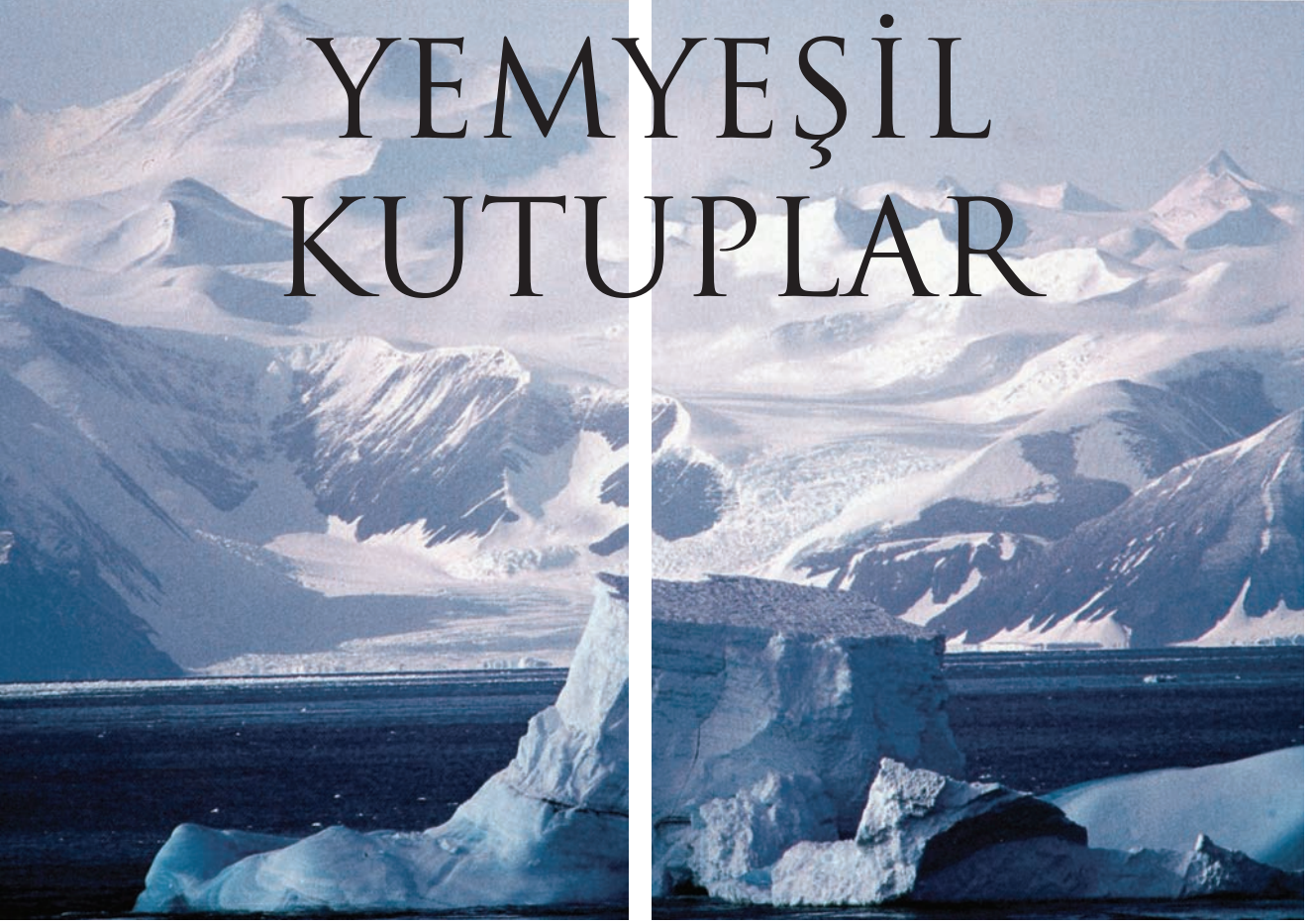


# YEMYEŞİL KUTUPLAR



Ernest Shackleton ve ekip arkadaşları Aralık 1908'de Güney Kutbu'na doğru adım adım ilerlerken hiç ummadıkları bir şeyle karşılaştılar. Kutup platosunun en ucundaki devasa Beardmore buzulunun ölçülerini çıkardıktan sonra kar ve buz kütlelerinin arasında kömür yataklarına rastladılar. Dahası, civardaki kumtaşı kayalıklarında bazı yaprak kalıntıları ve kozalaklı bir ağaç türünün fosilleşmiş odunlarını da buldular.

Bu çok şaşırtıcı ama bir o kadar da beklenen bir sonuçtu: Antarktika bir zamanlar sıcak ve ormanlıktı. Öyle ki Shackleton'ın ekibini daha kutba ulaşmadan geri dönmeye zorlayan yaz ortasının dondurucu soğuğuyla uzaktan yakından ilgisi olmayan bazı iklim koşulları söz konusuydu. Peki ama bu nasıl olabilirdi?

Dört yıl sonra Alfred Wegener, Antarktika'nın sıcak geçmişini açıklama potansiyeli taşıyan ancak çok sonraları anlaşılacak olan kıta kayma kuramını ortaya attı. Antarktika bir zamanlar sıcaktı çünkü Ekvator'a bugün olduğundan daha yakındı. Bugün ilkokul çağındaki öğrencilere bile Antarkti-

ka'daki sıcak havanın kanıtı olarak kıta kayma kuramı öğretiliyor.

Öte yandan, Shackleton'ın ekibinin keşfettiği fosilleşmiş ağaçlar Antarktika'nın Ekvator'a bugünkünden daha yakın olmadığı 250 milyon yıl öncesinden kalmaydı. Dahası, kıta bugünkü durumunu kabaca 100 milyon yıl önce alırken sayıları çığ gibi büyüyen fosil buluntuları 100 milyon yıl öncesiyle 40 milyon yıl öncesi arasına tarihleniyordu. Bu süre boyunca dinazorlar hiçbir buz kütlesi bulunmayan Antarktika'nın neredeyse subtropik (altılıman) sayılabilecek ormanlarında cirit atarken gezegenin öte yanındaki koşullar da aynı ölçüde dikkat çekiciydi: Arktik Okyanusu, timsah benzeri sürünelere ev sahipliği yapan dev bir tatlısu gölüydü.

Günümüzde Dünya giderek ısırken geçmişteki bu "sera" dönemine olan ilgi de o ölçüde artıyor. On milyonlarca yıl bu denli sıcak bir iklimin sürmesini sağlayan neydi? Eğer kutuplar böyle sıcaktıysa, tropik bölgelerin koşulları nasıldı? Yakınlarda yapılan kimi buluşlar geçmişimize yönelik çok önemli bilgiler -ve belki de geleceğimize dönük yaşamsal ipuçları- sunuyor.

## Buz Deposu Evresi

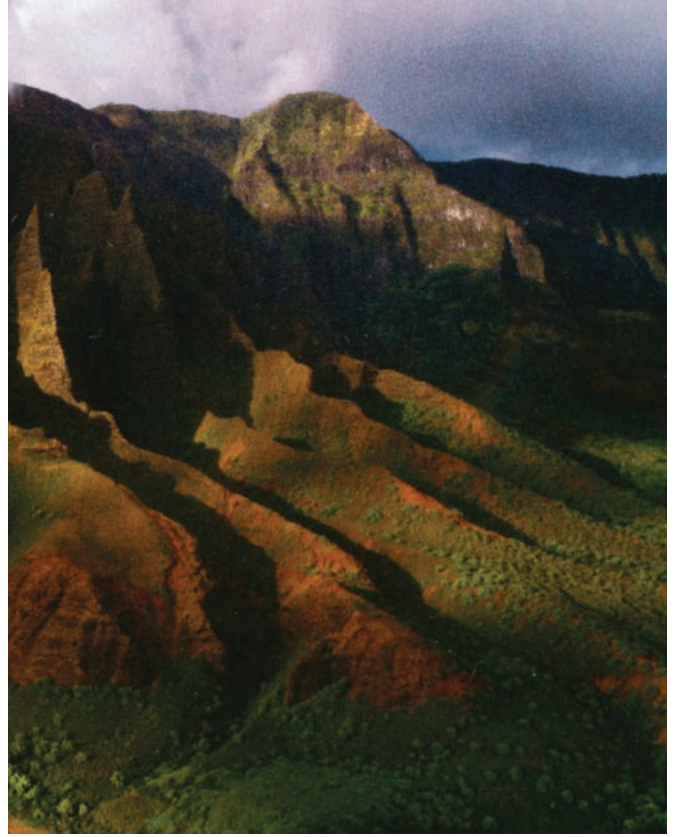
Dünyanın iklimi şimdilerde bir "buz deposu" evresinde: Kutuplardaki buz tabakaları deniz seviyesinin bugünkünden 120 m daha alçak olduğu buzul çağındaki kadar geniş bir alanı kaplamıyor olsa da buzul çağlarının arasındaki dönemde bile bazı buzullar korunmuştur. Yaklaşık 34 milyon yıl önce gezegenimiz, üzerinde hiçbir buz külesinin olmadığı bir sera evresine girmişti. Deniz seviyesi bugünküne göre 70 m'den daha yükselmiş ve günümüzün bazı kıyı bölgelerini bile kaplayacak kadar geniş bir alana yayılmıştı. Örneğin, bir iç deniz Kuzey Amerika'yı ikiye bölmüştü. Bu durum Tebeşir devrinin ortalarından Eosen epokuna kadar -100 milyon yıl öncesiyle 50 milyon yıl öncesi arasında- sürmüştür.

Kutupların yaklaşık 100 milyon yıl önce buzsuz ve sıcak olduğunun ilk işaretlerinden biri 20. yüzyılın hemen başlarında Grönland'da bulunan Tebeşir devrinden kalan ekmekeğacı fosilleridir. Bugün bu ağaçlar Hawaii gibi bölgelerde görülür. O zamandan bu yana daha da ilginç bazı bulgulara ulaşılmıştır.

Bugünkünden daha sıcak bir Kuzey Kutbu'na ilişkin en ilgi çekici imgeler



100 milyon yıl önceyle 50 milyon yıl önce arasında Antarktika böyle görünüyordu.



New York'taki Rochester Üniversitesi'nden John Tarduno'nun çalışmalarında ortaya çıkıyor. Tarduno on yıldan uzun bir süre Grönland'ın hemen batısındaki Kanada Arktik'te bulunan Axel Heiberg Adası'nda fosil peşinde koşmuş. Ada 90 milyon yıldan bu yana Kuzey Kutup Dairesi'nin içinde yer alıyor. Tarduno'nun ekibi bölgede çempzozor adı verilen timsah benzeri bir hayvanın kemiklerini ve iskelet parçalarını bulmuş. Çempzozor büyük olasılıkla Hindistan'daki *gharil'e* benzeyen, 2,4 m boyunda ve balıkla beslenen bir sürüngendi. Bu sürüngenlerin kendilerini sıcak tutabilmek için tümüyle çevreye bağımlı oldukları düşünülürse, o dönemde Kuzey Kutbu'ndaki iklim bugünkünden çok daha sıcak olmalıydı. İngiltere'deki Southampton Üniversitesi'nden palaeoklimatolog Paul Wilson'a göre bu fosiller, ciltler dolusu bilgi anlamına geliyor.

## Sıcaksever Sürüngen

Geçtiğimiz yıl Tarduno'nun ekibi, kalıntıların büyük bir bölümünün genç çempzozorlara ait olduğunu ve bu hayvanların burada yalnızca yaşamayıp aynı zamanda ürediğini de bildirdi. Gençlerin ve yavruların donma seviyesine yakın sıcaklıklarda hayatta kalamayacağı göz

önüne alınır, bölgede havanın yıl boyu sıcak olması gerektiği ortaya çıkıyordu.

Günümüzde timsahlara aşağı Yangtze ile Kuzey Carolina'nın daha kuzeyinde rastlamak olanaksızdır. Eğer çempzozorların sıcaklık gereksinimleri de buna yakınsa, Axel Heiberg Adası'nın yıllık ortalama sıcaklığı en azından 14° olmalıydı. Bunun yanında en soğuk ay boyunca ortalama sıcaklık da 5,5°nin altına düşmemeliydi. Hatta bölgede kışları bile buz görülüyor olmalıydı. Kuzey Kutup Dairesi içinde yaşayan tek sıcaksever sürüngen çempzozor değildi. Tarduno'nun ekibi aynı şekilde yıllık ortalama 14°lik bir sıcaklığa gereksinim duyan dört değişik sürüngen türünden de çok sayıda fosil buldu.

Daha yakınlarda, ekip Axel Heiberg Adası'nda *Macrobaeniae* adı verilen bir kaplumbağa ailesinden de fosiller çıkarıldı. Bu kaplumbağalar aslında Asya'da yaşasa da geç Tebeşir devrinden sonra Kuzey Amerika'da da yayılmaya başlamıştır. Kaplumbağalar iklime çok duyarlıdır. Bu nedenle araştırmacılar onların göç sırasında hayatta kalabilmek için kuzeyde ancak yıl boyu sıcak olan bir güzergâhı izlemeleri gerektiğini düşünüyor. İşin daha da ilgi çekici yanı, bu kaplumbağaların -tıpkı çempzozorlar gibi- tatlısu hayvanları olmasıdır. Ekibin bir üyesi, Ka-

nada'da Alberta'daki Tyrrell Kraliyet Müzesi'nden Donald Brinkmann'a göre ortaya çıkan tabloda deniz suyuna yer yok; bütün varsayımlar ancak Kuzey Kutbu'nun dev bir tatlısu gölü olması durumunda geçerli olabilir.

## Dünyanın En Büyük Gölü

Arktik Okyanusu'da tatlısu mu? Her ne kadar hayal ürünü gibi görünse de bugün artık elimizde bundan yaklaşık 50 milyon yıl önce, orta Eosen'in hemen başlarında, Arktik Okyanusu'nun hiç değilse yüzeyinin tatlısudan oluştuğunu gösteren güçlü kanıtlar var. Kuzey Kutbu denizyatağından kumtaşı parçaları çıkarmak için 2004'te yapılan kazılara katılan ve Kingston'daki Rhode Island Üniversitesi'nde çalışan Kathryn Moran'a göre bu manzara daha yeni yeni şekillenmeye başlıyor. Bunun da asıl nedeni okyanusun tarihini gün ışığına çıkaracak kayıtlara ulaşmanın teknik olarak çok büyük güçlükler içermesidir.

Sondaj gemilerinin çalışmalarını sağlıklı yürütülebilmesi için sondaj alanının tam üzerinde konuşlanması gerekiyor. Ne var ki Arktik Okyanusu'ndaki kilometlerce genişlikteki dev deniz

buzu kütleleri gemileri sürükleyerek bu operasyonları neredeyse olanaksızlaştırıyor. Moran, bu buzulların bir gemiyi kolaylıkla sürükleyebildiğini, bu nedenle de buz kırıcı gemilere gereksinim duyduklarını aktarmış. Bu amaçla iki buz kırıcı gemi getirilmiş ve bu güçlü, büyük gemiler de buzların sondaj gemisini sürüklemesini engellemiş.

Bu sayede ekip 2004'te Kuzey Kutbu'nun 250 km açığındaki Lomonosov sırtında on milyonlarca yıl boyunca birikmiş bir kumtaşı tepeciğinden örnekler almayı başarmış. Tepecikle ilgili çalışmalardan biri sayesinde Azolla adı verilen bir tatlısu eğreltiotu cinsinin bundan 50 milyon yıl önce ve 800.000 yıl boyunca Arktik Okyanusu'nda yaşamını sürdürdüğü ortaya çıkarılmış. Bu aşamada, Arktik Okyanusu öteki okyanuslardan büyük ölçüde yalıtılmış ve ırmaqlardan gelen tatlısu, yoğunluğu daha çok olan tuzlu suyun üstünü kaplamış. Moran'a göre, en azından yüzey suları bağlamında yeryüzündeki en büyük göllerden biri ortaya çıkmış olabilir.

## Şaşırtıcı Derecede Sıcak

Bu devasa gölün suları 10° gibi alışılmadık bir sıcaklıkta olsa da Eosen'in sıcaktan kavrulduğu ve okyanus suyu-

nun tuzlu sudan oluştuğu bundan birkaç milyon yıl önceki sıcaklıkla karşılaştırıldığında önemsiz kalıyor. Tepecikle ilgili bir başka araştırma da yüzey sularının 55 milyon yıl önce 18° dolayında olduğunu, yer yer 23° gibi -Kuzey Kutbu'nda rahatlıkla denize girilebilir- inanılmaz düzeye tırmandığını ortaya koymuş.

Peki, Antarktika'da durum nasıldı? Burada da kanıt bulmak pek kolay değildi. Antarktika'nın kilometrelerce kalınlıktaki buzullarından elde edilecek buz örneklerinin pek bir yararı olmayacaktı; çünkü en eski buzullar bile en çok birkaç milyon yaşındaydı. Tüm sırlar buzun altındaki toprakta gizliydi. Wilson, Antarktika'daki buz katmanlarının yok olmasının felaket getireceğini çünkü bunların içinde 67 m'lik bir deniz düzeyinin hapsedildiğini söylüyor. Ancak palaeoklimatoloji açısından bunca buzun altında neler olduğunu bilmenin harika sonuçlar doğuracağını da ekliyor. Ona göre Antarktika Tebeşir devrinden bu yana buzul çağını yaşıyor.

Antarktika anakarasındaki fosil avcıları günışığına çıkarılmış birkaç kazı alanıyla yetinmek zorunda. Öte yandan Antarktika Yarımadası'nda yalnızca geçmişteki fauna ve flora ile ilgili değil aynı zamanda civardaki denizlerin do-

ğasıyla da ilgili önemli ipuçları vermeye aday kaya oluşumları bulunuyor.

Yaklaşık 150 milyon yıl öncesiyile 100 milyon yıl önce arasında yarımada da Andları anımsatan sıradağlar vardı. ırmaqlarının suları da James Ross Havzası adı verilen dev bir havzaya akıyordu. Milyonlarca yıl boyunca havza kumtaşlarıyla doldu ve burada oluşan kayalıklar zamanla yüzeye çıktı. Bugün bu kayalıklar Antarktika Yarımadası'nın adalarında açığa çıkmış durumdadır. Kayalıklar Tebeşir devrinin okyanuslarında yaşamış kafadanbacaklılarla karındanbacaklıların gümüş rengi kabuklarının da aralarında bulunduğu hazine değerinde fosil kalıntıları barındırıyor. Bu kabuklar Antarktika yazının sonlarına doğru ufukta ender olarak yükselen güneşin ışıkları altında parıl parıl parlıyor. İngiltere'deki Leeds Üniversitesi'nde çalışan ve bölgedeki kazılardan on ikisine katılan palaeoklimatolog Jane Francis'e göre yüzey adeta mücevherlerle kaplanmış gibi görünüyor.

## Eğreltiotları ve Sikadlar

Francis ve çalışma arkadaşları, karındanbacaklı ve kafadanbacaklıların yanı sıra, deniz tabanında yaşamış çok sayıda deniz kestanesi ve ıstakoz da bulmuş. Köpekbalığı dişleri ve hatta üzerinde kaburga kemikleriyle yaklaşık yarım metre uzunluğunda dev açık deniz sürüngenlerine rastlamışlar. Kabuk parçalarındaki oksijen izotopları 100 milyon yıl önce Antarktika dolaylarındaki (bugün -2°C dolayında olan) suların 15°C gibi yüksek bir sıcaklıkta olduğunu ortaya çıkarmış.

Açık denizdeki çökeltelerde yarımada dan aşağı doğru denize sürüklenmiş olduğu şüphe götürmeyen dinazor kemikleri de bulunmuş. Francis ve öğrencilerinin gün ışığına çıkardığı bitki fosilleri, 100 milyon yıl önceki yarımada nın Şili arokaryası ağacını anımsatan kozalaklı ağaçların yanı sıra, eğreltiotu ve sikad açısından da çok zengin olduğunu göstermiş. Fosilleşmiş yaprakların analizi sonucunda Francis, yıllık ortalama sıcaklığı 17-19°C olan yarımada nın Orta Tebeşir devrinde bugünkü Güney Afrika iklimine benzer şekilde çok sıcak olduğunu ortaya koymuş.

Fosilleşmiş bir ağaç kabuğundaki büyüme halkaları ağaçların kışları görülen tam karanlığa karşın büyümeyi sürdür-

## Kutuplardaki Dinazorlar

Antarktika'nın bir zamanlar günümüz İngilteresi'nden daha sıcak bir iklimi olduğuna inanmak gerçekten de çok güç. Donmuş kıtaya ilişkin aklımızdaki onca imgeyle çelişen bu tabloda inanılması en güç olan şey de hiç kuşkusuz dinazorların yemyeşil ormanların içinde dolaşmış olmasıdır. Washington, Cheney'deki Doğu Washington Üniversitesi'nden Judd Case ile Rapid City'deki Güney Dakota Madencilik Okulu'ndan Jim Martin fosil bulmak için Antarktika Yarımadası'ndaki James Ross havzasına çok sayıda kazı gezisi gerçekleştirmiş. Hem onların hem başkalarının bulunduğu, 80 milyon yıl öncesiyile 65 milyon yıl öncesi arasında -dinazorlar çağının son dönemlerine- tarihlene altı değişik dinazorun kalıntılarını incelemişler.

Bunların arasında bir dromaeozor (bir tür etobur velosiraptor), bir hadrozor (ördek kafalı dinazor), hipsilofodontit (sürüler halinde yaşayan hindi büyüklüğünde otoburlar), iguanodontit (ördek gagalı dinazorların atası olan sürü halinde yaşayan dinazorlar) ve nodozor (sırtlarında zırh benzeri bir deri olan kısa, gü-

dük hayvanlar) yer alır. Bunların arasında en ilginç buluntuysa T.Rex'i anımsatan 6 m boyunda bir etobur olan megalozordu.

Dünyanın öteki ucundaysa dinazorlar Kuzey Kutup Dairesi'nin sınırlarında cirit atıyordu. Kuzey Alaska'da hipsilofodontitler bulunmuş ve Grönland yakınlarındaki Bylot Adası'nda hadrozor kemiklerine rastlanmıştır.

Case, Tebeşir devrinin sonlarına doğru Antarktika'da yaşayan kimi dinazorların soyunun başka bölgelerde çoktan tükendiğine işaret ediyor. Bunun nedeni çiçekli bitkilerin yerkürenin en sıcak bölgelerini işgal etmesi ve Antarktika'dakilerin dışında da dinazorların bu değişen bitki yapısına uyum sağlamak üzere evrimleşmesidir. Case'e göre çiçeklenen bitki faunasına rastlanan en son bölgelerden biri Antarktika'dır.

Kutuplardaki dinazorların aynı zamanda uzun dönemli gün ışığı ve karanlığa da uyum sağlamları gerekmektedir. Hipsilofodontitin kafatası kemikleri, büyük bir olasılıkla karanlık -ama sıcak- kış aylarında da yiyecek aramasını kolaylaştırmak üzere evrimleşmiş, büyük göz çukurları olduğunu gösteriyor. Case'e göre her ne kadar karanlık olsa da bolca bitki bulunabiliyordu. Bu açıdan dinazorlar için yiyecek bulmak hiç sorun değildi.

düklerini belgeliyor. Francis'e göre ağaç halkalarına bakılırsa, ağaçlar çok mutlu; onlar için herhangi bir stres kaynağı yoktu, halkalarda ne bir donma ne de kuraklık işaretine rastlanmıştı. Ekip yaklaşık 85 milyon yıl öncesinden kalma, fosilleşmiş çiçekler de bulmuş. Bunlar arasında Amazonlar'da rastlanan bir tropik asma cinsi olan *Siparunacea*'yı anımsatanların yanı sıra, Avustralya'daki okaliptüs ile Tasmanya dağ karabiberi gibi ağaçlar da yer alıyor.

## Bunaltıcı Sera Dönemi

Hem Kuzey Kutbu hem de Antarktika'nın 100 milyon yıl öncesiyile 40 milyon öncesi arasında buzdan arınmış ve sıcak olduğu bugün artık hemen hemen kabul görmüş bir gerçek. Ne var ki iklimle ilgilenen bilim insanları daha on yıl öncesine kadar yerkürenin kutuplarda nasıl bu kadar sıcak olduğunu açıklamakta zorlanıyorlardı. Ürettikleri modellerde bu durumun ancak atmosferdeki karbon dioksit düzeyinin çok yüksek olması -ki bu, dünyada aşırı sıcak bir sera dönemi yaşandığını gösterir- durumunda olabileceğini göstermişlerse de bu durumda tropik bölgelerin de inanılmaz ölçüde sıcak olması gerekirdi. Deniz kabuklularından alınan izotop oranlarıysa o dönem tropik bölgelerdeki su sıcaklıklarının bugünkünden pek de farklı olmadığını ortaya koyuyor.

Bugün artık modellerin haklı olduğu ve kabuklular üzerinde yapılan çalışmaların bazı eksiklikler içerdiği anlaşılmıştır. Wilson ve arkadaşlarının yakınlarda gerçekleştirdiği çok daha titiz çalışmalar tropik denizlerin de bu sera dönemi boyunca son derece sıcak olduğunu gösteriyor. Chicago Üniversitesi'nde iklim araştırmacısı olarak çalışan ve RealClimate İnternet sitesine katkıda bulunan Raymond Pierrehumbert, su yüzeyi sıcaklıklarının (günümüzde 29°C dolayında olan) 34°C gibi çok yüksek bir düzeyde olduğunu belirtmiştir.

Bu önemli avantaja karşın, iklim modelcileri yeni bir sorunla karşı karşıya. Modellerde, atmosferdeki CO<sub>2</sub> düzeylerini arttırmak buzdan arınmış kutupları ve daha sıcak tropik deniz sularını ortaya koyuyor. Ama bununla birlikte tropiklerdeki karaların da üzerinde yaşanamayacak kadar sıcak bir halde olduğunu gösteriyor. "Sıcaklık o denli yüksekti ki bugünkü örneklerinden



Tebeşir devrinde amonitler (solda) Antarktika çevresindeki ılık denizlerde çok boldu. Karada da ağaçlar (üstte solda) ve eğreltiotları (üstte) neredeyse subtropik bir iklimde yeşeriyordu.

daha farklı bir yapıda olmamaları durumunda bitkilerin toleransının çok üstünde kalıyordu" diyor Pierrehumbert. Ona göre söz konusu olan ortalama 40°C gibi bir karasal sıcaklık. Mevsimsel dalgalanmalarla bu, bazen 50°C'a kadar çıkabiliyor. Bu da karadaki hemen herşeyin ölümü anlamına gelir. Günümüzde yıllık ortalama sıcaklık ender olarak 30°C'u aşar.

Bu simülasyonlar her ne kadar akla yatkın gibi görünmese de modeller bir kez daha haklı çıkacak gibi görünüyor. Hindistan'daki West Lafayette'te bulunan Purdue Üniversitesi'nden Matthew Huber gibi araştırmacılar, o dönem boyunca tropiklerdeki bitkilerin çürüyerek öldüğüne ilişkin kanıtları araştırmaya daha yeni yeni başlamışlar.

## Çok Soğuk

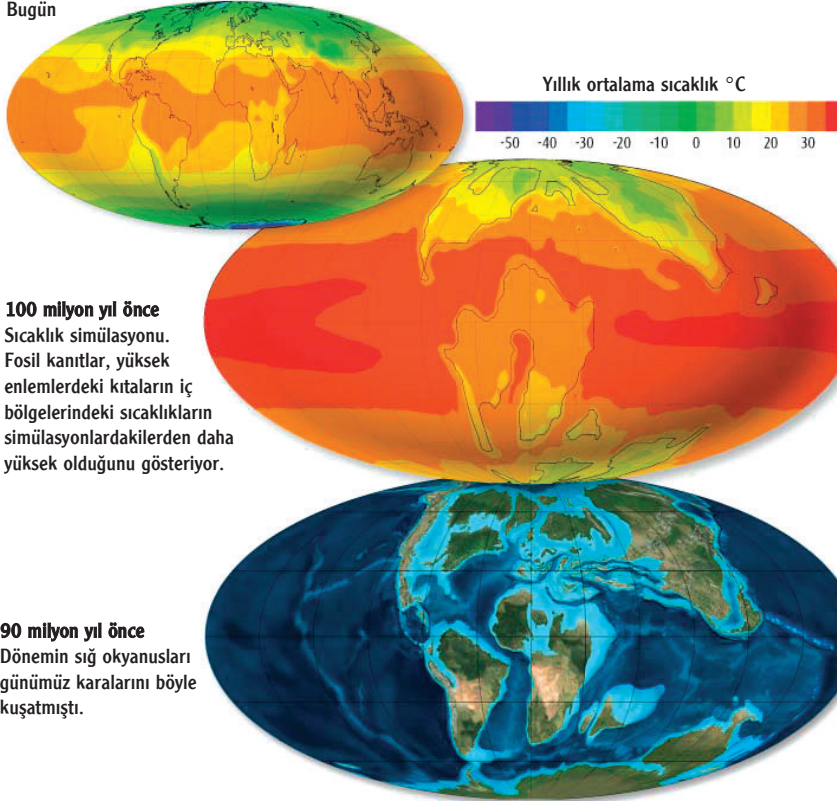
İklim modelcilerini bekleyen çok ciddi bir sorun daha var. Modellerin sera etkisi döneminde soğuduğunu öne sürdüğü tek yer, kıtaların iç bölgelerindeki -Sibirya gibi- yüksek kesimler. Bu da eldeki kanıtlarla örtüşmüyor. İngiltere'deki Milton Keynes Özgür Üniversitesi'nden Robert Spicer ve çalışma ar-

kadaşları Sibirya'daki geç Tebeşir devrinden kalan kayalıklarda eğreltiotları ve çiçekli bitkilere ve hatta palmye ağacı polenlerine ilişkin çok sayıda kanıt elde etmiş. İncelemelerinin sonucunda o dönemde Sibirya'nın ortalama sıcaklığının 13°C dolayında olduğunu, kışları bile sıfırın altına çok ender düştüğünü göstermiş. "Eldeki tüm iklim modelleri kıtaların iç bölgelerinde (yüksek bölgelerde) çok ama çok soğuk kış ayları yaşandığını gösteriyor, öyle ki palmye ağaçlarının bu iklimde yaşaması kesinlikle olanaksızdır." diyor Pierrehumbert.

Bu soruya verilebilecek yanıtlardan biri CO<sub>2</sub> düzeyini arttırmaya devam etmektir. Modeller CO<sub>2</sub> düzeyinin daha yüksek olması durumunda karaların iç bölgelerindeki yüksek kesimlerde dondurucu kışların görülmeyeceğini öngörüyor; ama bu da tropik bölgelerin daha da ısınması anlamına geliyor. Huber bu ikilem için mantıklı bir çözüm sunuyor: Tropik bölgelerdeki aşırı sıcakların bir bölümünün bir şekilde kutuplara taşınmasıyla tropik bölgeler fokur fokur kaynamaktan kurtulmuş olabilir. Huber ve yine Purdue'den Ryan Srivier, bunu sağlayan olası bir mekanizma bulduklarını düşünüyorlar.

100 milyon yıl önceyle 40 milyon yıl önce arasında gezegenimiz çok daha sıcaktı. Kutuplarda kalıcı buz tabakası yoktu.

Bugün



**100 milyon yıl önce**  
Sıcaklık simülasyonu. Fosil kanıtlar, yüksek enlemlerdeki kıtaların iç bölgelerindeki sıcaklıkların simülasyonlardakilerden daha yüksek olduğunu gösteriyor.

**90 milyon yıl önce**  
Dönemin sıg okyanusları günümüz karalarını böyle kuşatmıştı.

## Kasırgaların Boyunduruğunda

İkili, sıcak suların koşullarını siklonların hemen öncesinde ve sonrasında incelemiştir. Siklonların okyanus sularının üst bölgelerinde ciddi hareketlenmelere neden olup sıcaklığın aşağı doğru taşınmasına yol açtığını bulmuşlar. Buradan yola çıkarak da okyanus akıntılarının bu ısıyı kutuplara doğru taşıdığını ve böylece de tropik bölgelerle kutuplar arasındaki sıcaklık farkını belli ölçüde azalttığını öne sürmüşler. Birçok araştırmacı, tropikal siklonların yoğunluğunun, sıklığının ve süresinin sıcaklık artışlarıyla birlikte çoğaldığı kanısında. Eğer durum böyleyse siklonlarca kutuplara taşınan ısının miktarı da sıcaklığın artmasıyla birlikte artış gösterecektir. Kasırgaların hüküm sürdüğü sera döneminde bu sayede tropik bölgelerdeki sıcaklık 35°C'un altında kalırken kutuplar da subtropikal sıcaklıkların altında ağır ağır kaynıyordu.

Öte yandan Pierrehumbert, siklonların ısı pompaladığına ilişkin varsayımın üzerinde biraz daha çalışılmasını ve kıtaların iç bölgelerindeki sıcak havanın hâlâ açıklanması gerektiğini düşünüyor. Ona göre sorunun en gizemli ve en çetin bölümü de zaten burada yatıyor. Eldeki

çok az sayıdaki kanıt neredeyse olanaksız görünen bir şeye işaret ediyor: Tebeşir devrinin en sıcak evresinde görülen buz kütlelerine. Almanya'daki Leipzig Üniversitesi'nden Andre Bornemann "Bu denli yüksek sıcaklıklarla Antarktika'daki büyük buzulların aynı anda bir arada olabileceğini düşünmek hepimizin hayal gücünü zorluyor" diyor. Zaten modeller de bu koşulların bir benzerini üretmekten uzak.

Bornemann'ın ekibinin yakınlarda gerçekleştirdiği bir çalışmayla, yaklaşık 91 milyon yıl önce 200.000 yıllık bir süre boyunca bölgenin günümüzde Antarktika'yı kaplayan buzulların en azından yarısı kadar buzulla kaplı olduğu ileri sürüldü. Buna ilişkin kanıtlar Atlantik deniz tabanından çıkarılan deniz kabuklularındaki izotop oranlarından elde edilmiş.

Ne var ki Wilson'ın ekibinin yaptığı benzer bir araştırmada bu türden bir buzullaşmaya ilişkin herhangi bir kanıt bulunamadı. Bu açıdan bu sorun üzerinde henüz bir uzlaşmaya varılamadı. Ancak eğer buz kütleleri sera döneminde bile periyodik olarak aniden ortaya çıkabiliyorsa, Wilson'a göre iklim, düşündüğümüzden çok daha ani ve çarpıcı bir şekilde değişebilir.

## Yoğun Yanardağ Etkinlikleri

Bu önemli sorunlara karşın sera dönemi iklimine atmosferdeki yüksek CO<sub>2</sub> düzeyinin yol açtığı konusunda giderek güçlenen bir uzlaşma söz konusu. Peki, bu gaz nereden gelmiş olabilir?

Atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarı, başka şeylerin yanı sıra, volkanik etkinliklerle iklim koşullarının kayaları aşındırma etkisi arasındaki dengeye bağlıdır. Wilson'a göre Tebeşir devrinde yüksek volkanik hareketlilik CO<sub>2</sub> düzeyinin yükselmesine neden olmuştur. Daha sonraları Himalayaların oluşmaya başlamasıyla birlikte volkanik etkinlikler azalmış ve iklim koşulları da kaya aşındırma sürecini hızlandırmıştır; Dünya bir buzul çağına doğru sürüklenmiştir.

Bir milyon yıl önceki CO<sub>2</sub> düzeyi, buz kütleleri içinde sıkışmış hava kabarcıkları sayesinde eksiksiz bir şekilde ölçülebilir; ama CO<sub>2</sub>'nin, 100 milyon yıl önce hangi düzeyde olduğunu belirlemek çok daha çetin bir iş. Araştırmacılar fosilleşmiş yapraklardaki gözenek sayısı gibi dolaylı kaynaklara güvenmek zorunda kalırken çok ciddi belirsizlikler de varlığını koruyor. Doğru sayılara ulaşmak büyük önem taşıyor; çünkü bu bize iklimin CO<sub>2</sub> artışı karşısında ne kadar duyarlı olduğunu gösteriyor.

Bazı modeller sera etkisinin görüldüğü Tebeşir devrinde ve Eosen'de CO<sub>2</sub> düzeyinin sanayileşme öncesi döneme göre 16 kat daha yüksek olduğunu ortaya koyarken bazıları da bunun en çok 8 kat olduğunu ileri sürüyor. Elimizdeki kimi veriler 8 kat iddiasını destekler nitelikte; ama bu bile iklimin CO<sub>2</sub> artışlarına son derece duyarlı olduğunu kanıtıyor.

Atmosfere saldıığımız CO<sub>2</sub> miktarını göz önüne aldığımızda bu bizim açımızdan pek de iyiye işaret gibi gözüküyor. CO<sub>2</sub> düzeyi, sanayileşme öncesi döneme göre iki kat artmıştır. Bu salım oranını dizginlemeyi başaramazsak, 200 yıl içinde 4 katına çıkabilir. Pierrehumbert'in iddiasına göre halihazırda yerküreyi Tebeşir devrindeki sera dönemine sokan CO<sub>2</sub> düzeyinin yarısına ulaşmış durumdayız.

<http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg19826611.200-when-crocodiles-roamed-the-arctic.html>

Çeviri: M. Çağatay Gülabioğlu