametist madenlerinin keşfiyle sıradan bir yarı değerli taş kimliğine bürünmüştür.

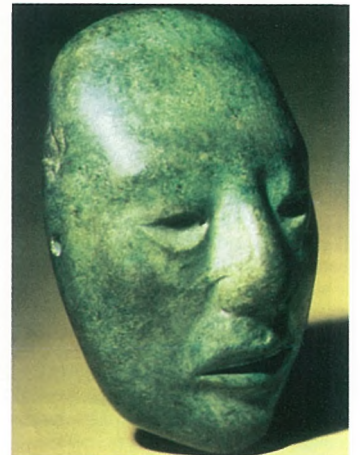
Tanımlanan yüzbinin üzerindeki mineralden yalnızca 60 tanesi süstaşı olarak kullanılmaktadır. Ancak süstaşı kavramı, bazı organik materyalleri (fildişi, inci, mercan, kehribar) içerdiği gibi gelişen teknolojinin doğal bir sonucu olarak, sentetik ve imitasyonları da içermektedir. Gemoloji, mineralojinin çok yeni bir alt disiplini olarak, yukarıda adı geçen malzemelerin incelenmesi, tanımlanması ve sınıflanması konusunda çalışır. Amaç, bir süstaşını gerek işlenmiş gerek ham haliyle, üzerinde yıpratıcı ve zarar verici hiçbir test yapmadan en doğru şekilde ta-



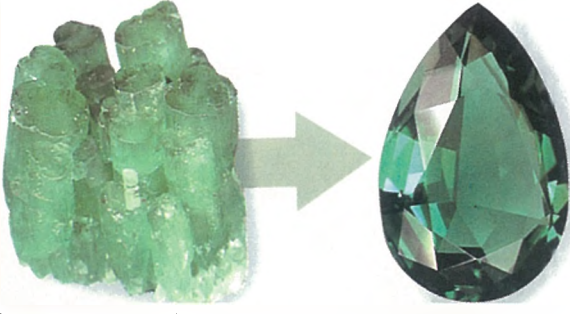
Lapis lazuli ve kornelyan boncuklardan oluşan Sümer mücevherleri



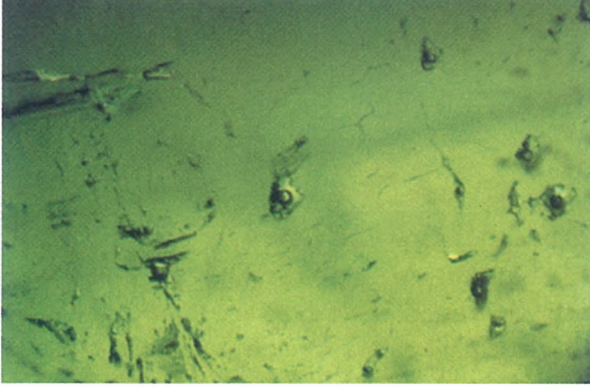
Aztek Turkuaz tören maskı



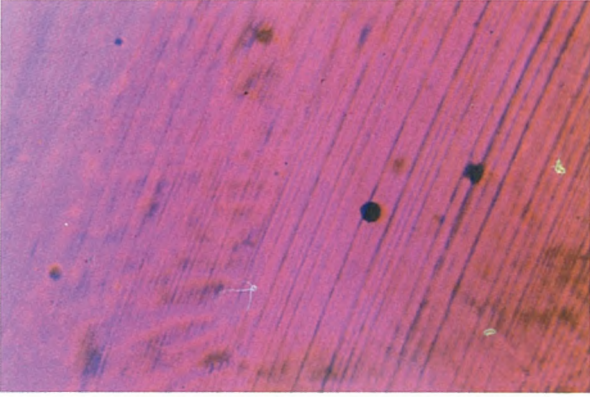
Aztek Jadeit tören maskı



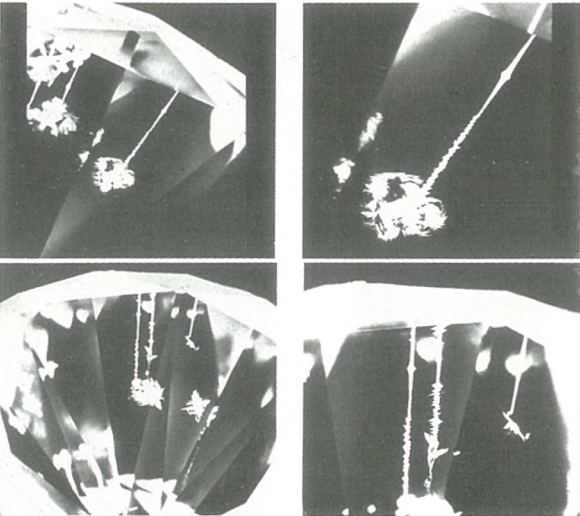
Sentetik zümrüt kristalleri ve bundan işlenmiş sentetik zümrüt



Zümrüt içinde doğal kapanımlar



Sentetik yakuttaki kapanımlar



Lazerle delik açılarak temizlenmiş elmas



1884 yılında Brezilya'lı kölelerin gerçekleştirdiği elmas madenciliği

nımlamaktır. İyi bir gemolog, takı içine yerleştirilmiş olsa dahi, taşı tanımlayabilmelidir. Malzemeye maddi bir değer biçmek ise deneyime dayalı, kişisel bir tercihtir. Keza taş kesimi (lapidary) ve mücevher yapımı (kuyumculuk), gemoloji ile çok yakından ilgili olmalarına rağmen birer gemoloji konusu değildirler.

Süstaşı madenciliği de, süstaşlarının kullanımı kadar eskidir. İkel çağlarda elle toprağı kazarak ya da nehir yataklarından toplanarak kullanılan taşlar, bugün modern ve dikkatli madencilik yöntemleri ile yerin yüzlerce metre derinliklerinden çıkarılmaktadır. Süstaşı madenciliğinde hassasiyet ve taşta zarar vermeye gösterilen özen, gemolojik tanımlamaların her aşamasında olduğu gibi ilk sıralarda gelir. Büyük ve zedelenmemiş tek bir parça değerli taş, yüzlerce küçük ve kırık parçanın tamamından daha değerlidir.

Taşların işlenmesi ise amaca ve malzemenin fiziksel özelliklerine bağlıdır. Mücevherlerde kullanılacak küçük parçalar genellikle kaboşon ya da faset olarak kesilirler. Süsleme ve dekorasyon için ise işlenme şekli, ustanın becerisine ve ne için kullanılacağına bağlıdır. Küçük heykelcikler, kakmalar ya da mozaikler buna örnek verilebilir.

Gemolojinin temel konularından biri de yapay taşlardır. İki ana gruba ayrılırlar. Birinci grupta **sentetikler** bulunur. Sentetikler gerek kimyasal gerekse de fiziksel anlamda taklit edildikleri taşın tam bir kopyasıdır. Tek farkları insanlar tarafından laboratuvar şartlarında üretilmiş olmalarıdır. Tanımlamalarda, sentetikleri içsel yapıları özellikle de kapanımları ele verir. Sentetik bir taş asla doğal bir kapanıma sahip olamaz. İlginçtir ki her sentetik üretim prosesinin kendine özgü yapısal özellikleri vardır. Deneyimli bir göz bunu rahatlıkla tanımlayabilir. İkinci grupta ise **imitasyonlar** yer alır. Bunların durumu sentetikler kadar karmaşık değildir. Basit fiziksel testlerle bile tanımlanabilirler. Tek özellikleri görünüş olarak taklit edildikleri malzemeye



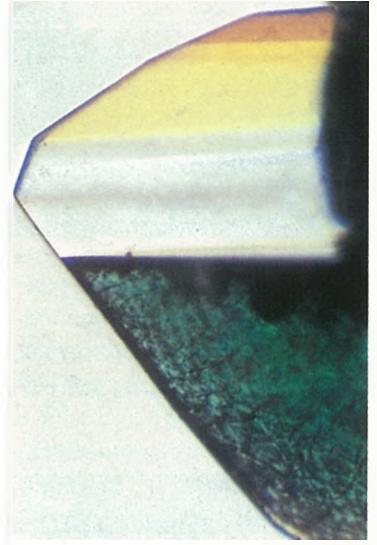
Üzerine kameo işlenmiş kavki



Kristal ve faset kesim topazlar

benzemeleridir. İşte bu yüzden Eski Roma'da bile elmas camla taklit edilirdi. Taklitçiliğin sınırları zorladığı gemolojide karşımıza bir de kompozit (bileşik) taşlar çıkar. Kompozit taşlar iki ya da üç parçadan oluşurlar. Örneğin pırlanta kesimli bir taşta, taç (üst) kısım ince bir elmas, külah (alt) kısmı ise herhangi bir renksiz taş hatta cam olabilir. Ya da iki parça renksiz beril arasına sıkıştırılmış uygun yeşil renkli bir plaka, bütün olarak bakıldığında pekala bir zümrüt görüntüsü verebilir.

Her ne kadar taklitçilik sayılmasa da bilinmesi gereken en önemli konulardan biri de taşların değerini artırıcı "iyileştirme" yöntemleridir. Bunlar, renkli yağlarla çatlakları gizlemekten, plastik ve renkli filmlerle kaplamaya, daha teknik olarak da ısı ve radyasyonla işleme tabi tutmaya kadar değişir. Örneğin bol çatlaklı bir zümrüt kesildikten sonra yeşil renkli yağ içirilerek



Renksiz taç ve renkli külahtan oluşan kompozit taş

çatlakları daha az görünür hale getirilebilir. Lazerle açılan deliklerle elmaslardaki siyah kapanımlar temizlenebilir. Renk kalitesi düşük beriller ısıtılarak akuamarin haline getirilebilir. Ya da sıradan bir elmas planlı bir radyasyona ve ısıya tabi tutma işleminden sonra çekici bir pembe renk alabilir. Bütün bu işlemler, bunları göremeyen bir alıcıya, malzemenin asıl değerinin çok çok üzerinde bir fiyura çıkarır.

Dünya üzerinde doğal süstaşı kaynaklarına genel olarak bakıldığında başta elmas olmak üzere pek çok değerli taşın kıta kalkanları civarından çıkarıldığı görülmektedir. Ancak yine de bunlardan farklı lokasyonlarda farklı taşlar karşımıza çıkabilir. Süstaşı madenciliğinin doğal bir sonucu olarak, yine aynı ülkelerde bu taşların süratle işlendiği ve satışa sunulduğu görülmektedir.

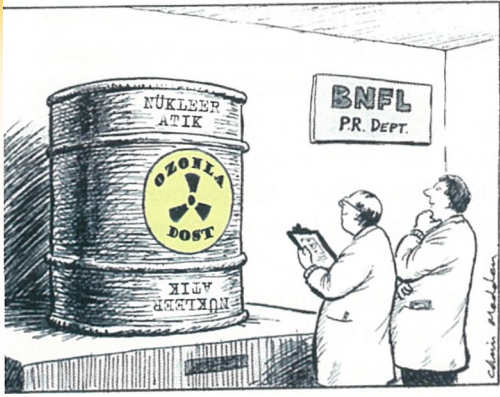
Ülkemizde ise durum biraz farklıdır. Türkiye'nin kuvars, ametist, agat, kalsedon gibi yarı değerli taş potansiyeli gözardı edilemeyecek boyutlardadır. Daha da önemlisi, çok rastlanır bir boksit minerali olmasına rağmen, dünyanın hiçbir yerinde süstaşı kalitesinde bulunmayan "diyaspor" gibi bir zenginliğe sahiptir. Ateş opallerin durumu ise diyaspor'dan farklı değildir. Bunların yanısıra süstaşı turalinlerin varlığı da belgelenmiştir. Türkiye'ye has oltu taşı (jet), lületaşı (sepiolit) ve kemererit dünyaca tanınan süstaşlarıdır.

Kaynaklar

- Gübelin, E. ve Kolvula, J., 1997. Photoatlas of Inclusions in Gemstones. Druckerei Winterthur dw AG. Winterthur, s. 265, Switzerland
- Hall, C., 1995. Gemstones. Dorling Kindersley Limited, s.155, London
- King, M. A., 1860. Antique Gems. John Murray, Albemarle Street, London
- Webster, R., 1994. Gems "Their Sources, Descriptions and Identification". Reed Educational and Professional Publishing Ltd, s.1026, Oxford

Tehlike!

Burada Radyasyon Var



Kaynak: ECO news, Aralık 1989, s1

Dünyadaki radyoaktif atıklar büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Bunların bir an önce saklanması ve bunun için güvenli yolların bulunması gerekmektedir.

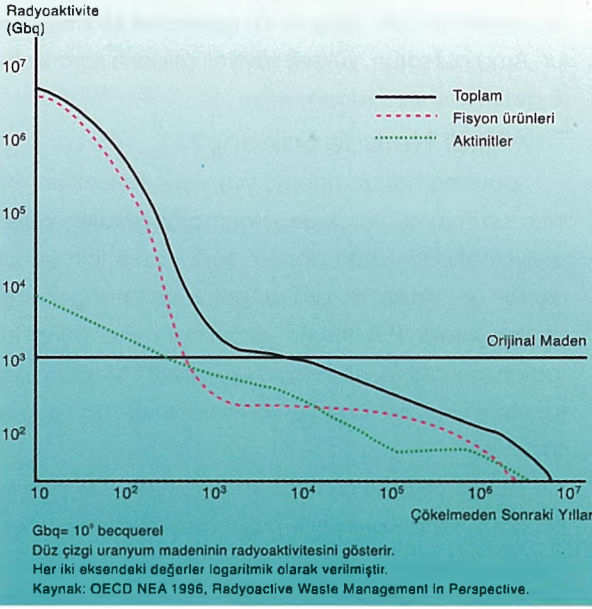
Ece Gökpinar
Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğrencisi
egokpinar@yahoo.com

Radyasyonun çevreye yayılmasının ana nedeni gezegenimizin su döngüsüdür. Göller, akarsular, denizler ve okyanuslar ile yeraltı suları bu döngünün parçalarıdır. Bunlar, buharlaşarak ve bitkilerin terlemesi ile atmosfere karışırlar. Bulutlar da yağmur veya kar şeklinde yeryüzüne geri dönerler.

Radyoaktif atıklar bu döngüye su ile karışımlarında girerler. Su içerisindeki radyoaktif çekirdekler; bitkiler tarafından emilir ve denizlere karışarak oradaki canlıları etkilerler. Radyasyon, hava yoluyla da gelebilir. İnsanlar solunum yoluyla, içtikleri sudan ya da yedikleri yemeklerden de radyasyon alabilirler. Radyoaktif atığın etkisi, atığın suya karışma ve çevrede yol alma hızlarına, radyoaktif çekirdeğin yarı ömrüne ve insan vücudunda ne kadar kalacağına bağlıdır. Vücuttaki radyoaktif atom ve moleküllerin yarısının vücuttan atılma süresi, o elementin biyolojik yarı ömrüdür ve bir elementin tüm izotopları için bu süre aynıdır. İnsan vücudunda kaldıkları süre içinde yapacakları tahribat, bu süreye bağlıdır. Biyolojik yarı ömrü kısa olan izotoplar-biyolojik yarı ömrü bir hafta olan trityumda olduğu gibi- vücuttan çabuk atılırlar ve herhangi bir tahribata sebep olmazlar. Biyolojik yarı ömrü orta uzunlukta olan bir elementin vereceği zarar ise, o elementin radyoizotopunun fiziksel ömrüne bağlıdır. Örneğin sekiz gün fiziksel ömürlü ¹³¹I (iyot) tehlikelidir. ¹²⁹I ise 17 milyon yıl yarı ömrüdür ve bu yüzden de vücuttan atılana kadar bozunmayacağı için zararlı değildir. Öte yandan biyolojik yarı ömürleri uzun olan Pu (plütonyum) ve Sr (stronsiyum) gibi elementler kemiklere yerleştiklerinden, fiziksel yarı ömürlerine bakılmaksızın tehlikelidirler.

ABD Ulusal Bilimler Akademisi tarafından 1983'de çıkarılan nükleer atıklarla ilgili bir rapora göre; Amerika'da saklanan radyoaktif atıkların yeraltında çürümesi için gereken zaman, 3 milyon yıldır. Bu,

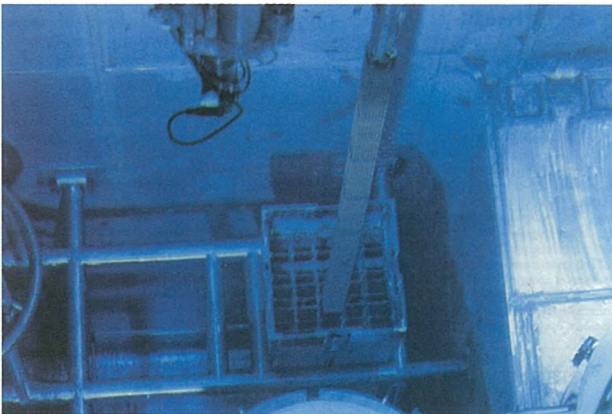
Kullanılmış bir ton PWR yakıtının yeniden işlenmesinden elde edilen yüksek seviyeli atığın radyoaktivitesinin düşüş grafiği



insan ömrü, hatta insanlık tarihi göz önüne alındığında çok uzun bir zamandır. 1976 Ekim'inde İngiliz Parlamentosunun "Flowers Raporu"nda denildiği gibi, "Bu gibi atıkların güvenilirliğinin düzenlenmesi göz önüne alındığında insan kendi deneyiminin ötesinde bir zaman dilimiyle karşılaşır."

Radyoaktif atıkların saklanması, teknolojik olduğu kadar politik problemleri de beraberinde getirmektedir. Hiç kimse yakınında bunların saklanmasını istemez. Bu korku anlaşılabilir, ama güvenli saklama yeri bulunana kadar da depoların bir yere yapılması gerekmektedir.

Göller ve akarsular güneş ile temasta olduklarında temizlenebilmekte ve kısa sürede yenilenebilmektedir. Ancak yeraltı sularında bu süreç oldukça yavaştır. Eğer bu kirlenme devam ederse 2020-2030 yıllarında dünyanın en pahalı sıvısı su olacaktır.



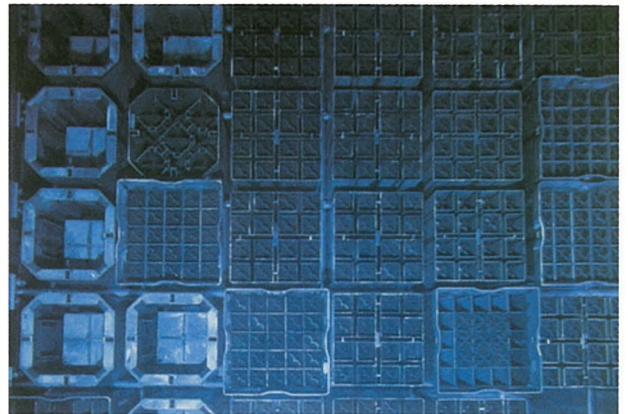
Yakıt çubuğunun varile sıkıştırılarak depolanması.

İdeal çalışan nükleer güç tesislerinden salınan çok az miktardaki radyoaktif gaz, havaya karıştığında oldukça hızlı ve etkili bir şekilde seyreltiğinden çevreye ve insanlara etkisi olmamaktadır. Zararsız hale getirilmiş radyoaktif atıkların depolanması sırasında meydana gelebilecek sızıntıların okyanusları, atmosferi ve yeraltını kirlenmeleri, seyreltme de dikkate alındığında, önemsenmeyecek miktardadır.

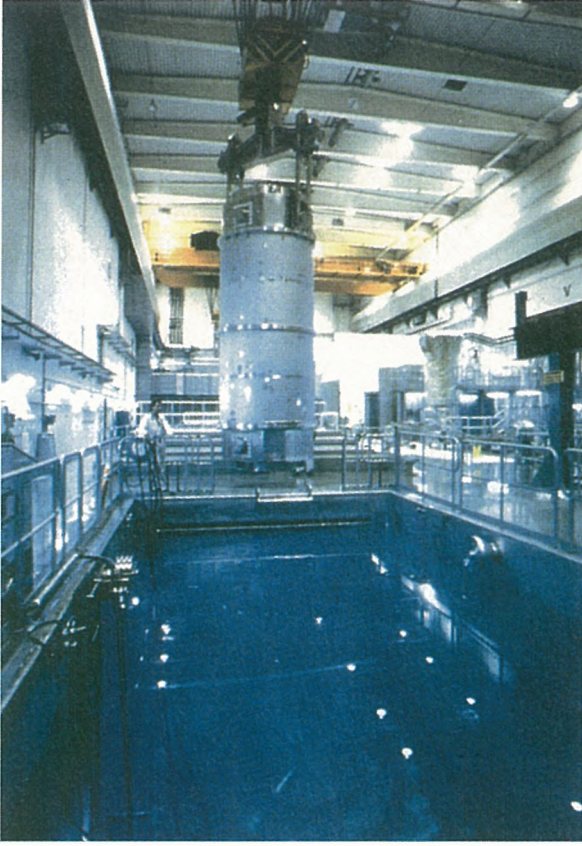
Radyoaktif atıklarda en önemli husus; radyoaktif maddelerin biyolojik organizmalarda yoğunluk kazanabilmeleridir. Örneğin DDT (tarım ilacı) su aracılığıyla balıklara, balıklardan da balık yiyen kuşlara geçinceye kadar milyon kere konsantre olur. Bundan dolayı radyoaktif atıkların zararsız hale getirilmesinde, radyoaktif maddelerin gıda zincirine geçmesini önleyecek tedbirlerin alınmasına önem verilmelidir.

Nükleer enerji santralleri, milyarlarca yıl yarı ömürlü uranyumu (²³⁵U) reaktörde kullanarak azaltırken; 700 milyon yıl yarı ömürlü ²³⁵U'ü, 24 bin yıl yarı ömürlü Pu (Plütonyum) ile 30 yıl yarı ömürlü Cs (sezyum) ile Sr (stronsiyum) gibi daha çok radyasyon yayan maddelere dönüştürürler (Radyoaktivite birim zamanda bozulan atom sayısıdır ve Bq (Becquerel) veya Ci (Curie) ile gösterilir. Radyoaktivite yarı ömür ile ters orantılıdır.

Yarı ömrü uzun olan radyoaktif atıkların yüksek oranlarda ortaya çıkması, bugünkü nükleer güç endüstrisinin en büyük problemidir. Önceleri, atıkların saklanmasıdaki güçlüklerin santral kurulmasını engelleyen bir etken olmadığı düşünülüyordu. Atık, bir şekilde yeniden işlenebilir, yakılabilir ya da başka bir çözüm bulunabilirdi. Maalesef radyoaktif atıkların saklanması güvenli yollarının bulunması ve çevredeki radyasyonun azaltılması, tahmin edilenden çok daha zordur.



Soğutma havuzunun yakından görünümü.



Soğutma Havuzu.

Kaç Türlü Radyoaktif Atık Vardır?

Radyoaktif atıklar birkaç farklı formda olabilir. Bunlar; radyoaktiviteye maruz kalan işçilerin kıyafetleri, radyoaktif çekirdek deneylerinden arta kalan hayvanların artıkları, soğutma suyu, kullanılmış yakıt çubukları, eski araçlar ve nükleer santralin parçaları, uranyum zenginleştirilmesinden arta kalan fabrika atıkları, hastane atıkları ve hatta kullanılmış duman dedektörleridir (radyoaktif Amerikyum ²⁴¹Am içeriyor).

Radyoaktif atıklar; içerdikleri radyoaktif izotop miktarlarına bağlı olarak iki ya da üç gruba ayrılırlar. Ayrıca verdikleri zararlara göre de sınıflandırılırlar: Düşük-Orta-Yüksek veya Düşük-Yüksek seviyeli radyoaktif atıklar.

Kısa yarı ömürlü yüksek yoğunluklu radyoizotoplarla, uzun yarı ömürlü düşük yoğunluklular, "düşük seviyeli radyoaktif atıklar" grubunda; bir yıldan daha uzun yarı ömürlü yüksek yoğunluklu radyoizotopları içerenler de "yüksek seviyeli atıklar" grubunda yer alır.

Yüksek seviyeli radyoaktif atıklar, nükleer reaktör teknolojisi atıklarıdır ve bunlar; sivil nükleer reaktörler, askeri nükleer reaktörler ve nükleer gemilerden meydana gelir. Tıp, endüstri, tarım ve araştırmalardan ar-

ta kalan radyoaktif atıklar, düşük seviyeli radyoaktif atıklardır ve zararsız hale getirilmeleri kolaydır. Bunların, gömülüp üstü kapatılır ve üzerlerine işletme kuru-
tur. Ama asıl sorun, yüksek seviyeli atıkların zararsız hale getirilmesi ve saklanmasıdır.

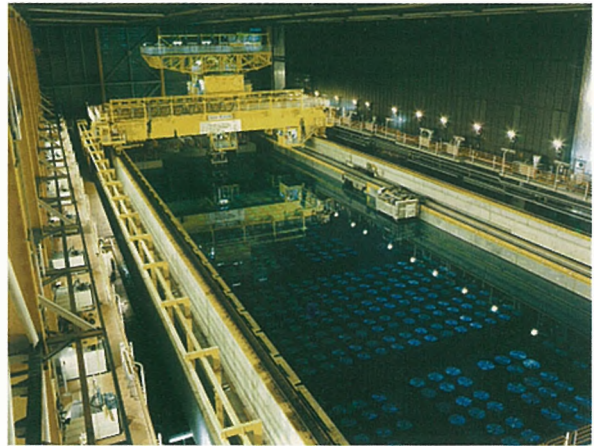
Atıklar Nerede Saklanır?

Soğutma havuzunda 40 yıla yakın bekletilen atıkların, uzun süreli olarak depolanmaları gerekir. Yüksek seviyeli atıkların uzun dönem saklanması için jeolojik olarak geçirimsiz duraylı depolar ve atık geçirmez kaplar gerekir. Paketleme; atığın hacmine, hangi izotopları içerdiğine, ne kadar radyoaktif olduğuna, izotoplarının yarı ömrüne ve ne kadar ısı ürettiğine göre olmalıdır.

Yüksek seviyeli atıkların paketlenmesinin bir yolu da camla eritme ve eriyik malzemeyi de kaplara koymaktır. Kaplar toprakta veya kaya içinde yakılabilir ve dolgu malzemesiyle, bariyer (engel) duvarı ile kaplanır. A.B.D.'de, 1990 yılında Enerji Bakanlığı Güney Carolina'daki üretim tesisinde yeni radyoaktif atıklarda test operasyonlarına başladı. Planlanan şey; radyoaktif malzemenin, dayanıklı cam içinde çeliğe enjekte edilmesiydi. Yüksek seviyeli atıkların iyileştirilmesi için başka bir teknik de; Tennessee'de Oak Ridge Ulusal Laboratuvarında, daha güvenli saklama için atığı eritme ve konsantre olması için mikrodalgaların kullanılması yoluyla test edilmesidir.

1940'dan 1960'a kadar radyoaktif atık tenekeleri çoğunlukla okyanusa atılıyordu.1970'de yani 10 yıl sonra EPA'nın bu tenekelerin yaklaşık dörtte birinin sızıntı yaptığını belirlemesiyle bu duruma son verilmiştir. Günümüzde atıkların uzun dönem okyanus altında saklanması için yeni yöntemler geliştirilmektedir.

Bir diğer atık saklama projesi ise atıkların kaya tu-



Soğutma Havuzu.



Varillerin şekillendirilmesi

zu formasyonlarının içinde yakılmasıdır. Doğal kaya tuzu formasyonları atık saklamak için ana jeolojik ortamlardır. Çünkü tuzun olması suyun olmadığını gösterir. Granit, sertleştirilmiş kül, bazalt, kil ve şeyl radyoaktif atık saklama için diğer uygun jeolojik formasyonlardır.

Nükleer Atık Saklama Teknikleri Hakkında Bazı Görüşler

Derin Jeolojik Saklama: 1950'lerden 1970'lere kadar Amerikalı bilim adamları yüksek seviyeli radyoaktif maddelerin reaktörlerde ve ülke içindeki diğer yerlerde saklanması amacıyla yönelik olarak araştırma yaptılar. 1980'lerin başında çevresel faktörler ve diğer çalışmalarını takiben hükümet, Enerji Bakanlığı'nı sadece derin jeolojik saklama seçeneğini çalışması için yönlendirdi (bu yöntem, atıkların derin jeolojik formasyonların içerisinde saklanmasıdır).

Jeolojik saklama günümüzde atık saklamanın en popüler çözümü haline gelmiştir. 1980'ler boyunca A.B.D. hükümeti bu proje için, 2 milyar dolardan fazla para yatırmıştır. Bu saklama yönteminde uygun kazı teknikleri kullanılarak atık depoları için derin tüneller yapılır. İzleme

ve örnekleme için de gerekli çalışmalar çok daha kolaylıkla yürütülebilir.

Çok Derin Deliklerde Saklama: Bilim adamları tarafından sunulan bir diğer seçenek ise atıkların çok derin deliklerde saklanmasıdır. Bu yöntemde yüksek seviyeli radyoaktif atık kapları yer yüzeyinden 10 bin metre aşağı yerleştirilmesi, bu derinliklerde radyasyonun teorik olarak izole edilmesi ve zamanla istenen seviyeye düşürülmesi planlanır.

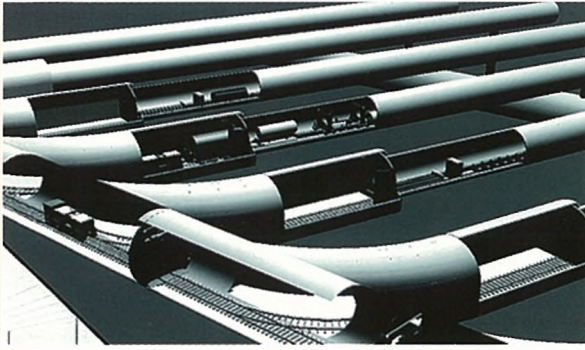
Radyoaktif atıklar derinlerde, yüzey sularının altında iken, onu çevreleyen kayanın, yüksek sıcaklık ve radyasyona maruz kaldığından yapısı değişebilir. Bilim adamları radyoaktif atığın bu gibi derin deliklerde, yüksek basınç ve sıcaklık altında nasıl davranacakları hakkında yeterli bilgiye henüz sahip değiller. Bu yüzden çok derin delik saklaması bir seçenek olarak reddedilmiştir.

Uzaya Göndermek: NASA ve Enerji Bakanlığı, uzaya saklamanın birkaç yöntemini de araştırmıştır. Olasılıklar atık kaplarının güneşe yollanması ya da Ay'ın üzerine bırakılmasıdır. Uzaya göndermenin, insanın atığı çevresinden anlık olarak uzakta tutma gibi bir cazibesi vardır. Fakat uzay saklamanın olumsuzlukları çok fazladır. Yükleme sırasında bir kaza olma olasılığı ya da radyoaktif atığın gönderilmesi sırasında düşünülen bu potansiyel, kabul edilemez bir seçenek olarak karşımıza çıkar. Ayrıca uzay saklaması, pratikten çok uzak görünmektedir. Çünkü bu işlem çok fazla maliyet gerektirir. Ayrıca böyle bir programın gelişmesi için de uluslararası anlaşmaların kurulması oldukça zordur.

Buzullarda Saklama: Bilim adamları radyoaktif atıkların kutup buzullarında yakılması için de araştırma yapmıştır. Kutup bölgelerindeki popülasyonun azlığı ile kutup buzulunun durağanlığı ve kalınlığı (binlerce metre) bu seçeneğin avantajlarıdır.

Bu seçeneğin bir sakıncası ise saklama veya alma işlemlerinin kesin olmamasıdır. Bir diğeri gelecek iklimlerin potansiyel etkilerinin kutup buzullarının durağanlığını ve kütle büyüklüğünü değiştirebilecek olmasıdır. Eğer küresel iklim kutup erimesini artırırsa radyoaktif atıklar çevreye yayılabilir. Ayrıca bu yöntem oldukça pahalı bulunmuş ve 1959 yılında imzalanan Antarktika Antlaşması'na göre de burada radyoaktif atıkların saklanması yasaklanmıştır.

Kaya Eritme Saklaması: Bir diğer saklama seçeneği de kaya eritmesidir. Bu işlem, kullanılmış nükleer yakıtın yeniden işlenmesiyle oluşturulan sıvı atığın derin yeraltı deliği veya yeraltı çukuruna (yeryüzünden 2000 metre aşağı



Atık Saklama Deposunun yeraltı yapıları ve işlemlerinin model resmi

ği) gönderilmesini içerir. Çevreleyen kaya teorik olarak radyoaktif atığın çürüğü'nün ısısından dolayı eriyecektir. Eriyik, bin yıl sonra katılaşacak ve atık yeryüzünden derine kayacaktır.

Bu seçenek de reddedilmiştir. Çünkü Enerji Bakanlığı'ndaki bilim adamları Nevada test yerinde bu şekilde radyoaktif malzeme saklamanın çevreye radyoaktif malzeme sızıntısı olabileceğini açıklamışlardır. Kaya eritme seçeneğini yasaklayan diğer sebepler katılaşma işleminin çok uzun süre gerektirmesi ve izlemenin zorlukları ve gerektiğinde saklanmış maddenin geriye alınmasının zorluğudur.

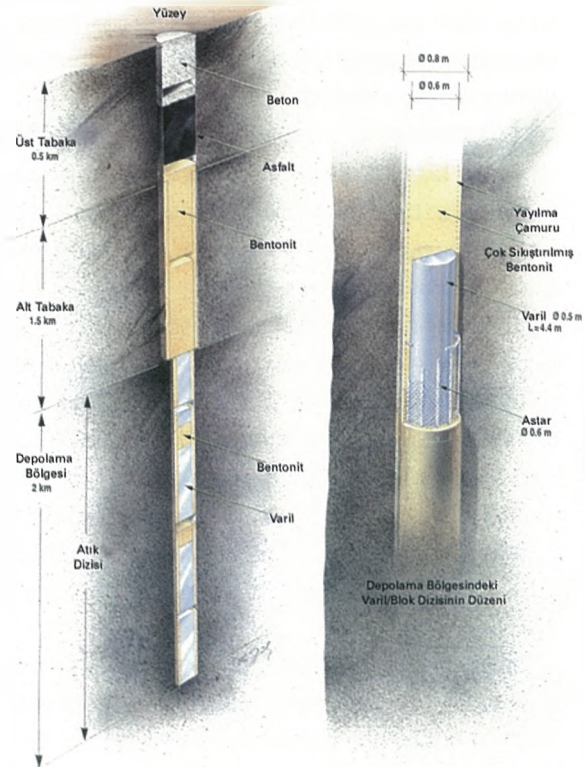
Adalarda Saklama: Bilim adamları uzak adaların

altında, derinlerde, radyoaktif atığın yakılmasını da araştırmışlardır. Adalar değerli kaynaklar içermemeleleri ve kıtalardan çok uzakta olmaları nedeniyle potansiyel aday olarak kabul edilebilirler.

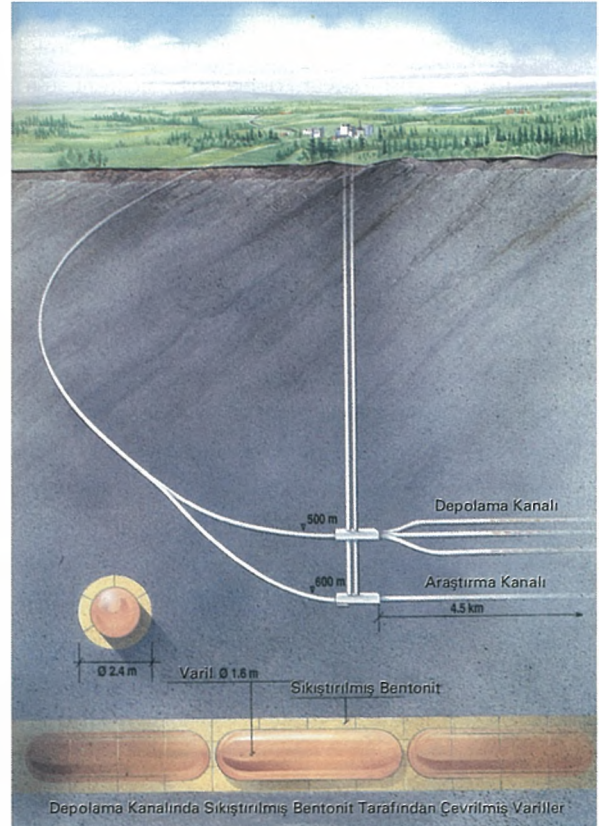
Ancak adaların jeolojik saklama yeri olarak kullanılmamasının nedeni; okyanus taşımacılığına getireceği risklerdir. Birçok ada depremler etkisinde ve volkanik aktiviteye sahiptir. Bazı adalar öyle bir jeolojik yapıya sahiplerdir ki tatlı su gibi deniz suyunu da içerirler. Özellikle tuzlu su atık kabının aşınmasına yol açarak radyoaktif parçaların çevreye yayılmasına sebep olur. Yakın ülkelerin reddetmesi de ayrı bir problem oluşturabilir.

Derin Enjeksiyon Saklaması: Bu seçenek, sıkıştırılmış yüksek seviyeli radyoaktif sıvı atıkların, bin metre derinliğe pompalanmasıdır. Atık; teorik olarak geçirimsiz kaya formasyonlarından sızarak geçirimsiz bir kaya tabakası tarafından korunacaktır. Şeyl tarafından kaplanan kumtaşı, derin enjeksiyon saklaması için iyi bir seçenek olarak sunuluyor (Burada kumtaşı atık için rezervuar, şeyl ise geçirimsizliği sağlayan formasyondur).

Bu seçeneğin dezavantajı, atığın enjeksiyondan önce mekanik veya kimyasal olarak işlenmeye ge-



Derin saklama deposunun VDH düzeni (Very Deep Holes)



Derin saklama deposunun VLH düzeni (Very Long Holes)

Kaya Formasyonu	Laboratuvar Adı	Ülke	
Tuz	Yatak	Salt Vault (Kansas)	ABD
	Dom	Avery Island (Louisiana)	ABD
	Dom	Asse	Almanya
Kristalen Kaya	Yatak	WIPP /New Mexico)	ABD
	Dom	Hope	Almanya
	Granit	Strippa	İsveç
	Granit	Grimsel	İsviçre
	Granit	Edgar Mine (Colorado)	ABD
	Granit	Tono Mine	Japonya
	Granit	URL	Manitoba
	Granit	Climax Mine (Nevada)	ABD
	Granit	Faney Augeres	Fransa
	Granit	Hard Rock Laboratory	İsveç
Killi Kaya	Granit	Akenobe Mine	Japonya
	Granit	NSTF (Washington)	ABD
	Bazalt	G-Tunnel (Nevada)	ABD
	Plastik Kil	Mol	Belçika
	Kil-Marn	Pasquasia	İtalya

Geçmişteki ve şimdiki ana yeraltı araştırma laboratuvarları

rekisim duymasıdır. Diğer bir olumsuzluk da sıvı atığın rezervuar formasyonu dışına sızma olasılığıdır. Bu, atığın çevreye yayılma ihtimalini de artırır.

Dönüştürme(Transmutasyon): Bir radyoaktif atık işleme yöntemidir.Yüksek seviyeli radyoaktif bir atığın, uzun ömürlü radyoaktif çekirdeklerinin kısa ömürlü olanlarına çevrilerek miktarının azaltılması olarak bilinir.

Transmutasyonun dezavantajı, yakıt üretimi masraflarının artması ve kısa süreli radyasyon tehlikesinin beraberinde getirme olasılığıdır. Ayrıca, kullanılmış nükleer yakıtın yeniden işlenmesi ekonomik değildir.

Yucca Dağı

Dünyanın çeşitli yerlerinden uzmanlar, yüksek dereceli atıklar için en güvenli yolun, onları yeraltında saklamak olduğuna karar vermişlerdir. Bu düşünceye dayanarak A.B.D. hükümeti, 1982'de Enerji Bakanlığı'na uygun bir yer bulup bunu düzenlemesi için yetki vermiştir. Bu yetkiye dayanarak 1983'den itibaren arazi araştırması başlamıştır. İlk başta depolama için uygun yer sayısı 9'du. 1987'ye kadar bu sayı 1'e indi: Yucca dağı. Yucca Dağı, Las Vegas'ın 160 km kuzeydoğusunda bulunmaktadır. 2010 yılında Yucca Dağı depolama çalışmalarının başlaması için 15 milyar dolara yakın harcama beklenmektedir.

Birçok bilim adamı Yucca Dağı'nın nükleer atık depolamak için uygun bir yer olduğunu düşünüyor. Uygunluk; buradaki kayaların atıkları binlerce yıl izole edebilecek bir yapıya sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Öyle ki radyoaktif madde, işlenmemiş uranyum yatağıyla aynı veya daha az risk taşır. Yucca Dağı'nın atık sak-

lama için uygun bir yer olmasının diğer nedenleri şöyle sıralanabilir: En yakın yerleşim alanından 100 mil uzaklıkta olması, oldukça kuru bir iklime sahip olması (yılda 15mm'den daha az yağmur alıyor), su tablasının çok derinde olması (yer yüzünden derinlik: 240-300 metre).

Kayaların özellikleri ve su tablasının derinde olması birçok bilim adamının bu yerin atık saklama için uygun olduğunu düşünmelerine sebep olmuştur.

Ancak, atıkların hala yeraltı suyuna karışabilirliği tartışma konusudur. Eğer Enerji Bakanlığı buraya bir depo yaparsa yerin 200-425 metre altında ve su tablasının 175-365 metre üstünde olacaktır.

Arka Bahçemizi Koruyalım

Kimse arka bahçesine atık atılmasını ya da yerüstüne, akarsulara ve denizlere atılmasını ya da havaya serbest bırakılmasını istemez!.. Fakat atık zararsızlaştırılarak dünyanın derinliklerinde depolanıp izole edilebilirse durum değişir. Farklı jeolojik formasyonlara sahip yeraltı laboratuvarları konusunda çalışan 10 ülke var; Belçika, Kanada, İtalya, Japonya, Almanya bunlardan birkaçı.

OECD için (Uluslararası Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı), Nükleer Enerji Ajansı (NEA) tarafından radyoaktif atıkların jeolojik saklanmasıyla ilgili bir rapor hazırlandı. Hazırlanan rapor 1998'de 17 ülkedeki gelişmelere göre yenilendi (Ülkeler arasında Kanada, Fransa, Almanya, Finlandiya, Japonya, İsveç, İsviçre ve İngiltere de var). Ayrıca IAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı) tarafından yapılmakta olan bir araştırma da, atık araştırma teknikleri programı ve kurumun şu anda yürüttüğü çalışmalar, radyoaktif atık işleme profilleri ve üye ülkelerin raporlanmış bilgilerine dayanıyor. Kurumun atık işleme veri tabanı, ulusal programlar ve Monaco'daki Deniz Çevre Laboratuvarı'nın denizlerde radyoaktivite izleme projesi hakkında detaylı bilgiler sunmaktadır.

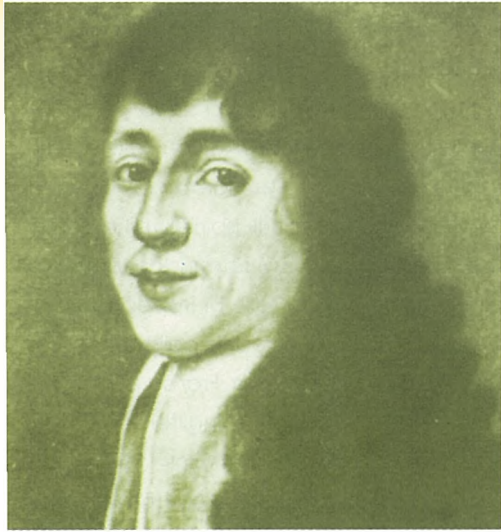
Radyoaktif atıklarla mücadelede; atıkların işlenmesi, depolanması ve benzeri konularda uluslararası işbirliği kaçınılmazdır. Nükleer atıklar konusunda özellikle gelişmiş ülkelerin kayıtsızlığı devam ettiği sürece, canlılar için en temel gereksinimler olan hava ve suyun tamamen kirlenmesi çok uzak bir olay değildir.

Kaynaklar

- Deyley, M. J., 1997. Nuclear Power\Promise or Peril? Minneapolis: Lerner Publications Company.
- Galperin, A. L., 1992. Nuclear Energy Nuclear Waste. Newyork, Philadelphia: Chelsea Publishers.

Malta Beşiği

*Kuş sürülerinin uçtuğu İtalya ovalarının üzerinde bir zamanlar
balık sürüleri dolaşıyordu.
Leonardo Da Vinci*



Nicolaus Steno

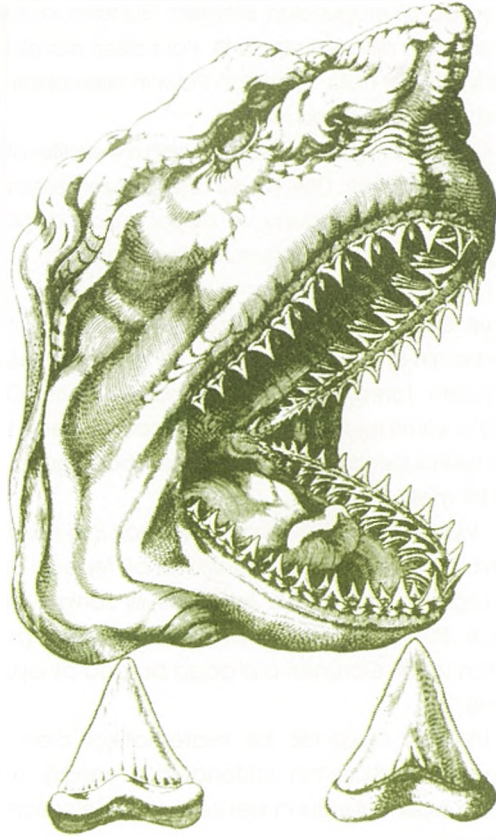
*İtalya'da yakalanan bir köpek
balığı, bir Prens ve bir doktorun
karşılaşması tarihsel jeoloji için
çok önemli bir adımın
atılmasını sağladı.*

Çeviri: Jülide Yapmış
ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü
julide@metu.edu.tr

1666 sonbaharında Ligurian Denizi'nde avlanan birkaç balıkçı büyük bir beyaz köpek balığı yakalayarak Leghorn yakınlarında karaya sürüklediler. Bugün olduğu gibi o zaman da insan için en tehlikeli deniz canlısı olarak görüldüğü için, bir köpek balığının karaya çıkarılması unutulmaz bir olaydı. Söylentiler Floransa'da ki Medici Sarayına kadar ulaştı. Grand Dük II. Ferdinand'ın emriyle köpek balığının kafası kesildi ve incelenmek üzere adını Nicolaus Stenonius olarak latinleştiren (şimdi genellikle Steno olarak İngilizleştirilmiştir), 29 yaşında Danimarkalı bir tıp doktoru olan Nils Stensen'e gönderildi. Sıradışı bir balık, sıradışı bir prens ve sıradışı bir tıp doktorunun yollarının kesişmesine uzanan olaylar zinciri, ilk jeolojik bilimsel eserin yayınlanmasıyla ve tarihsel jeolojinin üç temel ilkesinin oluşturulmasıyla sonuçlandı. Bu garip karşılaşmanın 3 karakteri ile ilgili kısa açıklamalar yapalım:

Carcharodon carcharias, zoologlarca bilinen 250 köpek balığı türü arasında 9 insan-yiyiciden biridir. Yetişkin türleri ortalama 18 ft uzunluğundadır, ancak bunun iki katı uzunluğunda olan bireyleri de görülmüştür. İnsanların ya da teknelerin yakınlarında nasıl davranacakları belli değildir. Bu balıkların korkuyla dalgıçlardan kaçtığına, balıkçı teknelerine tekrar tekrar bindirerek zarar verdiğine ve nadiren yüzücülere karşı vahşi ve ölümcül saldırılar düzenlediğine dair aynı derecede güvenilir kayıtlar bulunmaktadır. Günümüzde yaygın olmamasına karşın, beyaz köpek balıkları her iki yarım kürede ılıman denizlere dağılmış durumdadır. Elindeki örneği inceleyen Steno balığın 14 ft uzunluğunda ve 1 ton ağırlığında olabileceği kanısına vardı.

II. Ferdinand 1628'de Tuscany'nin yönetimini devraldığına 18 yaşındaydı. Medici ailesinin servet ve siyasi etkinlikleri daha 1620'de babasının ölümünden önce azalmaya başlamıştı. II. Ferdinand'ın yarım yüzyıllık yönetimi boyunca da devam etti. Reşit olmadığı yıllarda devlet II. Cosima'nın (1590-1620) vasiyetnamesi gereğince annesi ve büyükannesi tarafından yönetildi. Bu vasiyetna-



Güncel bir köpekbalığı başı ve dişleri

meye rağmen, evin hazinesi çarçur edilmiş ve kral naibleri Papaya karşı itaatkar bir davranışı benimsemişlerdi. Sarayda bu ruhani etkinin egemen olmasına rağmen, Ferdinand'ın annesi Grand Düşes Maria Maddalena her iki oğlunu da fizik eğitimi almak üzere Galileo'nin yanına gönderdi.

Ferdinand, idari yeteneğinden çok cömertliği, barışseverliği, sanat ve bilim severliği ile hatırlanır. Bilimsel bir çok başarı elde etti. Ayrıca kardeşi Leopold tarafından 1657'de kurulan Accademia del Cimento'nun çalışmalarına destek verdi. On yıldan fazla bir süre sonunda, "Academy of Experiment" üyeleri atmosferin nemini ve sıcaklığını ölçen yeni güvenilir bir alet geliştirdiler. Grand Dük'ün kendisi, suni olarak soğutulan bir yüzeyde oluşan çiğne bağlı olarak havanın nemini ölçen bir alet icat etti. Ayrıca tüp termometrelerin barometrik basınç değişmelerine karşı gösterdikleri hassasiyeti, kısmen sıvıyla dolu tüpün üst ucunu dış etkenlerden etkilenmeyecek şekilde kapatarak ortadan kaldırmayı başardı.

Ferdinand'ın bilimin yayılmasına gösterdiği bu yoğun ilgi, belki de Steno'nun Floransa'daki bilimsel ortama girmesini sağlamıştır. 1667'de Steno'ya aylık bağlanmış ve Palazzo Vecchio'da bir oda tahsis edilmiştir.

Steno 1638'de Kopenhag'da doğdu. Babası, Sten Pedersen, vaiz bir aileden gelmesine rağmen, meslek olarak kuyumculuğu seçti. Büyük ihtimalle Pedersen işinde başca-

rılıydı, zira Danimarka Kralı IV. Christian ve III. Frederick'in saraylarına mücevheri onun sağladığı söylenirdi.

Steno bir Latin okulunda eğitim aldıktan sonra, 1656'da Kopenhag Üniversitesi'ne kabul edildi. Orada lenf sistemi üzerine ilk çalışmaları yapmasıyla ünlü anatomi profesörü Thomas Bartholin'le (1616-1680) çalıştı. 3 yıllık bir çalışma sonunda eğitim amacıyla Hollanda'ya gitti. Amsterdam'da kaldığı ilk yıllarda tükürük bezi boşaltım kanallarını keşfetti. Anatomi ders kitapları, hala bu kanallardan Steno'nun kanalları olarak bahseder.

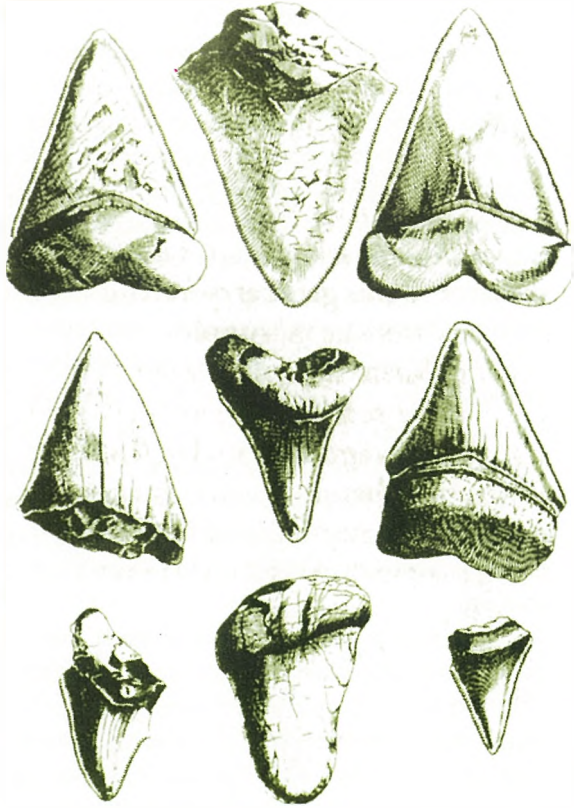
Steno Amsterdam Üniversitesi'nde öğrenciyken termal kaynaklar, mineral içerikleri ve ısı kaynakları konusunda bir yayın yaptı. Bu konuya ilgisi büyük ihtimalle kaynaklardaki suyun tıbbi değerinden kaynaklanmaktaydı. Ancak ilk yayını jeolojik bir konuda yapması dikkat çekicidir. Anatomi ve tıp eğitimine, 2 yıl boyunca salgı bezleri konusunu çalıştığı Leiden Üniversitesi'nde devam etti.

Steno Paris'e geçerek Melchisedech Thevenot önderliğinde çalışmalarına devam eden araştırma yanlısı bir gruba katıldı. Fransız bilim akademilerinden birinin kurucusu olan Thevenot, hekim olmasının yanında Doğu dilleri uzmanı, mucit ve bibliyografı. 1684'den sonra Royal Kütüphanesi'nde çalıştı. 1665'de Steno, Thevenot grubu için beynin anatomisi hakkında bir konferans hazırladı. Bu ünlü çalışma hala basılmaktadır.

1665'te Eylül ortalarında Steno Paris'ten ayrıldı ve İtalya'ya gitti. Onu 1500 milden fazla süren bu yorucu yolculuğa neyin ittiği bilinmemektedir. Bazıları Galileo'nin Floransa'daki öğrencileri ile tanışmak istemiş olabileceğini ileri sürmektedir. Fakat ertesi yılın Mart sonu ya da Nisan başında Medici Sarayı'nın kışı geçirdiği Piza'ya ulaştı. Burada II. Ferdinand ile dostluğu başladı.

Steno köpek balığının başını aldığı anda, kasların geometrisi konusunda uzun bir raporun yayınlanması ile ilgili hazırlıklarına devam ediyordu. 1667'de köpek balığı hakkındaki raporu bu uzun çalışmada 'Bir köpek balığı kafasının ayrıntılı incelemesi' başlığıyla ek olarak sunmuştu. Burada bilimsel bir belgenin öneminin uzunluğuyla ölçülemeyeceğini hatırlatıyoruz. Steno'nun kas geometrisi, matematiğin biyolojiye nasıl yanlış uygulanabileceğinin muazzam bir örneği olarak anılmaktadır fakat ekte sunulanlar jeolojik bir klasiktir. Bu bölümün değeri bir örneğin tarifinden kaynaklanmamaktadır. Değeri eski çağlarda glossopetrae ya da diltaşı olarak adlandırılan bir takım garip nesnelerin kökeni hakkında ileri sürülen iddialarda yatar.

Glossopetrae yükseklikleri 4 inç ya da daha fazla olan, yanak görünüşleri eşkenar üçgeni animsatan yassı nesnelere. Kalınlaşmış başlangıçları testere köşeli kenarları boyunca uçlara doğru sivrilmekte ya da dar bir şekilde yuvarlanmaktadır. Yüzeyler genellikle minelenmiş



Glossopetrae (Mercati'den alınmıştır).

ve parlak, renkleri açık griden neredeyse siyaha değişmektedir. Yukarıda anlatılanlardan da anlaşılacağı gibi konkav kenarlar taşta dönüşen bir dile müthiş bir benzerlik gösterirler. Dilttaşları kayaya gömülü ya da kaya yüzeylerinde bulunurlar. Bu etkileyici nesnelere doğaya meraklı herhangi birinin ilgisini kolayca çeker.

Glossopetrae dünyanın çeşitli bölgelerinde bulunmaktadır. Bunlardan biri olan Malta Adaları paleontolojide önemli bir role sahiptir. 17. yüzyılın başlarında örnekler Malta'dan Avrupa'daki koleksiyonculara ve müzelere dağıtılmaktaydı. Steno Malta dilttaşlarını muhtemelen, öğrenci olduğu yıllarda Kopenhag Üniversitesi'nin koleksiyonunda görmüş olmalı. Profesör Bartholin Malta'yı ziyaret etmiş ama bu tuhaf taşların kökeni hakkında bir karara varamamıştı.

Dilttaşları ile ilgili ilk bilgiler Pliny'nin son kitabı *Doğanın Tarihi*'nde bulunmaktadır. Pliny bu taşların cennetten geldiğine inanmaktaydı.

Dilttaşlarının kökenine ilişkin Malta'da iki efsane anlatılmaktadır. M.Ö. 59'da Havarî Paul adayı ziyareti sırasında şimdi kendi adını taşıyan körfezde bir kaza geçirir ve bir engerek tarafından ısırılır. Havarî Paul yerillerin şaşkın bakışları arasında hiçbir şey olmadan kalkar ve adanın bütün yılanlarını lanetler. Bu lanetlenme sonucu yılanların zehirleri kaybolur ve dişleri dilttaşına dönüşür. Başka bir efsane dil benzeri bu taşların yılanların dışından değil Havarî'nin mucizesi sonu-

cu yerde oluştuğundan sözeder. Bundan dolayı bu taşlar Malta dilttaşları ya da St. Paul dilleri olarak bilinir. Bazı Maltalılar hala "İlsien San Pawl"ın hastalıkları iyileştirme gücü olduğuna inanır.

Kimileri dilttaşlarının yerde oluşan mineraller olduğu düşüncesindeydi. Dile ya da diş benzemelerinin sadece tesadüf olduğunu ve doğal ya da doğa üstü güçlerin etkisiyle oluştuğunu iddia ediyorlardı.

Lusus naturae (doğanın sporu) deyimi 17. yüzyılda ve öncesinde fosiller için kullanılırdı. Ekim 1663'te Londra'nın aristoklarından olan ve ziraat üzerine yazılar yazan James Long, devlet bakanı Henry Oldenburg'a kumtaşına gömülü salyangoz ve deniz tarağı kabuğuna benzeyen bazı nesnelere bulunduğunu anlatan bir mektup yazdı.

"*Vidataşlarının bir kısmını çıkarmak için kazdım ve kumlu taş buldum... Kara içlerinde bir tepede olmasına rağmen çeşitli balık kabuklarıyla sarılmış durumdaydı. Bu vidalar arasında midye ve salyangoz kabukları vardı. Görünen o ki doğa burada bir oyun oynamış.*"

1668'de Liege'de bir matematikçi olan Rene François de Sluse'nin Oldenburg'a yazdığı mektubunda balık kabuğuna benzeyen nesnelere tarif edilmektedir.

"*Geçenlerde bazı taşlar getirildi, her iki yanından çizilen görünümünü mektuba ilişirdim... Bana söylendiğine göre 5 mil uzaklıkta bir tepeden kazılarak çıkarılmışlar... Bu küçük canlıların denizden bu kadar uzakta taşlaşmış bir halde bulunmaları oldukça garip. Bu ancak doğanın bir oyunu olarak düşünülebilir.*"

Ligurian Denizi'nde yakalanan köpek balığının dişlerini incelediğinde, Malta'da ki en büyük glossopetraenin yarı uzunluğunda olmasına rağmen, bunların dilttaşlarına olan büyük benzerliği Steno'nun dikkatini çekti. Köpek balığı başının ayrıntılı incelemesinin anlatıldığı ek yazıda dilttaşlarının yerde değil, köpekbalığının kafasında oluştuğu iddiasını ileri sürdü. Ancak bu iddia, dişlerin balığın kafasından içinde bulunduğu kayaca nasıl geçtiği sorusunu ortaya çıkardı. Ya da daha genel bir ifadeyle bir katı nesne diğer bir katı nesne içine nasıl girdi?

Steno dilttaşları gibi nesnelere denizel hayvanlara olan benzerliğini düşünerek, tezine söylentilerden değil gözlemlerinden yola çıkarak başladı. Bunlar sert kayalar içinde olduğu gibi gevşek kayalarda da bulunuyordu. Bu kayalar genelde tabakalıydı. Killerde ise bu nesnelere yüze yakın bulunuyordu. Kayalık zemindekiler kayanın bir parçasıymış gibi görünüyordu. Sert ya da gevşek kayalardan alınsalar da sadece birbirlerine benzemekle kalmayıp anımsattıkları hayvanlara da büyük benzerlik gösteriyorlardı. Deni-

zel hayvanların kabuklarına benzeyen bu nesnelere yaşayan benzerleri ile aynı sırt yapısına, tabakalı iç yapıya ve sarınım yapısına sahiptiler. Kimisi bütün olarak, kimisi parçalanmıştı. Kırılmış midye ve deniz tarağı kabukları ya da deforme olmuş istiridye kabukları birarada bulunuyordu. Çok sayıda değişik boyutta diltaşları aynı matriksde yığın halindeydiler. Steno bu gözlemlere dayanarak söz konusu nesnelere sadece benzer değil, organizmaların kalıntısı olabileceğine ilişkin 6 varsayım geliştirdi.

Steno, varsayımlarına bu nesnelere yerde oluştuğu iddiasını eleştirerek başladı. "Günümüzde kalıntıların bulunduğu zeminlerde bu nesnelere oluşmuyor" diye yazar Steno notlarında. Gerçekten, kil gibi yumuşak zeminlerde nesnelere zamanla yok olmaktadır. Yüzeyle artıyormuş gibi gözükmesinin sebebi ise yağmurun matriksi temizlemesiydi. Bu nesnelere sert zeminlerde (örneğin kireçtaşı) kayalar boyunca, aynı sıklıkta ve her yandan kayalarla çevrelenmiş halde bulunuyorlardı. Eğer bu nesnelere oldukları yerde oluşuyorlarsa kayalarda deformasyon gözlenmeliydi.

Steno bazı nesnelere yerde yetişebileceğini kabul etmektedir. Örneğin ağaç kökleri kayalarda bulunan kırıklar ya da çatlaklar boyunca büyüyordu. Fakat boşluklar boyunca ilerledikleri için yumuşak toprakta olduğundan farklı bir kök sistemi geliştiriyorlardı. Halbuki, söz konusu nesnelere hem sert hem gevşek zeminde aynı şekilde sahipti. Bu da bu nesnelere oluşurken matriksin katı olmadığını bir kanıtıydı.

Steno denizel organizmalara benzeyen nesnelere içeren matriksin, karanın su altında kaldığı dönemlerde yavaş yavaş depolanan çökellerden ibaret olduğuna kimsenin itiraz etmeyeceğini söyler. Karanın sular altında

kalmasının, ya deniz seviyesinin yükselmesi ya da karanın alçalması nedeniyle olabileceğini düşünüyordu. Örneğin Tacitus'un tarif ettiği Küçük Asya'da ki gibi büyük bir deprem sonucu, karada ani seviye değişiklikleri meydana gelebilirdi. Kutsal Kitap'a göre yaratılışın başlangıcında ve büyük sel sırasında herşey sular altındaydı.

Steno matriksin suda asılı duran tortulardan meydana geldiğini söylemenin sorun yaratmayacağını iddia eder. Deneyimlerden kum ve kil tanelerinin hızlı akan suda ya da şiddetli rüzgarda kolayca karıştığı biliniyordu. Bu nesnelere içeren kayalarda görülen tabakalaşma, matriksin sudaki tortulların çökmesi sonucu oluştuğunun iyi bir kanıtıydı.

Denizel organizma kalıntıları bu çökelere nasıl gömülüyordu? Steno mağaraların suyla kaplı tabanlarında bu sürecin devam ettiğini gözlemledi. Durgun sudaki tortullar zamanla ölü organizmaların üzerini örtmekteydi. Tabanda yaşayan canlılar üremeyi sürdürmekte ve ölümlerinde yine tortullar tarafından örtülmekteydi.

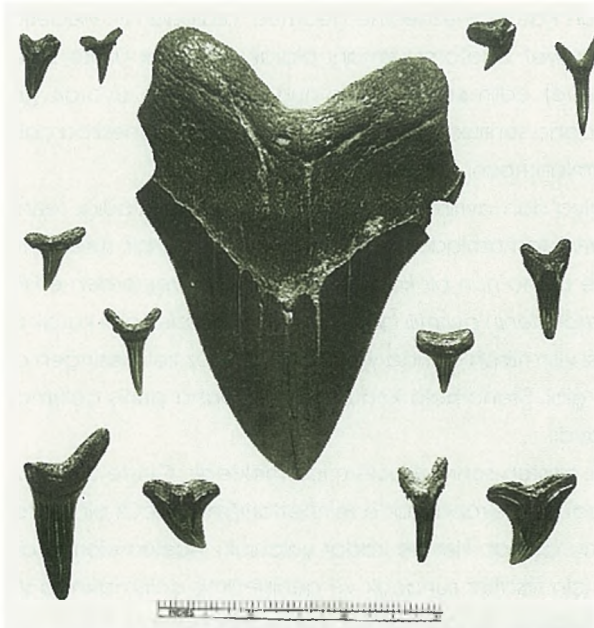
Fosillerin mineral kompozisyonu yaşayan benzerlerinin mineral kompozisyonundan farklı olabiliyordu. Çözünmüş ya da toz halinde asılı duran maddeler berrak suda bile vardı. Bu maddeler yeraltı suyu sayesinde organizma kalıntılarının mineral yapısını değiştirebilirdi.

Steno'nun diltaşlarının aslında köpek balığı dişi olduğu savı böylece kanıtlanıyordu. "Düşüncelerimin gerçeklere dayandığını söylerken, aksi görüşlerin yanlış olduğunu iddia etmiyorum... Doğa çeşitli yollarla aynı sona ulaşmaktadır." Acaba Steno bu yadsımayı, yazısının basılmasına kilisenin onay vermesi için mi yapmıştı? Bunu sağlamak için büyük sel felaketini anlatan Kutsal Kitap'a başvurmuş muydu? Yoksa yerin tarihi konusunda biri Kutsal Kitap'a dayanan ve kilisenin korumasında olan, diğeri kendisinin kayalar ve fosiller konusunda ki incelemelerine dayanan iki farklı görüşü uzlaştırmayı mı umut ediyordu? Bu soruların yanıtlarını hiçbir zaman bilemeyeceğiz ama ne olursa olsun sansürcüler bu çalışmanın Katolik mezhebinin temel prensiplerine karşı gelecek hiçbir görüş içermediğine karar verdiler ve 1667'de çalışma basıldı. Steno hipotezini şöyle bitirir.

"Eğer tarihsel verilere inanacak olursak, denizde yeni adalar ortaya çıkacaktır. Malta Beşiği'nin bir zamanlar nerde olduğunu kim bilebilir? Şüphesiz önceden burası deniz altındayken köpek balıklarının uğrak yeriydi. Ölen köpek balıklarının dişleri zamanla deniz tabanına gömüldü. Sonra ani yer altı olayları yüzünden deniz seviyesi değişince bu dişler adanın ortasında kaldı."

Kaynaklar

Albritton, C. C., 1980. The Abyss of Time. Changing Conceptions of the Earth's Antiquity after the Sixteenth Century. Freeman, Cooper and Company, 251s.



Güncel köpekbalığı dişleri.

Katı İçinde Katı

*Maddenin olduğu yerde geometri vardır.
Johannes Kepler*

Steno, kasların geometrisi konusunda yaptığı çalışmayı tamamladıktan sonra çalışma alanını daha da genişletti. Anatomik incelemelerine devam etmesine rağmen ilgisini daha çok mineraller, kayalar, fosillerin özellikleri ve kökenleri çekiyordu. 1667 ve 1668'de Tuscan'yı, İtalya'nın ortalarında yer alan dağları ve Elba adasının batısını kapsayan bir jeolojik gezi yaptı. Kuvars ve diğer bazı minerallerden, civa ve gümüş cevherlerinden, volkanik ve tortul kaya örneklerinden, fosilleşmiş midye ve salyangozlardan oluşan bir koleksiyon hazırladı. Koleksiyonu yalnızca doğa merakından kaynaklanmıyordu. Aslında, Tuscan'yı ve yakın çevresini referans olarak gösterdiği, bugün tarihsel jeolojinin ilkeleri olarak adlandırdığımız önemli bir çalışmayı planlıyordu. Ancak Steno'nun Katolik mezhebine geçmesi, ardından III. Frederick tarafından kralliyet anatomisi uzmanı olarak çalışmak üzere Danimarka'ya davet edilmesi ve Steno'nun bu davete uyararak geri dönmesi ve daha sonraları da kendisini iyice dine vermesi bu çalışmanın tamamlanmasını engelledi.

Steno İtalya'dan ayrılmadan önce yazmayı planladığı tezinin uzun bir özetini tamamladı. Elyazması 2 aydan az bir sürede tamamlandı ve *Steno'nun bir katı içindeki doğal süreçlerden etkilenen katı bir maddenin ayrıntılı incelemesinin ön sözleri* gibi karışık bir başlıkla ertesi yılın Nisan ayında yayınlandı. Önsöz kelimesinden de anlaşılacağı gibi, Steno hala konu üzerinde daha geniş çalışmayı planlamaktaydı.

Önsöz bir girişten sonra 4 bölüm içermektedir. Girişte Steno bu çalışmanın patronu Grand Dük'e minnettarlığının küçük bir göstergesi olduğunu açıklar. Her ne kadar yolculuk, incelemelerine devam etmesi için fırsatlar sunacak ve genişletilmiş çalışmasında yer vermeyi düşündüğü *"Tuscan dili"* incelemesini geliştirme imkanı ve

Steno'nun doğayı gözlemleyerek ortaya attığı ilkeler jeoloji tarihinde yeni bir dönemin başlamasına neden oldu.

Çeviri: Jülide Yapmış
ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü
julide@metu.edu.tr

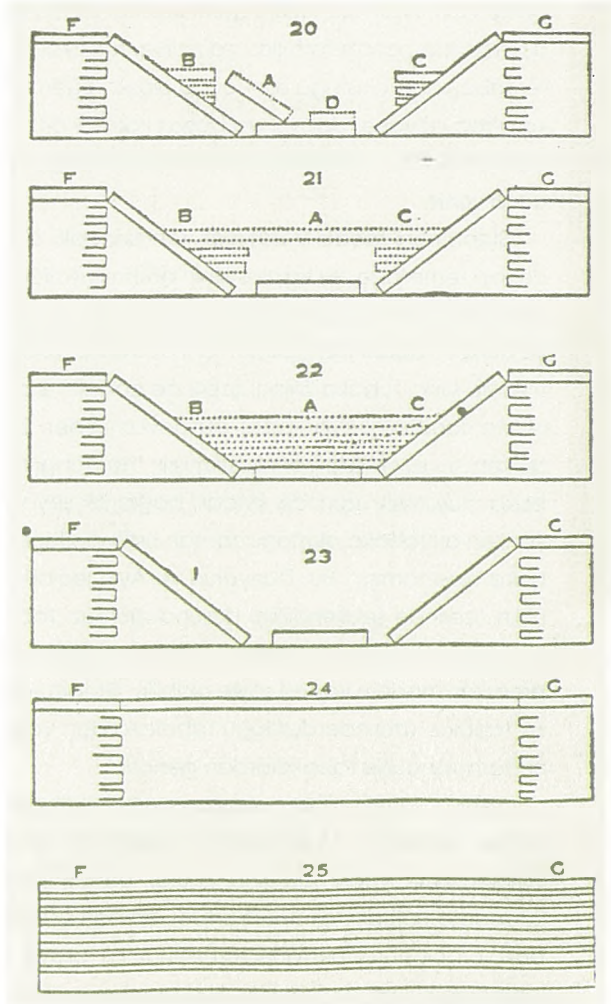
recek olsa da Steno çalışmasını yazmayı erteleyeceği için Floransa'dan ayrılacağına üzülmemektedir. Bu arada, Latince özetin Steno'nun gözlemlerinin ve sonuçlarının tam bir açıklaması olduğu zannedilmemelidir.

Steno, tarihsel ve felsefi bilgi birikimini geliştirmek için araştırmalarına devam etti. Gözlemlerinin sonucunda ortaya çıkan problemleri çözmek için gösterdiği gayret iki nedenle yanıtlardan çok, daha fazla sorunun ortaya çıkmasına neden oldu. Ya sorular can alıcı noktalarından yakalanamıyordu ya da araştırmacılar neyin çözülebileceğini, neyin çözülemeyeceğini ayırt edemiyorlardı. Kayalar içerisine gömülü olan denizel organizmalara benzer nesnelere düşünerek Yunanlılar şu soruyu ortaya attılar: "Bu organizmalar denizden bu kadar uzakta nasıl bulunuyorlar?". "Bu nesnelere denizden başka bir yerde oluşabilir mi?" gibi daha öncelikli ve temel bir soru ise hiç akla gelmemiş gibi gözüküyor. Dahası, bu nesnelere kökenini anlamak için buldukları yerde oluşup oluşmadıklarını bilmemiz gerekir ve bunun için bu nesnelere nasıl oluştuğunu anlamamız ve son olarak maddenin doğası hakkında bazı kavramlara sahip olmamız gerekir.

Maddenin doğasını anlamak için Steno o günün bilgisi ışığında yanıtlanamayacak temel birkaç soru ortaya atar. Maddeyi oluşturan temel parçaların, madde şekil değiştirirken değişip değişmeyeceğine dair bir sonuca varamazdı. Bu parçaların arasında boşluk olup olmadığına, bu parçaların özelliklerine ya da oluşturdıkları nesneye dayanıklılık verdiğine dair bir fikir ortaya atamazdı. Ancak nesnelere, sıvılarda sürekli hareket halinde olan katılarda ise bazen, özellikle oluşum sırasında hareket halinde olan görünmez parçalardan oluştuğu önermesini kabul ediyordu. Nesnelere oluşturan görünmez parçaların topluluğu manyetizma, ateş ya da ışık tarafından yaratılan kuvvetlere maruz kalabilirdi. Parçaların hareketinin kökenine ilişkin hiçbir şey bilinmemesine karşın, ilk hareket ilahi bir güç tarafından olmalıydı. Yeni nesnelere oluşması için gereken hareketli parçalardaki değişiklik ise doğal, yapay ya da ilahi nedenlerden olabilirdi.

Steno katı maddelerin incelenmesinde rehber olacak üç ilke ortaya koyar. Bu ilkeler üç temel sorunun yanıtlanmasını sağlar. İç içe iki katı maddeden hangisi daha önce katılmıştır? Katı bir cismin kökeni nasıl belirlenebilir? Bir sınıf olarak ele alındığında katı cisimler nasıl oluşur?

İlk soruya verdiği yanıt, incelenecek iki cisimden ilk katılmanın diğeri üzerinde iz bırakması gerektiğidir. Örneğin bir deniz tarağı kabuğu gömülü olduğu çamurda kırışıklıklarının ve sırtının izini bırakacaktır. Eğer çamur ça-



Tuscany'nin jeolojik tarihinin kesitleri.

murtaşına dönüşürse, bırakılan bu izlere bakarak kabuğun sert, kayanın ise plastik olduğu sonucuna varılır.

İkinci sorunun cevabı için Steno, eğer iki katı cisim dış ve iç yapısıyla birbirine benziyorsa aynı şekilde oluşmuşlardır önermesinde bulunur. Bu diltaşlarının kökeni hakkında Steno'nun düşüncesinin temelini oluşturur.

Katı maddelerin kökeni için ise Steno hepsinin sıvılardan oluştuğunu öne sürer. Kaya tabakaları, tabakalardaki damarları dolduran mineraller, kayalardaki kristaller, kayalardaki organizma iskeletleri, hatta bitki ve hayvan dokuları, ve kırık kemik toplulukları hava, su ya da canlı sıvısı gibi sıvılarda oluşmaktadır.

Steno genelden özele geçer. Tuscany'de çok bulunan tabakalı kayalar, dokusu ve bileşimleri sayesinde ayırt edilir. Su ve tortul karışımında, yerçekimi yasasına uygun olarak daha ağır olan tanecikler hafiflerden önce dibine çökeceği için tabakaların alt kısımlarında bulunurlar. Tabakalarda bulunan nesnelere suyun tuzlu mu yoksa tatlı mı olduğunu gösterir. Eğer tabaka tuz tortusu,

denizel canlıların iskeletleri, gemi kalıntısı ya da deniz dibindeki benzer tortullar içeriyorsa, tabakanın deniz tabanında oluştuğu sonucuna ulaşılır. Eğer, tabaka ağaç gövdesi, dalı ya da başka karasal bitki parçası içeriyorsa, muhtemelen tatlı suda oluştuğu sonucuna varılır.

Steno'nun tabakalı kayalar konusundaki düşüncesinin temelinde, bir kaya istifinin bütünüyle değil tabaka tabaka oluştuğunu iddia etmesi yatar. İlk tabaka denizin tabanında çökeler. Yeni bir miktar tortul gelmesiyle ikinci tabaka birinci üzerinde çökeler ve bütün istif tamamlanıncaya kadar bu devam eder. Steno bu konuyu şu şekilde genelleştirmiştir: "Herhangi bir tabaka oluşurken üzerinde sıvıdan başka bir şey yoktu yani en alt tabaka oluştuğu zaman üstünde hiçbir tabaka oluşmamıştı". Bu, Dünyanın ve Ayın jeolojik tarihinin üzerinde şekillendiğini düşündüğümüz, tabakaların süperpozisyonu ilkesinin ilk açık ifadesidir. Bu prensibin modern ifadesi şöyle olabilir: "Bir tortul istifle, bir tabaka, üzerinde durduğu tabakalardan yaşlı, altında bulunduğu tabakalardan gençtir."

Steno, "üstteki hiçbir tabaka oluşmamıştı" derken üstteki tabakaları oluşturacak tanelerin bir yerlerde var olduğunu yadsımadığına dikkat etmek gerekir. Sadece en alttaki tabaka oluştuğu zaman üstteki tabakaları oluşturacak tanelerin henüz bir araya toplanmadığını ima etmektedir. Süperpozisyon ilkesi, tanelerin göreceli yaşı ya da tabakaların mutlak yaşı konusunda bilgi vermemekte sadece bir istifteki tabakaların birbirine göre genç ya da yaşlı olması hakkında fikir vermektedir.

Steno'nun istif anlayışı, kayaları oluşturan olayları anlamakta yararlı olan iki genelleme daha yapması-



Denizel organizma fosilleri.

nı sağladı. İlk tabakanın tabanı, depolandığı yüzeyin girinti çıkıntılarını yansıtıken, üst yüzeyi daha düzgün olacaktır. Tortullaşmanın devam etmesi sonucu alt ve üst yüzeyler arasındaki fark kaybolacak ve tabakalar giderek düz ve yatay bir görünüm kazanacaklardır. Bu tabakaların başlangıçta yatay olması prensibidir. Tarihsel jeolojiye uygulanışı Steno tarafından şu sözlerle ifade edilmiştir: "ufuk çizgisine eğimli ya da dik tabakalar bir zamanlar ona paraleldiler".

Steno bir istifi oluşu sırasında sürekliliği olan katı bir tabaka olarak düşünmüştü. Bir istifi oluşturan tortullar eğer daha önceden oluşan katı nesnelere tarafından engellenmezse bütün dünya yüzeyine yayılabilirdi. Bu tabaka sürekliliği prensibi olarak adlandırılır.

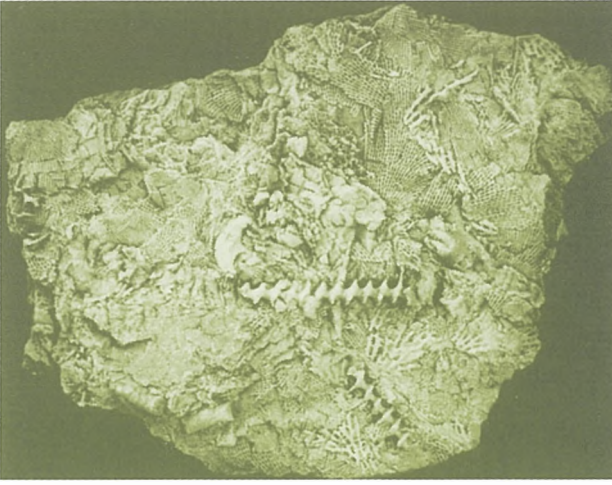
Kabul etmeliyiz ki Steno bir istifteki tabakaların en yaşlısı dışında hepsinin başlangıçta yatay olduğunu ve tortulların bütün dünya yüzüne yayılabileceğini önererek durumu fazla basitleştirmiş ve abartmıştır. Bilinen en büyük volkanik patlamada bile küller dünyayı kaplamamıştır.

Steno yeryüzünün sürekli olarak değiştiğine dikkat eder. İstifler ya yanıcı yeraltı gazlarının patlaması ya da yeraltı mağaralarının çökmesiyle açığa çıkan havanın itmesi sonucu yukarı doğru hareket etmeye zorlanırlar. Mağaraların çökmesi istifin oluşan çukura doğru kaymasına ve eğilmesine de neden olabilir. Bütün dağlar aynı zamanda ya da aynı şekilde oluşmazlar: bazıları volkanik patlamalar sonucu ortaya çıkar, bazıları nehirlerin vadileri aşındırmasıyla oluşur.

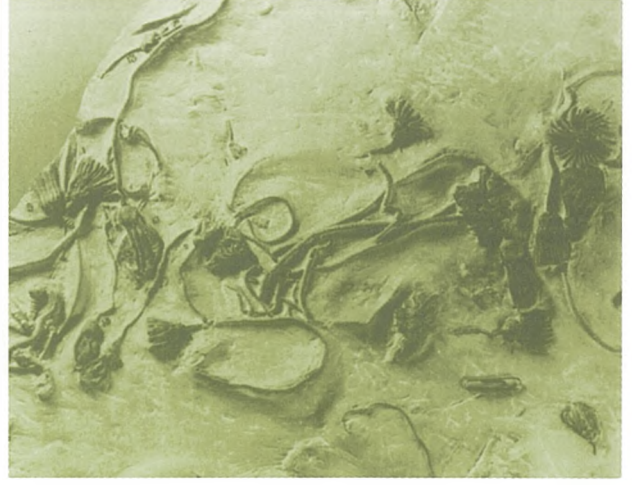
Steno hayvanlara benzeyen nesnelere üç farklı sınıfa ayırdı. Yaşayan benzerlerinin bütün özelliklerini çok iyi koruduğu için organik kökenleri hakkında pek kuşku duyulmayanlar birinci grubu oluşturur. Taşlaşma sonucu ağırlık ve renk bakımından değişime uğrayan fosiller ikinci grupta yer alır. Üçüncü grup ise şekillerini koruyan ama içleri minerallerle doldurulan fosilleri içerir.

Steno, ilkelerine dayanarak Tuscan'yın jeolojik tarihini açıklamaya çalıştı. Temel olayları açıklamak için o günkü arazi yapısının ortaya çıkışını gösteren kesitler çizdi. Süperpozisyon ilkesine göre gevşek olan istif sert istiften daha gençtir. Başlangıçtaki yataylık ve tabaka sürekliliği ilkesine göre gevşek istif sert istifin oluşturduğu yükseklikler arasında kalan çukurluklarda oluşmuş olmalı. Bu ilkelerin ışığında başlangıçta sert istifin de yatay bir istif olarak oluştuğu düşünülmelidir.

Artık sorun bu istiflerin eğimli olmasının nedenlerini



Kemik ve kabuk fosilleri.



Bitki fosilleri.

bulmaktı. Mağaralar konusundaki deneyimleri Steno'nun, istif oluştuktan sonra yeraltısuyunun aşındırması ya da yeraltındaki yangınlar sonucu kısmen parçalandığı ve en üstteki tabakanın doğal bir köprü gibi alttaki boşluk üzerinde durduğu sonucuna ulaşmasına neden oldu. Çöküntüyle birlikte istif mağaranın merkezine doğru kaydı. Aynı şekilde, daha genç istifin kısmen erimesi ile bir boşluk oluştu ve tavanın çökmesiyle arazinin son hali ortaya çıktı.

Yani, Steno'ya göre, Tuscany iki kez su altında kalmış, denizin çekilmesiyle iki kez düz alanlar oluşmuş ve iki kez yer altı boşluklarının çökmesiyle altüst olmuştur.

Steno Hıristiyanların bu durumdan haberdar olması gerektiğini düşünür. Bu yüzden ikinci su baskını ve genç istifin depolanma zamanını Kutsal Kitap'ta bahsedilen Tufan zamanına denk düşürür. Daha yaşlı istifin çökmesinin Musevi inancına göre Yarattılışın ikinci gününde olduğu sonucuna varır. Steno'nun hesaplamalarına göre, İ.S 1669'da eski Etruscan şehri Volterra 3000 yıl yaşında olmalıydı. Volterra genç tortul istiflerinden oluşan bir dağa kurulmuştu. Bu durumda Tufan İ.Ö. 1331'den daha geç olamazdı. Fakat Lydia Volterra'dan yaklaşık bin yıl daha önce kurulmuştu; böylece İ.Ö. 2331 karanın görüldüğü son tarihtir. Bu, yaratılışın İ.Ö. 4000 civarında olduğu kabul edilirse, önceki ve sonraki su baskınları arasında sadece 1650 yıl olduğu anlaşılır. Steno Tuscany'deki iki su baskınını İncil'de anlatılan olaylarla karşılaştırınca, gelişmenin diğer dört evresi içinde aynı şeyi yapmaya çalıştı.

Jeolojik tarihle Hıristiyan dogmalarını uzlaştırma konusundaki bu çalışma kilisenin onayını kazandı. Ancak Steno'nun stratigrafi ilkelerinin gerektirdiği geniş zaman ile Kutsal Kitap'ta geçen zaman arasındaki açık uyumsuz-

luk düşünüldüğünde Steno'nun sansürden nasıl kurtulduğu merak konusudur.

Önsöz, İngiliz bilimcileri üzerinde büyük bir etki yaratarak, jeolojik tarih konusunda büyük bir ilerleme kaydetmelerini sağladı. Floransa'da basılan bu çalışmanın üzerinden 2 yıl geçmeden Henry Oldenburg sadece İngilizce'ye çevirmekle kalmayıp aynı zamanda *Filozofça Çalışmalar* kitabında 4 sayfalık bir özeti vererek tanıtımını da yapmıştır. Oldenburg'un, Steno'nun fikirlerine verdiği değer bu uzun Latince yazıyı İngilizceye çevirmek için harcadığı zamandan açıkça görülmektedir.

Önsöz, Martin Lister, John Ray, Robert Plot, John Woodward gibi o zamanın bir çok bilimcisi tarafından okundu. Hepsi Steno ile aynı fikirde değildi.

Steno anatomi ve jeolojiye katkılarında dolayı ölümden sonra onurlandırıldı. Fakat Steno'nun asıl onurlandırılması 1938 yılında aziz ilan edilmesiyle gerçekleşti. 300. ölüm yıldönümünde bir grup Danimarkalı hacı, Steno'nun yazılarını toplamak için XI. Papa Pius'un onayını aldı. Din hakkındaki bütün yazıları biraraya getirildi ve basıldı. Aziz ilan edilmesi için 1935'te harekete geçildi. Tabutu türbesinden çıkarıldı ve açıldı. Kalıntıları Floransa caddeleri boyunca dinsel bir ayinle taşınarak, San Lorenzo'da bir kilisede hazırlanan anıta yerleştirildi.

Steno'nun bilimden dine dönüşüne neyin neden olduğu merak konusudur. Büyük ihtimalle bu değişim, din ve bilim gibi iki farklı dünyada yaşamaya çalışmanın getirdiği gerginlikten kaynaklanmıştır.

Kaynaklar

Albritton, C.C., 1980. The Abyss of Time. Changing Conceptions of the Earth's Antiquity after the Sixteenth Century. Freeman, Cooper and Company, 251s.

Elmaslarda Renklenme

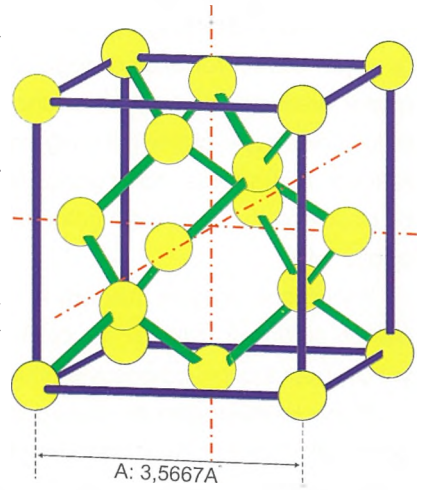


Tarih boyunca çok az rastlanan renkli elmaslar, krallardan komutanlara kadar birçok kişinin ilgisini çekmiştir. Öyle ki, belli dönemlerde bu paha biçilmez taşlara sahip olmak, adeta bir güç simgesi olarak değerlendirilmiştir.

Işık Kumbasar
I.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü

En değerli ve en fazla aranan bir mücevher taşı olan elmas, kimyasal bileşimi karbon olan ve kübik sistemde kristalleşen bir mineraldir.

Burada her bir karbon atomu dört karbon ile çevrelenir ve dış elektronlarını paylaşarak kuvvetli kovalent bağlar ile bağlanır. Bu yapı minerale kendine has özellikleri kazandırır. Karbon atomlarının diğer düzenleri ile tamamen farklı özelliklere sahip grafit ve nadir bir mineral olan lonsdaleit meydana gelir.



Karbon atomlarının dört yüzlüsel bir düzen oluşturdukları elmasın kristal yapısı. Daireler karbon atomlarını göstermektedir.

Elmas en sert mineraldir ve spektrumun geniş bir aralığında saydamdır. Elmas aslında renksizdir, ancak gökkuşağının bütün renklerini gösteren elmaslara da rastlanır. Bunlar çok nadir olarak görülürler ve çok değerlidirler.

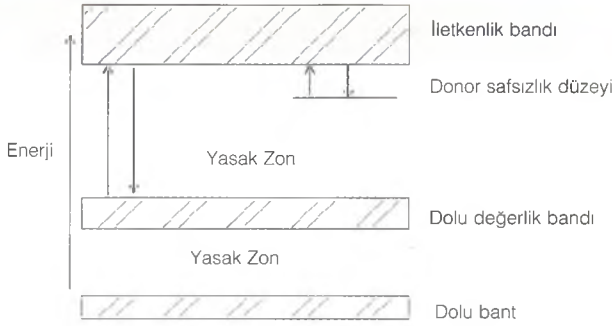
Tarih boyunca bu çok az rastlanan renkli elmaslar, krallar ve yöneticilerin ilgisini çekmiş, paha biçilmez olan bu taşlara sahip olmak adeta bir güç simgesi haline gelmiştir. Renkli elmaslara ilgi duyanlar arasında Hindistan'daki Moğol sultanları, Fransa'da Kral XIV. Lui, Rus Çarları ve İngiliz Kralları bulunmaktadır.

Bilindiği gibi renk, görünür ışığın belirli dalga boylarının soğurulması ile meydana gelir. Işık bir enerji şeklidir. Gelen ışık kristal kafesindeki iyonlara ait kabuklardaki elektronlar tarafından soğurulur. Bir atomun her elektron kabuğunun belirli bir kuvantum enerjisi vardır ve dış elektron kabuğunun enerjisi iç kabuklardakinden daha büyüktür.

Kristal kafesinin alan enerjisi bir bütün olarak tek bir atomun enerji düzenine süperpoze edildiği zaman elektronların içinde bulunduğu enerji düzeyleri ortaya çıkar. Bunlar yasaklanmış zonlarla birbirlerinden ayrılırlar.

Elmasın Özellikleri

Kimyasal Bileşim	C (karbon)
Kristal sistemi ve Uzay Grubu	Kübik, Fd3, a=3.57 Å.
Şekiller	Oktaedr, küp, dodekaedr ve "bunların yuvarlatılmış biçimleri
İkizler	Spinel yasasına göre ikizlenme
Sertlik	10 (Mohs skalası: 1'den 10'a kadardır)
Dilinim	(111) mükemmel
Yoğunluk	3.51 g/cm ³
Parlaklık	Elmas
Renk	Renksiz ve bütün renkler
Kırılma indisi	2.4175 (sarı sodyum ışığı)
Dispersiyon	0.044
Optik girişim	Saydam
Isısal iletkenlik	5-25 W.cm ⁻¹
Elektriksel iletkenlik	0-100 ohm-cm



Kafes alanında renk ile ilgili enerji düzeyleri

Eğer ışık, bazı elektronların bir enerji düzeyinden diğerine gitmesini sağlayacak enerjiye sahipse soğurulur ve renklenme meydana gelir. Bir elektronun enerji soğurması onun daha dıştaki banda geçmesine neden olur. Soğurulan enerji miktarı yeterli ise elektron iletkenlik bandına geçer ve burada atom çekirdeğinden bağımsız olarak dış elektrik alanının etkisi altında serbestçe dolaşır. Radyasyon soğurma; elektronların daha yüksek enerji bandına geçişleri, radyasyon çıkarma ise elektronları kendi ilk düzeylerine kısmen veya tamamen geri dönmeleri ile ilişkilidir. Elmasta bu iki bant arasındaki enerji farkı görünür ışıkta bulunan enerjiden çok daha büyüktür. Görünür ışık elmasın valans-bağ elektronlarını uyuracak güçte bir enerjiye sahip değildir. Bu nedenle saf ve kusursuz bir elmas ışığı soğurmaz ve renksizdir.

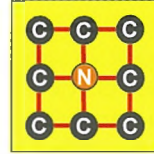
Elmasta renklenme yapıdaki bir kusurdan, saf olmasından veya her iki nedenden ileri gelir. Işığın soğurulması ile rengi meydana getiren çift olmayan elektronlar bazı hallerde bir yabancı element üzerinde veya kusurlu kristalde bulunabilirler. Bir safsızlık veya yapısal kusur bu iki bant arasında yerel olarak bir enerji düzeyi yaratabilir. Bu enerji düzeyi ile iletkenlik ve değerlik bantları arasındaki enerji farkları görünür ışıkta bulunuyor ise renklenme meydana gelir. Böylece ışık enerjisi bir elektronu uyurarak enerji geçişini sağlamış, elektronun daha yüksek enerji düzeyine geçişine neden olmuştur. Bu da ışığı oluşturan dalgaların bazılarının soğurulması ile renklenmenin meydana gelmesidir. Başka bir deyişle elmastan geçen

ışığın, örneğin mor ve mavi kısmının, enerjileri kullanılmış ise bunlar beyaz ışıktan elenmiş olurlar ve kalanlar ise koyu sarı rengi veren dalga boylarıdır.

Safsızlıklar düzende bir yanlışığa veya atomların bulunması gereken yerde bulunmamasına yol açabilir. Bunlara "renk merkezleri" denir. Kafeste bir elektron çiftinin bulunması gereken yerde bir elektron eksik ise buna pozitif boşluk denir. Bu iyonun elektron alma kuvveti vardır burada renk merkezi oluşur. Elmasta rastlanan en basit durum yapıda bir karbon atomunun eksikliği ile oluşan renk merkezleridir. Elmasta rastlanan renk merkezlerinin çoğu, içerdiği nitrojen ile ilişkilidir. N yapı içinde izole halde ve ayrıca iki, üç ve dört atomdan oluşan gruplar şeklinde bulunabilirler. Topluluklardan N3'ler renk merkezleri oluşturur. Diğerleri ise ışığı soğurmazlar ancak karmaşık renk merkezlerinin oluşmasına katılırlar. Bunun dışında

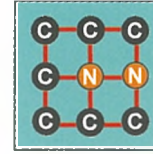
Elmas Tipleri

Tip Ib



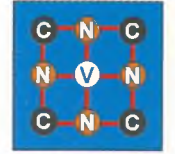
Tek Nitrojen

Tip IaA



A Merkezli

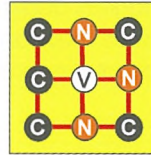
Tip IaB



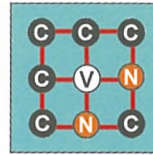
B Merkezli

Farklı elmas tiplerinde birbirlerinin yerini alabilen safsızlıkları gösteren şematik diyagram. Bu elmas tiplerinin her biri kızılötesi (infrared) bölgede IR spektrometresinde belirlenebilen birbirinden ayrı spektral özellikler gösterirler. Ia tipi elmaslarda karbon atomlarının yerini bir nitrojen atomu alır. En yaygın elmas tipleri IaA (A agregatı olarak adlandırılan bir çift nitrojen atomuna sahiptirler) ve IaB (B agregatı olarak adlandırılan ve bir boşluğu kuşatan dört nitrojen atomuna sahiptirler). Nadir olarak bulunan IIa tipi elmaslar IR spektralarında nitrojen (veya bor) safsızlıkları göstermezler.

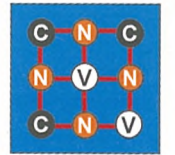
Nitrojen Boşluğu Hata Merkezleri



3N-V (N3)



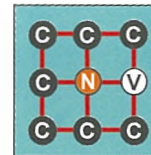
N-V-N (H3, H2)



4N-2V (H4)

Elmaslar birbirlerinin yerini alabilen nitrojen safsızlıkları ile atomik boşlukları da kristal kafesteki içinde bulundurulabilirler. Bunlar N3 sistemini (bir boşluğu kuşatan üç nitrojen atomu), H3 ve H2 sistemlerini (sırasıyla, bir boşluğa bitişik yüksüz ve negatif yüklü A agregatı) ve H4 sistemini (ek bir boşluğa bağlı olan B agregatı) kapsarlar.

Nitrojen-Boşluk Merkezleri



574.8 yüksüz (N-V)

637.0 negatif yüklü (N-V)

Bu diyagramda, tek bir nitrojen atomunun bir tek boşluğa bağlı olduğu iki tip nitrojen-boşluk merkezi (yüksüz ve negatif yüklü) gösterilmektedir.

nitrojen içeren elmaslar ısıtıldıkları zaman H merkezi oluşur. Özellikle H3 ve H4 merkezleri doğrudan renklenme ile ilgilidir. İzole N atomlarının bir boşlukta kapalı kalması ile de renk merkezi meydana gelir. Buna N-V merkezi denir.

Flüoresans ve Fosforesans

Kristaller görünür ışığın dışındaki dalga boylarındaki radyasyonları da soğurabilir. Kazanılan enerjinin bir kısmı görünür ışık şeklinde çıkar. Elmaslarda bazen renklenme ile birlikte flüoresans ve fosforesans da görülür. Bunlara "chartreuse" elmasları, "yeşil ileticiler" veya "yeşil yayıcılar" denir. Bazı sarı elmaslar kuvvetli yeşil ışınama gösterirler. Burada yapıdaki H3 topluluğu maviyi soğurmaktadır. Rengin yeşil bileşeninin şiddeti ise uyarıcı ışığın bileşimine göre değişir. Buna göre mavice zengin gün ışığında daha kuvvetli yeşil ışınama görülür.

Yapay Renklenme

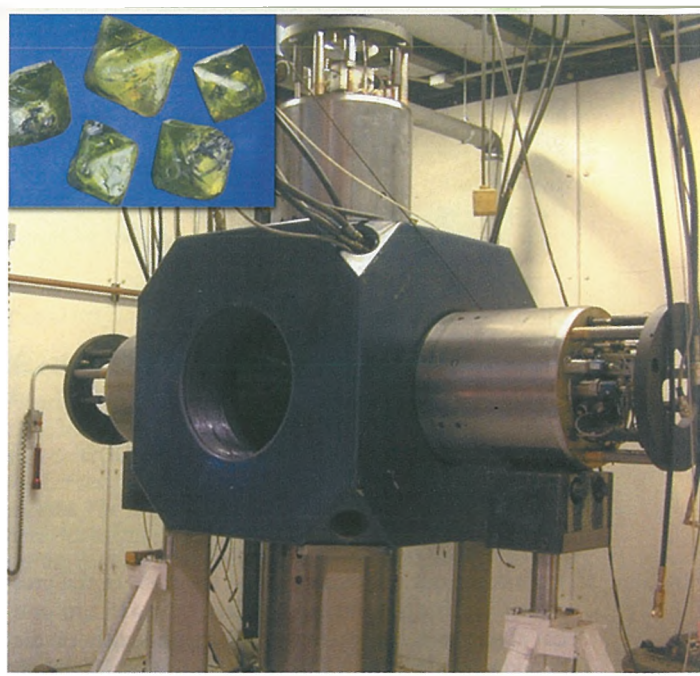
Doğal renkli elmaslar çok nadir ve kıymetli oldukları için renksiz elmasların yapay olarak renklendirilmesine çalışılır. Burada kullanılan radyasyonun cinsi ve elmasın özellikleri önemli rol oynar. Mor ötesi, gama veya X-ışınlarına maruz bırakılan elmas ısıtıldığı zaman sarı, turuncu veya pembe renk elde edilebilir. Pembe renk çalışılan numunenin özelliklerine, ışınama işlemine ve ısıtma koşullarına bağlı olarak meydana gelir. Radyasyona maruz kalmış olan elmasın bazı iyonlarının dış kabuklarından bir elektron kaybettikleri düşünülür. Enerji soğuran bu elektron iletkenlik bandına geçmiştir. Kafes kusursuz ise uyarma bittiğinde bu elektron tekrar eski yerine döner. Kafes kusurlu ise elektronun içinde hareket ettiği yerel enerji düzeyi oluşacak ve kristal içinde enerji dağılımı değiştiğinden ışık enerjisini soğuran renk merkezleri meydana gelecektir. Böylece uyarıcı radyasyon durunca da renklenme devam eder.

Elmas Renkleri

Kahverengi Elmas: En fazla görülen renktir. Romalılar yüzüklerinde kahverengi elmaslara rastlanır. Genelde mücevher olarak pek rağbet görmez endüstride kullanılır. Ancak günümüzde Avustralya'daki Argyle madeninden büyük miktarlarda kahverengi elmas çıkması ile bu görüş büyük ölçüde değişmiştir. Açık kahverengi olanlar "şampanya", koyu olanlar ise "konyak" adı altında satılmaktadır.



Şampanya (solda) ve konyak (sağda) elmaslar.



Elmaslar kısa süreler için yüksek basınç ve yüksek sıcaklığa maruz bırakılarak, fotoğrafta görüldüğü gibi çekici renklere sahip olmaları sağlanır. Küçük fotoğraftaki yeşilimsi sarı beş küçük elmas, bu işlem öncesinde kahverengiydiler.

Elmasta kahverengi renklenme çeşitli nedenlerden ileri gelir. Bazı elmaslarda kahverengi ince paralel lameller görülür. Bu lamellerin kalınlıkları mm'nin birkaç yüzde biri kadardır. Bunların kökeni bilinmemekle birlikte yapıdaki bir deformasyondan ileri gelmiş oldukları düşünülür. Daha az olarak renk merkezlerinden dolayı da kahverengi renklenme görülür.

Örneğin H ile birlikte kusurlar ve izole azot atomlarının bulunuşu ve "amber" renk merkezleri bazen kahverengi renklenme meydana getirir. Son zamanlarda yeşilimsi kahverengi elmaslar "oliv" adı altında aranmaktadır. Bazen taşlar radyasyon etkisinde bırakıldıkları zaman kahverengiye dönerler ki bu istenilen bir sonuç değildir.

Sarı Elmas: Elmaslarda en fazla rastlanan ikinci renk sarıdır. Güney Afrika'daki Cape bölgesinde sarı renkli elmaslar bulunmuştur. Günümüzde başka bölgelerden de çıkmakla birlikte sarı elmaslar "cape taşları" olarak isimlendirilirler. Renklenme üç nitrojen atomunun oluşturduğu N3 renk merkezlerinden ileri gelir. İzole nitrojen grupları mor ve mavi ışığı soğurarak sarı renge neden olurlar. Koyu sarı renklere "kanarya" denir. Açık sarı elmasın rengini koyulaştırmak için elmas önce radyasyon ile uyarılır ve sonra ısıtılır. Böylece piyasada daha değerli olan koyu sarı renk elde edilebilir.

Pembe, Kırmızı ve Mor Elmaslar: Elmaslarda görülen en ilgi çekici renklerdir. 185 karat büyüklüğündeki pembe elmas "Darya-I Nur", 17. Yüzyılda Hindistan'da hüküm süren Moğol yöneticilerinde idi. Günümüzde Brezilya, Endonezya ve Tanzanya'da çok az miktarlarda bulunmuşsa da kuzey Avustralya'daki Argyle madeninde düzenli olarak çıkarılmaktadır.

Kırmızı pembe ve mor elmaslarda renklenmenin nedenleri tam olarak açıklanamamıştır. Bazılarında pembe paralel lameller görülmüştür. Önemli bir kıs-

mında merkezi 550 nm olan geniş bir soğurma bandı nedeni ile renklenme olur. Bu soğurmanın elmas yapısındaki bir deformasyondan ileri geldiği düşünülmektedir. Hindistan'daki Golconda yöresinden gelen elmaslar her zaman açık pembe dirler. Renklenmeleri, çok az N içermelerinden ileri gelen renk merkezlerinden ötürüdür.

Yapay renklendirme için izole azot atomları içeren elmaslar radyasyona tabi tutulurlar ve sonra kontrollü bir ısıtma ile pembe renk elde edilir.

Mavi Elmas: En ünlü mavi elmas Hindistan kökenli 45 karat büyüklüğündeki "Hope" isimli elmadır. Halen A.B.D'deki Smithsonian Müzesinde bulunmaktadır. Güney Afrika'daki Premier madeninde Brezilya ve Endonezya'da da mavi renkli elmaslar bulunmuştur. Mavi renge kristal yapısındaki bor neden olur. Bor miktarı arttıkça renk koyulaşır. Bu tür elmaslar aynı zamanda yarı iletken dirler. Bunun dışında doğal olarak radyasyon etkisinde kalmış olan elmaslarda da renk merkezleri oluşur ve elmas mavi renk kazanır. Bu tür elmaslar iletken değildir. Avustralya Argyle madeninde bulunan mavi elmaslar hidrojen zengindirler. Renklenmeye hidrojenin meydana getirdiği renk merkezlerinin sebep olduğu düşünülür.

Laboratuvarlarda bor içermeyen elmaslar (açık kahverengi elmaslar) radyasyon etkisi ile mavi renk kazanırlar. Bu tür elmasların renkleri akuamarin mavisini andırır.

Yeşil Elmaslar: Çok nadirdirler. Pek çoğunda yeşil renk ancak çok ince yüzeysel bir tabaka ile sınırlıdır. ve fasetlendiği zaman bu tabaka ve de rengi kaybolur. En ünlü yeşil elmas 41 karat büyüklüğündeki Dresden Green isimli olanıdır. Bu elmasın Hindistan'dan geldiği sanılıyordu. Fakat şimdi Brezilya kökenli olduğu anlaşılmıştır. Yeşil elmaslar nadir oldukları halde renklenme nedenleri çeşitlidir. Bunlar; radyasyon etkisi, fluoresans etkisi, yapıdaki H ile ilgili kusurlar ve diğer bilinmeyen kusurlar olabilirler. Radyasyon ile renklendirilmiş olan yeşil elması gerçeklerinden ayırmak çok zordur, ancak gelişen teknoloji ile renk dağılımı ultraviyolenden kızılötesine kadar uzanan bir aralıkta spektrometrelerle kontrol edilebilmektedir. Doğal yeşil elmas çok yüksek fiyatlarla değerlendirilmektedir. Mücevher piyasasındaki yeşil elmasların çoğunun işlem görmüş oldukları düşünülür.

Turuncu Elmas: Saforanj renkli elmaslar en nadir bulunan türlerdir. Nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte



Pembe ve kırmızı elmaslar.



Yeni yüksek basınç/yüksek sıcaklık tekniklerinin geliştirilmesi ile son on yıl içinde elmaslarda renk değiştirme ön plana çıkmıştır. Bu sayede, fotoğrafta görüldüğü gibi kahverengi Ila tipi elmaslar renksizleştirilebilmekte veya kahverengi Ia tipine dönüştürülebilmekte ya da sarımsı yeşil bir renk alabilmektedir.

içerdiği N ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Kahverengimsi turuncu olanların renklenmeleri H3 ve bazen H4 renk merkezleri ile ilgilidir.

Mor (yeni bir renk) Elmas: Son zamanlarda tanımlanan bir renktir. Avustralya'daki Argyle madeninde rastlanmıştır. Hepsisi hidrojen zengindirler. İşlem görerek elde edilen mor elmasa rastlanmamıştır.

Siyah ve Beyaz Elmaslar: Siyah, gri ve beyaz renkli elmaslar da vardır. Siyah elmas eski zamanlarda da dikkat çekmiştir. Bir zamanlar Nadia Vygın-Orlov'a ait olan 67.5 karatlık Siyah Orlov gibi. 1990'larda siyah elmaslar moda olmuştur. Renklenme çok küçük siyah pulumsu kapanımlardan ileri gelir ki bunların genellikle grafit oldukları düşünülmüştür. Öyle ki, bazı taşlarda grafit kapanımlar elektriksel iletkenlik meydana getirirler. Kapanımlardan ötürü bu tür elmasları parlatmak çok zordur ve nadiren mücevher kalitesine sahiptirler. Siyah elmasların çoğu kötü kalitedeki elmasları nötronlar etkisi altında bırakılması ile renklenmişlerdir.

Beyaz elmaslar "opelesans" gösterirler ve süt beyazı renkleri ışığın bu tür taşların içinde bulunan kapanımlardan saçılması ile meydana gelir. Bu kapanımların neler olduğu bilinmemekle beraber beyaz elmaslarda zengin nitrojen ile birlikte bor parçacıkları ve plakacıkları bulunur.

Gri elmaslar hidrojen zengindirler. Renklenme hidrojen ile ilgili kusurdan ileri gelir. Bu tür elmaslarda soğurma her dalga boyu için eşit şiddettedir ve sonuçta gri renk ortaya çıkar. Günümüzde renkli elmaslar her zamankinden daha çok popülerdir ve aranmaktadır. Özellikle doğal mavi, yeşil, pembe, kırmızı ve mor renkli elmaslar çok nadir oluşumlardır ve çok değerlidirler. Her zaman insanları büyüler ve bilim adamlarının ilgisini çekerler. Renklenme nedenleri ise pek çok çalışmaya karşın hala bir ölçüde sırrını korumayı sürdürmektedir.

Yeşil Koridor

Neden “Irmaklar Özgür Akmalı”?



Akarsular yeryüzünün en değerli ve en kolay incinen hazinelerindedir. Özellikle son yıllarda yaşanan deneyimler göstermiştir ki, temiz tutmak ve korumak, kirletildikten sonra temizlemekten daha ucuz ve kolaydır.

K. Gökhan Türe
DASK Akarsuları Gözetim ve Koruma Grubu

Akarsuları çok seviyorsanız, bu sevginizin gerekçelerini açıklarken bazı teknik verilere gereksinim duymazsınız; çünkü sadece seversiniz. İyi ama sadece sevmek, sevdiğinizizi ve aşkınızı kurtarabilir mi?

Akan bir su size neler ifade eder? Onunla neleri paylaşabilirsiniz? Bir su koridoru! Kayalık bir vadi! Değişik bir yaşam kuşağı! Anlatılması güç doğal güzellikler! Belki tarihten çok özel bir kesit! Bir değirmen! Ya da bir baraj gölü!

Aslında bir akarsuyun değeri ve bize verebilecekleri, düşünebileceğimizin çok ötesindedir. Her şeyden önce, sağlıklı akarsular, sağlıklı bir gezegen demektir.

Akarsuların oluşturduğu besin zincirinin en can alıcı noktası, suyun yatağını düzenleyen ve kıyı sınırını kararlı hale sokan, sudaki kirlenmeleri tutan, sıcak suları sevmeyen balıklar için suyu gölgeleyerek serinliğini veren kıyıboyu bitki örtüsüdür. Canlılar için besin kaynağı olan kıyı boyu bitki örtüsü, akarsu kıyısından taşkın alanına ve su havzasına doğru olan geçiş bölgesini meydana getirir. Geçiş bölgeleri ekoton olarak tanımlanır ve ekolojik açıdan en hassas bölgelerdir.

Taşkın alanının sağlığı, akarsuyun sağlığı ile çok yakından ilişkilidir. Taşkın alanları suyu emer ve belli oranda tutar. Böylece suyun debisini ve hızını düzenleyerek akarsu yatağının ve kıyıların kazınarak aşınmasını engeller.

Kıyıboyu ekosistemleri, çok karmaşık ve ilginç bir çevre dengesi kurmuş doğal sistemlerdir. Ekosistemin herhangi bir bileşeni üzerindeki olumsuz etki, sistem içindeki her bileşeni ayrı ayrı etkiler. Buna en ilginç örnek, tatlı su midyeleridir. Midyeler, su içindeki bakterileri ve asılı maddeleri süzerek suyun temizliğinde önemli rol oynarlar. Midyeler, suyun içindeki mikroorganizmalarla beslenirler. Ancak bu durum larva evresindeki midyelerde görülmeyen bir özelliktir. Midye larvaları balıkların solungaçlarına tutunurlar ve olgunlaşana dek gereksinimleri olan mekanik pompalama hareketini balıkları kullanarak gerçekleştirirler. Her tür midye için, onu barındıran ve ev sahipliği yapan özel bir balık türü vardır. Eğer balıklar yok olursa

midyeler de yok olur. Ekosistemden bir türün yok olması, bir uçağın kanadını tutan vidaların birer birer kopması ile özdeşleştirilebilir. Yeterince vida kalmayınca, kanat kopacak ve tabii ki uçak düşecektir.

Görüldüğü gibi akarsular kıyıları, bitki örtüsü, besin zinciri, havzası, kısacası ekosistemi ile bir bütün olarak düşünülmeli; sisteme yapılan olumsuz müdahalelerden vazgeçilerek özgür bırakılmalıdır.

Akarsuların önemini daha iyi vurgulamak için, bize sağladığı değerlere bir göz atalım.

Balıkçılık

Balık, bir su yolundaki canlı topluluğunun en önemli varlığı ve en açık belirtisidir. Yok olan balık türleri ve kıyıya vuran ölü balıklar bizi alarma geçirir. Balık, akarsuda barınan canlı türleri içinde para, eğlence ve anlamca en değerli olanıdır. Bir akarsuyun ölümü binlerce küçük aşamanın bir araya gelmesiyle gerçekleşir. Ancak bu vahim sonucu, genellikle balıklar yok olana ya da kıyıya ölü balıklar vuruncaya kadar pek farketmeyiz veya gözardı ederiz. Bugün yeryüzündeki bir çok akarsu ve iç su yolları içinde balıklar tamamen yok olmuş ya da bir çok türün nesli tükenmiştir.

Balıklar aynı zamanda bir akarsudaki besin zincirinin en önemli parçası ve akarsu kıyılarındaki kırsal nüfus için bir yan protein kaynağıdır. Ayrıca kentlilerin hafta sonları gerilimden kurtulmak amacıyla düzenlediği olta balıkçılığı gezileri, akarsulardan balık tutulmasının başka bir şeklidir.

Kültürel Kaynak

Akarsular, her coğrafyada insan topluluklarının yerleştikleri ve öbekteştikleri alanlar olmuşlardır. Tarih boyunca en önemli yerleşimler ve uygarlıklar genellikle nehir boylarını seçmişlerdir. İlk insan topluluklarına ait kalıntılara derin ırmak vadilerinde rastlanmaktadır. Irmaklar tarih boyunca kültür ve ticareti belirginleştiren ve uygarlığı yaygın bir araç olmuştur. Anadolu uygarlıkları da genellikle ırmak odaklı bir yerleşim göstermişlerdir. Akarsularda kül-



tür ve ticaret, iç içe bir durumda kültürel ekolojinin çerçevesini oluştururlar.

Osmanlılar, dünyanın yegane akarsu filosu olan, 'İnce Donanma'yı Fırat, Dicle ve Tuna üzerinde kurmuş ve onlarca yıl su yollarındaki güvenliği ve dolayısıyla barışı sağlamışlardır. Türklerden önceki Anadolu uygarlıklarına bakarsanız durum aynıdır. Bu topraklarda yaşamış olan uygarlıkların çoğu akarsu kenarlarında kurulmuştur. Bu nedenle Anadolu ırmakları boyunca çok sık aralıklarla tarihi mekanlara rastlayabilirsiniz.

Tarih boyunca bir çok yerleşim akarsu kıyılarına kurulmuştur. Akarsuyun içinden geçtiği şehir üzerinde simgesel bir ağırlığı vardır. Türkiye'de buna örnek olarak Amasya, Eskişehir, Adana ve Manavgat yerleşimlerini verebiliriz. Irmaklar, içinden geçtikleri kentlere estetik bir görüntü ve ekonomik değer kazandırır. Durağan yapıların yanından akıp geçen su, kente bir devinim ve özgün bir atmosfer kazandırır. Ve o kentin karakteri o nehirle bütünleşir. Nasıl ki Boğaziçi'siz bir İstanbul düşünemezseniz, Tuna'sız bir Budapeşte'yi, Nil'siz bir Kahire'yi, Patomac'sız bir Washington'ı hayal edemezsiniz.

Önceleri, kalkınmış ülkelerdeki gelişen şehirler, içlerinden akan nehirleri pek önemsememişlerdir. Ancak daha sonra kent yönetimleri ve kentliler, sarsıcı olumsuzlukları hissetmeye başlayınca ve aslında onları o şehirde oturmaya iten nedenlerden birinin şehrin içinden akan ırmak olduğunu farkedince telaşa düşmüşler ve belli programlar dahilinde önlemler almaya başlamışlardır. Oldukça başarılı sonuçlar da alınmıştır. Ölmek üzere olan Thames nehri, kıyılarında balık tutulabilir duruma getirilmiştir. Yirmi yıl önce kokan ve üzerinde katı atıklar yüzen Patomac nehri başarılı kampanyalar ve geri kazanım projeleri sonucunda, şimdi nispeten daha berrak akmaktadır ve dünyanın en kaliteli suyuna sahip kent nehri haline gelmiştir. Türkiye'nin ise içinde bulunduğu durum, tam bir umursamazlık sürecidir. Eskişehir'de Porsuk; Edirne'de Meriç, Ergene; Amasya'da Yeşilırmak; Adana'da Seyhan bu sürecin içinde yaşamını can çekişerek sürdürmeye çalışan örneklerdir



Eğlence ve Spor

Akarsularda çeşitli etkinlikler yaparak doğa ile ahenk içinde hoşnut olabilirsiniz. Birçok şair, romancı, ressam ilhamını ırmaklardan almıştır. Çünkü su insan psikolojisi üzerindeki en etkili doğa gücüdür.

Akarsu üzerindeki bir taşıtla doğanın yaban kesiti içinde uzun mesafeler katederek doğayı gözlemek mümkündür. Örneğin bir kano yolculuğu, ırmağın doğuşundan denize ya da göle kadar o coğrafyanın kültürel ve tarihi dökümünü bir film şeridi gibi verebilir size. Onlarca köy, kasaba, şehir, köprü, harabe görürsünüz bu fantastik yolculukta. Akarsular ve onlardan ayrı düşünülmemesi gereken göller de yelken, yüzme, kanoculuk, piknik, avcılık, olta balıkçılığı, kürek, doğayı gözleme gibi etkinlikler için önemli bir potansiyele sahiptir. Bu faaliyetlere olan ilgi artışının getirdiği bir yarar da, ekinlikleri yapanların ister istemez sahiplenme içgüdüğü ve kaybetme korkusu ile koruma ve yaşatma bilincine varmaları ve çevreci bir tavır almalarıdır.

Yerleşimlerin içinden akan akarsular etrafında oluşturdukları yeşil örtü ile doğal bir rekreasyonel kuşak (eğlence, spor ve dinlenme alanları) oluştururlar. Özellikle kentliler kendilerini buralarda rahat ve huzurlu hissederler. Akarsu kenarlarında piknik yapmak çoğumuz için bir alışkanlıktır.

Su, Enerji ve Atıklar

Akarsulardan genellikle içme, kullanma, sulama, enerji elde etme ve atıkları uzaklaştırma amacıyla yararlanılmaktadır. Akarsuların bu önlenemez sömürülüşü, ardında ekolojik bir ucube bırakmıştır. Yüzey sularının kirlenmesi yeraltısularının da kirlenmesine neden olmaktadır. Dünyada birçok şehir, içme suyunu akarsulardan veya akarsular boyunca oluşturulan barajlardan sağlamaktadır. Ağır kirli sularla yapılan tarımdan elde edilen ürün ve yan çıktılarının niteliği ve güvenirliliği de hızla azalmaktadır.

Yüzyıllardır insan dışkıları ve her türlü atıklar akarsulara boşaltılmaktadır. ABD’de son 25 yıldır yürütülen sıkı programlar sayesinde birçok akarsu kurtarılmış veya kirlilik kabul edilebilir (!) bir düzeye indirilmiştir. Ancak bu sonuç, milyonlarca dolara mal olmuştur.

Temizlenen su içindeki ağır metaller ve biyolojik patojenler her zaman önemlidir. Birçok çevreci, arıtmadan geçirilerek doğaya salındığı iddia edilen atıkların içerdiği ağır metaller ve biyolojik patojenler konusunda derin şüphe duymaktadır. Çünkü bu sular bile insan ve diğer canlılar üzerinde bir tehdit unsuru olmaya devam etmektedir.



Tuna nehri, Budapeşte

Enerji ihtiyacının karşılanması için, akarsular üzerine baraj ve hidroelektirik santralleri kurulması her zaman tartışmaya açık bir konudur. Barajlar, üzerine kuruldukları akarsuların ekosistemlerini bozarlar. Baraj yapmak ekolojik bir yıkımdır. Ancak madalyonun diğer yüzünde ise, insanların elektriğe ihtiyacı bulunmaktadır. Enerji endüstrisini savunanlar, akarsuların çok büyük potansiyel taşıdıklarını iddia ederler. Çevreciler ve doğabilimciler ise, akarsuların zaten fazlasıyla sömürüldüğünü ve aşırı bir kullanımın olduğunu savunurlar. Hatta akarsuların kurtarılması için nükleer enerjiye evet diyen bazı çevreci gruplar bile vardır. Çünkü sular artık yorulmuştur.

Suyun Niteliği

Bir iddiaya göre, yalnızca insanlar ve fareler kendi yuvalarına dışkı bırakarak kirlenmiş. Akarsulara bakılarak bu iddianın insanlar için doğru olduğu açıktır. İnsanlar sahip oldukları yüksek zeka ve bilinç (!) sayesinde, içmek, temizlenmek, beslenmek, eğlenmek için kullandıkları sulara dışkılarını, zehirlerini, çöplerini ve diğer atıklarını bırakırlar. Bu, anlaşılması son derece güç bir çelişkilidir.



Tuna nehri üzerinde Buda ile Peşte'yi birbirine bağlayan Szabadsag Köprüsü

Suyun kalitesi deyince, akla sadece kimyasal ve biyolojik özellikler gelmemelidir. Bunların yanısıra sıcaklık, bereklilik, çözülmüş oksijen miktarı vb. özellikler de düşünülmelidir. Bir akarsu biyolojik olarak temiz iken, ısıl kirlenmeye, çökelmeye, düzensiz akışa veya ötrofikasyona (suyun çözülmüş besince zenginleşmesi ve oksijence fakirleşmesi) maruz kalmış olabilir. Akarsu kirlenirse ise kötü görünür, kötü kokar. Bizler genellikle bu uyarılarını görerek harekete geçeriz. Ancak bazen akarsu temiz, duru görünebilir, aslında kirlenmiştir. Kirlilik bilinse de kimse harekete geçmez. Ne zaman ki kıyılara ölü balıklar vurur, etrafı pis kokular kaplar, suyu kullanan hayvanlar ölür, insanlarda salgın hastalıklar başlar, o zaman birşeyler yapmak için harekete geçeriz. Oysa geriye dönmek o kadar kolay olmadığı gibi, bunun maliyeti de gün geçtikçe katmerleşerek artar.

Dünyadaki en başarılı akarsu kurtarma projeleri bile öngörülen bitiş sürelerinden daha şimdiden on yıl geridedir. Endüstriyel ve evsel atıklar daha kolay denetim altına alınırken, maden işletmeleri, hayvan gübreleri ve suni gübreleme, baraj inşaatları, yatakların değiştirilmesi, kurutulan sulak alanlar, kaçak ve düzensiz ağaç kesilmesi, erozyonla akarsu yataklarının dolması vb. kirlenici kaynakları için yeterli çalışma yapılamamaktadır.

Toprak ve Kıyı Dengesi

Akarsularla ilgili olup da en çok ihmal edilen konu belki de akarsu eğimini ve taşkın alanının kararlılığını ve dengesini koruyan, akarsuyun biçimini ve sınırlarını tanımlayan kıyı ve taşkın alanının içinde bulunduğu tehlikelerdir. Çevresindeki toprağı korumadan, bir ırmağı koruyamazsınız. Akarsuyu ancak çevresiyle, bitki örtüsü ve toprakla birlikte koruyabiliriz. Zaten sağlıklı akarsular bu dengeyi kurmuştur. Bu akarsularda erozyon yok denecek kadar azdır, hidrolojik ve biyolojik etkileşim bir denge içinde yürümektedir.

Genellikle akarsuya belli bir uzaklıktaki karasal bölge, akarsudan ayrılmış gibi algılanır. Oysa akarsu havzasındaki arazi kullanımı, akarsuyun sağlığını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, akarsuları koruma ve yeniden kazanma projelerinde konuyu havza ölçeğinde ele almak gerekmektedir.

Taşkın ve Sellerden Korunmak

Su en ideal yolu izler ilkesi çerçevesinde, yağış suları doğal olarak eğime göre belirlenen bir çığır boyunca ilerler. Dolayısıyla, onu rahat bırakırsanız kendi yolunu bulur. Ancak akarsu yatakları ve taşkın alanları üzerinde her türlü yapıyı yaparsanız, onun akış yolunu daraltırsanız, yağış sularını akarsu yatağına ulaşmadan tutacak toprak ve bitki örtüsünü yok ederseniz birgün gelir, sel önüne geleni silip süpürür. Onlarca, yüzlerce, hatta binlerce can kaybı, mal kaybı olur, ekonomi ağır zararlar görür. İstanbul'da, Sakarya'da, İzmir'de, Senirkent'te olduğu gibi...

Sonuç

Akarsular yeryüzünün en değerli ve en kolay incinen kaynaklarıdır. Onlar, yaşamın ve uygarlığın devamı için vazgeçilmez hazinelerdir. Bu nedenle, akarsuların ekonomik değeri hesaplanabilirliğin ötesindedir. Çevreci baskı ve etkinlikler arttıkça, akarsuların önemi ve yararları daha da ön plana çıkacak, unutulmuş bazı değerler korumacı politikalarla daha kolay farkedilecektir.

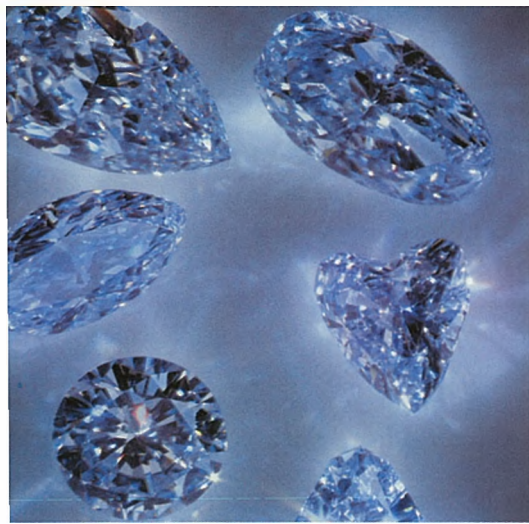
Unutmayalım ki, bir akarsuyun sağladığı ekonomik yararlar herkese aynı oranda ulaşmayabilir; ancak akarsu kirlenip ölürse, kirlenmelerin çıkardığı fatura herkese yansır. Bütün dünyada kazanılan ortak bir ders vardır: Temiz tutmak ve korumak, temizlemekten çok daha ucuz ve kolaydır. Yukarıda sözü edilen birçok yararları haricinde, sadece doğal güzellikleri bile akarsuları korumak için yeterli bir nedendir aslında.

Akarsular bazıları için bir metafor ya da nostaljidir. Çünkü genellikle çok güzel doğal mekanlar içerisinde akarlar. Ya da tam tersi, su olduğu için en güzel doğa mekanları akarsular boyunca oluşmuştur. Bu çok güzel mekanlara "Yeşil Koridor" ya da "Yeşil Otoban" diyebilirsiniz.

Kaynaklar

- Bates, M., 1960. The forest and the sea; Vintage Books, New York.
- Bolling, D.M., 1994. How to save a river, A handbook for citizen action, River Network, Island press.
- Izbirak, R., 1990. Sular coğrafyası, MEB.
- Lavigne, P., 1994. Challenges in watershed activism, Quarterly publication of River Network, 5(2).
- Moen, C. ve Schoen, J., 1994. Habitat monitoring. The volunteer monitor, Bi-annual newsletter, 2.
- Saraçoğlu, H., 1990. Bitki örtüsü, akarsular ve göller. MEB yayınları, Öğretmen Kitapları dizisi, İstanbul.
- Usumi, S., 1995. "Nehirlerin temizlenmesi için 200 trilyon gerekiyor" Sabah Gazetesi, 21 Nisan 1995 baskısı.

Grafit mi, Elmas mı?



Mineraller dünyasının iki ilginç üyesi grafit ve elmas, aynı kimyasal bileşime sahip olmalarına rağmen birbirlerine hiç mi hiç benzemezler. Adeta zıt karakterli ikiz kardeş gibidirler. Doğada nadir olarak bulunan elmas birçok özelliği nedeniyle baş tacı edilirken, grafitte sıradan bir endüstriyel hammadde gözüyle bakılır.

M. Akif Sarıkaya

Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü
sarikaya@hacettepe.edu.tr

Mineraller dünyasının o ihtişamlı yolculuğuna çıktığımızda, bizi akıllara sığmayan birçok sürpriz beklemektedir. En bilinen minerallerden, en gizemli minerallere; en çok kullanılanlardan, hiç kullanılmayanlara; en sık rastlanılardan, en nadirlerine kadar tüm mineraller dünyası, her köşesinde birçok gizem taşımaktadır. Aynen insanlar gibi...

İnsanlar gibi mineraller de aslında bir toplum hayatı sürmektedir(!) Minerallerin yaşadıkları ortamlar kayaçlardır. Kayaçlar onların aynı zamanda buluşma ve kaynaşma ortamlarıdır. Bazıları magma adı verilen doğum öncesi ortamdan gelir, kaynaşır; bazıları dağlardan, tepelerden yuvarlanır, düşer, göç ederler, yeni bir ortama katılırlar. Bazıları ise yaşadıkları topluluklarda eziyete, baskıya maruz kalır, birincil özelliklerini kaybederek değişime uğrarlar... Bize ne kadar da benziyorlar, değil mi?

Daha bitmedi! Mineraller arası ilişki de, insanlar arasındaki ilişkiye şaşırtıcı derecede benzerlikler gösterir. Mesela, kuvars minerali "kambersiz düğün olmaz" deyimini aratmayacak şekilde hemen hemen her ortama girer. Bazı minerallerin dostluk ilişkileri o kadar ilerlemiştir ki, birbirlerinden hiç ayrılmazlar. Bazıları ise düşman olmuş insanlar gibi birbirlerinin yüzünü görmek istemezler; asla bir arada bulunmazlar. Ara bulucu kişi veya işlemler haricinde...

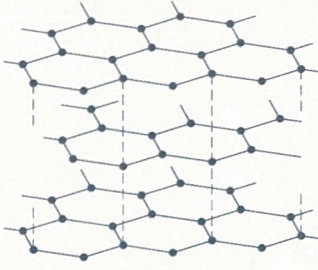
İnsanların oluşturduğu toplum yaşamı ile minerallerin oluşturduğu kayaç yaşamı arasındaki bu şaşırtıcı benzerlikler arasında belki de en önemlisi *grafit* ile *elmasın* ilişkisidir ki, bu her şeyi özetler. İster-seniz önce bu mineralleri tanıyalım.

Grafit, Yunancada yazmak anlamına gelen "grapho" kelimesinden gelir. Doğada griden siyaha kadar çeşitli tonlarda bulunur, yağlı, kaygan bir dokunuşa sahip, yumuşak bir mineraldir. Mohs sertlik cetveline göre sertliği 1-2 olan grafit, karbon elementinden oluşan metamorfik bir mineraldir.

Grafiti oluşturan karbon atomları birbirlerine tabakalar halinde bağlıdır. Karbon atomları arasındaki bağlar nispeten kuv-



Grafit



Grafit



Elmas

Grafit ve elmasın kimyasal bileşimleri aynı olmasına rağmen kristal sistemleri farklıdır. Bu farklılık onlara apayrı özellikler kazandırır. Resimde elmas kristali (sağ üstte) ve grafit görülmektedir.

vetli olmasına rağmen, tabakaları birbirlerine bağlayan bağlar daha zayıftır. Grafitin kaygan ve yumuşak olmasının sebebi de budur. Karbon tabakaları arasındaki bağlar zayıf olduğu için tabakalar birbirleri üzerinden kayarlar. Bu özellik grafitte, kağıda yazı yazma ve kuru yağlamada kullanma özelliği kazandırır. Grafit iyi bir ısı iletkeni olmamasına rağmen elektriği iyi iletir, ancak metalik bir mineral değildir. Bu özelliğinden dolayı pil yapımında kullanılmaktadır.

Grafit genelde masif, nadir olarak da kristal halde bulunur. Kristal halde bulunan grafit ince, düz, dilinimli ve neredeyse tamamen saftır. Masif grafit ise kristalleşme göstermeyen yoğun kütleler halindedir.

Grafit kökensel olarak organik maddece zengin sedimentary kayalardan itibaren başlıca kontak veya bölgesel metamorfizma yolu ile oluşur. Grafitlere mermerler, kuvarsitler, şistler, gnayslar ve antrasitler içinde rastlanır. Kireçtaşlarının içine sokulum yapan magmatik kütleler sebebiyle meydana gelen kontak metamorfizma sonucunda mermerler içinde de grafitte rastlanabilir. Grafit'in inorganik yolla, Prekambriyen yaşlı kayalardaki kalsitten indirgenme sonucu oluştuğu da iddia edilmektedir.

Grafit'in birçok kullanım alanı bulunmaktadır. En eski ve klasik kullanımı kurşun kalem yapımıdır. Grafit, yumuşak ve aynı zamanda yazma özelliğinde olduğundan dolayı en fazla bu alanda kullanılır. Kurşun kalem yapımında grafit önce toz haline getirilir. Kil ile karıştırılıp ısıtılarak paketlenir. Kil miktarı ve ısıtma işleminin süresi kurşun kalemin sertlik derecesini belirler. Grafitin diğer kullanım alanları ise piller, fren iç kaplaması (balatalar), karbon fırçaları, maden eritme potaları, döküm kapları, kuru yağlama, refraktörler ve çelik sanayisidir. Dünyadaki en büyük grafit üreticileri Meksika, Rusya ve Güney Kore'dir.



Elmas

Sentetik grafit, antrasit, kömür veya petrol kokundan elde edilir ve grafit tüketiminin büyük bir kısmını karşılar. Saflığı %99 - %99.5 olan grafit çok değerlidir ve nükleer reaktörlerde reaksiyon hızını düşürmek için kullanılır. Elmas da grafit gibi aynı kimya-

sal bileşime sahiptir. Ancak grafitte benzerliği sadece bu kadardır. Bu iki mineral diğer tüm özellikleri ile birbirlerinden çok farklı, sanki zıt iki kutup gibidirler.

Elmas, renksiz, beyaz veya sarı, turuncu, kahverengi, daha az oranda mavi, yeşil veya kırmızı, nadir olarak da koyu kırmızı, koyu mavi, koyu yeşil ve pembe renklerde bulunur. Aynı zamanda koyu gri ve siyah olanlara da rastlanmıştır. Oktahedral sisteminde kristalleşen elmas, doğada bulunan en sert mineraldir. Mohs sertlik cetvelinde 10 numara ile zirvede bulunur.

Grafit gibi elmas da karbon atomlarından oluşur. Ancak elmasın kristal yapısını oluşturan bağlar çok daha sıktır.

Mohs Sertlik cetveline göre sertliği 10 olan elmasın, sertlik derecesi 9 olan korund mineraline göre 40 kat daha sert olduğunu biliyor muydunuz?

Elmas bir çok eşsiz özelliğe sahiptir. Öncelikle, doğada bulunan en sert maddedir. Ayrıca çok iyi bir ısı iletkenidir ve tüm mineraller içinde ışığı kırma indeksi en yüksek olan mineraldir. Bu yüzden elmas tarih boyunca bilinmektedir. Elmasın çok çekici bir parlaklığa sahip olması, ayrıca çok nadir bulunması ona sahip olmak isteyenleri etkileyen en önemli özelliklerdendir.

Isı iletkenliğinin yüksek olması nedeniyle eğer elmasa oda sıcaklığında veya daha düşük derecelerde doku-

	GRAFİT	ELMAS
Kimyasal Formül	C	C
Renk	Koyu griden siyaha	Renksiz, beyaz ve bazen çeşitli renklerde
Çizgi rengi	Siyah	Beyaz
Sertlik	1-2	10
Kristal formu	Hekzagonal	Oktahedral
Özgül ağırlık (g/cm ³)	1.9 - 2.3	3.51
Parlaklık	Metalik	Çok parlak, Adamantin
Kırılma	Konkoidal kırılma, ince tabakaları esnekler	Konkoidal kırılma
Polimorfları	Elmas, Kohait, Lonsdalit	Grafit, Kohait, Lonsdalit
Mineral grubu	Doğal elementler, Metalik olmayanlar	Doğal elementler, Metalik olmayanlar
Ayrırcı özellikleri	Yağlı dokunuş, eli boyar, yumuşaktır	Sert, parlak



Mücevher elmas

nursanız soğuk hissedersiniz. Elmas ısıtılırsa uzun süre sıcak kalacaktır.

Elmasın öncelikli kullanım alanı, kuşkusuz süs taşı olarak mücevheratçılıktır. Elmas, çok çekici bir görünüme sahip olması ve nadir bulunması nedeniyle yüzyıllardır insanların en gözde taşları arasındadır. Bu yüzden elmas pahalı ve aynı zamanda da en ünlü kıymetli taştır. Ancak dünya elmas üretiminin sadece %20'si gemolojik anlamda değerlendirilir. Geri kalan %80'lik üretim ise sanayide kullanılmaktadır. Elmas, sanayide de aranılan bir malzemedir. Sertliğinden dolayı aşındırıcı olarak, ısı iletkenliğinden dolayı termal izolatör olarak kullanılır. Ayrıca optik sanayi ve elektronik sanayisinde de kullanım alanları vardır.

Dünya elmas rezervlerinin büyük bir kısmı Güney Afrika'da bulunmaktadır. Güney Afrika'nın en ünlü madeni ise Kimberly madeni'dir. Namibya, Rusya, Avustralya ve Brezilya elmas üreten diğer ülkelerdir.



Doğal elmas



Karat Nedir?

Elmasların ağırlıkları karat (carat) cinsinden belirlenir. Ct olarak kısaltılır. 1 Ct 0.2 gram'a (200 miligram) karşılık gelir. Örneğin, Topkapı Sarayı Müzesi'nde sergilenen ünlü kaşıkçı elması 86 Ct ile dünyanın beşinci büyük elmasıdır ve yaklaşık 20.4 g'dır.

Elmas ve grafit'in özellikleri yukarıda kısaca aktarılmaya çalışıldı. Görüldüğü gibi elmas ve grafit tamamen aynı kimyasal bileşime sahip olmalarına rağmen, birbirlerine aslında hiç benzememektedir. Aynen insanlar gibi.

İnsanlar da aynı kimyasal bileşime sahip olup, aynı organlardan oluşmuştur. Vücutlarında bulunan su, protein, organik madde, element yüzdeleri aynıdır. Hepimizin iki kulağı, iki gözü, bir burnu, ve bir ağız bulunmaktadır; herkes aynı şekilde oturup kalkmakta, hemen hemen aynı şeyleri yiyip içmekteyiz. Hepimiz aynı kimyaya sahip olmamıza rağmen ruhumuz, yaşayış tarzımız, huylarımız, ilişkilerimiz çok farklıdır. Tıpkı grafit ile elmas gibi...

Elmas, mineral hazinemizin en değerli parçasıdır. Onu baş tacı edip, değer verirken, grafitte sıradan bir endüstriyel hammadde gözü ile bakarız. Bazı insanlara değer verip, çok sevdiğimiz, bazılarını ise umursamadığımız gibi. Elmas çok nadirdir, grafit ise hemen hemen her yerde bulunur. Bazı insanlar da düşünceleriyle bize ışık olur, yol gösterirler. Böyle insanlar elmaslar gibi çok nadirdirler. Ama etrafımızda grafit benzeyen birçok insan dolaşmaktadır. Elmas dünyanın en sert taşı olmasına rağmen, grafit en yumuşak taşları arasındadır. Bazı insanlar da sert huyludur, astığı astık, kestiği kestiktir. Bazıları ise o kadar yumuşak huyludur ki, kimseyi kırmaz, herkesle uyumludurlar. Bazıları için "pırlanta gibi çocuk" deyimini kullanırız, çevrelerinde elmas gibi parladıkları için. Bazıları ise grafit gibi sönük ve duyarsızdırlar.

Şimdi bir düşünelim bakalım. Grafit mi olmak isteriz, yoksa elmas mı?

Kaynaklar

Monroe, J.S. and Wicander, R. 1998. Physical Geology, 3rd Ed., Wadsworth Publ. Comp., 663 s.

Elementler ve Biz

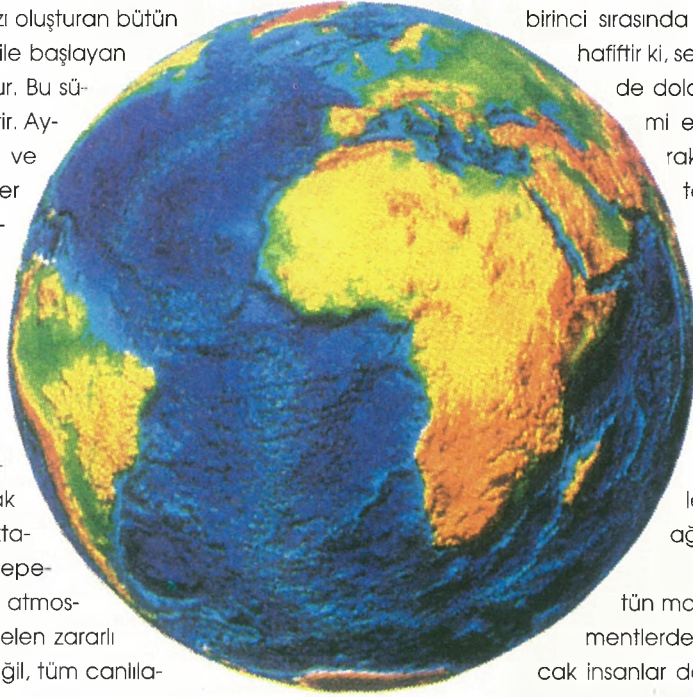
Dünyamız ve dünyamızı oluşturan bütün elementler kozmik olaylar ile başlayan bir süreç sonucu oluşmuştur. Bu sürecin enerji kaynağı güneştir. Aynı zamanda güneş, bizler ve etrafımızda yaşayan diğer tüm canlılar için de yegane enerji kaynağıdır. Güneşten gelen bu sonsuz enerji, doğrudan kullanıldığı gibi, gerektiği zaman yararlanılmak üzere dünyamızda ve onun iç katmanlarında petrol, doğal gaz, odun ve kömür olarak dolaylı yollarla saklanmaktadır. Ancak, dünyamızı çevreleyen bir yorgan gibi saran atmosfer olmasaydı, güneşten gelen zararlı ışınlar bir enerji kaynağı değil, tüm canlıların sonu olurdu.

Canlılar, yaşamlarını sürdürebilmek için dünya üzerinde bulunan maddelere ve koşullara ihtiyaç duymaktadır. Aslına bakarsanız tüm canlıların hayatlarını sürdürebilmek için ihtiyaç duydukları her şey fazlasıyla dünya üzerinde mevcuttur.

Tüm canlı ve cansızları oluşturan elementler atomlardan, atomlar ise proton, nötron ve elektron gibi atom altı parçacıklardan oluşmaktadır. Elementler çekirdeklerinde bulunan proton sayılarına göre, başka bir ifadeyle atom ağırlıklarına göre, periyodik tablo üzerinde sırasıyla işaretlenmiştir. Periyodik tabloda toplam 109 element bulunmaktadır. Bunlardan 94 tanesi doğal olarak yeryüzünde bulunurlar. Bu 94 elementin sekiz tanesi ise neredeyse tüm maddelerin içinde az veya çok miktarlarda yer almaktadır. Geriye kalanlar ise eser miktarlarda dünya üzerinde dağılmışlardır.

Periyodik tablo, 19. yüzyılın sonlarında Rus kimyacı Dimitry Ivanovich Mendeleev (1834-1907) tarafından oluşturulmuştur. Mendeleev, kendi zamanında bilinen 62 elementi atom ağırlıklarına göre sıralamıştır. Onun anısına, 101 numaralı element periyodik tabloya mendelevium (Md) adıyla eklenmiştir.

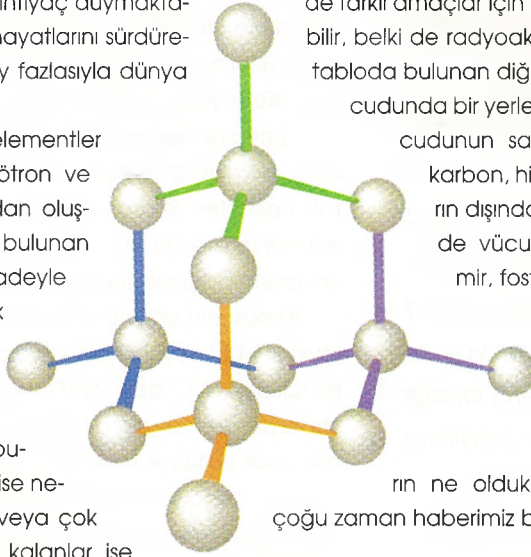
Periyodik tablonun en hafif elementi sadece bir proton ve bir elektron içeren hidrojen (H)'dir ve periyodik tablonun



birinci sırasında bulunur. Hidrojen o kadar hafiftir ki, serbest gaz halinde atmosferde dolaşamaz, dünyanın yer çekimi etkisinden rahatlıkla kurtularak uzaya kaçar. Periyodik tablonun en sonundaki elementler ise çok daha karmaşık yapıda ve ağırdırlar. Evrende en çok bulunan element hidrojen, en nadiri ise astatin (At)'dir. Yerkabuğunun ancak 0.16 gramında astatin bulunmaktadır. Katı elementlerin en hafifi lityum (Li), en ağıri ise osmiyum (Os)'dur.

Dünya üzerindeki bütün maddeler gibi insanlar da elementlerden meydana gelmiştir. Ancak insanlar daha az sayıda element türünden oluşmaktadır. Şimdiye kadar bilimciler tarafından tespit edilen, insan vücudunun çeşitli yerlerinde farklı amaçlar için iş gören element sayısı 76'dır. Kim bilir, belki de radyoaktif elementlerin dışında periyodik tabloda bulunan diğer elementlerin tamamı insan vücudunda bir yerlerde bir işe yarıyor. Bir insan vücudunun sahip olduğu başlıca elementler, karbon, hidrojen, oksijen, nitrojen ve bunların dışında yiyecekler ve içecekler sayesinde vücudumuza aldığımız kalsiyum, demir, fosfat, sodyum, potasyum ve fosfordur.

Yaşadığımız bir gün gibi kısa bir sürede dahi periyodik tabloda bulunan elementlerin çoğuyla karşılaşırız. Ancak onların ne olduklarından nasıl bulduklarından çoğu zaman haberimiz bile yoktur.



Kaynak

Busbey, A.B., Coenraads, R.R., Roots, D. ve Willis, P. 1996. Rocks and fossils. Collins Publ. UK, 288 s.

Not: Busbey ve diğ.'nin Rocks and Fossils adlı kitabındaki "How Geology affects us" başlıklı makaleden kısaltılarak çevrilmiştir.

Çeviri: M. Akif SARIKAYA
H.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü
sarikaya@hacettepe.edu.tr

Volkanik Patlama Bulutları



"Genel görünümü bir şemsiye ağacına benziyor. Bir çeşit hortumun üstünde büyük bir yüksekliğe çıkıyor ve daha sonra dallara ayrılıyor. İlk etkiyle yukarı doğru itilmesinden sonra aşağı çökerek dereceli olarak yanlara doğru yayılmasının, basıncın kesilmesi veya kendi ağırlığıyla çökmesi sonucunda olduğu kanısındayım... Bulut, içerdği toprak ve külün oranına göre bazen beyaz, bazen kirlili göründü."

İnan Ulusoy
Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

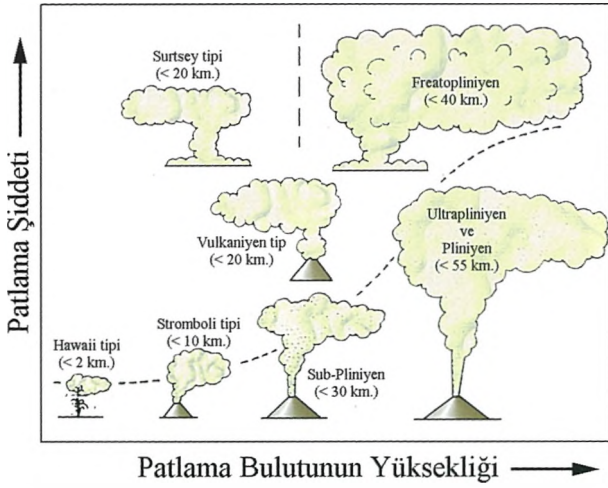
Vezüv'ün M.Ö. 79 yılındaki patlaması, tarihsel kayıtlarda yerini almış ilk büyük volkanik patlama olayıdır ve çoğu bilim adamınca, bir püskürüm olayının tam anlamıyla gözlenebildiği volkanik kayıtların ilki olarak kabul edilir. Girişteki satırlar Vezüv'ün 30 km batısında, Capo Miseno'da Genç Pliny'nin bu büyük olayı tanımladığı mektuplarından alınmıştır. İşte bu nedenle, daha sonradan Pliniyen olarak adlandırılacak olan patlamalar, isimlerini Genç Pliny'den alırlar.

Çoğu volkanik patlamanın karakteristik özelliklerinden biri olan volkanik püskürme bulutları, geometrileri ve iç dinamikleri ile jeolojik açıdan oldukça ilgi çeken oluşumlardır. Püskürme bulutlarının iç dinamiklerine ve geometrik özelliklerine değinmeden önce kısaca atmosferik yapıya bir göz atalım.

Dünya atmosferi 560 km kalınlığa sahiptir. Atmosfer, termal özellikleri, hareketleri, kimyasal bileşimi ve yoğunluğu göz önüne alınarak Troposfer, Stratosfer, Mezosfer ve Termosfer diye adlandırılan katmanlara ayrılır. Atmosferde volkanik püskürme bulutlarının yapısını önemli ölçüde etkileyen, Troposfer ve Stratosfer katmanlarıdır.

Atmosferin en yoğun katmanı olan Troposfer, yeryüzünden başlayıp 8-14,5 km yüksekliğe kadar uzanır. Bu katmandan sonra sıcaklık yaklaşık 17°C'den, -52°C'ye düşer. Troposferi, bir üst katman olan Stratosferden ayıran geçiş katmanına "Tropopause" adı verilir. Tropopause volkanik patlama bulutları için oldukça büyük bir öneme sahiptir. Tropopause'dan sonra ani olarak azalan yoğunluk nedeniyle, püskürme bulutları bu seviyeden sonra bulutun şemsiye kısmını oluştururlar.

Stratosfer, Troposferin üzerindeki katmandır ve 50 km yüksekliğe kadar uzanır. Bu katman Troposfere kıyasla kuru ve daha az yoğundur. Bu bölgede sıcaklık ultraviyole (morötesi) ışınlarının absorpsiyonu sonucu kademeli olarak -3°C'ye kadar yükselebilir. Güneşten kaynaklanan ultraviyole radyasyonu absorbe eden ve bu radyasyonun Dünya'ya gelmesini engelleyen ozon tabakası bu katman içindedir. "Hava"nın %99'u Troposfer ve Stratosfer içinde yer alır.



Walker (1973)'in sınıflaması esas alınarak patlama bulutlarının faaliyet tipine göre gösterilmesi.

Püskürme Bulutlarının Genel Yapısı

Püskürme kolonu, bir volkanın baca kısmından en üstteki yanal yayılım kısmına kadar uzanan, sütunsal görünümlü, katı ve gaz içerikli bulutsu yapı olarak tanımlanabilir. Püskürme bulutu ise kolonla beraber bulutun üst kısmındaki mantara benzeyen bölgeyi de kapsamına alan bir tanımlamadır (Fisher & Schmincke, 1984).

Patlama faaliyetinin türü püskürme kolonunun karakterini belirlemede önemli bir faktördür. Ani bazaltik patlamalar geçici püskürme kolonlarını oluşturur. Buna karşın parçacıklanma derecesi yüksek asidik magmaların püskürmesiyle gerçekleşen, sabit koşullu patlamalar uzun süreli püskürme kolonlarını oluştururlar. Büyük volkanik patlama bulutlarını oluşturan püskürmeler Hawaii, Stromboli tipi gibi ani püskürmeler değil, Pliniyen tipi gibi uzun süreli ve patlama şiddeti yüksek püskürmelerdir.

Bir volkanik patlama bulutunun yapısı üç bölümde incelenebilir:

- 1) Gaz-itişî Bölgesi
- 2) Konvektif Bölge
- 3) Şemsiye Bölgesi

Gaz-itişî Bölgesi

Gaz-itişî bölgesi püskürme kolonunun taban kısmını oluşturur. Gaz itişî bölgesinin oluşumu, gaz fazının hızlı bir şekilde basınçtan kurtulmasına dayanır. Volkan bacasının içinde ve baca çıkışında uçucu bileşenlerin genişmesi ile, piroklastlar ve gazlardan oluşan bir karışım hızlandırılır. Bu malzeme, volkan bacasında çıkış hızına erişir. Bu hız, kolonun tabanındaki ilksel hız olarak da nitelendirilebilir. Temelde patlama basıncına bağlı olan çıkış hızları yapılan teorik analizler ve gözlemlere göre Stromboli tipi püskürmelerde 100 m/sn (Sparks, 1986), pliniyen ve vul-

kaniyen tip püskürmelerde de 600 m/sn civarında gelişmektedir (Wilson, 1976; Wilson vd., 1980; Sparks, 1986).

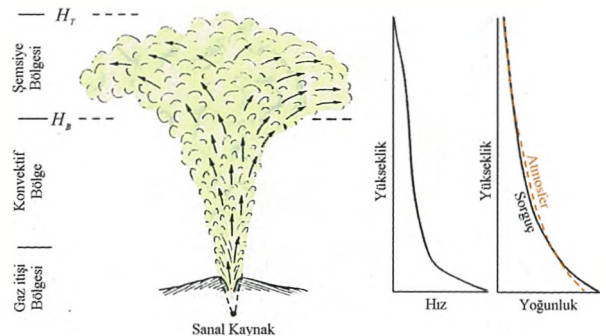
Gaz-itişî bölgesinin yüksekliği volkanik faaliyetin türüne göre değişir. Ani patlamalar için (Stromboli ve Vulkanik tipi patlamalar) bu yükseklik birkaç on metreden, birkaç yüz metreye kadar değişebilir. Uzun süreli püskürme bulutları içinse bu aralık, birkaç yüz metreden, birkaç kilometreye kadar değişir. 400-600 m/sn ilksel gaz hızına sahip püskürmeler için bu yükseklik 1,5-4,5 km'dir (Wilson 1976; Sparks & Wilson, 1976; Cas & Wright 1988).

Konvektif Bölge

Gaz itişî bölgesinde, kolon yoğunluğunun düşmesi ve kolon içindeki malzemenin hızının azalması şeklinde iki tür davranış söz konusudur.

Birinci tür davranışta, gaz itişî bölgesinde kolon, kendi sıcaklığıyla etrafındaki havayı ısıtır. Kolonun etrafındaki havanın ısınarak türbid kolona dahil olması ile kolon yoğunluğu, kendisini çevreleyen atmosferin yoğunluğundan düşük hale gelir. Kolon yoğunluğunu düşüren diğer bir faktör de kolonun içinde başlangıçta varolan iri parçacıkların, graviteye karşı koyamayarak kolonu terketmesidir. Kendisini çevreleyen atmosferden daha düşük yoğunluğa sahip olan bu kolon, kaldırma kuvvetinin baskın olduğu bir türbid sorguç haline dönüşür. Sorguçun, kaldırma kuvveti etkisinin baskın olduğu bir rejime geçebilmesi için yeterli miktarda hava, kolonun alt kısmına karışmalıdır ve kolon yoğunluğunu kendisini çevreleyen atmosferden düşük hale getirebilmelidir. Bu noktadan sonra artık kolonun yükselmesi tamamen gaz-itişinden bağımsızdır, konvektif bölge böylece oluşur ve kolon yükselmeye kendi "hafifliğiyle" devam eder. Bir volkanik püskürme kolonunun yüksekliğinin büyük bir kısmını işte bu konvektif bölge oluşturur.

İkinci davranış türü ise kolon hızının 0 m/sn'ye düşmesidir. Kolon, yeterince sıcak havayla karışamaz ve yoğunluğu kendisini çevreleyen atmosferden daha az yoğun hale gelemezse kolon hızı sıfırlanır (kinetik enerjinin



Püskürme Sorgucunun bölünmesi ve hız ile yoğunluğun yüksekliğe bağlı değişimi (Sparks, 1986).

kesilmesi). Bu tür yoğun malzemeler çökerek (kolon çökmesi) piroklastik akıntıları oluştururlar. Bununla birlikte baca yarıçapının genişlemesiyle birlikte gaz çıkış hızı ve gaz içeriği düştüğünde de kolon çökmesi gerçekleşebilir (Wilson vd., 1978).

Şemsiye Bölgesi

Katmanlı bir atmosferde püskürüm sorgucu er geç etrafını çevreleyen malzemeyle aynı yoğunlukta olduğu bir seviyeye gelecektir. Konvektif bölgenin üst kısımları bu nedenle nötr kaldırma kuvveti seviyesi olarak tanımlanır. Sorguç bu bölgede, yanlara doğru yayılırken, orta kısımda da, üzerindeki aşırı momentum nedeniyle yükselmeye devam edecektir. Bir şemsiye bölgesi, bu şekilde net olarak tanımlanabilecek bir tavan noktası (HT) ve toplam yoğunluğun atmosferik yoğunluğa eşit olduğu bir taban noktasına (HB) sahip olacaktır. Sorguç yan taraflara doğru taban ve tavan noktaları arasında kuvvetli bir sokulum gerçekleştirerek yayılacaktır. İşte bu bölgede pek çok volkanik patlama bulutunda gözlenen mantar şapkası benzeri bir görüntüye sahip olan "Şemsiye Bölgesi" oluşacaktır.

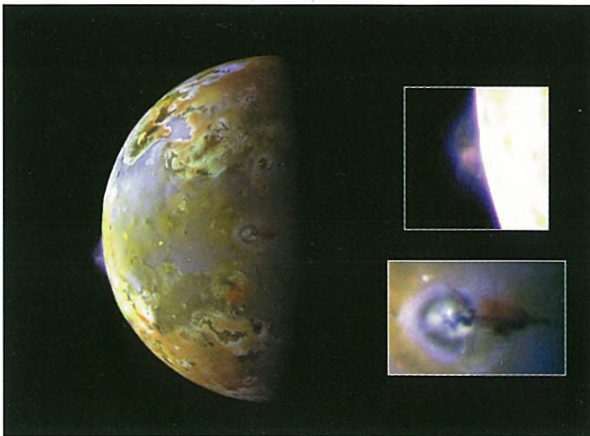
Kolon Yüksekliğinde Teorik Limitler

Atmosfere boşalan malzemenin yoğunluğu, başlangıçta kendisini çevreleyen malzemedan daha yoğundur. Yeterli miktarda havanın püskürme bulutuna karışması sonucunda kolonun kendisini çevreleyen atmosferden daha az yoğun hale geleceğinden bahsedilmişti. Buna karşın baca yarıçapı, magmanın gaz içeriği ve gaz hızının uygun birlikteliğinde bile kolon, hala atmosferden daha yoğun olabilir. Bu durumda bütün kinetik enerjinin harcanması ile kolon çökmesi ve piroklastik akıntıların oluşumu gözlenir. Yine bu üç bileşenin en uygun birlikteliğinde dünya üzerinde bir patlamada volkanik malzeme en fazla



700 m/sn hızla atmosfere püskürtülür (Sparks, 1986). Magma içindeki parçacıkların en uygun olduğu durumda da, bu hız piroklastik malzemeyi en fazla 55 km yüksekliğe çıkarabilir. Bu durumda gerçekleşebilecek hacimsel püskürüm miktarı $1.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sn}$ olabilir (Wilson vd., 1978). Bundan daha yüksek püskürme bulutları Dünya üzerinde gerçekleşemez.

Bazı bilim adamları Galileo uzay aracından gelen görüntüleri kullanarak, Jupiter'in uydusu Io'da beş aydan daha az yaşlı 400 km^2 'lik bir volkanik birikinti keşfetmişlerdir ve bu birikintinin ince taneli malzemedan, özellikle volkanik külden oluşmuş olabileceği görüşündedirler. Io'nun aktif bir volkanı olan Pillian, 1997'de patlamış ve 120 km yüksekliğe malzeme fırlatmıştır. Bu olay Dünya üzerinde gözlenemeyen 55 km'den daha yüksek volkanik patlama bulutlarının başka gezegenlerde ve uydularda gözlenebileceğinin kanıtıdır. Io'da daha büyük bulutların oluşabilmesinin en önemli nedeni ince atmosfer ve düşük yerçekimidir.



Jupiter'in uydusu Io'da volkanik patlama bulutu (Schenk vd., 1997).





St. Helens Volkanı'nın 18 Mayıs 1980'de başlayan faaliyetinden bir örnek.

Dış suların Patlama Kolonuna Etkileri

Püskürmelerin önemli bir tipi de magmanın patlayarak atmosfere çıkışından önce yeraltı veya yerüstü sularıyla (göl, nehir, deniz vs.) karşılaşması sonucu oluşur. Freatomagmatik faaliyet olarak isimlendirilen bu tür bir patlamada ısı etkileşiminin büyük bir bölümü magma ve su arasında gerçekleşir. Bunun sonucu olarak da bulut yüksekliğini kontrol eden kolon dinamiği çok farklı gelişebilir. Bu tür püskürmelerde, termal enerjinin büyük bir kısmı suyu buhar hale çevirmekte kullanılır. Şayet buhar ve piroklastik malzeme birlikte yükselirse, suyu buhar hale dönüştürmekte kullanılan termal enerji bir bulut oluşturmak için ancak buharın yoğunlaşmasıyla geri kazanılabilir. Buhar fazından, su fazına olan bu değişim, hacimsel olarak da büyük miktarda bir değişimi beraberinde getirecektir. İşte bu nedenle freatomagmatik patlamalarda, genellikle buharla karışık piroklastik malzemenin, bulutun taban kısmından radyal olarak yanlara atılmasıyla, tüf halkaları oluşmaktadır. Nükleer patlama bulutlarında gözlenen yıkıcı taban yayılımı halkasının nedeni de budur, patlamanın şiddeti ani olarak toprak içindeki suyu buharlaştırır ve bir taban yayılımı bulutu oluşmasına neden olur. Bu koşullarda gelişen freatomagmatik patlama bulutu, aynı şiddete sahip bir pliniyen patlamadan daha az bir yüksekliğe sahip olacaktır. Çünkü,

termal enerjinin büyük bir bölümü başlangıçta suyu buhar hale çevirmekte kullanılmış olacaktır (Wilson vd., 1978).

Patlama Bulutlarının İklim Değiştirme Etkisi

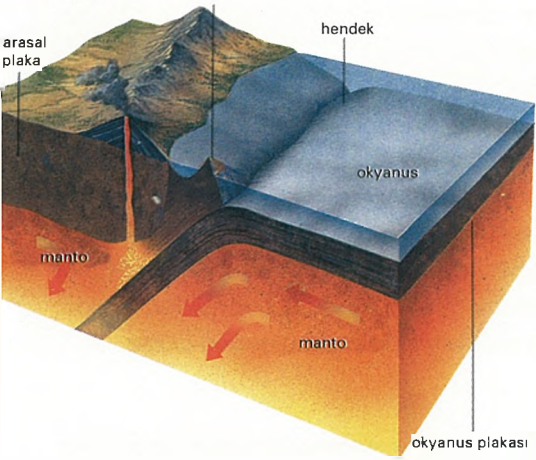
Volkanik patlamaların etkileri kimi zaman sadece yakın çevreyle sınırlı kalmaz. Bazı püskürme olayları, dünyayı etkisi her noktasında hissedilebilen önemli iklim değişikliklerine sürükleyebilir. Volkanik patlama bulutları gaz-katı karışımı oluşumlardır. Magma eriyiklerinde hakim olan H_2O , CO_2 , H_2S , SO_2 , HF ve HCl gibi gaz bileşikleri, boyutları blok ile çok ince taneli volkan külü arasında değişen katı materyaller ile birlikte patlama bulutlarının esas bileşenlerini oluştururlar. Volkanlar tarafından değişik hızlarda atmosfere püskürtülen bu bileşenler ise küresel iklim değişikliklerinde asıl rolü oynarlar.

Volkanların atmosfere püskürttüğü gazlar arasında özellikle kükürtdioksit gazı ve miktarı iklim değişiminde önemli rol oynar. Kükürtdioksit, atmosferde su ve oksijenle birleşerek sülfirikasite dönüşür. Sülfirikasit ise stratosferde çok hızlı bir şekilde sıvılaşıp ince sülfat zerreciklerini (aerosoller) oluşturur. Bu zerrecikler de uzaya geri yansıtılan güneş ışınımı miktarını artırırlar. Böylece dünya atmosferinin alt bölümlerinin ya da troposferin soğumasına yol açarlar. Ancak aynı zamanda da dünyadan yayılan ısıyı soğurarak stratosferin ısınmasına neden olurlar.

Kaynaklar

- Cas, R.A.F. ve Wright, J.V., 1988. Volcanic Successions: Modern and Ancient. Unwin Hyman, London. 528s.
- Fisher R.V. ve Schmincke, H.U., 1984. Pysoclastic Rocks. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 472s.
- Schenk, P.M., McEwen, A., Davies, A.G., Davenport, T., Jones, K. ve Fessler, B., 1997. Geology and topography of Ra Patera, Io, in the Voyager era: Prelude to eruption. Geophys. Res. Lett. 24, 2467-2470.
- Sparks, R.J.S. ve Wilson, L., 1976. A model for the formation of ignimbrite by gravitational collapse, J. Geol. Soc. London. 132, 441-451.
- Sparks R.J.S., Wilson, L. ve Hulme, G., 1978. Theoretical modelling of the generation, movement and emplacement of pyroclastic flows by column collapse. J. Geophys. Res. 83. 1727-1739.
- Sparks, R.S.J., 1986. The dimensions and dynamics of volcanic eruption columns. Bull. Volcanology. 48, 3-15.
- Wilson, L., 1976. Explosive volcanic eruptions – II. The atmospheric trajectories of pyroclasts. Geophys. J. R. Astr. Soc. 30, 381-392.
- Wilson, L., Sparks, R.J.S., Huang, T.C. ve Watkins, N.D., 1978. The control of volcanic column heights by eruption energetics and dynamics. Jour. Geophysical Research. 83, 1829-1836.
- Wilson, L., Sparks R.J.S. ve Walker G.P.L., 1980. Explosive volcanic eruptions – IV. The control of magma properties and conduit geometry on eruption column behaviour. Geophys. J. R. Astr. Soc. 63, 117-148.

Yeryuvarının İç Dinamikleri



Yitim, yoğun okyanus kabuğunun kıtasal kabuk altında batmasıyla oluşur, eriyen kayalar volkanizmaya neden olur.

Geride bıraktığımız son 50 yıl, Dünyanın manto ve çekirdeğinin kimyasal, termal ve dinamik koşullarını daha iyi anlamaya yönelik önemli çalışmalar yapıldığı bir dönem oldu. Hala sırrını koruyan bir çok meseleye rağmen bazı temel ve can alıcı noktalar artık gerçeğe kavuşmaktan çok da uzak değiller.

Çeviri: Ayhan Aydın
ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğrencisi
blackhorns@hotmail.com
Ediz Kirman
E-K Jeoteknik, kirman@science.ankara.edu.tr

Bir çok yönden 1940'ların sonları ve 1950'lerin başları, çekirdek ve mantonun kimyasal ve mineralojik özelliklerini anlamaya başlayışımızın 'modern çağ' başlangıcı olarak yorumlanabilir. Dünyanın kalın katmanlı bir yapısı olduğu bu yüzyılın ilk 10-20 yılı içerisinde sismoloji kullanılarak ortaya konmuştu. Fakat çekirdek ve manto özelliklerinin tam olarak tanımlanmasına yönelik nihai çalışmaların tabanı ve destekleyicisi konumundaki bir çok temel ilke ve görüşün ortaya çıkışı, bundan sadece 50 yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Bunlara örnek olarak aşağıda sıralanan görüşler verilebilir:

I. Birch'ün, Jeffreys tarafından 400-1000 kilometre derinliklerde olduğunu ortaya konan, yüksek basınç kristallenme faz geçişlerinin sismik hızlarda anomali gösteren iniş ve çıkışlar meydana getirdiğine dair meşhur görüşü

II. Bullen'in, alt mantodaki sismik hız dağılımının gezegenin bu en büyük kısmında faz açısından ve kimyasal olarak bir özdeşliği işaret ettiği fikri (son 200 km hariç).

III. Dana ve Wiechert tarafından 19. yüzyılın sonlarında ileri sürülen çekirdeğin demir ağırlıklı olduğu tezini; demir üzerine bir çok bilginin bileşimi, dış çekirdeğin sismik özellikleri ve meteorların yapısal özelliklerini kullanarak, destekleyen bir diğer görüş.

Bu görüşler arasında mantonun aynen bir sıvı ya da gaz gibi bir yerde ısınarak hafifleşmesi ve yükselmesi, daha sonra da başka bir yerde soğuyarak alçalması anlamına gelen 'manto konveksiyonu' ihtimali Verhoogen tarafından öne sürülüyordu. Fakat bu tez o zamanlar henüz kabul görmüş değildi. Gezegenin iç kısımlarının süre(k)li miknatıslanma özelliğinin Dünyanın iki kutuplu manyetik alanını oluşturması gerektiği fikri, örneğin Elsasser gibiler tarafından ileri sürülen dış çekirdekteki sıvı hareketlerinin manyetik alan üretici manyeto hidrodinamik modelleriyle, değiştirilmek üzereydi. Ve nihayet, varlığı ilk olarak 1936 yılında belirlenen iç çekirdeğin, bilimsel olarak o gün için henüz kanıtlanmadığı halde, katı olduğu ve demirin ergime eğrisiyle jeoterm (ısı eğrisi), basınç etkisi altında çarışması sonucu oluştuğu iddia edildi.

Bu birinci sınıf öngörülere rağmen, Amerikan Jeoloji Enstitüsü kurulduğunda, yer kürenin derinlikleri hakkındaki bir çok belirsizlik varlığını hala sürdürmekteydi. Üst mantonun bileşimi ve manto-kabuk süreksizliğinin doğasına ilişkin görüşler, bugünlere oranla oldukça farklılıklar gösteriyordu. Mesela bazaltın hangi şartlarda oluştuğu açığa kavuşmamıştı, geçiş zonlarında görülebilecek kristalografik geçiş çeşitleri bir dizi spekülasyondan ibaretti, ve mevcut sismik gözlemler yavaş doğru homojen olan ve soğan şeklinde tabakalanmış bir gezegen benzetmesi kullanılarak açıklanıyordu. Günümüzde ise bundan yarım yüzyıl öncesine kadar hayal bile edilemeyecek, ve okyanus ortası sırtlara magma dağıtan taşıma sistemlerinden tutun da yanal sıcaklık değişimlerinin anlaşılmasına olanak sağlayabilecek küresel sismik süreksizlik sapma haritalarına kadar oldukça iddialı bir jeofizik harikalar zenginliği yaşanmaktadır.

Üst Manto

1940'ların başlarında "Üst Manto" yaklaşımından ziyade, kabuk altı derinliklerde kalınlığı onlarca kilometreden tutun yüzlerce kilometreye varabilecek camı ya da magmatik bazaltik bir "alt tabakalanma" görüşü çok daha benimsenir durumdaydı. Bununla beraber, bazalt ile olan kimyasal benzerliği ve üst mantonun sismik göstergeleriyle sağladığı genel uyuma dayanarak eklojit, üst mantonun egemen kayacı olarak nitelendiriliyordu. Meteoritik yapıları bir yer küre ele alındığında, kalsiyum ve alüminyum bakımından bu derece zenginleşmiş bir tabakanın, daha derinlerde magnezyum silikatların fazlaca yoğun olduğu bir başka bölgeye geçmiş olması bekleniyordu. 1952 tarihli meşhur makalesinde Birch, elastisitesini baz alarak peridotiti üst mantonun egemen kayalar

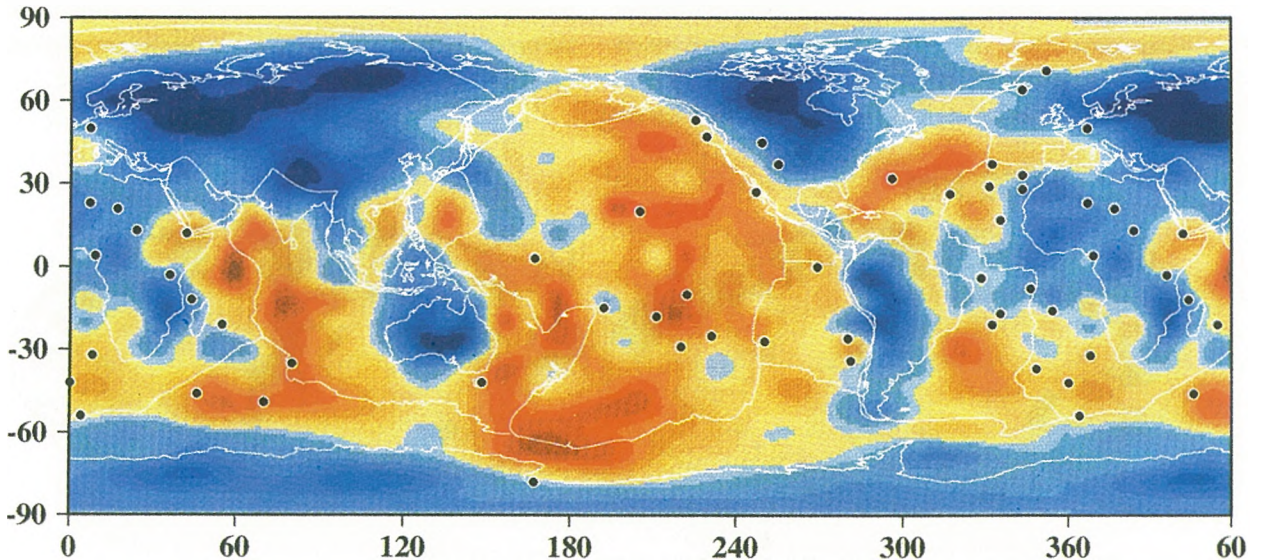
sınıfından çıkarıyordu. Bu kani muhtemelen 80 kilometreden sığ ve 2,5 GPa'dan düşük basınçlarda meydana gelen plajiyoklazdan granat-peridotite geçiş fazının bilinmiyor oluşundan kaynaklanmaktaydı.

Ancak artık günümüzde, bazalt petrojenezine yönelik bir çok çalışmanın (Ringwood ve yardımcıları öncülüğünde) birleştirilmesiyle mineraller hakkında şartlara uyabilecek bir çok bilgi toplanmış, ve ağırlıklı olarak okyanusal kabukla mantoya ait sismik hız profilleri kullanılarak üst mantonun peridotitik ağırlıkta bir kimyası olduğuna dair fikir birliğine varılmıştır. Üst manto bileşiminin yeniden tanımlanması, eklojitten bazalt üretmek için gerekli olan büyük miktarda bir manto ergimesini de akıllarda uzağa atmıştır. Bazalt üretimi için meydana gelen ergimelerde üst mantonun oranı yaklaşık % 20'lik bir oranda, ergimenin ortalama başlangıç derinliğinin sınırı ise yaklaşık 100 km ile sınırlandırılmıştır. Bunun da ötesinde peridotitin ergime davranışı, ergimemiş bazaltik oluşumdan harzburjitik bir artık meydana gelmesi için doğal bir mekanizmaya da olanak sağlar. Aynı zamanda peridotitin üst mantodaki öneminin anlaşılması, 1950'lerin sonları ve 1960'larda oldukça geçerli olan Moho süreksizliğine yönelik bir çok gözlemin tutarlı açıklaması olarak süregelen gabro-eklojit geçişini de ortadan kaldırmıştır. Bütün bunlara rağmen eklojitin elastik özelliklerinin üst manto ile benzerliği, günümüzde manto yapısına yönelik yorum ve yaklaşımlarda hala karmaşıklık ve soru işaretlerine neden olmaktadır.

Yerin Derinlikleri

Yer kürenin derinliklerinde bulunan bölgeler hakkındaki görüşler, özellikle son yarım yüzyıl içerisinde çok ciddi bir değişime uğramıştır. 1940'larda, derinlikle beraber

S Dalgaları, Derinlik=200.0 Km



200 km derinlikteki küresel kesme hızını gösteren model.

hızdaki dalgalanmaların kendiliğinden oluşan ve sıkışma etkileriyle açıklanamayan gezegenin geçiş zonu, 400-1000 km derinliklerde anormal sismik hız gradyanlarına sahip bir bölge olarak tanımlanıyordu. Bu geçişin nedenleri açık değildi ve değişik ihtimaller söz konusuydu. Mesela kimyasal özelliklerde bir değişim olabilirdi ya da faz geçişleri bu bölgedeki elastizite ve yoğunluğu değiştiriyor ya da yerlerini kaydırıyordu. 1936 yılında kimyacı J.D. Bernard olayın iç yüzünü anlamaya yönelik bir teklif ileri sürdü; yüksek basınç altında olivin daha yoğun bir spinel yapısına dönüşebilirdi. Ardından 1952 yılında Birch'ün öngörülleri geldi; buna göre $MgSiO_3$ -piroksen yüksek basınç altında korund (Al_2O_3), SiO_2 ise rutil (TiO_2) yapısına dönüşebilirdi. Şüphesiz bu görüşlerin her birinin ayrı ayrı doğruluğu araştırılıp incelemeye fazlasıyla değerdi, ama magnezyum silikatların faz dengelerinin geçiş zonu koşullarında anlaşılması için gerekli olan yüksek basınç teknolojisinde ciddi gelişmeler için biraz daha zamana ihtiyacı vardı.

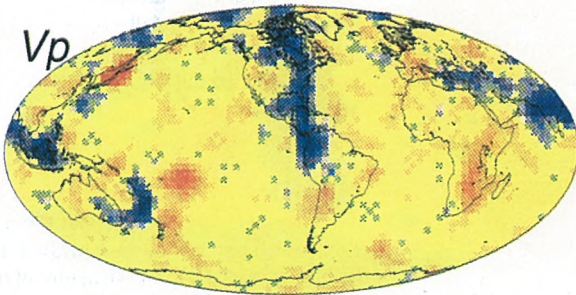
Yüksek basınç teknolojisi, geçiş zonunun sismik tanımlanışına paralel bir gelişim kaydetti. Geçiş zonu 1960'lardan günümüze uzanan ve kimyasal yapı araştırmalarından mineralojik çalışmalara kadar bir çok gelişmeyi içeren bir süreç içerisinde; vasıfsız, zorlu koşullardaki yetersiz sıcaklık, mineraloji ve kimya olanaklarıyla yarım yamalak bilinen bir bölge olmaktan çıkıp karmaşık mineralojisi tamamen anlaşılmiş, mutlak sıcaklığı noktasal olarak sabitlenmiş ve genel kimyası hakkında sadece ufak tefek belirsizliklerin varlığını sürdürdüğü bir bölge haline gelmiştir.

1948 yılındaki deneysel olanaklar sadece kabuk seviyesindeki koşullarda çalışmalar yapmaya imkan tanıyordu. Bugün ise laboratuvar ortamında gezegenin derinliklerindeki bütün basınç ve çoğu sıcaklık koşulları, X-ışını difraksiyon ve spektroskopik yöntemler kullanılarak yapısı ve özellikleri detaylıca tanımlanan örneklerde rahatlıkla sağlanabilmektedir. Bu şekilde hem geçiş zonunun detaylı sismik yapısı hem de alt

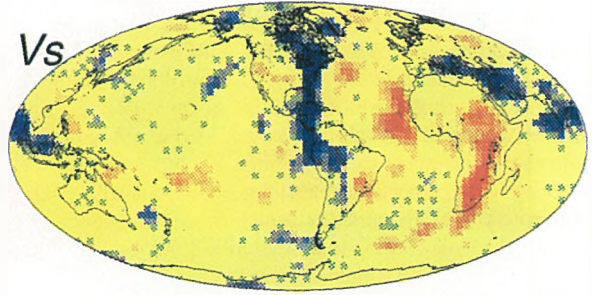
mantonun büyük kısmındaki yapısal eksiklik için ses-fiziksel ve termokimyasal bir taban oluşturulmaktadır.

Manto malzemelerinin reolojik özelliklerinin kanıtlanmış deneysel ve gözlemsel sınırlarıyla plaka tektoniğinin tanımlanması, "manto konveksiyonu" görüşünü spekülasyonlar diyarından alıp yerkürenin derinliklerini anlamamızdaki temel esaslarından biri haline getirdi. Günümüzde alt ve üst manto arasındaki birbirinden bağımsız madde değiş tokuşlarına, bir tüydeki yapıya benzeyen malzeme yükselmesine ve başka bir kıta ya da okyanusal kabuğun altına dalan kıta ya da okyanusal kabuk dilimlerinin akıbetlerine dair yaklaşımların her biri, yerküre mantosunun aktif bir şekilde konveksiyon gösteren dinamik bir sistem olduğu düşüncesinden yola çıkmaktadır. 1980'lerde sismik tomografideki gelişmeler, manto konveksiyonunu ele alma ve değerlendirmeye yönelik yaklaşımları büyük oranda etkilemiştir. Zira bu teknolojinin sismik hızlardaki değişimleri üç-boyutlu incelemeye olanak sağlaması ile ilk defa yüzeyde gözlemlenen plakaların altında bulunan derinlerdeki yapıları da açığa çıkarma ve onlar hakkında daha sağlıklı bilgi edinme imkanı doğmuş oluyordu. Bugün, birincil olarak termal ama aynı zamanda kimyasal farklılıklardan kaynaklanan üst manto hızının yanal değişimlerinin, küresel boyutta anlaşılması ve davranışının belirlenmesi, küçük değişimlere dahi çok duyarlı bir şekilde yapılabilmektedir. Örneğin manto içerisinde yüksek ve düşük sismik hız bölgeleri saptanmış ve en güçlü değişimlerin ilk 300 kilometre derinlikte meydana geldiği belirlenmiştir. Kratonların 300-400 kilometre altına kadar uzanan yüksek-hız malzemelerinin derin kökleriyle karşılaşılması gibi umulmadık durumlar, plaka tektoniği ve kıtaların oluşumlarına yönelik ilk ve eski fikirleri kökten etkilemiş ve hatta değiştirmiştir. Okyanusal sırtlar ve büyük volkanik sıcak noktalar altında bulunan derin yerleşimli yükselmeler, düşük hız bölgelerine ve geçiş zonu süresizliklerindeki sapmalara işaret etmektedir.

Z=1350 km



Maksimum anomali = $\pm \%0.4$



Maksimum anomali = $\pm \%0.4$

Batma eğiliminde olan manto dilimlerinin dağılımını gösteren orta manto P ve S dalgaları tomografik modelleri.

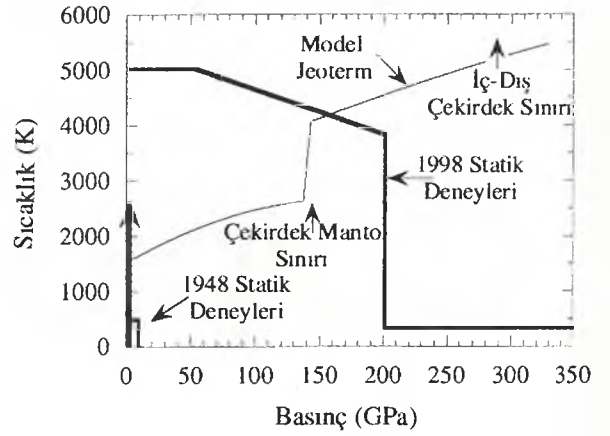
Çekirdek-Manto Sınırı

1940'lardan bugüne, Çekirdek-Manto Sınırında (ÇMS) bulunan yapılar hakkında yürütülen fikirler kadar, gezegenin başka hiçbir bölgesi hakkında fikir yürütülmemiştir. Bu bölgeye dair görüşler, Jeffreys'in modelinde olduğu gibi hız dalgalanmalarını kısmi yassılaması ile tanımlanan ve Bullen'in 1949'da bu görüşe dayanarak son 200 kilometresinde kimyasal bir özdeşliğin bulunmadığını ileri sürdüğü bir görüş olmaktan çıkmıştır. Bu bölge bugün artık bir ÇMS'nin 5-50 kilometre, diğeri de 130-400 kilometre üzerinde bulunan ve yanal olarak değişiklikler gösteren iki sismik süreksizliği barındırdığı bilinen bir bölgedir. Bununla beraber yanal akıntılar boyunca malzemelerde bir dokulanmaya işaret eden anizotropik özellikli kısımların varlığı da bu bölgeye ait bilgileri pekiştirmiştir. Teknolojiye paralel olarak sürekli bir gelişme içerisinde bulunan ÇMS yakınlarındaki yapılara ait sismik veri ve şekiller, bu bölgedeki fiziksel ve dinamik olaylardaki işleyişin litosferdekilerle ve astenosferin sığ seviyelerindekilerle karmaşıklık bakımından rekabet edecek kadar çetin olduğuna işaret etmektedir. Yerkürenin mantosunun derinliklerine ilişkin en temel paradigmalardan birisi mantonun katı olduğudur. Fakat bir önceki cümlede söylenenler, manto ile çekirdeğin birleştiği yer olan yerküre mantosunun bazal tabakası için geçerli değildir. Henüz çok yakınlarda Çekirdek-Manto sınırında keşfedilen 5-50 kilometre kalınlığında, çarpıcı bir şekilde bastırılmış bir sismik hız tabakasının bulunması, bu derinlikte var olduğu düşünülen çok miktardaki kısmen ergimiş malzemelerin varlığına dayandırılmaktadır. Bu, mantonun alt kısımları için çok önemli reolojik sinyaller veren bir sonuç olmuştur.

ÇMS civarındaki sismik olarak tanımlanmış bir çok yapısal şekil ve olgu, mineralojik, petrografik ve gezegenler evrimi açısından bugün bile henüz tam manasıyla anlaşılmış değildir. Fakat bunlara dair basit gösterimler ve mevcut bilgiler, 1940'larda varlığına dair en ufak bir olgunun dahi olmadığı gezegenin bu gizemli bölgesine ait özellikleri anlayabilmek için halihazırda devam eden sayısız teorik ve deneysel çalışmalara ilham kaynağı olmuştur.

Çekirdek

Çok uzun bir dönem boyunca çekirdeğin, Birch'un demir ağırlıklı olduğunu ileri sürdüğü bir şekilde, yapısal anlamda mantodan çok daha basit bir sistem olduğu düşüncesi hakimdi. Fakat bugün dış çekirdekte, ağırlığının yaklaşık %10'u oranında, daha hafif bileşen yada bileşenlerin demirle alaşımli bir şekilde bulunduğunu artık bilmekteyiz. Bunun da ötesinde, yüksek basınç deneylerine dayanarak dış çekirdeğin ısı, bugüne kadar yapılmış olan tespitlerden çok daha tutarlı bir şekilde tespit edilebilmiştir. Örneğin dış çekirdeğin en üst kısmında sı-



Deney olanaklarının zaman içerisindeki gelişiminin grafiksel gösterimi.

caklık 4000°K ya da olasılıkla daha fazla olacak şekilde saptanmıştır ki bu sonuç; Verhoogen'in 1953 yılında mantonun alt kısımları için öngördüğü 1500-6000°C ya da Gutenberg'in 1951 yılında "gezegenin merkezinin sıcaklığı 2000°C'a olasılıkla 5000°C'tan daha yakındır" görüşünden çok daha sağlam temeller üzerinde durmaktadır.

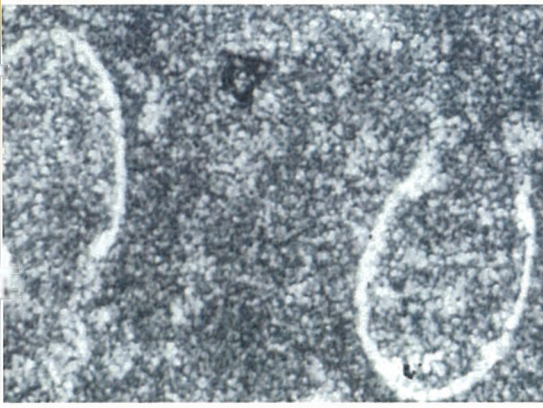
Çekirdeğin anizotropik olduğu yönündeki gözlemleri aydınlatılabilmek için yüksek basınç altındaki demirin elastik özelliklerinden faydalanılmıştır (sismik dalgalar, iç çekirdekte dönme eksenini boyunca, ekvatorunda sahip oldukları hız oranla daha yüksek bir hız sahiptirler). Buna göre, mantoyla birlikte gezegenin bu en alt bölümü de konveksiyon halinde olmalıdır. Bu ise, bundan son on yıl öncesine kadar hiç dikkate alınmamış bir olgu olan, kristallerin kesme yönelmeleri ile sonuçlanmaktadır.

Son olarak diyebiliriz ki, Dünyanın manyetik alanının anlaşılması, son 50 yıl içerisinde oldukça gelişme kaydetmiştir. Günümüzde artık, bünyesinde kendiliğinden meydana gelebilecek terslenmelerin olduğu iki kutuplu bir manyetik alan üretebileceğini gösteren çekirdek sisteminin, gerçek gözlemlerle birçok benzerlikler taşıyan, manyetohidrodinamik sayısal modelleri yapılmaktadır. Katı iç çekirdeğin dış çekirdekteki sıvı akışını, ve böylelikle manyetik alanın davranışını etkilemesi veya dış çekirdek sıvı akıntılarını büyük ölçekli karmaşık çalkantılar, bugün artık derin dünyanın alışılmış dinamikleri olarak bilinmektedir. Bu suretle manyetik alan, gelişimi ve değişimi hemen hiçi bilinmeyen bir düzeyden çekirdekteki sıvı akıntılarının model ve şekillerinin dahi bilinebildiği bir gelişim süreci içerisinde olmuştur. Ve açıkçası gelecek 50 yılın beraberinde getireceği gelişmeleri düşünmek bile oldukça eğlenceli, bir o kadar da baş döndürücü görünüyor.

Kaynak

Lay, T. ve Williams, Q., 1998. Dynamics of Earth's Interior, Geotimes, 43, 124-131 s.

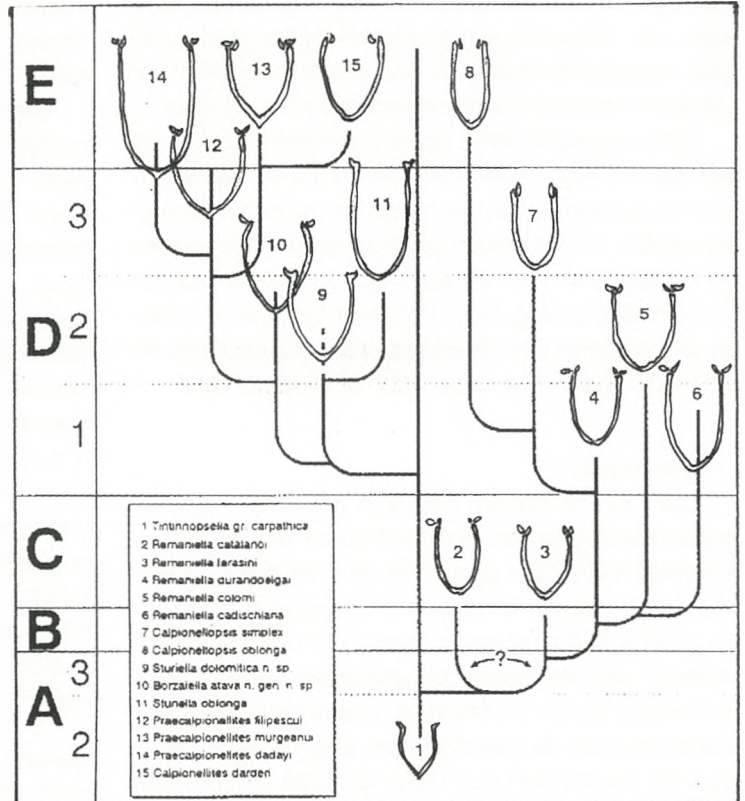
Calpionellid'ler



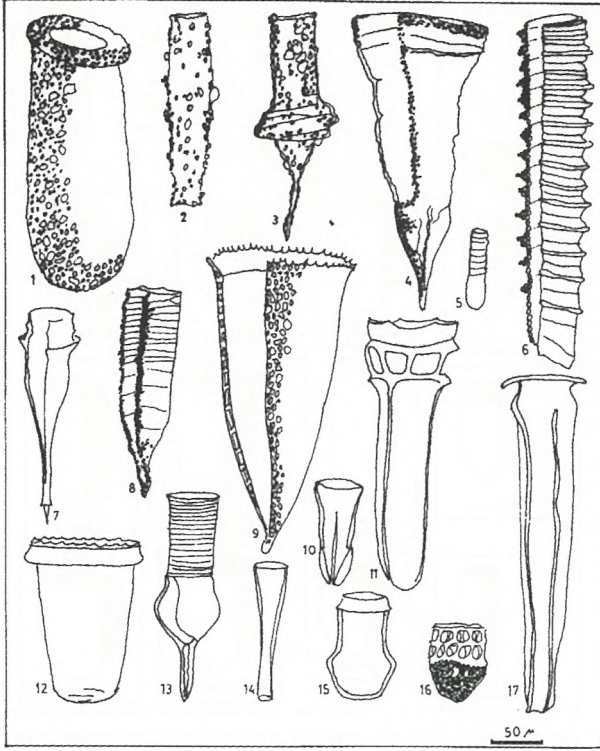
Rüst tarafından 1885 yılında ilk kez ikinci zamana ait Koprolitler (solucan dışkıları) içerisinde görülen Calpionellid'lerin 1934 yılında Colom'un yapmış olduğu titiz araştırma ve karşılaştırmalar sonucunda aktüel Calpionellid'ler ile aynı hayvanlar oldukları anlaşılmıştır.

Mehmet Akyazı
Cumhuriyet Üniversitesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Calpionellid fosilleri ilk kez 1885 yılında Rüst tarafından ikinci zamana ait Koprolitler (solucan dışkıları) içerisinde görülmüştür. Uzun süre bunların ne oldukları ve sistematikteki yerleri bilinmemiş, şüpheli kalmıştır. 1934 yılında Colom, çok titiz araştırma ve karşılaştırmalar sonucu bunların aktüel Calpionellid'lerle aynı hayvanlar olduklarını saptamıştır. Sonraki yıllarda, çeşitli ülkelerin stratigraf ve paleontologları yoğun çalışmalar yaparak birçok cins ve tür tanımlayıp, Calpionellid'lerin stratigrafik dağılımlarını saptamışlardır.



Son zamanlarda tanımlanmış bazı Calpionel cins ve türleri



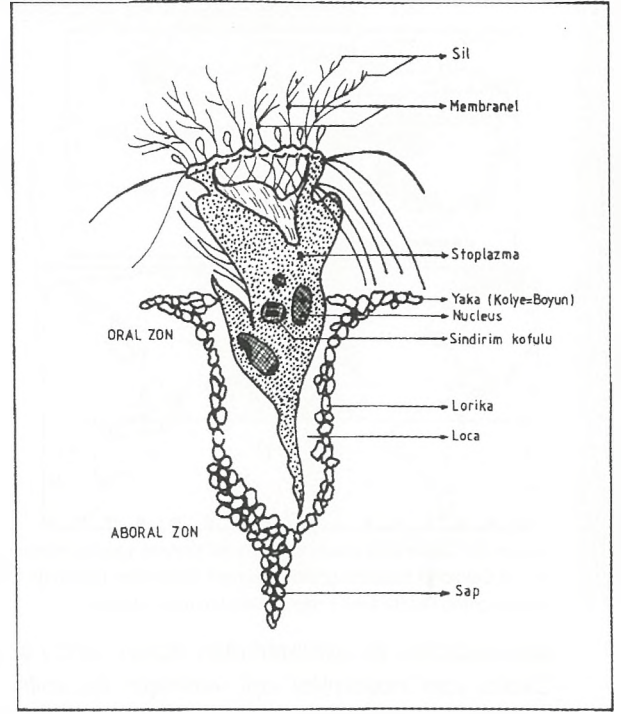
Aktüel Calpionellidler: 1. *Tintinnidium neapolitanum*, 2. *Leptotintinnus pellucidus*, 3. *Tintinnopsis prowozeki*, 4. *Favella helgolandica*, 5. *metacyclis annulata*, 6. *Climacocyclis elongata*, 7. *Xystonellopsis inaequalis*, 8. *Coxiella helix*, 9. *Cyttarocyclis magna*, 10. *Amphorella calida*, 11. *Stelidiella stelidium*, 12. *Cymatocyclis situla*, 13. *Codonellopsis pacifica*, 14. *Tintinnus macilentus*, 15. *Undellopsis enizir*, 16. *Dictyocysta magna*, 17. *Daturella ara*.

Bazı araştırmacılar tarafından; *Infusoria*, bazıları tarafından *Tintinnia* olarak tanımlanan bu formlar, daha sonra *Ciliata* sınıfı altında adlandırılmış olup, II. Roma Mikropaleontoloji Konferansı'nda 7 cins kabul edilerek, bu cinslere ait türler tanımlanmıştır. Ayrıca bu konferansta, çeşitli yerlerdeki çalışmalardan elde edilen bulgulara göre, Calpionellid'lerin stratigrafik dizilim ve filogenetik evrim tablosu oluşturulmuştur. Fakat son zamanlarda özellikle yaka anatomileri ve morfolojileri dikkate alınarak çok sayıda cins ve tür tanımlanmıştır.

Calpionellidler, sularda planktonik olarak yaşayan, konik, silindirik vazo veya şişe şekilli bir kavkiya sahip olan tek hücreli canlılardır ve mikronla anlatılan boyutlara sahiptirler. Fosil formların evcik bileşimi genellikle kalsit olup, aragonite dönüşmüş olanlarına da rastlanmaktadır.

Calpionellid'lerin tüm fosil formları denizel kökenli olup, güncel olarak tatlı su ortamında yaşamını sürdüren türleri de vardır. Güncel Tintinnid'ler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen bilgilerle Jura ve daha genç yaştaki kayalarda bulunan fosil formlarının, özelliklerinin saptanması ve tanımlanmaları konusunda büyük gelişmeler sağlanmıştır.

Fosil Calpionellid'lerin büyük çoğunluğu Üst Jura-Alt Kretase yaşlı pelajik kireçtaşları içerisinde olması nede-

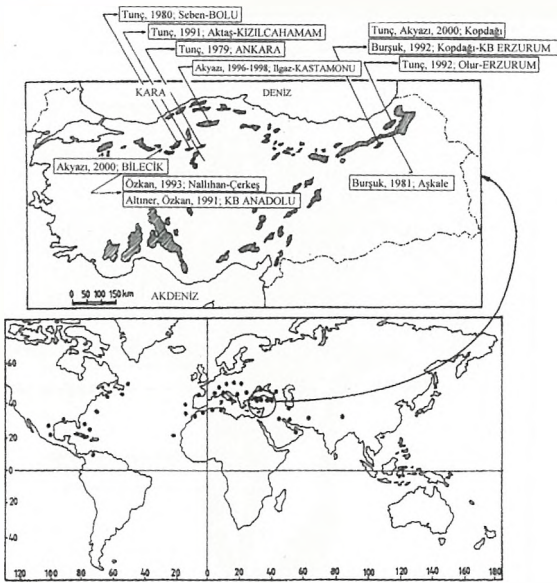


Bir Calpionellidin genel yapısı

niyle, incelenmeleri de çoğunlukla ince kesitlerle olmaktadır. Ancak nadiren de olsa, yumuşak kayalar içerisinde bulunanlar tane olarak elde edilip, elektron mikroskop veya güçlü stereoskopik mikroskoplarla incelenebilmektedir. Calpionellid'lerin konik yahut şişe şeklindeki uzun ince vücutları *Lorika* adı verilen ince kavkinin içerisinde yer alır. Bu kavkinin tabanında da bir sap bulunur. Kavki ile yumuşak kısım arasında da bir aralık vardır. Bu silli yumuşak kısım, lorikaya *Pedonkül* adı verilen bir bağla bağlanmıştır. Bu bakımdan Ciliata diğer protozoa'dan yani Foraminifer ve Radiolaria'lardan kolayca ayırt edilebilirler. Vücudun geniş kenarında, lorikanın ağzından dışarıya çıkan 12-24 adet karışık şekillerde *membranel* adı verilen, hareket edebilme yeteneğine sahip uzantılar görülür. Calpionellid'lerin iskeleti lorikadan ibarettir. Genel olarak üst kısmında geniş ve tek bir açıklığa sahiptir. Bu açıklığa organizmanın *Oral tarafı*, aksine de *Aboral tarafı* denilmektedir. Bazı cinslerde oral tarafta dışarıya doğru uzanan *Yaka ya da Kolye veya Boyun* adı verilen bir bölüm bulunur. Bu bölüm cinslerin tanımlanmasında ve fosil formların sistematiklerinde çok önemli bir rol oynar. Kavki yüzeyi genelde düzdür. Ancak, eğer de olsa enine ve boyuna kotlar ile süslü olanlarına rastlanabilmektedir.

Genel olarak fosil Calpionellid'lerin boyları 50-200µ, genişlikleri 25-65µ; güncel olanların ise; boyları 45-100µ, genişlikleri 25-120µ arasında değişmektedir.

Ciliata sınıfının üyeleri vücutlarında bütün hayat devreleri boyunca *Cillia* denen çok sayıda tüycükler taşımaktadırlar. Bu sayede su içinde hareket eder ve besin-

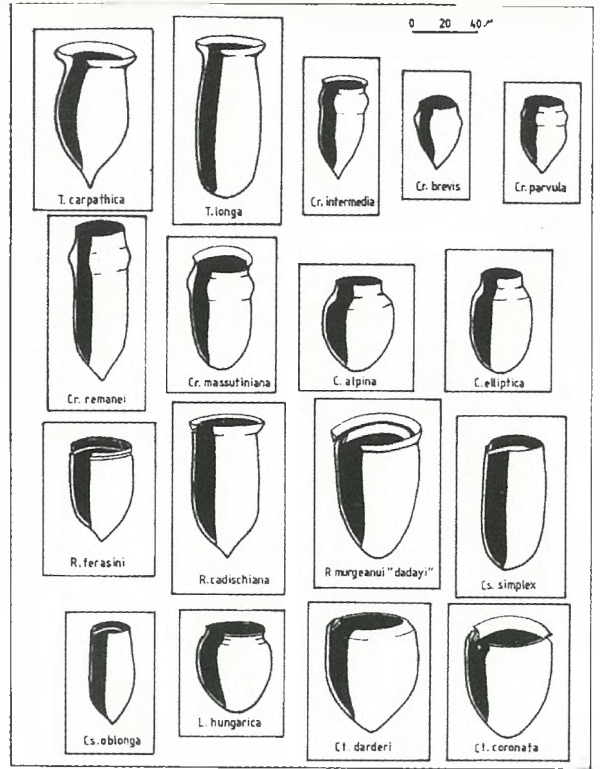


Türkiye'de Calpionellid içeren Üst Jura-Alt Kretase yaşlı birimlerin dağılımı ve Calpionellid biyostratigrafiğine yönelik çalışmalar. Dünya'da Calpionellid içeren Üst Jura-Alt Kretase yaşlı birimlerin dağılımı.

lerini sağlarlar. Bu özelliklerinden dolayı da bu sınıfa; Ciliata yani Haşlamlılar adı verilmiştir. Bu sınıfa ait formların çoğunluğu aktüel olup, küçük bir grubunu da fosil formları oluşturur.

Calpionellid'lerin çoğunluğu denizlerde, bir kısmı da tatlı sularda yaşar. Sıcak denizlerin üst düzeylerinde özellikle ışığın tesir ettiği derinliklerde çok bulunurlar. Besinleri genellikle *Coccolith* ve *Diatomeler*dir. Güncel olanları okyanuslarda karmaşık bir dağılıma sahiptirler. Tropikal bölgeler tür çeşitliliği yönünden daha zengindir.

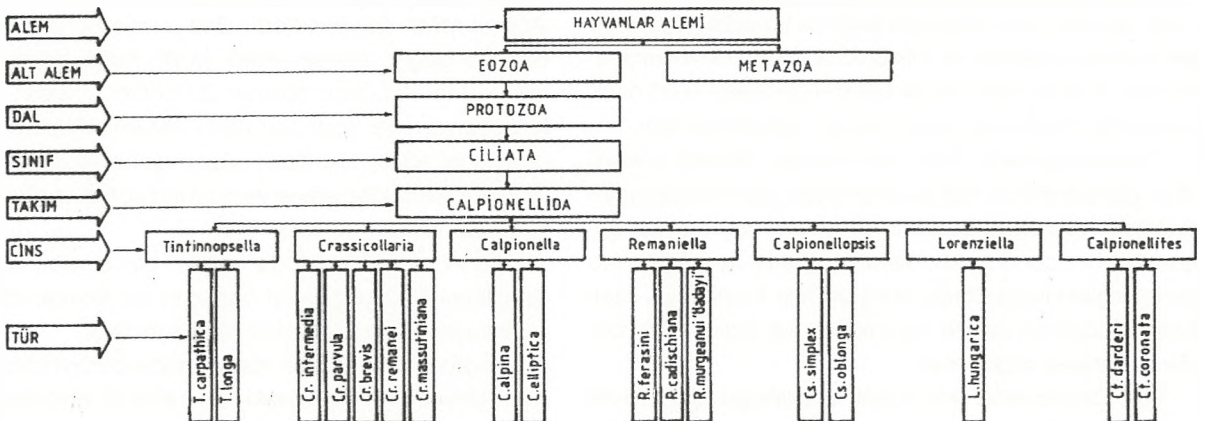
Calpionellid'lerin özellikle fosil formları, Türkiye'nin ve dünyanın birçok yerinde Üst Jura-Alt Kretase boyunca varolan sıcak denizlerde yaşamışlardır. Dolayısıyla, bu denizlere ait killi, pelajik kireçtaşları içerisinde bol olarak bulunurlar. Bu kireçtaşlarının hemen hemen tümü mikrit dokulu olup, Calpionellid'lerin yanısıra bol radiolaria ve sünger spikülleri de içerirler. *Tifonik fasiyes* olarak tanımlanan bu ince tabakalı, killi, pelajik kireçtaşları içerisinde bol olarak *Nannoplankton* lar



da gözlenir. Ayrıca, ender olarak da *planktonik foraminiferlere* de rastlanmaktadır. Özellikle Alt Kretase'nin üstlerine doğru silis oranının azalmasına bağlı olarak Radiolaria'larda bir azalma görülür. Buna karşın bazı pelajik ammonitler oldukça artarlar.

Genelde su yüzeyinde veya yüzeeye yakın olarak yaşayan bu organizmaların ölümünden sonra kavkıları dibe doğru inmeye başlar. Su derinliği ile doğru orantılı olarak artan basınç nedeniyle, kavkıların parçalanması sözkonusudur. Bu nedenle çok derin (1000 m den fazla) tortullar içerisinde bulunanlar tanımlanamadıklarından fazla önem taşımazlar. Örneğin 3000 m derinlikteki bir tortul içerisinde parçalanmamış olarak, ancak birkaç Calpionellid bulunabilmiştir.

Calpionellid'lerin içinde yaşadığı ortamları, yani deniz ve okyanusların CaCO₃ kökenli kavkıları üzerinde de çözücü etkisi vardır. Ölen Calpionellid'lerin kav-

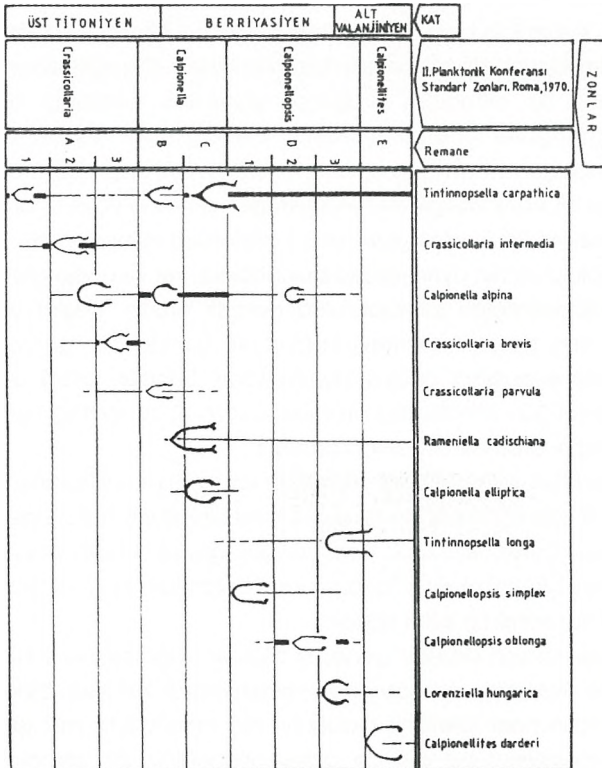


Calpionellid'lerin sınıflaması.

Esas olarak sınıflama, kavkınin morfolojik karakterleri üzerine yapılmaktadır. Sınıflamada rol oynayan etkenler

- 1- Kavkı yapısı:
 - a-Kavkı; lamelli, prizmatik, alveoler veya hiyalin olabilir.
 - b-Yapısında; diatome, Coccolith veya organik kavkı parçaları bulunabilir.
- 2- Lorikanın şekli:
- 3- Ağız kenarının doğası, yakanın şekli, diş ve band şekillerinin oluşu.
- 4- Evcik yüzeyi, karakteri, çıkıntı vb. oluşuklar.
- 5- Diğer kısımlar
 - a- Aboral taraf
 - b- Pedonkül
 - c- Aboral uzantı

kıları deniz tabanına ulaşınca kadar geçen süre içerisinde, katettikleri ortam yani deniz suyunun çözücü özelliği, bunların fosil halde korunmalarını direkt olarak kontrol eder. Çözünme olayı ise şu şekilde gelişir. Deniz suyu giderek artan derinliğe paralel olarak basınç da artar. Buna karşılık sıcaklık düşer. Bu iki koşula bağlı olarak sudaki CO₂ çözünmeye başlar ve ortamın pH'ı çözünen CO₂ miktarına bağlı olarak düşer. Asidik ortamda CaCO₃'ün çözünmesinden dolayı, Calpionellid'lerin kavkı bileşimleri de inorganik çözünmeye uğrarlar. Calpionellid'lerin fosilleşmesini etkileyen bir başka unsur da, bunlarla beslenen mikrop planktonlardır. Bir Calpionellid'in deniz tabanına ulaşabilmesi için bu organizmaları aşabilmesi gerekir. Kısaca bir Calpionellid'in fosilleşmesi çok zordur. Tüm bu olumsuz etkilere karşın özellikle Üst Jura-Alt Kretase yaşlı pelajik kireçtaşlarında bu kadar bol Calpionellid fosiline rastlanması, bu zaman aralığındaki denizlerde Calpionellid'lerin ne denli çoğaldıklarına işaret etmektedir.



Calpionellid'lerin stratigrafik dizilimi ve filogenetik evrimi.

Planktonik mikroorganizmaların küçük bir grubunu oluşturan Calpionellid'lerin çoğu türleri yalnızca ince kesitlerde tanınır. Calpionellid'ler Tetis provansı ile sınırlı olmasına karşın, Venezüella'da, hatta Yeni Gine'de bulunmaları da vardır. Türlerin evrimi oldukça hızlıdır. Fosil Calpionellidlerin stratigrafik düzeyleri; Erken-Geç Titoniye- Erken Valanjiniye'nin sonu arasında sınırlıdır. Bu nedenle Calpionellid'ler, Jura-Kretase sınırındaki problemlerin çözülmesinde oldukça önemlidirler.

Triyas'tan Kretase sonuna kadar denizel özelliğini koruyan Tetis provansında Titoniye katının özel bir ürünü olan ve Titonik fasies olarak adlandırılan ince tabakalı pelajik kireçtaşları içerisinde bol olarak bulunan Calpionellid'ler, İran'ın doğusundan batıya doğru, Doğu Meksika'ya kadar uzanan Tetis provansı içerisinde, çok geniş coğrafik yayılıma sahiptirler ve bu alanlarda Calpionel biyostratigrafisine yönelik çok sayıda çalışmalar yapılmıştır.

Yurdumuzun ve dünyanın birçok yöresinde Jura-Kretase geçişi, tortullaşmanın devamlı oluşu nedeniyle litolojik olarak ayırt edilememektedir. Bu tortullar, genellikle ince tabakalı olmakla birlikte değişen kalınlıkta tabakalanma gösteren, mikritik dokulu, killi pelajik kireçtaşlarıdır. Bu litolojiyi gösteren yerlerde Jura-Kretase sınırının saptanması ve Titoniye-Valanjiniye yaş konağı içerisinde yer alan katların ayırımı, Calpionellid'ler sayesinde çok ince ve net bir biçimde yapılabilmektedir. Ayrıca bu zaman aralığında ayırtılan 5 adet Calpionellid biyozonu ile (Roma Standart Zonları ve alt zonlarıyla) bu katlar, askatlara bölünebilmektedir. İşte bu nedendir ki Calpionellid'ler, planktonik protozoanın yakın zamanda tanımlanan küçük bir grubu olmasına karşın, önemli bir fosil grubudur.

Bu kadar geniş bir coğrafik yayılım gösteren Calpionellid'ler, Üst Titoniye-Berriyasiye'nin güçlü göstergeleri olmalarından ve herhangi bir mikro veya nanfosil grubundan daha kararlı olmalarından dolayı önemlidirler.

Çok geniş coğrafik dağılıma sahip olan Calpionellid'ler, Üst Titoniye-Berriyasiye'nin güçlü göstergeleri olmaları bakımından, ayrıca bu yaş konağı içerisinde yer alan herhangi bir mikro veya nanfosil gruplarından daha kararlı olmalarından dolayı, çok uzak mesafelerin karşılaştırmasına olanak sağlarlar. Fakat bu karşılaştırma Ammonit'lerle ve nanoplanktonlarla desteklenirse daha iyi sonuçlar alınır.

Silüriye'den beri süregelen Calpionellid'lerin stratigrafik önemi büyük olan fosil formları, Titoniye-Valanjiniye yaşlı pelajik kireçtaşları içerisinde yer almakta olup, tümü denizel kökenlidir. Güncel olarak tatlı su ortamlarında yaşamlarını sürdürenleri de vardır.

Calpionellid faunasında gerçek bölgesellik yoktur ve genelde türlerin bölgesel olmadığı bilinmektedir. Türler arasındaki farklılıklar çoğunlukla sayısalıdır.

Mineral ve Kayaç İsimleri Etimolojisi



Çoğumuz kayaların ve onları oluşturan minerallerin sadece isimlerini biliriz, peki ya anlamlarını ve nasıl türetildiklerini.....

Okan ZİMİTOĞLU
MTA Genel Müdürlüğü
okan@mta.gov.tr

Bir sözcüğün belirli bir süre içinde biçim ve anlam bakımından geçirdiği aşamaların tarihi şeklinde tanımlanabilir *etimoloji*.

Etimoloji denen bilimin geçmişini ve getirdiği sorunları anlayabilmek için en iyi yol, "etimoloji" sözcüğünün birbiri ardına taşıdığı anlamları incelemektir.

"Gerçek" anlamına gelen Yunanca "*etümon*" sözcüğünden türeyen "*etimologia*" sözcüğü, Helenistik çağda (M.Ö. IV – M.S. I. yüzyıl) ortaya çıkmıştır. Ancak, Yunan ve Latin dilbilginlerinin etimoloji sözcüğünü yorumlamalarında ve etimoloji çalışmalarında izledikleri yöntemlerde çok fazla eski kavramlar ortaya çıkar.

Eski çağ insanı için bir sözcüğün etimolojisi, o kelimenin ve kelimenin gösterdiği varlığın gerçeğinin araştırılmasıydı. O çağlarda bu kadar yoğun bir etimolojik araştırma yapılması herhangi bir sözcüğün gelişigüzel ortaya çıkmayıp, belirttiği "şey" ile doğal ilişkide bulunduğu inanıldığı göstermektedir. Eski çağ insanı, bir nesne ya da bir canlı varlığı belirten sözcüğün o nesne ya da canlı varlığın fiziksel ya da biyolojik özelliklerini gösterdiğine inanıyordu.

İnsan topluluklarının aynı nesneyi buldukları yer ve çağa göre ayrı ayrı adlandırmaları bir toplulukta gerçek olanın, başka bir toplulukta "*aynı gerçek*" olamayacağını, hiç birinde de "*gerçek öz*"ü gösteremeyeceğini ortaya koymaktadır. Bundan ötürü de bugün bir sözcüğün etimolojisini aramak, o sözcüğün belirttiği nesnenin gerçeğini aramak olmaktan çıkmıştır.

Diğer taraftan, etimolojiyi bir sözcüğün kaynağı olarak tanımlamak veya bir sözcüğün bilinen en eski biçimi olduğunu ileri sürmek de yanlış olur. Çünkü etimoloji, bir sözcüğün geçtiği bütün yolları, gösterdiği değişik biçimleri ve taşıdığı çeşitli anlamları ortaya koyan daha geniş kapsamlı bir bilim dalıdır.

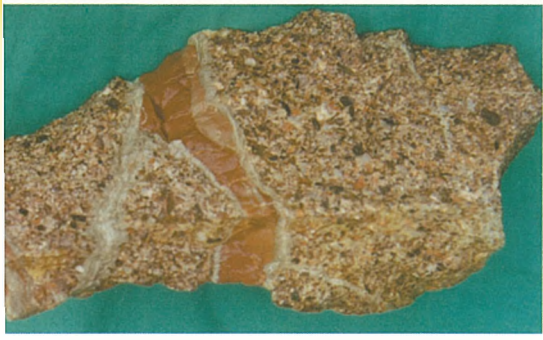
Yerbilimlerinin son derece geniş bir sözcük dağarcığına sahip olduğu bilinir. Peki ama, bu sözcükleri yaygın olarak kullanan bizler acaba bunların nasıl türetilmiş olduğunu hiç merak ettik mi? İşte sizlere bu merakınızı bir ölçüde giderebileceğiniz bir etimoloji sözlüğü "*Mineral ve Kayaç İsimleri Etimolojisi*".

Literatürde Kullanılan İsimler	Dil Kökeni	Orijinal Kelime	Kelimenin Anlamı
A			
A-, An-	Yunanca	a-, an-	Olumsuzluk eki
Aegirine (egirin)	İskandinavca	Ægir	Deniz Tanrısı Ægir
Agate (agat)	Yunanca	Achátēs	Sicilya'da bir nehir
Aktino- (aktino-)	Yunanca	aktīs	Işın (görünümünden dolayı, örneğin; aktinolit)
Albit (albit)	Latince	albus	Beyaz
Alum(inium) (alüminyum)	Latince	alumen	Şap
Amethyst (ametist)	Yunanca Arapça	améthystos jamsitun	Ametist (Yunanlılar bu ismi sarhoş olmak anlamına gelen "methyein" kelimesinden türetmişlerdir ve böylece bunun insanları sarhoş olmaktan oruyabileceğine inanmışlardır)
Amphibolite (amfibolit)	Yunanca	amphi bállein	Etrafında, her iki tarafında Uzatırmak (kesin anlamı belirsiz)
Analcime (analsim)	Yunanca	analkés	Zayıf (zayıf elektriksel iletken)
Anatexis (anateksi)	Yunanca	anatéxis	Yeniden doğmak
Andalusite (andaluzit)	İspanyolca	andalusien	İspanya'da bir bölgenin ismi
Andesite (andezit)			Güney Amerika'daki And Dağlarından türemiş bir isimdir
Ankerite (ankerit)		Anker	Avusturyalı mineraloğun adı
Apatite (apatit)	Yunanca	apáte	Aldatma, aldanma (diğer minerallerle kolaylıkla karıştırılabilen özelliklere sahip)
Aplite (aplit)	Yunanca	haploós	Basit
Aptychus-limestone (Aptychus-kirectası)		Aptychus	Üst Jura yaşlı kökeni belirsiz fosil: olasılıkla Ammonitlerin kabuğu veya dişi fade edilmektedir
Aragonite (aragonit)	İspanyolca	Aragon	İspanya'da bir bölgenin ismi
Argyro- (arçiro-)	Yunanca	árgyros	Gümüş
Asbestos (asbest)	Yunanca	ásbestos	Yıkılmaz, yok edilemez
Azu- (azu-)	Arapça	azul	Gök (gök kadar mavi)
B			
Baryte (barit)	Yunanca	barýs	Ağır
Basalt (bazalt)	Yunanca	basanítēs básanos	Suriye'de bir kasaba Mihenk, denektası
Bath-	Yunanca	bathýs	Derin
Bauxite (boksit)		Les Baux	Fransa'da ilgili madenin bulunduğu provensin isminden türemiştir
Bellerophon-beds			Permiyen iki kapaklıklısı
Bentonite (bentonit)		Fort Benton	Amerika'da ilgili madenin bulunduğu yerin isminden türemiştir
Berylle (beril)	Yunanca Eski Hintçe	béryllos vaidurya	Beril (Vaidur/Vailur...Güney Hindistan'da kasaba, bugünkü Belur)
Biogene (biyojen)	Yunanca	bios -genos	Hayat Yaratılmış
Biotite (biyotit)			Fransız bilim adamının adı
Blast (patlama)	Yunanca	blasté	Filiz, tomurcuk, sürgün
Brookite (brookit)			İngiliz mineraloğun isminden türemiştir
Brookite (brusit)			Amerikalı mineraloğun isminden türemiştir
Bytownite (bitovnit)			Kanada'nın başkenti Ottawa'nın eski adı
C			
Calcite (kalsit)	Latince	calx	Kireç
Caliche (kaliş)	İspanyolca	caliche	Toprak üzerinde kireç çökelen alanlar ifade edilir
Cardita-beds			Karnian iki kapaklıklısı (Üst Triyas)
Cassiterite (kasiterit)	Yunanca	kassiterídes	Kalay adaları (muhtemelen Sicilya'nın güneybatısında yer alan adalar)
Cerussite (serusit)	Latince	cerussa	Beyaz renkli kurşun
Chalcedone (kalsedon)	Yunanca	Kalchédon Chalkédon	Bugünkü Üsküdar şehri (İstanbul'un karşı tarafı)
Chalko- (kalko-)	Yunanca	chalkós	Bakır cevheri
Chamosite (şamozit)		Chamoson	İsviçre'nin Wallis Valley bölgesinde bulunan yöre'nin isminden türemiştir
Chlor- (klor-)	Yunanca	chlorós	Yeşil (örneğin; klorit)
Chrom- (krom-)	Yunanca	chróma	Renk (örneğin; kromit)
Chryso- (krizo-)	Yunanca	chryós	Topazın eski dildeki karşılığı olan "krizolit" kelimesinden türemiştir
Clas- (klas-)	Yunanca	kláein	Kırmak, ayırmak (örneğin klastik)
Clino- (kline-)	Yunanca	klínein	Bükme, kıvrıma, eğme (örneğin; Monoklin, oblik kristal ekseninden dolayı türemiş bir isimdir)
Coelestine (sölestin)	Latince	caelestis Coelestis	Göksel, semavi, gökyüzünden (gökyüzü kadar mavi)
Concordance (konkordans)	Latince	concors	Ahenkli, uyumlu
Copper (bakır)	Latince	cuprum	Bakır
Cordierit (kordiyerit)			Fransız jeoloğun adından türemiştir
Cyanite (siyanit)	Yunanca	kýanos	Mavi renkli seramik sırası
D			
Diabase (diyabaz)	Yunanca	diábasis	Geçiş
Diagenese (diyajenez)	Yunanca	diagénesis	Yeniden oluşum
Diamant	Yunanca	adamant diamanteúesthai	Yenilmez (çelik, elmas) Tahmin etmek, hakkında kehanette bulunmak
Diaphthorese (diyafteoz)	Yunanca	diáphtheira	Yıkma, yok etme
Diorite (diyorit)	Yunanca	dihorizein	Ayırt etmek (amfibol kristallerine atıfta bulunur)
Discordance (diskordans)	Latince	discors	Uyumsuz, parça parça
Dolerite (dolerit)	Yunanca	dolerós	Hilekar, aldatıcı (bu kavayı bazaltın ayırt etmek güç olduğu için)
Dolomite (dolomit)			Fransız mineralog Dolomieu'nun adından türemiştir.
Dunite (dünit)			Yeni Zelanda'daki Dun Dağlarından türemiştir
E			
Eclogite (eklojit)	Yunanca	eklégein	Seçmek, tercih etmek, ayırmak
Emerald (zümrüt)	Yunanca İbranice	smáragdos bareqet	Zümrüt, zümrüt yeşili
Epidote (epidot)	Yunanca	epidódomi	Elde etmek, sahip olmak
Eruption (püskürme)	Latince	erumpere	Dışarıya patlamak

Erythrine (eritrin)	Yunanca	érythros	Kırmızı
Eu-	Yunanca	eû	İyi (örneğin Euclase ismi bu mineralin dilinimlerinden dolayı türemiştir)
Evaporite (evaporit)	Latince	evaporate	Buharlaşmak
F			
Facies (fasiyes)	Latince	facies	Görünüm, yüz
Fluorite (florit)	Latince	fluere	Akmak
Flysch (fliş)	İsviçre Alm.	flyschen	Akmak
Franklinite (franklinit)			Amerika'nın New Jersey eyaletindeki Franklin yerleşkesi
G			
Glauko- (gloko-)	Yunanca	glaukos	Parıldayan grimsi mavi (örneğin; glokofan)
Goethite (götit)			Alman şair ve bilimadamı Goethe'nin adından türemiştir
Granite, Grano- (granit, grano-)	Latince	granum	Tane (dokusundan dolayı)
Granulite (granulit)	Latince	granum	W.v.GOETHE tarafından isimlendirilmiştir
Graphite (grafit)	Yunanca	gráphein	Yazmak (yazı yazmak için kullanıldığından dolayı)
Gypsum (jips)	Yunanca	gýpsos	Jips
H			
Hal- (hal-)			Tuz
Haemat- (hemat-)	Yunanca	haímat(t)	Kan (Haematite: renginin kan kırmızısı olmasından türemiştir)
Harzburgit (harzburjit)		Harzburg	Almanya'da ilgili kaya türünün tanımlandığı kasaba isminden türemiştir
Haüyn (häüyn)			Fransız mineralog Haüy'un isminden türemiştir
Hydr- (hidr-)	Yunanca	hýdor	Su
Hyper- (hiper-)	Yunanca	hypér	Aşırı, üzerinde, ötesinde
I			
Ignimbrite (ignimbirit)	Latince	ignis ?imber nimbus	Ateş Ateş yağmuru veya Bulut Ateş bulutu anlamındadır
Illite (illit)			Amerika'nın Illinois şehrinde türemiştir
Ilmenite (ilmenit)			Rusya'nın Güney Urallar bölgesindeki Ilmen Dağlarından türemiştir
Inoceramen-Beds			Kretase iki kapakçıklısı
Intrusion (sokulum)	Latince	intrudere	İçine itmek
K			
Kaolin (kaolin)	Çince	Kao-Ling	Çin'in Kiangsi provansinde yer alan "Yüksek Dağ" isminden türemiştir
Kimberlite (kimberlit)			Güney Afrika Cumhuriyeti'nin Kimberley şehri
Kroko- (kroko-)	Yunanca	krókos	Safran
Krokydo- (krokido-)	Yunanca	krokýs	Lif (yün)
Kryo- (kriyo-)	Yunanca	krýos	Buz
L			
Labradorite (labradorit)			Kanada'nın doğusunda yer alan bir yarımada
Lakko- (lako-)	Yunanca	lákkos	Çukur (örneğin; lakolit)
Lampro- (lampro-)	Yunanca	lampró	Aydınlık, parıldayan (örneğin; lamprofir)
Laterite (laterit)	Latince	later	Tuğla
Latite (latit)	Latince	Latium	Eski Roma'nın çevresindekiler
Laumontite (lömontit)			İsmi tanımlayıcısından almıştır
Lepido- (lepido-)	Yunanca	lepis	Pul, levha (örneğin; lepidolit)
Leuko-/Leuc- (lōko-/lōk-)	Yunanca	leukós	Beyaz (örneğin; lökogradit)
Lherzo- (lerzo-)	Fransızca	Etang de Lherz	Fransa'nın Ariège (Pireneler) bölgesindeki göletin adı (örneğin; lerzolit)
Liparite (liparit)		Lipari	Sicilya'nın kuzeyindeki adanın isminden
-lith (-lit)	Yunanca	lithos	Taş
M			
Magma (magma)	Yunanca	mássein mághma	Yoğurmak Hamur
Magnes-Magnet-		?Magnesia	Türkiye'de Maiandros (bugünkü Menderes) nehrinin kıyısındaki kasaba
Malachite (malahit)	Latince	maláche	Gülhatmi
Manganeze (manganez)	Latince	magnesia nigra	MnO ₂
Markasite (markazit)	Yunanca	manganeúein	Aldatmak, kandırmak, hile yapmak
Mela(no)- (mela-)	Arapça	markáshítsa	Çakmaktaşı
Meta- (meta-)	Yunanca	meias	Sivah, koyu renkli (örneğin; melagranit)
Mica (mika)	Yunanca	metá	Arkasında, sonra (örneğin metagabro)
Migmatite (migmatit)	Latince	mica	Parça, kırıntı, tanecek
Mikr- (mikro-)	Yunanca	meíghma(t)	Karışım
Molasse (molas)	Yunanca	mikrós	Küçük (örneğin mikrogranit)
Molybdenum (molibden)	Fransızca	mollase	Yumuşak, sağlam olmayan, gevşek
Monazite (monazit)	Latince	mollis	Yumuşak
Montmorillonite (montmorillonit)	Latince	mola	Miltaşı
Monzonite (monzonit)	Yunanca	molýbdaina	Balık otası üzerindeki kurşun ağırlık.
Morph- (morf-)	Yunanca	monázein	Yalnız olmak (tekbaşına kristallerinden dolayı)
Muskovite (muskovit)	İtalyanca	Monzoni	Fransa'da bir kasabanın isminden türemiştir
Mylonite (milonit)	Yunanca	morphé	İtalya'nın Moëna-Fassa Valley bölgesinin doğusundaki dağın ismi
	Rusça	Moskva	Biçim, şekil (örneğin; idiomorf-özşekilli)
	Yunanca	mylón	İnsanlar burada büyük kristalleri pencere gibi kullanırlardı.
			Değirmen
N			
Nepheline (nefelin)	Yunanca	nephéle	Bulut (asitlerin neden olduğu bulutlanmadan dolayı bu isim verilmiştir)
Niobium (niyobyum)	Yunanca	nióbe	Tantalos'un efsanevi kızkardeşi
Nontronite (nontronit)	Fransızca	Nontron	Fransa'nın Dordogne şehrindeki kasabanın isminden türemiştir
Noseane (nozean)			Alman mineralog Nose'un isminden türemiştir
O			
Obsidian (obsidiyen)	Latince	opsi(di)anus lapis	Obsius taşı (bu taşı keşfeden kişi Mısır veya Etyopya'da bulunmaktadır)

Oliv- (oliv-)	Latince	oliva	Zeytin (örneğin; olivin)
Oo- (oo-)	Yunanca	oón	Yumurta (örneğin; oolitik kireçtaşı)
Opal (opal)	Sanskritçe	upala	Kıymetli taş
Ophiolite (ofiyolit)	Yunanca	ophis	Serpantin
Ortho- (orto-)	Yunanca	orthós	Düzgün (örneğin; ortorombik)
P			
Pegmatite (pegmatit)	Yunanca	pégma	Sıkışmış, donup kalmış materyal
Pelite (pelit)	Yunanca	pélos	Kil, çamur
Perthite (pertit)			Kanada'nın Ontario şehrindeki bir kasabanın isminden türemiştir
Petalite (petalit)	Yunanca	pétalon	Yaprak, arduvaz (dilinimlenme özelliğinden dolayı)
Petro- (petro-)	Yunanca	pétros	Kaya
Pheno/Phan(ero)(feno-/fanero-)	Yunanca	pháinein phanerós	Gözükmek, görünmek Görülebilir (örneğin; fenokristal, faneritik)
Phenakite (fenakit)	Yunanca	phénax	Hilekar (kuvars gibi görünür)
Phlogopite (flogopit)	Yunanca	phlóx	Alev
Phono- (fono-)	Yunanca	phoné	Ses (örneğin; fonolit)
Phos-/Photo- (fos-/foto-)	Yunanca	pháos/phós phorós	Işık Tasıyan (Phosphoros: ışık taşıyan)
Phyllite (fillit)	Yunanca	phýllon	Yaprak (dilinimlenme özelliğinden dolayı)
-phyr (-fir)	Yunanca	phyrein	Serpemek, serpiştirmek, karıştırmak (örneğin; granofir, porfirik)
Picrite (pikrit)	Yunanca	pikrós	Keskin, sert, acı
Piso- (pizo-)	Yunanca	písis	Bezelye
Plagio- (plajiyó-)	Yunanca	plágios	Oblik, yana yatık (örneğin; Plagioclase: yatık dilinim düzlemli)
Plaener	Saksonca	Plauen	Almanya'da Dresden şehrinin dış mahallelerine verilen isimdir ve burada "Plauener Kumtasını" ifade eden bir kelimedir
Plutone (piuton)	Latince	Pluton	Yeraltı dünyası tanrısının ismi
Poikilitic (poikilitik)	Yunanca	poikilos	Değişken renkli
Porphyre (porfir)	Yunanca	porphyra	Mor salyangoz, mor renk (Semitik dilden türemiştir)
-prase (-pras)	Yunanca	práson	Pırasa (Chrysopras: renginden dolayı altın prasa anlamına taşır)
Prehnite (prehnit)			Bir Alman abayının isminden türemiştir
Proustite (prostit)			Fransız kimyacının isminden türemiştir
Psammite (psamit)	Yunanca	psámmos	Kum
Psephite (pisefit)	Yunanca	pséphos	Külçe, yığın, küme
Psilo- (psilo-)	Yunanca	psilos	Çıplak, pürüzsüz, düzgün yüzeyle (örneğin; psilomelan)
Pyr- (pir-)	Yunanca	pyr	Ateş (Pyrite: kiviçim çıkartmak üzere kullanılabildiği için)
Pyrolusite (piroluzit)	Yunanca	louein	Yıkamak (cam üretiminde cam bezazlatma ajanı olarak kullanılır)
Pyrrhotine (pirotin)	Yunanca	pyrrhós	Kırmızısı renk
R			
Realgare (realgar)	Arapça	rhal-el-qhar	Mağara tozu
Rhodo- (rado-)	Yunanca	rhódon	Gül (renginden dolayı, örneğin; rodonit)
Rhyo- (riyo-)	Yunanca	rhein	Akmak, akış (örneğin; riyolit)
Rutile (rutil)	Latince	rutillus	Kırmızısı kahve, sarımsı kahve
S			
Saltpetre (kaya tuzu)	Latince	sal petra	Tuz Taş
Salt (tuz)	Yunanca	háls	Tuz (Yunanca'da h, "s" sesi verir)
Sanidine (sanidin)	Yunanca	sanis	Kalın dilim, arduvaz levhası (kristal görünümünden dolayı)
Sapphire (safir)	İbranice	sappir	Safir
Scheelite (selit)			İsveçli kimyacının isminden türemiştir
Sediment (sediman)	Latince	sidere	Cökelmek
Selenite (selenit)	Yunanca	seléne	Av
Serpentine (serpantin)	Latince	serpens	Yılan (yılanın derisinin deseninden esinlenilerek türetilmiştir)
Siderite (siderit)	Yunanca	síderos	Demir
Silic- (silis-)	Latince	silix	Kuvars
Sillimanite (sillimanit)			Amerikalı kimyacının isminden türemiştir
Skarn (skarn)	İsveççe	skarn	Ateş sacan yıldız
Smithsonite (simitsonit)			Amerikalı mineraloğun isminden türemiştir
Sphene (sfen)	Yunanca	sphén	Kama (kristal şeklinden dolayı)
Spodumene (spodumen)	Yunanca	spodómeros	Küle dönüştürülmüş
Stauro- (stavro-)	Yunanca	staurós	Çapraz (iki kristallerinden dolayı, örneğin; stavrolit)
Steatite (steatit)	Yunanca	steár	Sisman
-sthen (-sten)	Yunanca	sthénos	Kuvvet, güç (Di-sthene: iki farklı Moh's sertliğine sahip olduğu için)
Strontium (stronsiyum)		Strontian	İngiltere'nin Loch Sunart yöresinde bulunan kasabanın ismi
Syenite (siyenit)	Arapça	Assuan	Yukarı Mısır'ın Syene bölgesi
T			
Talc (talk)	Arapça	talq	Talk
Tantalum (tantal)	Yunanca	Tántalos	Zeus'un efsanevi oğlu
Tecton- (tektion-)	Yunanca	téktion	İnşaatçı, zanaatkar (örneğin; tektonik)
Tethys (Tetis)	Yunanca	Téthys	Okeanos'un efsanevi karısı
Tholeiite (toleyit)		Tholey	Almanya'nın Saarland şehrindeki kasabanın isminden türemiştir
Titanium (titanyum)	Yunanca	Títan	Uranos'un efsanevi oğlu
Topaz (topaz)	Sanskritçe	tapas	Ateş
Trachyte (trakit)	Yunanca	trachýs	Pütürlü, tırtıklı
Trapp	İsveççe	trapp	Merdiven (merdiven benzeri yapısından dolayı)
Turbidite (turbidit)	Latince	turbidus	Çalkalanmış, karıştırılmış
Turquoise (turkuaz)			Persliler tarafından Türkiye'den getirildiği için bu isim verilmiştir
Turmaline (turmalin)	Singhalce	turamali	Turmalin
U			
Uranium (uranyum)	Yunanca	Ouranós	Cennet tanrısı, Zeus'un büyükbabası
V			
Variscian		Variscians	Almanya'nın Kuzey Bavaria eyaletinde Hof yakınlarında yaşamış eski bir kabile
Vermiculite (vermikülit)	Latince	vermiculus	Küçük solucan
Volcanic (volkanik)	Latince	Vulcanus	Efsanevi Ateş Tanrısı
W			
Willemite (villemit)			Danimarka kralının isminden türemiştir
Wollastonite (vollastonit)			İngiliz mineraloğun isminden türemiştir
Wulfenite (vulfenit)			Avusturyalı mineraloğun isminden türemiştir
Wurtzite (vurtzit)			Fransız kimyacının isminden türemiştir
X			
Xeno- (kseno-)	Yunanca	xénos	Yabancı (örneğin; ksenolit-yabancı kayaç parçacığı)
Z			
Zircone (zirkon)	Arapça	sarkun	Altın renkli anlamına taşır.
Zoisite (zoisit)			Avusturya baronu Zois'in isminden türemiştir

Neptünyen Dayklar ve Tektonik Önemleri



Tortul daykların bir çeşidi olan ve yarık-kırıkların çoğunlukla fosilli pelajik tortularla üstten doldurulmasıyla oluşan dayklar, neptünyen dayk olarak adlandırılır. Fosil içeren neptünyen dayklar, içini doldurdıkları kırığın oluşum yaşını verdiklerinden, yapısal analiz çalışmalarında önemlidirler.

Depremler, yer kabuğunda kırıkların oluşmasına neden olur. Aktif tektonik olarak isimlendirilen ve güncel depremler sonucu oluşan kırıkların yaşını saptamak kolaydır. Buna karşılık jeolojik devirler süresince oluşmuş depremlerin veya bunlara karşılık gelen kırıkların kesin yaşlarını saptamak sanıldığı kadar kolay değildir. Bu tür kırıkların yaşları genellikle göreceli olarak verilir. Herhangi bir kırık diğerini kesiyorsa, kesen kırığın kesilen kırıktan daha genç olduğu söylenir. Şayet bir kırık yaşı saptanabilen fosilli tortul kayaçlarla örtülmüşse, bu durumda da sözkonusu kırığın en azından üstleyen tortul kayacın oluşumundan önceki bir dönemde geliştiği söylenebilir. Bazı durumlarda kırıklar oluşurken veya oluşuktan hemen sonra fosilli tortularla doldurulabilirler. Bu tür tortulaşmayla eşzamanlı veya hemen hemen eşzamanlı kırıkların yaşları, içerdikleri tortunun yaşının saptanmasıyla kesin olarak belirlenebilir. Mevcut kayaçlar içindeki yarık-kırık dolgularına tortul dayk denir. Dayklar, tabakalanma, şistozite (yapraklanma) gibi düzlemsel yapılara uyumsuz olarak yerleşen levhamsı yapılar olup hem magmatik hem de sedimanter işlemlerle oluşturulurlar. Magmatik dayklar, yer altından yükselen magmanın mevcut kayaçlar içindeki kırıklara girmesi ve oralarda katılaşması sonucu oluşurlar. Kayaçlar içindeki kırıkların tortularla doldurulması sonucu tamamen sedimanter işlemlerle oluşmuş dayklara, tortul dayk denir. Tortul dayklar, kayaçlar içindeki kırıklara tortuların alttan, üstten ve yandan enjeksiyonuyla veya üstten serbest çökelmeyle girmesi sonucu oluşurlar. Kırıkların üstten çökelmeyle doldurulması sonucu oluşan tortul dayklara, neptünyen dayk denir. Neptünyen dayklar, jeolojik geçmişte yer kabuğunda oluşmuş kırıkların yaşlarının saptanmasında ve deformasyon dönemlerinin açıklanmasında kullanılan son derece önemli sedimanter yapılardan biridir. Bu yazıda, Türkçe literatürde çok fazla bilinmeyen neptünyen dayklarla ilgili terminoloji, neptünyen daykların oluşumu ve sınıflandırılması, Alpin Dağ Kuşağında ve Türkiye'deki dağılımları ve tektonikleri önemleri hakkında bilgi verilmeye çalışılacaktır.

Tortul Daykların Tanımı ve Çeşitleri

Tortularla doldurulmuş yarık-kırık dolgularına, tortul dayk denir (Schlische ve Akermann, 1995). Tortul dayklar, oluşum tarzlarına gö-

Osman Bektaş, Şenol Çapkınoğlu, Kemal Akdağ
KTÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

re kendi içerisinde sınıflandırılırlar. Açık çekme çatlakları ve kısmen açık olan fay zonları oluştuktan hemen sonra karasal tortularla veya deniz tabanındaki fosilli tortularla doldurulma eğilimindedirler. Kırıkların denizel tortularla üstten doldurulması ve aynı tortularla örtülmesi sonucu oluşan tortul dayklar, neptünyen dayk olarak adlandırılır (Winterer ve Sarti, 1994). Şayet kırık karasal ortamda oluşur ve karasal çökellerle doldurulursa buna kırık dolgusu denir. Öte yandan kimi tortul dayklar tortuların kırıklara alftan enjeksiyonu ile şekillenmişlerdir. Bazı kırık zonları da, kırılma sonucu oluşan köşeli kayaç parçalarının üstten dolan tortularla bağlanması sonucu oluşan breşik kayaçlarla doldurulurlar. Bu tür breşler taşınmamış, yerli yerinde oluştuklarından dolayı bunlara iç breş adı verilir (Füchbauer ve Richter, 1983). Bazı durumlarda, Kanada'nın Fundy Rift havzasında olduğu gibi karasal, taşınmış, yarı yuvarlak kayaç parçaları kırıklar içerisinde depolanır (Schlische ve Ackerman, 1995). Öte yandan, deniz altı yamaçlarından yuvarlanarak daha derinlere taşınan ve orada derin deniz tortuları ile birlikte çökelen konglomera-breş türü kayaçlar (olistosromlar), iç breşlere büyük benzerlikler gösterirler ve her iki kayaç çoğu kez yanlış yorumlanır veya tanımlanır.

Neptünyen Daykların Oluşumu ve Genel Şekilleri

Neptünyen daykların oluşumu ile ilgili iki temel sorun günümüzde hala tartışılan konulardır.

1- Neptünyen daykları oluşturan kırıklar veya karstik erime boşlukları nasıl, nerede ve ne zaman oluşmuştur?

2- Neptünyen daykların dolguları nasıl, nerede ve ne zaman dolgulanmıştır.

Bu sorulara her zaman tatmin edici bir yanıt vermek mümkün değildir. Buna rağmen aşağıdaki genellemeler yapılabilir.

Alpin kuşakta çoğu neptünyen dayklar platform karbonatları içerisinde gelişmiş olup dolguları fosilli pelajik karbonatlardan oluşmaktadır. Bu durum, neptünyen daykların karbonat kayaçlarının erimesi ve karstlaşması ile oluşmuş kırıklı-boşluklu yapıların sonradan doldurulması sonucu oluştuğunu gösterir.

Öte yandan neptünyen daykların oluşumunda karstlaşma olayı yanısıra tektonik olayların da (tektonik kırık-



Kale nahiyesindeki (Gümüşhane) Kilop mevkiinde, Malm-Alt Kretase platform karbonatları içerisinde gelişmiş olan, litolojisini Globotruncanalı kırmızı kireçtaşlarının oluşturduğu Geç Kretase yaşlı neptünyen dayk.

lar) önemi büyüktür. Bu bakımdan tektonik kökenli ve fosilli neptünyen dayklar bir bölgenin yapısal dinamik analizinde (kırıklarla kuvvetler arasındaki karşılıklı ilişkilerin saptanması) önemli bir rol oynarlar (Schische ve Ackermann, 1995). Bu tür amaca yönelik olarak incelenmiş olan Neptünyen dayklar Güney İspanya'da Malm-Erken Kretase yaşlı platform karbonatlarında; Yunanistan, İtalya, Yugoslavya ve Umman'daki Tetis Okyanusu'na ait Triyas-Erken Liyas yaşlı sığ platform karbonatlarında ve Batı Almanya'da Variskan dağ kuşağına ait Geç Devoniyen-Erken Karbonifer yaşlı karbonat kayaçlarında yaygındır (Füchbauer ve Richter, 1983). Türkiye'de neptünyen daykları konu alan çalışmalar yok denecek kadar azdır. Tektonik kökenli ve farklı yaşlarda neptünyen dayklara Pontid Dağ Kuşağında (Karadeniz Dağları) çeşitli alanlarda rastlanmaktadır. Gümüşhane yöresinde, Paleozoyik yaşlı granitler ve metamorfik kayaçlar içerisinde Liyas yaşlı neptünyen dayklar ve aynı yörede platform karbonatları içerisinde Geç Kretase yaşlı neptünyen dayklar gelişmiştir. Daha batıda Amasya yöresindeki Erken Kretase yaşlı tektonik kökenli neptünyen dayklar ise platform karbonatları içerisinde bulunmaktadır (Bektaş ve Çapkinnoğlu, 1997). Kuşkusuz Pontid Dağ kuşağının daha batısında rapor edilmemiş neptünyen dayklar da vardır.

Neptünyen daykların litolojisini çoğunlukla kırmızı renkli pelajik tortular oluşturur. Kırmızı renk, yakın çevredeki karasal bir ortamın varlığını belirtebilir.

Neptünyen dayklar çoğunlukla denizaltı heyelanları ve kütle akma hareketlerinin geliştiği bölgelerde görülürler. Bu durum, onların oluşumunda çekme gerilmelerinin veya gravite hareketlerinin önemli bir rol oynadığını gösterir.

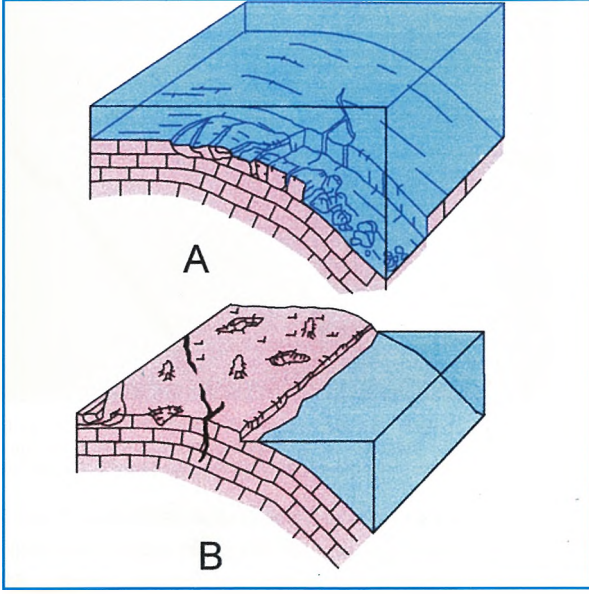
Faylarla ilişkili neptünyen dayklar daha çok X, Y, V şekilli; çekme kırıkları ile ilgili neptünyen dayklar ise daha çok I veya T şekillidir.

Neptünyen daykların boyutları birkaç milimetreden birkaç metre kadar değişebilir.

Platform karbonatlarında gelişen neptünyen daykların oluşumu için farklı iki teori önerilmiştir (Winterer ve Sarti, 1994).



Kırıklı (Gümüşhane) yöresinde, Paleozoyik metamorfileri içerisinde gelişmiş Liyas neptünyen daykları.



Alpin Dağ kuşağında neptünyen daykların oluşum modelleri (Winterer ve Sarti, 1994'den yeniden çizilmiştir). (A) Karbonat platformunun denizaltında riftleşmesi tektonik kökenli neptünyen dayk oluşumu modeli. (B) Karbonat platformunun karstlaşması sonucu neptünyen dayk oluşumu modeli.

Deniz Altında Riftleşme Teorisi

Deniz altında çekme gerilmesi tektonik rejiminde normal faylara bağlı olarak karbonat platformunun parçalanması, çökmesi ve fay zonlarında bükülen tabakalı kireçtaşları üzerinde açılma kırıklarının oluşması.

Kırklar boyunca blokların havzanın daha derin kısımlarına doğru kayması sonucu platformun basamaklı bir yapı kazanması ve aşılma uyumsuzluğunun oluşması.

Derinleşen ortamda çökelen pelajik tortuların basamaklı kırık ve boşlukları doldurması ve sıg karbonatlarla pelajik karbonatlar arasında uyumsuzluğunun oluşması (Winterer ve Sarti, 1994).

Karasal Karstlaşma Teorisi

Platformun yükselerek kara haline geçmesi.

Karasal ortamda karstik boşluk ve çukurların oluşması.

Karbonat platformunun çökerek tekrar pelajik derin ortama dönüşmesi.

Kırık ve boşlukların pelajik tortularla doldurulması.

Neptünyen Daykların Tektonik Önemleri

Neptünyen dayklar bir bölgenin tektonik yapısının açıklanmasında, başka deyişle kırıkların oluşum yaşlarının saptanmasında, o kırıkları oluşturan gerilmelerin doğrultularının belirlenmesinde önemli rol oynarlar. Günümüzde oluşan bir fayın yaşı, o fayın oluşturduğu depremin oluşum zamanı ile belirlenir. Oysa geçmiş jeolojik dönemlerde oluşmuş fay hareketlerinin veya

çatlakların oluşum yaşlarını saptamak sanıldığı kadar kolay değildir. Yer kabuğunun jeolojik evriminde önemli rol oynamış kırıkların yaşları çoğunlukla göreceli olarak verilir. Kırıklar, kat etkileri kayaçların yaşlarından daha genç, örtüldükleri kayaçların yaşlarından daha yaşlıdır. Bazı durumlarda kırıkların yaşını neptünyen dayklar yardımıyla belirlemek mümkündür. Bilindiği gibi bir tortul kayacın çökme yaşı o kayacın içerdiği fosilin yaşına karşılık gelir. Benzer şekilde, bir kırığın yaşı içermesi mümkün olan fosilli tortunun yaşına eşittir. Bu bakımdan bir bölgede belirli doğrultuda gelişmiş olan fosilli neptünyen dayklar, o bölgede geçmiş dönemde çalışmış olan çekme gerilmesinin zamanını ve doğrultusunu verir. Neptünyen dayklardan sağlanan bu tür veriler, yapısal analizin temel unsurlarını oluştururlar.

Pontidlerde Mesozoyik Döneminin

Çok Evreli Riftleşme Kayıtları:

Neptünyen Dayklar

Doğu Pontidlerde Neotetis'in Liyas döneminde yay gerisi havza olarak açılmasıyla ilgili riftleşme döneminden, okyanus tabanı yayılması dönemine kadar geçen zaman aralığına ait tektonik ve sedimentolojik kayıtların en güzel örneklerini Liyas, Erken Kretase ve Geç Kretase neptünyen daykları oluşturur (Bektaş ve diğ., 1998). Neotetis'in güneye bakan pasif kıta kenarının evrimi sırasında gelişen neptünyen dayklar, arışiklı çekme gerilmesi ve tektonik çökmenin ve bunları izleyen ısıl çökmenin kanıtıdır. Tektonik çökme döneminde grabenlerde volkanik ve kırıntılı tortul kayaçlar çökelerken, ısıl çökme döneminde ise horstlar üzerinde neptünyen daykları oluşturan pelajik tortular çökelmiştir. Kırmızı renkli pelajik (Ammonitiko Rosso) kireçtaşları, Liyas döneminin başarısız riftleşme dönemine; Alt ve Üst Kretase derin deniz pelajik tortulları ise (kırmızı kireçtaşları ve radyolaritler) Neotetisin okyanus tabanı yayılması dönemine karşılık gelirler (Bektaş ve diğ., 1995)

Kaynaklar

- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K. ve Özgür, S., 1995. Cre-taceous rifting of the eastern Pontide carbonate platform (NE Turkey): the formation of carbonate breccias and turbidites as evidences of a drowned platform: *Glomale di Geologia*, 1 (1-2).
- Bektaş O., Akdağ, K. ve Çapkinoglu, Ş., 1998. Successive extensional tectonic regime evidenced by neptunian dikes in the Pontides magmatic arc (NE Turkey) during the Mesozoic: *Third International Turkish Geology Symposium*, s. 254.
- Füchtbauer, H. ve Richter, D.K., 1983. Relation between submarine fissures, internal breccias and mass flows during Trassic and earlier rifting periods: *Geologische Rundschau*, 72(1), 53-66 s.
- Schlische, W.R. ve Ackermann, R.V., 1995. Kinematic significance of sediment-filled fissures in the North Mountain Basalt, Fundy rift basin, Nova Scotia, Canada: *Journal of Structural Geology*, 17, 987-996 s.
- Winterer, E.L. ve Sarti, M., 1994. Neptunian dykes and associated features in southern Spain: mechanics of formation and tectonic implications. *Sedimentology*, 41, 1109-1132 s.