

Karbon 14 Metodu



İkinci Dünya Savaşı'nı tâkip eden yıllarda (1949) Amerikalı kimyacı Willard Libby kendisine Nobel ödülü kazandıran bir buluş yaptı. Bu, tarih öncesi zamanla ilgili çalışmalarda dönüm noktası teşkil eden, fakat esas olarak Dünya'nın yaşı konusundaki bilgileri alt-üst eden bir gelişmeydi.

Libby'nin keşfi, bugün "Karbon 14" (veya radyokarbon) tekniği olarak ünlenmiş olan, organik kalıntıların yaşını belirleme metoduydu. Arkeologlar 1950'lerde bu yeni metodu kullanarak ilk tarih öncesi yerleşimlere mutlak yaşlar verdiler. Rusya ve Afrika'daki Neolitik yerlerin yaşı 50 bin yıl civarında belirlenirken, Filistin'deki Eriha şehrinin 11 bin yıl önce kurulmuş ilk insan yerleşimi olduğu ortaya kondu. Hâlen arkeologlar, paleontologlar ve paleoantropologlar 50 bin yıldan daha genç olan organik malzemelerin (kemik, diş, odun kömürü vs) yaşını belirlemek için karbon 14 tekniğine başvuruyorlar. Peki ama karbon 14 ile yapılan yaş tayinleri ne kadar güvenilirlerdir? Bu ve diğer yaş tayin metodları bize geçmişle ilgili ne ölçüde sıhhatli bilgi vermektedir?

Karbon 14 metodu: Prensip basittir. Uzaydan gelen kozmik tanecikler yukarı atmosferde bulunan karbondioksit (CO_2) gazı moleküllerinden bazılarıyla karşılaşılır ve bunlardaki yaygın, olağan ve kararlı (radyoaktif olmayan) karbon 12 atomlarını sürekli olarak bombardıman ederler. Karbon 12 atomu yapısına iki nötron alarak radyoaktif özellikteki karbon 14 hâline gelir. Bu sonucunu hemen bozulmaya (desintegration) başlar ve belli bir süre sonra azot 14 gazına dönüşür. Bu arada karbon 14 ve karbon 12 önce CO_2 yoluyla bitkiler (fotosentez), ardından da hayvanlar tarafından asimile edilir ve beslenme zincirine girer. Herhangi bir bitki veya hayvan için, karbon 14 atomunun dünya üstünde tabii olarak bulunan yaygın ve olağan karbondan (karbon 12) farkı yoktur; canlı her iki atomu da sürekli olarak bünyesine alır ve bunların birbirlerine nisbeti bellidir. Bitki ve hayvan öldüğünde dışarıdan karbon alışı durur. O anda organizmada ölünceye kadar almış olduğu karbon 12 ve radyoaktif karbon 14 bulunmaktadır. Organizmadaki karbon 12 miktarı sabit kalırken,

radyoaktif karbon 14 bozulmaya devam ettiğinden karbon 12'ye göre oranı azalır. Yaş tayini için alınan örnekteki karbon 14 miktarını belirlemek için, bir gram karbondaki dakikadaki bozulma sayısını hesaplamak gerekir. Karbon 14'ün yarı ömrü 5.700 yıl olarak kabul edildiğinden (yani karbon 14 atomlarının yarısının bozulması için 5.700 yıl geçmesi gerektiğinden) analiz edilen organizmanın ölüm tarihi buradan bulunur. Radyokarbon nisbeten nâdir bulunur; bir bitki veya hayvanın yapısındaki toplam karbon miktarının sadece çok küçük bir kesri radyokarbondur. Yaş tayini için kullanışlı olan bu küçük kesrin önemi Libby'nin iddiasına göre şuydu: radyokarbonun olağan karbona oranı dünyadaki bütün canlılar için daima aynıydı ve bu kolayca ölçülebilen bir şeydi.

Radyokarbon oluşur oluşmaz bozulmaya başlar. Atmosferde bir miktar radyokarbon oluştuğunda, bu miktarın yarısı 5.700 yıl kadar sonra bozulmuş olur (ve azot gazına dönüşür). Geri kalan miktarın yarısı da daha sonraki 5.700 yılda bozulur ve ölçülemeyecek kadar küçük bir kalıntı kalıncaya kadar bu böyle devam eder. Bir ağaç, ölümünden 5.700 yıl sonra, canlıyken bünyesinde bulunan radyokarbon / olağan karbon oranının sadece yarısını ihtiva eder. 11.400 yıl (veya iki yarı-ömür) sonra, tabiattaki oranın sadece dörtte birini içerir. Yaklaşık beş yarı-ömür, veya kabaca 30 bin yıl sonra ise, çok zor ölçülen bir kalıntı kalır, bu yüzden radyokarbon testi sadece 30 bin yıldan daha genç kalıntıların yaş tayininde sağlıklı şekilde kullanılabilir.

Radyokarbon testi, bir zamanlar canlı olan varlıkların kalıntıları üstünde çalışır; meselâ binlerce yıl öncesine ait bir mezardaki kemikler veya ağaçtan yapılmış direkler gibi. Böyle organik bir maddenin yaşını tayin etmek için kalan radyokarbon miktarını saymak, buradan da canlının ne zaman radyokarbon almayı durdurduğu –yani ne zaman öldüğü– sonucunu çıkarmak gerekmektedir.

Testin değeri, bir papirüs parçasının veya seyrek karşılaşılan bir kafatasının ne kadar zaman öncesine ait olduğunu öğrenmek gerektiğinde ortaya çıkmaktadır. Netice itibariyle bu teknik yeryüzünde radyokarbonun (karbon 14) yaygın, olağan ve kararlı karbona (karbon 12) oranını, ve daha da önemlisi bu oranın zaman içinde sabit kalıp kalmadığını doğrulukla bilmeye dayanmaktadır. Yani testin sağlıklı işlemesi için yeryüzündeki radyokarbon / olağan karbon oranı, teste konu olan varlık hem hayatta iken, hem de öldükten sonra aynı kalmış olmalıdır, ve metodun ilk geliştirildiği günden beri de aynı kabul edilmiştir (son gelişmeler ışığında böyle bir ön kabulün doğru olmadığı anlaşılmıştır). Arkeologlar mezarını buldukları bir insanın yaşını belirlemek istediklerinde, eğer bu insan hayattayken yeryüzünde daha fazla karbon 14 mevcut idiyse, kemiklerden elde edilen yaş hatalı olacak, o insan gerçek yaşından daha genç gözükcektir. Eğer yaşarken yeryüzünde daha az radyokarbon mevcut idiyse bu durumda daha yaşlı gözükcektir.

Libby ve ekibi 1940'larda bu tekniği geliştirirken, Dünya'daki karbon 14 miktarının insanın yeryüzündeki varoluş zamanı boyunca değişmediğine inanıyorlardı; çünkü bu varoluş zamanı, Dünya'nın 4,6 milyar yıl olarak kabul edilen yaşı yanında çok küçük kalıyordu. Libby de radyokarbon oranını "denge değeri" ifadesiyle sabit kabul ediyordu.

Dünya oluştuktan ve bir atmosfere sahip olduktan sonra, karbon 14'ün inşa edileceği 30 bin yıllık bir geçiş periyodu olacaktı. Bu periyodun sonunda, kozmik radyasyon etkisiyle meydana

gelen karbon 14 miktarı sıfıra doğru bozulan karbon 14 miktarıyla dengelenecekti. Libby'nin terminolojisiyle, 30 bin yıl sonunda yeryüzündeki radyokarbon rezervuarı sabit duruma ulaşmış olacaktı.

Problemler başlıyor

Üniformitaryen jeolojiye (jeolojik zamanlar boyunca tabiattaki şartların değişmediğini kabul eden görüşe) göre, Dünya, rezervuarın dolması için gereken 30 bin yıldan binlerce defa daha yaşlı olduğundan, radyokarbon miktarı milyarlarca yıl önce dengeyi yakalamış ve insanın yaratıldığı günden bugüne kadar da bu sabit değeri korumuş olmalıdır. Teorinin bu kısmını test etmek için Libby, radyokarbonun hem oluşma hem de bozulma oranlarıyla ilgili ölçümler yaptı ve önemli bir çelişki belirledi. Buna göre, radyokarbon atmosferde bozulup ortadan kalkma hızına göre % 25 daha hızlı oluşuyordu. Libby, bu sonucu deney hatası olarak kabul etti.

Libby'nin deneyleri 1960'lerde, daha gelişmiş tekniklerle çalışan kimyacılar tarafından da tekrarlandı. Sözkonusu radyasyon miktarı çok küçük olduğundan (saniyede birkaç atomun bozulması) ve sonuçları bozabilecek diğer bütün radyasyon kaynaklarını seçip elemek gerektiğinden, deneyler çok hassas ölçümleri gerektiriyordu. Yeni deneyler, Libby'nin tesbit ettiği çelişkinin sadece deney hatası olmadığını gösterdi; bu mevcuttu. Büyük hatalara rağmen, bugünkü tabii oluşum oranının tabii bozulma oranını % 25 kadar aştığını gösteren güçlü belirtiler olduğu, karbon 14'ün oluşma ve bozulmasındaki dengenin korunmadığı belirlendi.

Bunu, Southern California Üniversitesi'nden Hans Suess; Journal of Geophysical Research'de ve V.R. Switzer Science'da yazarak diğer bazı araştırmacılarla birlikte teyid ettiler. Verileri gözden geçiren Utah Üniversitesi'nden metalürji profesörü Melvin Cook, karbon 14'ün bugünkü oluşum oranının bir dakikada bir gramda 18,4 atom, bozulma oranının ise bir dakikada bir gramda 13,3 atom olduğu sonucuna ulaştı; yani aynı zaman aralığında oluşma oranı bozulmadan % 38 kadar fazlaydı. Bu keşif Cook tarafından şu şekilde izah edildi: "Bu sonucun iki anlamı olabilir: ya, karbon 14'le ilgili olarak atmosfer şu veya bu sebepten dolayı geçici bir inşa aşamasındadır... veya radyokarbon yaş tayin metodunun temel kabullerinden herhangi birinde bir yanlışlık vardır."

Cook, radyokarbon oluşması ve bozulmasıyla ilgili eldeki en son rakamları aldı ve buradan sıfır radyokarbona ulaşacak şekilde geriye doğru hesaplamalar yaptı. Aslında bunu yaparken, radyokarbon tekniğini kullanarak Dünya atmosferinin yaşını hesaplamaya çalışıyordu. Sonuçta, Dünya atmosferinin yaşı 10.000 yıl civarında çıktı. Üniformitaryen jeoloji ve Darwinci teori diyetiyle beslenip yetiştirilmiş birisi için, veya standard bir jeoloji ders kitabını açan lise veya üniversite öğrencisi için, hayatın Dünya üzerinde 10.000 yıl gibi kısa bir geçmişi olabileceği fikri, kaçınılmaz olarak mantıksız gözükür. Acaba radyokarbon metodu yaşı bilinen nesnelere için test edilip doğruluğu tamamen gösterildi mi? Acaba bu teknik, mükemmel sonuçlarla arkeolojide geniş bir kabul gördü mü? Acaba kullanılan metodda yıllar önce herhangi bir kusur bulunmuş muydu?

Radyokarbon metodu, yaşını bağımsız olarak, meselâ arkeolojik kaynaklardan bildiğimiz nesnelere üzerinde denenmişti ve etkileyici erken başarılar elde etmişti. Test edilen ilk eşyalardan biri, Mısır'da bir firavun mezarından çıkarılmış olan ve bağımsız olarak 3.750 yıl

öncesine ait olduğu bilinen ağaç bir kayıktı. Radyokarbon denemesi 3.441 ile 3.801 yıl arasında bir tarih verdi; bu sadece 51 yıl gibi bir hata demektir. Fakat bu umut verici başlangıçtan hemen sonra, metot için zorluklar başladı ve sonraki denemeler anormal yaşlar verdi.

Anormal yaşlarla ilgili son örneklerden birisi şuydu: 1991'de Güney Afrika'da açık arazide bulunan kaya resimleri Oxford Üniversitesi tarafından analiz edilmiş ve yaklaşık 1.200 yıl yaşlı olduğu hesaplanmıştı. Bu önemliydi, çünkü bunlar bölgede bulunan ilk açık arazi resimleriydi. Fakat, bu konuda çıkan haberler Capetown'da oturan bir bayanın, Joan Ahrens'in dikkatini çekti. Ahrens resimleri tanıdı; bunlar kendisinin resim dersinde yaptığı ve daha sonra bahçesinden çalınan resimlerdi. Bu gibi olayların anlamı şuydu ki, yanlışlıklar, yaş tayin tekniklerini bazı dış metodlarla kontrol etme şansına sahip olduğumuz böyle seyrek durumlarda ortaya çıkarılabiliyordu sadece. Böyle dışarıdan araştırma imkânları mevcut değilse, karbon tekniğinin verdiği hükmü kabul etmek zorunda kalıyorduk.

Bu anormal keşiflerle ortaya çıkan durum Introduction to Prehistoric Archaeology adlı eserde şöyle özetleniyor: "Yıllardan beri, muhtemel hataların...nisbeten küçük etkileri olabileceği düşünülürdü, fakat radyokarbon yaşlarıyla ilgili yakın zamanda yapılan araştırmalar, karbon 14'ün atmosferdeki tabii konsantrasyonunun hesaplanan yaşları belli dönemlerde önemli ölçüde etkileyecek kadar değişmiş olduğunu gösteriyor. Değişim miktarı teorik olarak tahmin edilemediğinden, karbon 14 ile gerçek takvim arasında korelasyon yapabilecek mutlak kesinlikte paralel bir yaş tayin metodu bulmak artık zorunlu olmuştur."

Ağaçların büyüme halkaları Radyokarbon yaş tayinini teyid etmek için başvurulan paralel tayin metodu, California ve Nevada dağlarının yüksek kesimlerinde yetişen ve Yeryüzü'ndeki en yaşlı canlı varlık olan ilginç bir ağaç, bristlecone çamı üzerinde test edilmiştir.

Bristlecone çamı, Arizona Üniversitesi'nden Charles Ferguson tarafından dendrokronoloji (ağaç halkalarıyla yaş tayini) bilimini geliştirmek için kullanılmıştır. Bu yararlı bir ağaçtır, çünkü çok uzun yaşamaktadır ve halkalarındaki ardışıklıkların geçmişteki belli yılları temsil ettiği söylenmektedir. Bu durum, genç bir ağacı daha yaşlı ağaçlarla (ölmüş ağaçlar da dahil) mukayese etme imkânı vermekte ve sonuçta ağaç halkası kronolojisi giderek daha geri tarihlere çekilmektedir. Alınan ağaç örneklerindeki belli diziler incelenerek yapılan yaş tayinleri Ferguson'a günümüzden 8.200 yıl öncesine uzanan bir ana kronoloji inşa etme imkânı vermiş ve bu da radyokarbon yaşlarındaki değişimlerin doğruluğunu test etmekte kullanılmıştır. Hans Suess, üzerine ana kronolojinin bina edildiği bristlecone çam örneklerinin yaşını bir de radyokarbon yöntemiyle tayin ederek bir sapma cetveli hazırlamıştır. Bu cetvel teorisinde radyokarbon metodunun yanlışlıklarını 10.000 yıl öncesine kadar düzeltme imkânı vermektedir. Fakat cetveller için bir kalibrasyon metodu henüz geliştirilmiş değildir. Yani geçmişten bugüne çok iyi bildiğimiz sabit bir kriter bulunmamaktadır.

Radyokarbon tekniğinin mucidi Libby, önemli sapmaların olabileceğini başlangıçta düşünmemişti. "Bu tekniği geliştirdiğimizde" diyordu Libby, "elimizde en küçük bir delil olmamasına rağmen, kozmik ışınların sabit kaldığını varsaydık. Fakat şimdi değişim olduğunu biliyoruz."

Yakın zamanda tartışmaya yeni bir zorluk daha girmiş bulunuyor. Dendrokronolojinin dayandığı temel prensip –her yıl bir ağaç halkası oluşur– sorgulanıyor. Encyclopaedia Britannica'da Holosen dönemiyle ilgili olarak dendrokronoloji çalışmalarını yazan R. W. Fairbridge şunları söylüyor: "Ağaç-halkası analizlerinde bazı tuzaklar keşfedildi. Zaman

zaman, çok şiddetli geçen bir mevsimde, büyüme halkası oluşmayabilir. Bazı enlemlerde, ağaç halkasının büyümesi nem ile, bazılarında sıcaklıkla doğru orantı göstermektedir. İklim açısından bu iki faktör farklı bölgelerde genellikle ters orantılı bir ilişki içindedir.” Aynı şekilde, eğer büyüme baharda başlar, sonra vakitsiz soğuklardan dolayı durur ve tekrar başlarsa, bir yıl içinde iki halka da gelişebilir ve bu yanıltıcı olur. Sonuçta, iklim değişiklikleri, düzeltme cetvellerinde bristlecone çam yaşlarıyla ilgili değişiklik yapmayı gerektirmektedir. Burada anahtar soru, karbon 14’ün oluşma ve bozulma oranı arasındaki uyumsuzluğun nasıl açıklanacağıdır.

2001 yılında Bahama adalarındaki bir mağarada 45 bin yıl önce oluşmaya başlamış bir dikit üzerinde analiz yapan Arizona Üniversitesi’nden Warren Beck ve arkadaşları, karbon 14’ün atmosferik konsantrasyonunda 45 bin ile 33 bin yıl öncesi arasında çok büyük değişimler belirlediler ve bunun sebebinin, yeryüzünü anormal derecede yüksek kozmik ışın akılarıyla radyasyona mâruz bırakmış bir süpernova patlaması olabileceğini ileri sürdüler.

Problem şuydu: eğer karbon 14 konsantrasyonu önemli ölçüde değiştiyse, bu dönemin fosillerinin yaşlarını tayin etmek imkânsız hâle gelmektedir. Lyon Radyokarbon Yaş Tayin Merkezi müdürü Jacques Evin, “atmosferdeki karbon 14 oranının zaman içinde sabit kalmadığı uzun zamandan beri biliniyor. Dolayısıyla ölçüm yaşları sıklıkla değişiyor” diyor. Üçbin yıl önce gözlenen en büyük karbon 14 değişimi bu metodun ve dolayısıyla ağaç halkaları, mercanların büyüme çizgileri ve göl tortullarının çökeltme sınırları gibi kalibrasyon yöntemlerinin kullanılmasını imkânsız hâle getiriyor.