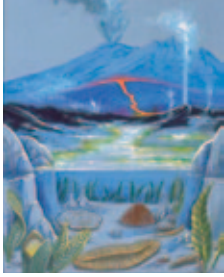




# Geçmişin İzinde

Son yıllarda küresel ısınma tartışmalarının yaygınlaşmasıyla, iklime ve iklimin çevre üzerindeki etkilerine olan ilgi artmıştır. Günümüzde iklim değişikliklerini ve bunların etkilerini saptamak mümkündür. İklimbilimciler, bunu yaparken, gözlem, laboratuvar deneyleri ve iklim modellemeleri gibi yöntemleri kullanıyorlar. Peki, ya günümüzden çok daha önceki çevre şartları?

Gezegelimizin beş büyük buzul dönemi yaşamış olduğunu ya da Permiyen dönemde (290-248 milyon yıl öncesini kapsayan jeolojik devir) yeryüzünde Pangea adı verilen tek bir süper kıtanın var olduğunu nasıl biliyoruz? Şüphesiz bilim insanları bunları ortaya koyarken birçok kanıttan yararlanıyorlar.



**G**ezegelimiz, 4,6 milyar yıldan bu yana gerek kendisinden gerekse kendisi dışından kaynaklanan etkileşimler sonucunda birçok değişim geçirmiştir. Geçirilen birçok sıcak ve soğuk iklim dönemleri, bu dönemlerde farklı çevre şartlarının oluşmasına neden olmuştur. Günümüzde 10.000 yıl önce başlayan buzullar arası sıcak iklim dönemini yaşamaktayız. Dünyanın yaşadığı bu değişimler birçok bilim dalı tarafından inceleniyor. Paleoeoloji, paleoosinografi, paleoklimatoloji ve paleocoğrafya gibi bilim dalları çok sayıda kanıttan yararlanarak bu değişimleri açıklamaya çalışır. Genel olarak jeomorfolojik ve biyolojik kanıtlar olarak gruplandırabileceğimiz ve proksi (bkz., çerçeve) olarak adlandırılan bu kanıtlar arasında güçlü bir ilişki olduğunu ve bunların ancak birlikte değerlendirildiklerinde paleoeolojik tahminlerde bize yol gösterebileceğini de unutmamak gerekir.

Proksilerin değerlendirilmesinde birkaç aşama vardır. İlk aşamada, çalışılacak alan ve tabaka yapısı (stratigrafisi) belirlenir. İkinci aşama proksi toplanmasını, ilk analizleri ve ölçümleri kapsar. Üçüncü aşamada bu proksiler günümüz verileri ile karşılaştırılır. Bunu yaparken James Hutton tarafından ortaya atılan ve Charles Lyell tarafından geliştirilen Birörneklilik ilkesi temel alınır. Buna göre, geçmişte yaşanan tüm doğal süreçler bugün de yaşanmaktadır. Ancak paleoeolojik şartlar ile günümüz eko- lojik şartları arasında her zaman benzerlik kurula-

mayacağı unutulmamalıdır. İkinci aşamada yapılan karşılaştırma niteliksel ya da niceliksel olabilir. Son aşamada ise bu sonuçlar istatistiksel olarak tanımlanır ve yorumlanır. Bu proksilerin tek başlarına önemli anlamlar ifade etmeyeceğini bir kez daha hatırlatmakta fayda vardır. Daha doğru bir paleoeolojik tahmin için birden fazla proksinin analizi yapılmalıdır.

Paleoeolojik çalışmalarda başlangıç noktasını jeomorfolojik çalışmalar oluşturur. Günümüz yer şekillerinin morfolojik yapıları ile karşılaştırma yapılarak, eski buzullar, buzul çevreleri, nehir, okyanus ve rüzgâr çevreleri hakkında bilgi edinilebilir. Jeolojik kanıtlar, tortullardan ve tortul kayalardan gelen proksiler olarak değerlendirilir.

Tortullar, okyanus tortulları ve karasal tortullar şeklinde karşımıza çıkar. Okyanus tortullarından izotop analizleri, fauna ve flora yoğunlukları, mineralojik içerik ve yüzey yapısı, terijen (karasal kökenli) malzeme dağılımı, jeokimyasal yapı gibi proksileri kullanarak yararlanırız. Burada adı geçen kaynaklardan bize en önemli bilgileri sağlayan, izotop analizidir. Okyanus tabanında biriken milyarlarca ton tortul, organik ve inorganik malzemelerden oluşmaktadır.

Organik malzemeler kendi aralarında planktonik (okyanus yüzeyinde yaşayan canlılar) ve bentik (okyanus dibinde yaşayan canlılar) olarak ikiye ayrılır. Okyanus içerisinde kabuk ve iskeletleri kalsiyum



karbonattan meydana gelen milyonlarca organizma bulunur. Bunlardan en çok yararlanılanı foraminiferalardır (zool., delikliler). Foraminifera izotop analizleri önemli bulgular sağlar. Bu organizmalar öldükten sonra deniz tabanına çökerler. Yapılarındaki karbonattan elde edilen izotop oranlarına göre

başta deniz suyu sıcaklığı olmak üzere, tuzluluk ve akış yönleri hakkında da bunlardan bilgiler elde edilir. Ayrıca organizmaların yoğunluğu ve çeşitliliği de bize önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu kayıtlardan, geçmiş zamanlardaki su sıcaklığı, tuzluluğu, oksijen miktarları ve deniz seviyesi hakkında bilgi alabiliriz.

**Proksi:** Paleoekolojik çalışmalarda proksiler hayati önem taşır. Gelişen teknolojiyle birlikte, günümüzde çevreyle ilgili çalışmalar yaparken veri toplamak oldukça kolaylaşmıştır. Örneğin, havanın sıcaklığı ölçülür ve bir sonuç elde edilir. Bu sonuç veridir. Ancak paleoekolojik çalışmalarda böyle bir şansımız olmadığı için proksilerden yararlanırız.

de radyoaktif çözülmeye uğrarlar ve belli bir süre sonra tamamen yok olurlar. Fosillerin tarihlendirilmesinde kullanılan radyo karbon yönteminin temeli bu ilkeye dayanır (Karbon 14 izotopunun ( $^{14}\text{C}$ ) yarılanma süresi 5730 yıldır). Kararlı izotopların ise miktarlarında değişme olmaz ancak çevresel etkilerle birlikte birbirlerine olan oranları değişir. Örneğin; suda



Proksiler bize dolaylı yoldan bilgi veren kanıtlardır. Veri olarak adlandıramazlar. Kapsadıkları zaman dilimi ve buldukları alanlara göre çeşitlilik gösterirler. Polen tanelerini, izotop kayıtlarını, buz tortullarını, ağaç halkalarını ya da kemikler gibi kanıtları proksi olarak değerlendirebiliriz. Özellikle polen ve izotop analizleri çok önemli proksiler olarak değerlendirilir. Polenler (çiçek tozu), tohumlu bitkilerdeki erkek üreme hücreleri olup rüzgâr ve hayvanlar aracılığıyla uzak mesafelere yayılabilirler. Bol miktarda olduklarından, tortullarda birikme oranları yüksektir. Diğer bir önemli proksi kaynağı olan izotoplar ise bir element içinde bulunan ve farklı miktarlarda nötron içeren atomlardır. Kararlı ve radyoaktif olmak üzere iki tür izotop vardır. Radyoaktif izotoplar zaman için-

bulunan  $^{16}\text{O}$  izotopu  $^{18}\text{O}$  izotopuna göre daha yoğun miktarda buharlaşır ve buharlaşma sonucu sudaki  $^{18}\text{O}$  izotopu oranı artar. Dolayısıyla yüksek oranda  $^{18}\text{O}$  izotop oranından ısının yüksek olduğu sonucuna varılır.

Foraminifera kabukları (zool., delikliler), kalsit çökeltileri, buzlar, ağaçlar, mercanlar, mağara çökeltileri ve organik madde bakımından zengin tortullar yoğun miktarda oksijen ve karbon elementi içermeleri nedeniyle izotop araştırmaları için çok uygundur.

Okyanustan elde edilebilecek diğer proksiler de inorganik malzemelerden elde edilir. Farklı iklim dönemlerinde kıtasal kara bölgelerinde aşınma ve erozyonlar sonucu inorganik malzemelerin birikimi oluşur. Bunlar, rüzgârlar, nehirler ya da yüzen buz kütleleri vasıtasıyla okyanuslara taşınırlar ve tabanda birikirler. İnorganik malzemelerden elde edilen proksiler, kıtasal nemlilik-kuruluk oranları ve rüzgârların yönleri ve yoğunlukları, taşıma yolları ile tarihleri gibi konularda bilgi sahibi olmamızı sağlar.

Buzul ve buzul çevreleri, göl çökeltileri, lösler (rüzgâr tarafından taşıyıp biriktirilen sarı renkli ince toprak), yer altı suları, erozyon ve rüzgâr sonucu oluşan tortullardan gelen proksilerde, karasal tortullardan elde ettiğimiz proksi grubunu oluşturur. Daha önce de bahsedildiği gibi izotop kayıtları çok değerli bilgiler sağlamaktadır. Karasal tortullardan olan buzullardan da izotop kayıtları alınabilmektedir. Yaz ve kış dönemleri arasında oksijen izotop değerlerinde değişiklikler görülür. Bu değişimler ölçülerek özellikle Kuaterner zaman (2,58 milyon yıl önce başlayıp hâlâ devam eden 4. jeolojik zaman dilimi) hakkında önemli bilgiler elde edilmektedir.

Bunun dışında yıllık gelişim katmanları, buzul içindeki biyolojik malzemeler, volkanik faaliyetler sonucu oluşan ve buzul içinde sıkışmış tozlar ile buz kristallerinin içindeki hava baloncuklarına sıkışmış gazlardan da (karbondioksit, metan gibi) kısa ve uzun dönem iklim değişimleri, kar yağış miktarları, erime hızı gibi değişimler hakkında önemli bilgiler sağlanabiliyor.

İkinci proksi grubumuz ise tortulsal kayaçlardır. Bunlardan; yüzey analizleri, mikro ve makro fosil analizleri, mineral analizleri ve izotop analizleri ile faydalanırız. Burada özellikle organik malzemeler önemli kanıtlar sağlar. Mikro ve makro fosil analizleriyle bölgenin fauna ve florası hakkında önemli bilgiler gün ışığına çıkarılabilir. Uzmanlık, para ve zaman gerektirmelerine karşın kullandığımız kanıtlar içinde belki de en önemlileridir. Makro fosiller, gözle ya da düşük mercekli mikroskoplar ile (40x'e kadar) görülebilen canlı kalıntılarıdır. Omurgalı canlılar, bitki kalıntıları (tohum, yaprak, ağaç gövdesi, odun kömürü), böcekler, yumuşakçalar ve balıklar bu grupta sayılabilir. Ancak her fosil proksi olarak değerlendirilememektedir. Fosillerin proksi olarak değerlendirilebilmesi; incelenen kat-

mandaki bulunma yoğunluğuna, morfolojik ve fizyolojik yapısına (fosilleşme sürecinde göstermiş olduğu türüne özgü değişimler) ve iklim değişimlerine karşı göstermiş olduğu tepkilere bağlıdır.

Mikro fosiller, 1 mm'den daha küçük, sadece mikroskopla görülebilen fosillerdir. Polenler, diyatome (tek hücreli deniz algı), algler (yosun), mantar sporları ve zooplanktonlar bu grubu oluşturur. Özellikle gelişmiş canlıların henüz yeryüzünde görülmediği Prekambriyum döneme (4600-540 milyon yıl arası) kapsayan jeolojik dönem) iliş-

likle karasal çalışmalarda, toprak oluşumu hakkında önemli bilgiler edebiliyoruz. Ayrıca, Elektronik Mesafe Ölçüm Tekniği (EDM), Küresel Konumlama Sistemi (GPS) ve Sayısal Yükselti Modelleri (SYM) gibi jeomorfometrik teknikler kullanılarak, günümüz öncesi deniz ve göl seviyeleri, kar hattı, buzlanma üst sınırı ile nehir yataklarının üç boyutlu yeniden canlandırması yapılabiliyor. Bu da bize, gezegenimizin geçmişteki resmini daha iyi çizebilmek için daha etkili kanıtlar sunmaktadır.



**Ahmet İhsan Aytekin**  
1982'de Ankara'da doğdu. 2007'de Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Antropoloji bölümünden mezun oldu. 2008'de Milli Eğitim Bakanlığı tarafından yüksek lisans ve doktora eğitimi yapmak üzere Almanya'ya gönderildi. Eberhard Karls Üniversitesi'nde (Tübingen-Almanya) "Doğal Bilimler Arkeolojisi" alanında yüksek lisans eğitimine başladı. Arkeoloji, arkeobotanik, arkeozooloji, jeoarkeoloji ve paleoantropoloji alanlarında çalışmalar yapıyor.



kin önemli bilgiler içermektedirler. Yeryüzünde 3,6 milyar yıl önce ilk canlıların görülmeye başlamasından itibaren canlı çeşitliliği büyük bir hızla artmıştır. Bu artışla beraber fosil kalıntı miktarları da artış göstermiştir. Bu, ayrıca bizim için bol miktarda proksi anlamına gelir. Bunlar, özellikle tarihlendirme yapmak için çok yararlı malzemelerdir. Bu fosil kalıntıları ile günümüz canlıları ve yaşam alanları arasında yapılan karşılaştırmalarla yeryüzünün önceki çevre şartlarına ait önemli bilgiler elde etmekteyiz.

İlerleyen teknoloji ve çalışma alanlarımızın gelişmesiyle birlikte her geçen gün daha çok sayıda proksi elde edip, bunların analizlerini yapabiliyoruz. Radar, hava fotoğrafçılığı, uydu görüntüleme gibi uzaktan algılama sistemlerinin kullanılmaya başlamasının ardından daha doğru ve geniş ölçekli haritalama sistemleri geliştirildi ve böylece özel-



**Kaynaklar**  
Lowe, J. J. ve M. J. C. Walker, *Reconstructing Quaternary Environments*, Longman, 1997  
Cronin, T.M., *Principles of Paleoclimatology*,

Columbia University Press, 1999  
<http://www.ace.mmu.ac.uk/>