

# Kartopu Dünya

Okyanusları bile yüzeyden 1,5 kilometre derinliğe kadar donmuş, tümüyle buzullarla kaplı bir gezegen düşünün. Kıtaları kaplayan buzullar yavaş yavaş hareket ediyor. Bu gezegende neredeyse başka hiç hareket yok. Donmuş karbondioksit kristallerinden oluşan, yükseklerdeki ince çizgileri saymazsak, gökyüzünde hiç bulut yok. Sıfırın altında 40° C'yi bulan hava sıcaklıklarında, yalnızca az sayıda canlı türü yaşamını sürdürebiliyor. Bunlar, yanardağların sıcaklığına sığınmış suyosunları ve okyanusların derinliklerindeki sıcak su kaynaklarının çevresinde yaşayan bakteriler. Milyonlarca yıl boyunca bu durum hiç değişmiyor...

Sözünü ettiğimiz bu gezegen, çok uzaklardaki ya da düş ürünü bir gezegen değil; Dünya. Ama, gezegenimizin günümüzden 750 - 590 milyon yıl önceki durumu. Bir grup araştırmacıya göre, bu dönemde Dünya, işte böyle bir yerd. "Kartopu Dünya" adını verdikleri kurama göre bu, bilinen ilk buzul dönemi. O dönemde ekvatorun çevresinde sıralanmış olarak bulunan kıtaların hepsi buzullarla kaplandı; okyanuslar bile dondu. Daha sonra, buzullar erimeye başladı ve bu kez dünya, gerçekten de çok ılık bir gezegene dönüştü. Araştırmacılara göre, geçmişte dünya ikliminin çok soğukla sıcak arasında gidip gelmesine yol açan böyle dört farklı dönem yaşandığı tahmin ediliyor. Ancak, sözünü ettiğimiz dönem, koşulları en çetin olanıydı. Dahası, araştırmacılara göre, insanlar gibi karmaşık yapıda canlıların ortaya çıkışını da bu buzul dönemlerine borçluyuz.

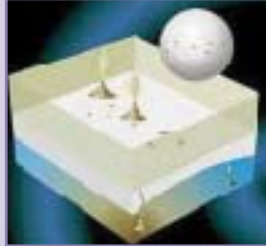
1990'lı yılların başında, ABD'deki California Teknoloji Enstitüsü'nden Joe Kirschvink ve Harvard Üniversitesi'nden Paul Hoffman adlı iki araştırmacı, Kartopu Dünya kuramı üzerinde çalışmaya başladılar. Bundan önceki 30 yıl boyunca, dünyanın çeşitli yerlerindeki kayalarda rastlanan ve eski buzullara ait olduğu sanılan çeşitli izler, araştırmacılarca şaşkınlıkla karşılanıyordu. Buzulların etkisiyle

Bazı kayaç türleri, oluşumları sırasında Dünya'nın manyetik alanına ilişkin izleri korur. Örneğin, kuzey kutbunda oluşmaya başlamış bir kayaçtaki (siyah) manyetik alan izi, aşağıyı gösterir. Öte yandan, ekvatorda oluşan kayaçlardaki manyetik alan izleri, kayacın yüzey çizgisine paralel olabilir. Araştırmacılar, kayalardaki bu tür ipuçlarını inceleyerek, buzul döneminin izlerini taşıyan kayaçların ekvatorda oluşmuş olduğunu ortaya çıkarmışlar.



#### Kartopu Dünya'dan Önce:

Yeryüzündeki kıtaların büyük çoğunluğu ekvator çevresinde toplanmıştı. Araştırmacılara göre bu, büyük bir buzul döneminin başlamasını tetiklemiş olabilir. Önce, kutup bölgeleri buzullarla kaplandı ve buzullar ekvatora doğru ilerlemeye başladı.



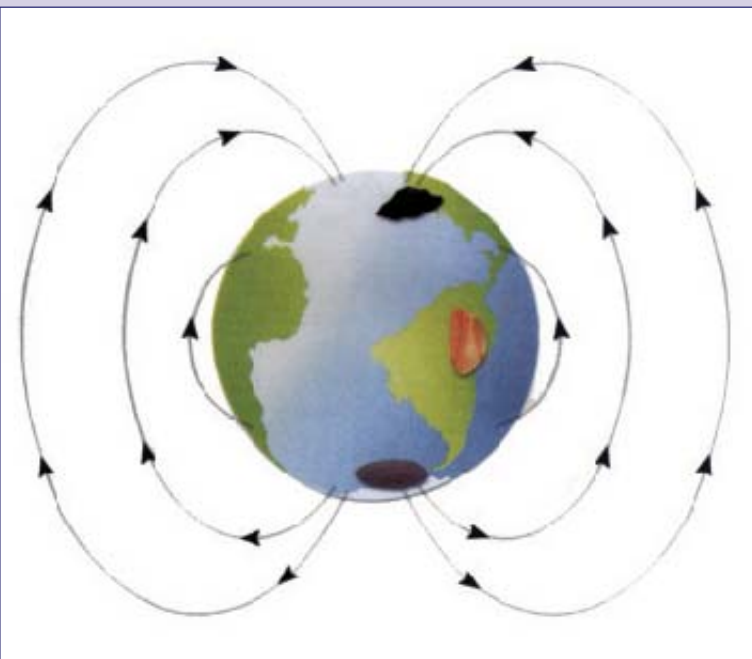
**Kartopu Dünya:** Buzullar, tüm kıtalara yayıldı. Okyanusların yüzeyi dondu. Milyonlarca yıl boyunca sıcaklıklar 0°C'nin çok altında kaldı. Yalnızca yanardağların ve okyanusların dibindeki sıcak su kaynaklarının yakınında yaşam vardı.



#### Kartopu Dünya'nın Sonu:

Yanardağlardan çıkan karbondioksit gazı milyonlarca yıl boyunca atmosferde birikti. Sonunda, karbondioksitin atmosferdeki ısıyı tutma özelliği sonucu buzullar erimeye başladı. Büyük fırtınalar ve asit yağmurları oluştu.

kayaçlarda oluşan izler ve hareketleri sırasında önlerine katarak sürükledikleri malzemelerden oluşan kayaçlar, elbette yeni bulgular değil. Bugün de yeryüzünün buzullarla kaplı soğuk bölgelerinde bu tür oluşumlara rastlanıyor. Araştırmacıların şaşırmasına neden olansa, sözünü ettiğimiz kayaçların, yeryüzünün tropikal bölgelerinde bulunmuş olmasıydı. Günümüzden 700 milyon yıl kadar önce, Dünya'da yalnızca tek hücreli canlıların yaşadığı dönemlerden kalma bu kayaçlar, tropikal bölgelere özgü kayaç katmanlarının üzerinde bulunuyordu. Bu nedenle de bazı yer bilimciler, bu dönemde bilinmeyen bir nedenle, ekvatora yakın tropikal bölgelerin, yani, Dünya'nın en sıcak bölgelerinin buzullarla kaplı olabileceğini düşündüler. Bu sav, herkesin aklının karışmasına neden oldu: Eğer, dünyanın en sıcak bölgeleri olan Ekvator çevresinde bile buzulların izlerine rastlanıyorsa, bu dönemde tüm yeryüzü donmuş olabilir miydi? Birçok bilimadamına göre bu olanaksızdı. Çünkü, yeryüzünün tümünün buzullarla kaplanması demek, buzulların bir daha asla eriyemeyecek olması demekti. Bilgisayar modelleri, yeryüzünün tümüyle buzullarla kaplı olması durumunda, yeryüzüne gelen güneş ışınlarının uzaya geri yansıtılması sonucu, yeryüzünün hiçbir zaman buzulların erimesini sağlayacak ölçüde ısınmayacağını ve bu durumun sonsuza kadar süreceğini gösteriyordu. Buna göre, ya ekvator





Dan Schrag, Paul Hoffman ve Namibya'daki kayaç katmanları. İki yer bilimci, buzulların önüne katıp sürüklediği kaya parçalarının (ortadaki açık renkli büyük kaya parçası bunlardan biri) bulunduğu bir kayaç oluşumunun yanında görülüyor.

yakınlarında bulunan izlerin ve kayaçların oluşumuna buzullar neden olmamıştı ya da bu kayaçlar kutuplara yakın yerlerde oluşmuştu.

İşte, Joe Kirschvink, bu iki görüşe de karşı çıkıyordu. Bunun için haklı nedenleri vardı. Her şeyden önce, o bir "paleomanyetizma" uzmanıydı! (Paleomanyetizma: kayaçların içinde kalarak günümüze kadar gelebilmiş ve dünyanın eski manyetik alanlarına ilişkin bilgiler taşıyan izlerle ilgili araştırma alanı.) Kirschvink, 1986 yılında Avustralya'da bulunan ve buzulların etkisiyle oluştuğu sanılan 700 milyon yıllık kayaçları inceledi. Kayaçların içindeki minerallerin manyetik özelliklerinden, onların kutup bölgelerinde değil, gerçekten de tropikal bölgede oluşmuş olduğunu ortaya çıkardı. Kirschvink'e göre, bu kayaçların bulunduğu ekvator bölgesi, bir zamanlar gerçekten de buzullarla kaplı olmalıydı.

Peki ama, bilgisayar modelleri, ekvator bölgesini de içine alacak biçimde yeryüzünün tümüyle buzullarla kaplı olması durumunda buzulların bir daha asla eriyemeyeceğini göstermiyor muydu? Kirschvink, Kartopu Dünya kuramını sınamak için yaratılan bu bilgisayar modellerinin, çok önemli bir değişkeni göz ardı ettiğini farketti: sera gazlarını. Bugünlerde birçok araştırmacı, karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gibi sera gazlarının, yeryüzünden yansıyan ısının atmosferde tutulmasına ve tüm Dünya'da hava sıcaklıklarının artmasına neden olduğunu

düşünüyorlar. Günümüzden yüz milyonlarca yıl önce, elbette atmosfere karbondioksit yayan fabrikalar ya da motorlu araçlar yoktu. Ama, yanardağlar vardı. Yanardağlardan sürekli olarak karbondioksit gazı çıkar. Normalde, atmosferdeki karbondioksit yağmurlarla "yıkılarak" temizlenir. Ancak, yeryüzünün tümüyle buzullarla kaplı olduğu, okyanusların bile donmuş olduğu Kartopu Dünya'da, sular buharlaşıp bulut oluşturmadığına göre, yağmur da yağmaz. Yağmur yağmayınca, yanardağlardan çıkan karbondioksit, milyonlarca yıl boyunca atmosferde birikmişti. Sonunda, atmosferde biriken karbondioksit, Güneş'ten gelen ısının tutulmasına ve buzulların erimesine neden olmuştu.

1992 yılında Kirschvink, Kartopu Dünya adını verdiği bu buzul dönemini anlatan bilimsel bir makale yazdı. Ancak, görüşleri bilim dünyasında pek sıcak karşılanmadı. Çünkü, günümüzden 15.000 yıl önce sona eren son buzul çağının en soğuk dönemlerinde bile buzullar ancak kutuplardan Kuzey Avrupa'ya ve ABD'nin orta bölümüne kadar uzanıyordu. Dünya'nın, tüm okyanusların donduğu ve buzulların kutuplardan ekvatora kadar uzandığı bir buzul dönemi geçirmiş olduğuna kimseler inanmadı.

Daha sonra sahneye, Paul Hoffman adlı başka bir bilimadamı çıktı. Yer bilimci olan Hoffman,

"Bantlı demir oluşumları" adı verilen demir bakımından zengin kayaçlarla, bunların arasına sıkışmış ve buzulların sürüklediği kaya parçaları da buzul erimesinin izlerini taşıyor. Kartopu Dünya'nın sonunda buzullar eridiğinde, okyanuslarda çözünmüş halde bulunan demir çok kısa bir sürede çöktü. Bunun sonucunda, bu parlak kırmızı renkli kayaçlar oluştu.



Afrika'nın güneybatısında bulunan Namibya'da, bir zamanlar okyanus olan bölgedeki kayalar üzerinde çalışıyordu. İncelediği tüm kayalarda, eski buzul dönemlerine ait olduklarını düşündüğü izlere rastladı. Bunlar, suda çözünen karbondioksitin, başka kimyasal maddelerle birlikte çökmesiyle oluşmuş kayalardı. Özellikle, bu kayalardaki karbon elementi Hoffman'ın ilgisini çekiyordu. Deniz suyunda karbon elementinin iki farklı türü bulunur: karbon-12 ve karbon-12'ye göre daha ender bulunan karbon-13. Okyanusta yaşayan ve yaşamlarını sürdürmek için karbona gereksinim duyan bitkiler, ikisini de kullanabilseler de, karbon-12'yi yeğlerler. Bu da, bitkilerin yoğun olarak bulunduğu bir okyanusta oluşan kayalarda, fazla miktarda karbon-13 bulunacağı anlamına gelir. Karbon-12 bakımından zengin kayaç oluşumlarıysa, bu kayaların oluştuğu dönemlerde, okyanustaki yaşamın zengin olmadığına işaret eder.

Namibya'daki kayaları inceleyen Hoffman, Kartopu Dünya adı verilen buzul dönemine karşılık gelen zamanlarda, okyanusta yaşam bulunmadığını anladı. Bundan önceki dönemlerde oluşmuş kayaç katmanlarındaysa canlı izlerine rastlanıyordu. Bu bilgiler, Kartopu Dünya kuramını destekliyordu: günümüzden 750 - 590 milyon yıl önce, okyanusun donması sonucu tüm canlılar yok olmuştu.

Harvard Üniversitesi'nden bir başka bilimadamı, Dan Schrag, Hoffman'ın araştırma sonuçlarını kontrol etti ve Kirschvink'in Kartopu Dünya Kuramı'nı destekleyen başka verilere de rastladı. Tüm dünyada, yaklaşık 600 milyon yıl önce buzulların etkisiyle oluşan kayaç katmanlarının hepsinin üzerinde, karbonatlı kayaç katmanlarının bulunduğu dikkat etti. Bu katmanların bazıları yüzlerce metre kalınlığındaydı. Yerbilimde, bir kayaç katmanının ötekinin üzerinde olması, üsttekinin daha "genç" olduğu anlamına gelir. Yani, karbonatlı kayalar, buzulların etkisiyle oluşan kayalardan hemen sonra oluşmaya başlamıştı. Bu kez, araştırmacıların aklını kurcalayan soru şuydu: Karbonatlı kayalar okyanusların en ılık bölümlerinde oluştuğuna göre, buzulların etkisiyle oluşan kayaç katmanlarının hemen üzerinde ne işleri vardı?

Schrag, Kirschvink'in Kartopu Dünya'da buzulların erimesini nasıl açıkladığını anımsadı. Kartopu Dünya'da buzullar erimeye başlayınca,

su, yeniden buharlaşmaya başlamıştı. Su buharının ısıyı atmosferde tutma özelliği karbondioksitin etkisiyle birleşince, hava sıcaklıkları iyice artarak 40 - 50°C'ye kadar yükselmişti. Schrag'a göre, bundan sonraki birkaç yüzyıl içinde Dünya, gördüğü en soğuk iklimden en sıcak iklime geçiş yaptı. Yüksek sıcaklıklar ve atmosferdeki karbondioksit miktarının fazlalığı sonucu, büyük fırtınalar ve yoğun asit yağmurları gerçekleşti. İşte, buzul kayalarının üzerindeki karbonatlı kayaç tabakalarının oluşum nedeni de, bu yağmurlarla okyanuslara çöken kimyasal maddelerdi.

1998 yılında Hoffman ve Schrag, Kartopu Dünya kuramının doğruluğunu gösteren verilerini bilimsel bir makaleyle tüm dünyaya duyurdular.



Araştırmacılar, suda çözünen karbondioksitin, başka kimyasal maddelerle birlikte çökmesiyle oluşmuş karbonatlı kayaç oluşumlarını gösteriyorlar.

Bunu izleyen aylar boyunca, çok sayıda bilimadamı bu konuyu tartıştı. Bugün artık, çok sayıda bilimadamı Kartopu Dünya kuramının doğruluğuna inansa da, bu görüşe karşı olanların sayısı da azımsanamayacak kadar çok. Kartopu Dünya'nın bir düş mü, yoksa gerçek mi olduğunu gelecekteki başka araştırmalar gösterecek.

• • • • • • • • • • Aslı Zülâl

#### Kaynaklar

Walker, G. "Snowball Earth" Muse, Ocak 2004  
Hoffman, P. F. & Schrag, D. P. "Snowball Earth" Scientific American, Ocak 2000