



YAŞINI SAKLAYAMAYANLAR...

Bazılarımız büyük bir özenle yaşımızı saklayaduralım, doğanın bilim insanlarından yaşını saklama olasılığı her geçen gün daha da azalıyor. Yaş saptamalarında, yaş halkalarının sayımı ya da karbon izotoplarının kullanılması gibi tekniklerin yanında, adını çok daha az duyduğumuz teknikler de kullanılıyor. Bazı kemiklerin belirli bölgeleri, dişler ve hatta iç kulakta bulunan taşlar bile canlıların yaşını ele verebiliyor. Yaş saptamaları, yalnızca canlılarla da sınırlı değil. Yeryüzü şekillerinin, kayaların, hatta kazılardan çıkarılan el aletlerinin bile yaşları belirlenebiliyor.

Yaş saptama tekniklerini en fazla kullanan araştırma dallarından biri adli tıp. Araştırmalar yaygınlaştıkça ve insan zekası durak tanımadıkça, adli tıp laboratuvarlarına giren yeni tekniklerin sayısı artmaya devam edecek gibi görünüyor. Ancak, bazı temel teknikler var ki, asla pabucu dama atılmayacak cinsten.

Günümüzde kullanılan tarihlendirme teknikleri, göreceli ve mutlak olmak üzere ikiye ayrılıyor. Göreceli teknikler, sıklıkla makro incelemelere dayanıyor ve incelenen örneğin yaşı hakkında ancak "yaklaşık" bir bilgi verebiliyor. Kesin sonuçlar içinse, daha mik-

ro ölçekli incelemelere gereksinim duyuluyor.

Yaş Halkaları

Odunsu bitkilerin gövdeleri, boyuzlar ve balık pulları gibi yapılar, her yıl belirli sayıda yenileri eklenen tabakalar taşıyorlar. Araştırmacılar da, bu tabakaların enine kesitlerde gösterdiği halkaları sayarak yaş saptaması yapabiliyorlar.

Yaş halkaları denince akla ilk gelen örnek ağaçlar. Ilıman iklim kuşağında yayılış gösteren ağaçların büyük bir kısmı, gövdelerine her yıl bir yaş hal-

kası ekliyorlar. Bu enine büyüme şeklinde, her yeni yaş halkası, kabuğun hemen altında yer alıyor. Kabuğun altında yer alan kambiyum dokusu, yıl boyunca fotosentezin yoğun olduğu dönemlerde büyük boyutlu yeni hücreler üretiyor. Kış yaklaştıkça, fotosentez hızı da düşüyor ve üretilen yeni hücrelerin boyutları da küçülüyor. Böylece, bir ağacın gövdesinde her yıl bir kalın, bir de ince banttıan oluşan bir halka meydana geliyor. Ağaçların enine büyüme halkaları, o yılın iklim koşullarını da yansıtıyor. Uygun nem oranı beraberinde uzun bir gelişme mevsimini getirdiği için, bu yıllara ait

halkalar daha genişken; kuraklık nedeniyle üreme mevsimi kısa süren yıllara ait halkalar da daha dar oluyor. Ağaç halkalarının sayımı yoluyla tarihlendirme tekniği, 4000 yıla kadar doğru sonuçlar verebiliyor. Bunun nedeni, 4000 yıldan daha yaşlı olan halkalarda birbirleriyle kaynaşmaların görülmesi. Araştırmacıların bu teknikle karşılaştığı en büyük zorluksa, ağaç gövdelerinin içinde galeriler yapan ve halka yapısını bozan böcekler...

Yaş halkalarının sayımı tekniğinin kullanıldığı diğer yapıların arasında, balıklarda görülen sikloid (oval şekilli, dikensiz) ve ktenoid (oval şekilli, dikenli) tipteki pullar, iç kulak taşları (otolitler) ve karın yüzgeci ışınları, memelilerde boynuzlar, ve midyelerin kabukları bulunuyor.

Sucul canlılar olan midyeler, manto adı verilen organın sudaki kalsiyum karbonattan oluşturduğu iki kabuğa sahipler. Planktonla beslenen bu canlılarda da, tıpkı ağaçlarda olduğu gibi, planktonun bol olduğu gelişme dönemlerinde geniş, kıt olduğu gelişme dönemlerindeyse ince kabuk bantları oluşturuluyor. Her gelişme döneminin sonundaysa, kabuğa koyu renkli bir bant ekleniyor. Midyelerin ağaçlardan farkı, bir yılda iki büyüme dönemlerinin oluşu. Bu nedenle de, midyelerde iki büyüme halkası bir yıla denk geliyor. Mikroskop altında gözlenebilen büyüme artışı bantları ve diğer bazı iç ya da dış yapılar da, midyelerin yaşlarının saptanması çalışmalarına daha kesin sonuçlar sağlayabiliyor.

Kara kaplumbağalarının üst kabuklarını oluşturan plakaların halkalarıysa, kaplumbağanın yaşı hakkında ancak "göreceli" bir fikir verebiliyor. Bunun nedeni, plaka üzerindeki halka sayısının, beslenme ve mevsim koşulları başta olmak üzere çeşitli etkenlere bağlı olarak her yıl değişkenlik göstermesi.

İskelet Yapılarından Yaş Tayini

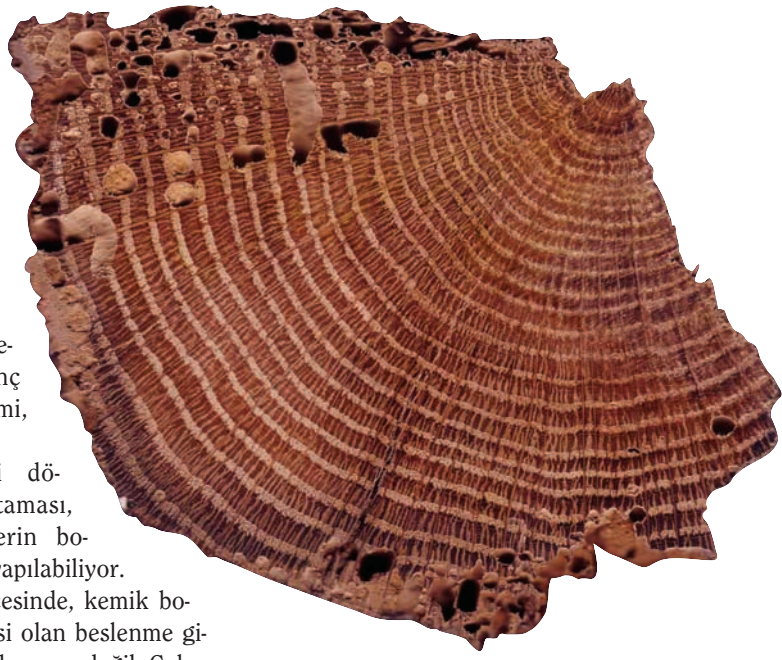
Kemikler, kesin olmasa da yaş hakkında yanlış olmayan bir "yaklaşık" bilgi verebiliyor. Farklı yaş aralıkları için, iskeletin farklı bölgelerinden yararlanılıyor. Adli tıp, yaş aralıklarını şu şekilde sıralıyor: doğum öncesi (perinatal)

dönem, yeni doğmuş (neonat), bebeklik ve erken çocukluk dönemi, geç çocukluk dönemi, ergenlik, genç erişkinlik dönemi, yaşlılık.

Doğum öncesi dönemde yaş saptaması, doğrudan kemiklerin boyutları yardımıyla yapılabilir. Çünkü doğum öncesinde, kemik boyutu üzerinde etkisi olan beslenme gibi dış etkenler söz konusu değil. Gebelik süresince anne yetersiz beslense bile, vücut annenin besininden (hatta kendi dokularından) kesmek pahasına, bebeğe gerekli miktarda besin sağlıyor.

Yeni doğmuş bebeklerde göze çarpan en önemli özellik, dişlerin henüz bulunmaması. Bu döneme ait bir diğer iskelet özelliği ise, kafatası ve kalça kemeri başta olmak üzere, iskeletin birçok bölgesinde kaynaşmanın tamamlanmamış olması. Kemiklerin çok küçük boyutlarıyla tanınan bu döneme ait yaş saptamalarında karşılaşılan tek güçlük, gelişim hızında bireysel farklılıkların görülebilmesi.

Doğumla birlikte başlayan diş oluşumunun aşamaları ve kemikleşmenin tamamlanma dereceleri, ergenlik öncesi dönem boyunca yaş hakkında ortalama bir bilgi sağlayabiliyor. Ergenlik dönemi ise, uzun kemiklerin boyunda artışla tanınıyor. Uzun kemiklerde,



gövde (diyafiz) ve uç bölgeler (epifiz) bulunuyor. Ergenlik dönemiyle birlikte, bu bölgeler arasında bulunan kıkırdak doku da kemikleşmeye ve iki bölgeyi kaynaştırmaya başlıyor. Farklı yaş dönemlerinde gerçekleşen bu kaynaşma, yaş saptamasında sıkça kullanılan bir ölçüt.

Ergenlik sonrası dönem, yani erişkinlik dönemi içinse, farklı yaş saptama ölçütleri bulunuyor. Kafatası kemikleri arasındaki oynamaz eklemler, yaş ilerledikçe kaynaşmaya ve yok olmaya başlıyorlar. Bu nedenle de, bireyin yaşı hakkında bilgi sağlıyorlar. Yaş saptamalarında yol gösterici olan diğer bir ölçüt de, kaburga kemiklerinin uçları. Kaburga kemikleri, kıkırdak doku aracılığıyla göğüs kemiğine bağlanıyorlar. Kıkırdağa yakın olan kaburga uçları, başlangıçta düz bir yapıya sahip olmalarına karşın, yaşlanmayla birlikte aşınıyor ve kıkırdak bölgede de oyuk-

Bilimin Hizmetindeki İzotoplar

Radyometrik tarihlendirmede karşılaşılan sınırların birisi, araştırmacıların izotopların yarı ömürleriyle sınırlı olması. İncelemenin doğru sonuç verebilmesi için, ölçümde kullanılan izotopun yarılanma ömrünün, inceleme materyalinin yaşından az olması gerekiyor. Örneğin, 6000 yıldan daha yaşlı olan herhangi bir oluşum için tarihlendirmede, yarılanma ömrü 6000 yıldan daha düşük olan karbon-14 (C14) izotopu yerine başka bir izotopun kullanılması gerekiyor. Ancak, yarılanma ömrünün uzun olması, bir izotopun ideal tarihlendirme aracı olması için yeterli değil. Her tekniğin kendine göre sınırlamaları var ve bu sınırlamalar da, ölçüm sonuçlarının güvenilirliğini etkiliyor. Tarihlendirme çalışmalarında kullanılan başlıca bazı izotopların yarılanma ömürleri ve ürün izotopları şu şekilde:

- Rubidyum-87 / Stronsiyum-86 (50 milyar yıl)
- Samaryum-147 / Neodim-143 (10,6 milyar yıl)
- Uranyum-238 / Uranyum-234 / Kurşun-206

(4,5 milyar yıl)

- Potasyum-40 / Argon-40 (1,3 milyar yıl)
- Uranyum-235 / Kurşun-207 (700 milyon yıl)
- Samaryum-146 / Neodim-142 (108 milyon yıl)
- Uranyum-234 / Toryum-230 (245.000 yıl)
- Radyokarbon tarihlendirme:
- Karbon-14 / Azot-14 (5730 ± 40 yıl)
- Argon-40 / Argon-39 (2000 yıl)

Radyometrik çalışmalarda, bunların dışında başka izotoplar da kullanılabilir. Örneğin, berilyum-10, alüminyum-26, klor-36, helyum-3 ve neon-21 gibi izotopların yarılanma ömürleri kullanılarak yapılan yaş tayinleri, buzul ilerleme evreleri, kayca yaşları, yeryüzü şekillerinde gerçekleşen aşınma oranları, nehir yataklarının oluşum hızları, taşkın periyotları, lavların yüzeye çıkış zamanları, meteor çarpma zamanları, fayların hareketliliği ve eski çağlara ait kazı bulgularının yaşları gibi birçok verinin elde edilmesine yardımcı oluyor.



Dişler, özellikle adli tıp uzmanları, kazı bilimciler ve hayvan bilimciler için gerçek birer hazine. Dişlerin sayı, yapı ve şekillerinin verdiği ipuçlarıyla çok sayıda bilgiye ulaşılabilir. Bunlardan biri de yaş. Dişler, yalnızca insanlarda değil, birçok canlı grubunda yaş tayininde kullanılıyor.



Kuş tüyleri, göreceli yaş tayininde sıkça kullanılıyor. Çoğu kuş türünde tüy örtüsü, yaşla birlikte değişim gösteriyor. Türü bilinen bir kuşun belirli bir vücut bölgesine ait tüylerin yapısı ve rengi, kuşun yaşı hakkında bilgi sağlayabiliyor. Fotoğrafta, bir güvercin türüne ait genç ve erişkin bireylerden alınan tüylerdeki farklılık görülüyor.



Balçık katmanlarının yığılma ve çökme oranlarının ölçümü yoluyla da jeolojik tarihlendirme yapılabilir. "Varv analizi" olarak bilinen bu teknik, geniş ölçekte çok güvenilir sayılmasa da, günümüzden 9 bin yıl öncesine kadar uzanabilen yaş saptamalarına yardımcı oluyor.

olarak oluşuyor. En sık kullanılan bu iki ölçütün dışında dış kulağın (auricula) yüzey alanı, kasık kemikleri arasındaki kıkırdak dokunun (symphysis pubis) aşınması, kıkırdakların, kemiklerin ve dişlerin mikro yapıları, kemiklerdeki amino asit değişimleri (rasemizasyon), dişlerdeki aşınmalar, diş minesinin tabakaları gibi başka ölçütler de insanlarda yaş hakkında yaklaşık bir bilgi sağlıyor.

Farklı hayvan gruplarında yaş saptaması için de benzer iskelet yapıları kullanılabilir. Kemikler ve dişler, gördükleri tüm canlı gruplarında aynı ilkeler doğrultusunda değerlendiriliyor. Yalnızca, farklı canlılar için öncelikli olarak incelenen kemikler farklılık gösterebilir.

Yaş tayininde kullanılan bir diğer yapı da, kabuklu organizmaların dış iskeletleri. Bu canlıların kalsiyum karbonat yapıdaki dış iskeletlerinde bulunan karbon atomlarının incelenmesi, hem bu canlıların yaşı hem de kabuğun oluşum süreci boyunca deniz suyunun sıcaklığı, tuzluluğu ve diğer mineral içeriği konusunda ipuçları verebiliyor.

Kayaçlar ve Fosiller

Arkeologlar ve jeologlar, yirminci yüzyıl öncesinde, bulunan fosiller hakkında bilgi edinebilmek için, kayaçlardaki tabakalaşmanın incelenmesi ve fosilin ait olduğu canlının yaşadığı dönemin göz önünde bulundurulması gibi bir takım göreceli tarihlendirme teknikleri kullanıyorlardı. Ancak, bu teknikler, yalnızca olayların meydana geliş "sırasının" saptanabilmesine yardımcı oluyordu. 1800'lü yıllarda W. Smith'in önerdiği, "her jeolojik tabakanın kendine özgü fosillerinin bulunduğu" gerçeği, fosillerle tabakaların eşit zamanlılığını ortaya koyabilse de, tam ve kesin bir tarihlendirme yapabilmek, mutlak tarihlendirme tekniklerinin bulunmasından sonra mümkün oldu.

Bu tekniklerin başında, doğal olarak bulunan izotopların yarılanma oranlarını kullanan radyometrik tarihlendirme geliyor. Bir elementin, çekirdeğinde farklı sayıda nötron taşıyan formuna

"izotop" adı veriliyor. Çoğu izotop atomunun doğasında, belirli bir zaman aralığında aynı elementin başka bir izotopuna, ya da tamamen farklı bir elementin izotopuna dönüşmek gibi bir kararsızlık bulunuyor. Atom yapısındaki farklı parçacıkların enerji yayarak ışınması yoluyla gerçekleşen bu olaya, radyoaktif bozunum deniyor. Radyoaktif bir izotopun kütlelerinin yarısının bozunmaya uğraması için geçen süre de "yarılanma ömrü" olarak adlandırılıyor. Radyometrik tarihlendirme de, mantıklı olarak, yarılanma ömürleri yeterince uzun olan izotopları kullanıyor. Bir diğer dikkat edilen nokta da, yarılanma ömrünün her zaman sabit olması gereği. İzotopların yarılanma süreleri, çoğu durumda, ortam koşullarından hiçbir şekilde etkilenmiyor. Ancak, elektron yakalama yoluyla birbirine dönüşen izotoplar, yarılanma süreleri ortamdaki elektron yoğunluğundan etkilenebildiği için, radyometrik çalışmalarda kullanılmıyorlar.

Radyometrik tarihlendirmenin temel mantığı, herhangi bir oluşum ya da maddenin içeriğinde bulunan orijinal radyoaktif izotopların, ışınma sonucu dönüştükleri ürün izotoplara oranını ölçmek ve bu iki miktarı, bilinen yarılanma ömürleriyle birlikte belirli formüllere uygulamak. Tabii ki bunun yapılabilmesi için, maddenin ürün izotopu da tutması gereki-



Ağaç halkalarından yaş tayinine dendrokronoloji adı veriliyor. Ağaç halkalarının yapısından yararlanarak, mevsim koşullarının tespit edilmesi dendroklimatoloji olarak biliniyor.

yor. Yarılanma sonucu oluşan ürün izotop küçük moleküllü ve dolayısıyla da maddeden uzaklaşabilecek bir gaz ya da yarılanma ömrü çok kısa bir diğer radyoaktif izotop olmamalı. Bunun da ötesinde, hem orijinal hem de ürün izotop, başka tepkimeler sonucunda belirgin oranda azalma tehlikesine karşı dayanıklı olmalı. Tabii ki, yalıtım ve analiz tekniklerinin de büyük bir titizlikle yürütülmesi gerekiyor. Tüm bu çalışmalar süresince, izotopların kontamine olmamasına, izotoplarda istenmeyen kayıpların yaşanmamasına, kütle numarası aynı olan başka izotopların varlığına ve varsa gerekli düzeltmelerin yapılmasına dikkat edilmesi şart. Araştırmacılar, bu zorlukların üstesinden gelebilmek ve daha kesin bir tarihlendirme yapabilmek için, sıklıkla aynı oluşum ya da maddeden birden fazla örnek alarak ve eğer mümkünse, birden fazla izotopla ölçümler yaparak çalışıyorlar.

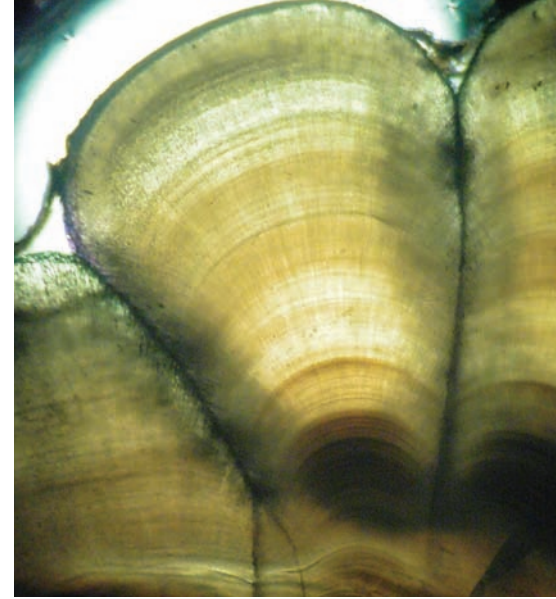
İzokron tarihlendirme, özel bir radyometri tekniği. Bu teknik, farklı boyutlarda alınan örneklerde, bilinen izotopların bozunma oranlarını ortaya çıkaran analizlerin yapılmasına ve çok sayıda örnek üzerinde yapılan analizler sonucunda, bir grafik üzerinde izokron doğruları çıkarılmasına dayanıyor. İzokron tekniği, kayalardaki metamorfizma yaşının hesaplanmasını da sağlıyor. Teknikte kullanılacak olan izotop, kayacın tipine ve olası içeriğine göre belirleniyor. En sık kullanılan izotop çiftiyse rubidyum/stronsiyum. Buradaki tek kısıtlama, ürün elementin, ürün izotop dışında bir de kararlı (ışın yapmayan, duraylı) bir izotopunun bulunması gereği.

Kayaçların ve yeryüzü oluşumlarının yaşlarının saptanmasında, bu tek-



50 yaşından daha genç olan suların yaş tayininde kullanılan klor-36 izotopu, buzulların yaşlarının saptanmasında da kullanılabilir.

niklerin dışında, özel durumlarda kullanılan ve adı daha az duyulmuş başka teknikler de var. Bunların arasında, yontulmuş obsidyen kalıntılarının içeriğindeki su buharının derinliğini ölçen "hidrasyon/obsidyen tekniği", belirli bir sıcaklık derecesinde kusurlu yüzeylerden yayılan elektronların yaptığı parlamaların ölçümüne dayanan "termoluminesans tarihlendirme" ve uranyum içeriği bilinen örneklerde uranyum-238 katışığının spontan parçalanmaları sonucu oluşan izlerin yoğunluğunu ölçmeye dayanan "filyon izi tarihlendirme" sayılabilir. Filyon izi tarihlendirmede, birkaç milyon yıl öncesine kadar uzanan yaş tayinlerinde yanardağ püskürmeleri sonucu oluşan cam kesitleri (tektitler), mikalar ve meteoritler kullanılabilirken, daha yaşlı oluşumlar için, uranyum içeriği değişken olan zirkon, apatit ve titanit gibi mineraller tercih ediliyor. Bu tekniğin en önemli sınırlayıcısı, parçalanma izlerinin 200°C'nin üzerinde yok olması.



Güney Kaliforniya kıyılarında yayılış gösteren bir deniz levreği türüne (*tractoscion nobilis*) ait iç kulak taşları ve yaş halkaları.

Gerçek olansa, bilimin her türlü sınırlamadan kendisini kurtarabildiği. İnceleme ve çözümleme teknikleri her geçen gün daha da kusursuz hale getiriliyor. Laboratuvarlarda kullanılan ağıtlara sürekli yeni özellikler ekleniyor. Artık doğa, yaşını bilimden saklamıyor...

Deniz Candaş

Jeolojide Göreceli Tarihlendirme

Kayaç tabakalarının incelenmesi yoluyla göreceli tarihlendirme yapabilmemenin ilkeleri, anatomi ve jeoloji bilimlerinin öncülerinden olan Nicolas Steno'ya (1638-1686) kadar uzanıyor. Kaya birimlerinin yaşlarını ve birbirleriyle olan ilişkilerini inceleyen bilim dalı olan stratigrafinin babası olarak anılan isimse, James Hutton. Jeolojinin bu önemli ilkeleri şunlar:

- Süperpozisyon ilkesi: Müdahale edilmemiş bir jeolojik oluşumda, üstteki tabakalar her zaman alttaki tabakalardan gençtir.
- Orijinal yataylık ilkesi: Deformasyon olsun

ya da olmasın, tabakaların depolandıkları ortamdaki ilk konumları her zaman yataydır.

- Yanal devamlılık ilkesi: Bir tabaka, incelenmeye ya da çökme havzasının kenarına ulaşmaya kadar, yatay olarak konumlanmaya devam eder.
- Birbirini kesme ilişkisi ilkesi: Belirli bir jeolojik oluşumu kesen diğer bir jeolojik oluşum, her zaman kestiği birimlerden daha gençtir.
- İnküzyon ilkesi: Bir kayacın içinde, başka bir kayaç türüne ait parçalar (inküzyonlar) varsa, içteki bu inküzyonlar ana kayaçtan gençtir.

Kaynaklar:

www.innovations-report.com/html/reports/interdisciplinary_research/report-17243.html http://www.conchologistsocietyamerica.org/articles/y1989/8903_jones.asp
http://www.mnsu.edu/emuseum/biology/forensics/age_determ.html
<http://www.dailykos.com/storyonly/2006/8/4/203924/9999>
<http://www.cfr.msstate.edu/courses/wf1213/lecture6.html>
http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kadirik/jeolojik_zaman.pdf
http://en.wikipedia.org/wiki/Radiometric_dating