

# Mars'ta Yaşam Olasılığı

Uzay çağının bize verdiği en büyük hediye ne bilimsel ve teknik gelişmeler, ne de jeopolitik zaferlerdir. En büyük hediye Apollo astronotlarının yolladıkları Dünya görüntüsüdür. "Dünya çok güzeldi ve bize aitti." İnsanoğlu yüzünü ilk kez gökyüzüne kaldırdığından beri, yalnızca sonsuz bir karanlık gördü ve orada kimin var olduğunu merak etti. Şimdi, yıldızlar, üzerinde dolaştığımız taşlar kadar aşına olabilir. Fakat, herhangi bir canlının orada anıtlar diktiğine, ağladığına ya da güldüğüne dair hiçbir şey bilmiyoruz. Bizimle aynı şeyleri merak eden, bizi merak edebilen ya da edemeyen canlıların olup olmadığı sorusu hep tartışıldı. Ağustos ayının başında bu tartışma yön değiştirdi. Tüm bu değişikliğin nedeni küçük karbonat kürecikleriydi. Milyarlarca yıl önce oluşmuş bir kaya parçasının üzerinde gelen kalıntılar, belki de bu sonsuzlukta yalnız olmadığımızın kanıtlarını oluşturuyordu. 20 yıl önce, 20 Temmuz 1976'da Viking 1, Mars yüzeyine iniş yapmıştı. Gelecek Kasım ve Aralık aylarında Mars'a gönderilecek uzay araçları için Viking 1'in geçmişteki yolculuğunda elde ettiği bulgular incelenecek. Viking uzay aracı Mars tarihi ve doğası ile ilgili yeni pencereler aralamıştı. Fakat, dönemin Viking projesinde görev alan bilim adamlarından Dr. Gerald Soffen "Mars'ta yaşam izine rastlayamadık; ama bu, Mars'ta yaşam olmadığını kanıtlamaz." diye beyanda bulunmuştu. O dönem, yaşam kanıtları bulunamamıştı; ama Mars atmosferinin ve toprağının analizleri, Dünya'daki yaşam için de gerekli olan karbon, azot, hidrojen, oksijen ve fosforun varlığını göstermişti. NASA'da yönetici olan Daniel S. Goldin "NASA, Mars'ta 3 milyar yıl öncesinde mikroskobik ilkel yaşamın var olma olasılığını gündeme getirdi. Kanıtlar heyecan verici, hatta zorlayıcı, ama kesin değil. Bu keşif bundan sonraki bilimsel araştırmaların yol göstericisi. Herkesin anlamasını istediğimiz bir şey var, o da bizim 'küçük yeşil adamlardan' bahsetmediğimiz. Bunlar inanılmayacak kadar küçük, tek hücreli yapılar ve Dünya'daki bakterileri andırırlar. Mars'ta herhangi bir dönemde yüksek yaşam şekillerinin var olduğuna dair elimizde hiçbir kanıt yok." diye belirtiyor. İnsanoğlunun gerçekten Ay'a ilk adım attığı günden beri gelişen bilim ve teknoloji yardımıyla, tam da uzay araştırmalarından umut kesilmişken, varılan bu nokta, umutların yeşermesini ve göktaşının insanlığa verilmiş bir hediye olarak kabul edilmesini sağlıyor. Beraberinde yeni tartışmalar da getiren Mars kaynaklı göktaşı ALH84001'deki karbonat küreciklerinin fotomikrograf çıktısını yukarıdaki fotoğrafta görebiliyoruz. Bu küreciklerin boyutları 1 mikrometreden 250 mikrometreye kadar değişebiliyor. Normal ışıkta kürecikler turuncu renkte görünüyorlar. Kürecikler, siyah ve beyaz halkalarla, yani zengin kalsiyum, demir ve magnetit bantlarıyla çevreleniyor.

**A**NTARKTİKA'da bulunan göktaşının hikâyesi bundan 4,5 milyar yıl öncesine dayanıyor. Göktaşının yaşı hikâyenin başlangıç tarihiyle aynı. Göktaşı, Dünya'ya düşmeden, yaklaşık 3,6 milyar yıl önce, şimdiki Mars'tan daha nemli ve ılıman bir ortamın bir parçasıydı. Çok yıllar sonra, yani günümüzden 16 milyon yıl önce, bir göktaşı ya da asteroid Mars'a çarptı ve bahsettiğimiz taşın Mars'tan ayrılmasını sağladı. Milyonlarca yıl boyunca taş uzayda dolaştı ve bundan 13 000 yıl önce Dünya atmosferine girip Antarktika'ya bir göktaşı olarak düştü.

Japon bilim adamları, 1969'da Antarktika'da göktaşlarını ilk olarak keşfetmişlerdi. Geçmişte, milyonlarca yıl boyunca Dünya'ya düşen göktaşları buz içinde korunmuşlar ve "mavi buz" denilen bölgelerde birikmişler. Fakat göktaşlarının neden bu bölgelerde yoğunlaştığı henüz anlaşılammış. Donmuş göktaşları suyla temas etmediklerinden ılıman bölgelerde bulunanlara göre, çok daha az zarar görüyorlar. Hava kirliliği ya da endüstriyel kirlenme olmadığından, Dünyasal madde bulaşması neredeyse sifıra yakın oluyor. Her ör-

neğin incelenebilmesi için, öncelikle donmuş örneklerin laboratuvara gelene kadar aynı çevresel koşullarda ve temiz kaplar içinde taşınmasıyla gerçekleştiriliyor.

Antarktika'dan 1969'dan beri 10 000 parça göktaşı toplandı. 1977'den itibaren, hâlâ donmuş olan bu göktaşları NASA'nın Johnson Uzay Merkezi (Johnson Space Centre; JSC)'ne geri gönderildi. Bazı örnekler ise Smithsonian Enstitüsü'ne yollandı; fakat JSC'deki bilim adamları, 250 diğer bilim adamıyla birlikte 10 000'den fazla göktaşı inceledi. Bu merkeze her yıl yüzlerce yeni göktaşı gönderiliyor. JSC'deki



Göktaşı İşlem Laboratuvarı (Meteorite Processing Laboratory)'nda, örnekler, oksidasyondan, yani paslanmadan korunmak için su, serbest oksijen ve azot gazı içeren kabinlerde tutuldular. Bu kabinler, göktaşını paslanmanın dışında ağır metaller, tuzlar ve organik bileşikler gibi çeşitli çevresel kirlenmelerden koruyordu. Ayrıca, bu göktaşı örnekleri havayla temas ettirilmeden tartılıyor, yontuluyor ve fotoğraflanıyor.

Mars kökenli göktaşının Dünya'ya düşüşünün tarihlenmesi, taşın uzayda maruz kaldığı kozmik ışın etkileri üzerine yapılan laboratuvar çalışmalarıyla sağlandı. Göktaşları, bilimsel yönden önemli; çünkü onlar Güneş Sistemi'nin en eski dönemlerinde, hatta Güneş Sistemi'nden bile önce oluşmuş olabilir ve bize Güneş Sistemi'nin fiziksel ve kimyasal oluşumlarıyla ilgili bilgi sağlayabilir. Ve 7 Ağustos 1996'da NASA, tüm Dünya'yı ayağa kaldıracak bir brifing verdi. Bulduğumuz sistemle ilgili sorulara yanıt bulunmuştu. Sistemin Güneş'e yakın dördüncü gezegeninde, göktaşından elde edilen bilgilerden yola çıkılarak, bir zamanlar Mars'ta yaşam olduğuna dair güçlü kanıtlar elde edildi.

## Kırmızı Gezegenden Gelen Göktaşları

Bulunan 12 göktaşı sık rastlanmayan kor göktaşlarından. Mars kaynaklı göktaşlarının çoğu, en çok 1,3 milyar yaşında. Araştırmacılar, bu göktaşlarını 3 ayrı gruba ayırıyorlar: Shergottit(S), Nakhla(N), Chassigny(C) ve kısaca SNC diye adlandırıyorlar.

İsim	Sınıflandırma	Kütle (kg)	Bulunma/Düşme Tarihi
Shergotty	S-bazalt	4	Düşme 1865
Zagami	S-bazalt	18	Düşme 1962
EFTA79001	S-bazalt	7,90	Bulunma 1980
QUE94201	S-bazalt	0,012	Bulunma 1995
ALHA77005	S-Iherzolit	0,48	Bulunma 1978
LEV88516	S-Iherzolit	0,013	Bulunma 1991
Y793605	S-Iherzolit	0,018	Bulunma 1995
Nakhla	N-klinoiroksenit	40,00	Düşme 1911
Lafayette	N-klinoiroksenit	0,80	Bulunma 1931
Gov. Valadares	N-klinoiroksenit	0,16	Bulunma 1958
Chassigny	C-dunit	4	Düşme 1815
ALH84001	ortopiroksinit	1,9	Bulunma 1993

Yüzey kayalarındaki oksitlenmiş demir Mars'a kırmızı rengini verir; fakat az etkilenmiş yüzey altındaki kor kayalar siyah ya da gridir. Mars'lı göktaşlarından hiçbirisi Mars'ın yüzey örneklerinden değildir. Bunlar Mars yüzeyine yakın, erimiş lavlardan kristalize olmuş kor kayalardır. Bunlar aralarında jeolojik bir ilişki olmayan beş değişik kaya tipidir.

### Peki buraya nasıl geldiler?

Uzay'da dolaşan bir göktaşının Mars'a çarparak kaya parçalarını Mars'tan ayırması doğal bir olay. Mars'tan bir kayanın ayrılabilmesi için 5;4

km/sn'lik bir hıza ulaşması gerekiyor; Mars'taki kayaların uzay boşluğuna sıçramasını sağlayan bu göktaşı çarptıktan sonra Mars yüzeyinde 10-100 km'lik bir krater açmış olmalı. Mars'tan ayrılan kayalar, bir göktaşı olarak uzayda milyonlarca yıl dolaştıktan sonra Dünya'ya iniyorlar.

### Bize Mars hakkında neler söylüyorlar?

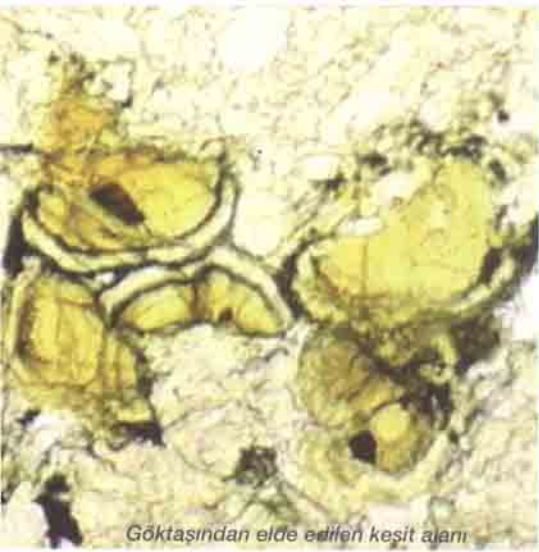
Mars'lı göktaşları Mars tarihi boyunca çeşitli zamanlarda meydana gelmiş olaylarla ilgili bilgi-

ler veriyor. Hikâye Mars'ın kor haline gelmesiyle başlıyor. Gezegen daha sonra kabuk bağlıyor ve tüm bunlar 4,5 milyar yıl önce meydana geliyor. Mars kaynaklı göktaşlarının en yaşlısı, bu olaylardan hemen sonra magmadan kristalleşiyor. Biraz daha genç olanlar, volkanizmaların bundan 1,3 milyar yıl öncesine kadar devam ettiğini gösteriyorlar. Mars kaynaklı göktaşları, sıvı su ile etkileşim kanıtları içeriyor. Bazıları çok az miktarda su ile kor mineralleri, fakat çoğu yıpranmadan kaynaklı değişim ürünleri (özellikle tuz ve kil) sergiliyor.

## Mars'ta Yaşamın Kanıtları

JSC'deki NASA Araştırma Grubu "Mars'lıların" kökenini oluşturabilecek biyolojik etkinliklerde görev alan mineralleri, ilkel bakteri benzeri mikroskobik fosilleri ve organik molekülleri Dünya'ya düşen "Mars'lı" bir göktaşında buldular. İki yıl süren araştırmada David S. McKay, Everett K. Gibson, Jr., Kathie L. Thomas-Keptra, Hojatollah Vali, Christopher S. Romarek, Simon J. Clemett, Xavier D.F. Chillier, Claude R. Macchiling ve Richard N. Zare yer aldılar.

Mars'taki geçmiş yaşamı bulunan tek bir kanıt ortaya koymuyor; aksine araştırmacılar birçok bulgu ve kanıtı bir-



Göktaşından elde edilen kesit alanı

leştirerek varsayımda bulunuyorlar. Bu bulgulardan biri, yaşamın temelini oluşturan karbon bileşikleridir. İkincisi, Dünya'daki ilkel mikroorganizmaların ürettikleri mineral fazlarıdır. Bunlara ek olarak mikroskobik fosiller de varsayımı destekleyen üçüncü kanıt.

Tabii Dünya'da 3,6 milyar yıl öncesinde yaşamın var olduğunu göstermek gibi, Mars'taki ilkel yaşamı kanıtlamak da zor. Fakat karşılaşılan kanıtlar mikrofosilleri, mineralojik yapıları ve karmaşık organik bileşenleri içeriyor.

İki yıllık araştırma ve analizler sonunda, elde edilen bulgular henüz bütünüyle güvenilir değil. Ayrıca, araştırma-

cılar da herşeyi tam olarak ispatladıklarını söylemiyorlar. Elde ettikleri tüm bulguları bir bilim komitesine sunacaklar. Bunu, bilimsel yöntemi uygulamak adına yapıyorlar. Bilimsel yöntem, bulguların geliştirilmesi ya da karşı kanıtların oluşturulması amacıyla uygulanıyor. Ancak bu şekilde bir çözüme ulaşılabiliyor.

Patates büyüklüğünde, 4,5 milyar yaşıdaki göktaşının adı ALH84001 ve taşın ortaya çıkışı, Mars'ın oluşma dönemine denk düşüyor. Eskiden, bugüne göre çok daha ılıman ve nemli olan Mars'ta, "su", yüzeyaltı kayalarında çatlaklar ve yeraltı su sistemleri oluşturuyordu. Su, atmosferdeki karbon dioksit doyduğunda, çatlaklara karbonat mineralleri yerleşti. Araştırma grubu, karbonat oluşumuna, bazı organizmaların da yardımcı olduğunu buldu. Bu durumun, Dünya'da mikroskobik organizma kalıntılarının kireçtaşı içinde fosilleşmesine benzer bir biçimde gerçekleştiği belirlendi.

Stanford Üniversitesi'ndeki araştırma grubu, bu "küçük dünya"ların üzerinde fazla miktarda PAH (polisiklik aromatik hidrokarbon bileşikler) karbonatlara bitişik halde buldular. JSC'de-

ki araştırmacılar, mineral bileşiklerinin mikroskobik organizmalar ve mikroskobik fosil formlarla birlikte olduklarını belirttiler. Fosil olduğu düşünülen formlardan en büyüğü, bir insan saç telinin 1/100'ü, diğerleri ise ortalama 1/1000'i kalınlığında. Bunlar bir araya geldiklerinde tümce sonuna gelen bir noktadan daha fazla yer kaplamıyorlar. Bu şekillerden bazıları elips, bazıları da silindirik şeklinde. Şekil ve büyüklükleri göz önüne alındığında bunlar, Dünya'daki en küçük bakterilerin mikroskobik fosilleriyle benzerlik gösteriyor.

ALH84001 olarak adlandırılan göktaşı, 1984'te Antarktika'da Allan Tepesi'nde bulundu. JSC'nin Göktaşı İnceleme Laboratuvarı'nda yapılacak çalışmalar için saklandı ve Mars kökenli olduğu 1993 yılına kadar anlaşılmadı. Şimdiye kadar Mars'ın kimyasal yapısına uyan 12 göktaşı bulundu. Mars'ın kimyasına ait bu bilgiler, 1976'da fırlatılan Viking Uzay aracının incelediği örneklerden sağlanmıştı. ALH84001, diğer göktaşlarının 3 katı yaşta.

Araştırma grubu, buluşlarını araştırmalar sırasında kullandıkları gelişmiş,

## Bir Buluşun Düşündürdükleri...

Sargun A. Tont  
ODTÜ Biyoloji Bölümü

Mars'tan gelen bir taş parçasında yaşam izlerinin bulunduğu haberi yayınlandıktan birkaç gün sonra, bir lokantada yemek yerken yandaki masadaki konuşmalar dikkatimi çekti. Her kadeh kaldığında çevresinde oturanların kaburgalarına tehlikeli arılar yaşatan kaim sesli bir bey "ben size demedim mi?" kabilinden bir uvertür yaptıktan sonra, uzaylıların nasıl dünyamızı sık sık ziyaret ettiklerini; fakat ABD başta olmak üzere birçok hükümetin bu ziyaretleri halktan saklayıp, hasıratı ettiğini iddia ediyordu. Karşısında oturan bey de ondan aşağı kalmayarak, evvelki akşam izlediği bir TV programında UFO uzmanı beye, program yöneticisi tarafından yeteri kadar zaman verilmediğine işaret ederek, bu komploya TV şirketlerinin de katıldığını ima etti.

Bildiğiniz gibi, uzaylıları konu eden film ve kitaplar gündemden hiç düşmez. Yardımsever, barış yanlısı ET'yi, önüne geleni sorgu sual etmeden ahtapotvari kollar ile boğarak öbür dünyaya (yani bizim öbür dünyamıza) gönderen korkunç canavarları veya bizim padişahlarımızın bir zamanlar tebdili kiyafet ederek halk arasında dolaşmaları gibi, insan kılıfına girerek, aramızda dolaşan uzaylıları nasıl unutulabilir? Tabii bizi eğlendiren, hatta bazen kafamızı kurcalayan bu yaratıklar, hayâl ürünü kaldıkları sürece kimseseye bir zarar gelmez. Ama lokantadaki masa komşularımızın yaptığı gibi, ortaya saçma sapan iddialar atmak, hiç kimsenin işine yaramaz.

Bundan 16 milyon önce Mars'tan kopan ve milyontarca yıl uzayda dolaştıktan sonra, 13 000 yıl önce Antarktika'ya düşen, 2 kilogram ağırlığında, iri bir patates büyüklüğündeki bu taşta bulunan yaşam belirtileri, ne ET tipinde bir yaratığın ne de bir uzay canavarının var olabileceğini kanıtlar. Öte yandan, başka bir gezegende ilkel veya gelişmiş bir yaşam türü olabileceğini birçok bilim adamı kabul eder ve "Eğer varsa, nasıl kanıtlayabiliriz?" sorusuna yanıt arayan birçok bilimsel çalışma halen devam etmektedir (Bu yeni bilim dalına exobiyoloji deniyor). Kısacası, bilimadamların bu gibi konuların araştırılmasına karşı değiller. Onları istediği, bu çalışmaların "oyunun kurallarına göre", yani bilimsel yöntemlere göre yapılmasıdır. Şunu da belirtmekte fayda vardır: Bugüne kadar yapılan bu çalışmaların hiçbirini, Dünya-dışı yaşam olduğuna dair en ufak bir ipucu bile sağlamamıştır. İşte bilimsel siciller çok kuvvetli bir gurup bilim adamının, bir zamanlar Mars'ta bakteriye benzer mikroskobik canlıların bulunabileceğini ortaya atması, gerçekten çok önemli bir olay. Ancak, bu buluş ile ilgili bazı ilginç olaylara da dikkat çekmek yerinde olur.

İki yıldır süren bu çalışmanın sonuçlarının yazıldığı makale 15 Ağustos'ta ünlü Science dergisinde yayınlanacaktı; fakat haber daha önceden dışarıya sızınca, telefonları kilitlenen derginin editörleri, çareyi makalenin tümünü fotoğraflar ve şekillerle birlikte internete koymakta buldular (<http://science-mag.aaas.org/science/>). Böylelikle bilim tarihinde ilk kez, on binlerce kişi daha basılmamış bir makaleyi iki hafta önce okuma fırsatını buldu. Belki yine benzerine hiç rastlamadığımız bir olay, araştırmanın büyük bir bölümünü gerçekleştiren NASA'nın düzenlediği basın toplantısında oldu. Washington Post Gazetesinin "çok iyi orkestralanmış bir show" olarak tanımladığı toplantıda,

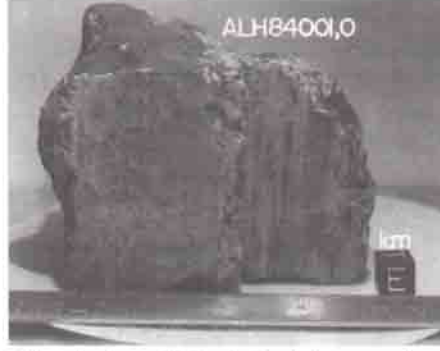
araştırmayı yürütenlerin konuşmaları bittikten sonra kürsüye davet edilen California Üniversitesi'nden Prof. William Schopf, iddiaları aksine ortaya atılan delillerin Mars'ta bir süre önce yaşamın olduğu konusunda kendisini tatmin edecek kanıtlar içermediğini, hatta işi rakamlara dökmek gerekirse, 1'den 10'a kadar bir sıralamada (10 numara yaşamın yüzde yüz kanıtlandığı, 1 hiç kanıtlanmadığı) bu çalışmaya ancak 2 verebileceğini söylemesi, salonda adeta şok etkisi yarattı. Peki, NASA bu kadar gurur duyduğu bir çalışmayı kamuoyuna açıklarken daha önceden ne söyleyeceğini bile bile, neden Schopf'u toplantıya davet etti? Bu gibi çelişkileri atalarımız çok güzel açıklamışlar: "Sülden ağzı yanan, yağurdu üfleyerek yer." 60'lı yıllarda yine bir göktaşında bulunan organik kalıntıların, sarıldığı gibi uzaydan değil, Dünya'mızdan kaynaklandığının ortaya çıkması, hele geçtiğimiz yıllarda bilim dünyasında bir bomba gibi patlayan ve birçok kişinin büyük ümitler bağladığı soğuk füzyon (cold fusion) olayının sonradan fos çıkması, NASA'nın Schopf'u bir çeşit emniyet süpürge olarak kullanmasına yol açtı. Ama, bu sonuçları kabul etmeyenler bile, oybirliği ile bu çalışmaya yapanların çok saygıdeğer ve yetenekli insanlar olduğunu kabul ediyorlar. Zaten çalışmayı yapanların kendileri de makalenin son paragrafında ortaya koydukları delillerin her birinin yaşamla ilgili olmayan nedenlerle de açıklanabileceğini öne sürüyorlar. "Fakat," diyor bu çalışmayı yapanlar, "bütün bu delillere ayrı ayrı değil de, toplu halde bakarsak bir süre önce Mars'ta belki de ilkel bir yaşamın bulunduğunu söylemek yanlış olmaz."

Bu kadar temkinli olmaya gerek var mı? Sanırım bu soruya en güzel yanıtı astronom Carl Sagan verdi: "Fevkalade buluşlar, fevkalade kanıtlar gerektirir."

yüksek çözünürlükteki elektron mikroskopuna ve lazer kütle spektrometresine borçlu. Yalnız, Dünya'daki en küçük bakteri olan "nanobakter" bulunduktan sonra, araştırmacılar daha ayrıntılı tarama yapma olanağı buldular. Bundan yalnızca iki yıl önce bile teknolojik yetersizlikler nedeniyle bazı küçük formlar gözlenemiyordu.

Araştırma gurubunda değişik dallardan uzmanlar var: Mikrobiyolog, mineralog, analiz uzmanı, jeokimyager ve organik kimyagerler yer alıyor. Araştırmacılar ikili lazer kütle spektrometresini, PAH'ların varlığını araştırmak için kullandılar. ALH84001'den alınan kesitlerden her birinin PAH dağılım haritası, hem bütün PAH yığılımı hem de her bir türün görelî yoğunluğunu, 50 µm'lik ölçekte, heterojen bir dağılımda sergiliyor. Bu dağılım, PAH'ların kısmî jeokromatografik hareketiyle uyumlu görünüyor. Araştırmada çatlak yüzeylerin ortalama PAH derişimi 1/1 000 000 varsayıldı. PAH'ların derişimi, karbonatların zengin olduğu bölgelerde yüksek çıktı.

Atomik kütlesi 178-276 arasında olan ve 3 ile 6 arasında halka yapısı içeren ilk hidrokarbon grubu diğerlerinden daha baskın. Bunlar, penantren (C<sub>14</sub>H<sub>10</sub>), piren (C<sub>17</sub>H<sub>10</sub>), krisen (C<sub>18</sub>H<sub>12</sub>), benzopiren (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>) ve antantrasen (C<sub>22</sub>H<sub>12</sub>) den oluşuyor. Yüksek-kütleli ikinci grup 300-450 atomik kütleli moleküllerden oluşuyor. Bu dağılım, buradaki PAH'ların heterojen bir karışım olduğunu gösteriyor. Araştırmada geçmiş 400 yılın Grönland buz şeridindeki PAH birikimi buz korları içinde çalışıldı. Korlar içindeki tüm PAH derişimi, endüstri öncesinde 10/1 000 000 000 000'dan, buzul erimesinde 1/1 000 000'a kadar çeşitlilik gösteriyordu. Güney yarımkürenin en kirlenmemiş bölgesinin Antarktika olduğu düşünülürken, Antarktik buzul içindeki PAH

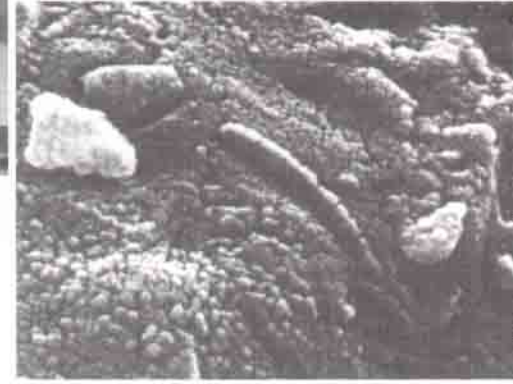
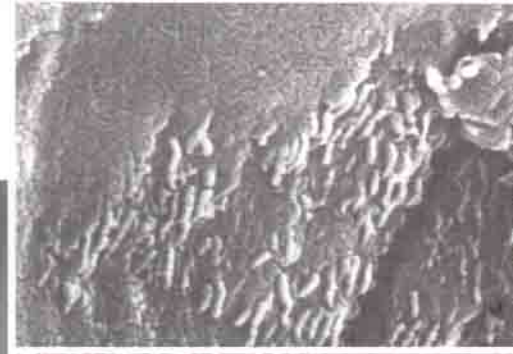


*Bilim adamları eski Mars'ın üzerinde yaşam olduğuna dair kanıtları, patates büyüklüğündeki ALH84001 adlı bu taşın elde ettiler. Ayrıca göktaşı, Mars'tan gelen diğer 12 göktaşı arasında en yaşlı olanı (üstte). Boru şeklindeki form, saç telinin 1/1000'de biri ve antik Dünya fosillerine benziyor; fakat çok daha küçük. Bilim adamları, hücre biçimleri aramak için bu şekli kesip açmayı deniyorlar (yanda).*

derişiminin bu limit (10/1 000 000 000 000-1/1 000 000) arasında olmasını bekleyebiliriz. PAH'ların birincil kaynağı antropojenik yayılımlar. Bunlar, yüksek oranda alkilasyonla, aromatik heterosiklik bileşikler ve özellikle dibenzotifenlerle (C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>S) karakterize edilebilirler. Fakat karşılaştırıldığında, ALH84001'deki PAH'lar 1/1 000 000 oranında alkilasyonu az, dibenzotiofenin ise gözlenmediği ortaya çıkıyor.

PAH'lar Dünya'da tortul kayalarda, kömür ve petrol içindeki fosil moleküllerinde fazlasıyla bulunuyorlar. Bu tip örneklerde, milyonlarca olmasa da, binlerce PAH, homolog ve izometrik seri halinde bulunuyor; fakat ALH84001'de gözlenen formları daha basit.

PAH üzerindeki araştırmaların yanında, Dünya'daki oksijen kullanmayan (anaerobik) bakterilerin ürettiği, Fe-sülfür ve magnetit bileşikleri bulundu. Bu bileşikler fosil benzeri şekillere ve karbonat küreciklerine yakın olarak duruyordu. PAH'ların zengin olduğu çatlak yüzeylerinde karbonat kürecikleri görüldü. Bu zerreler küresel değil, simit biçiminde ve çatlak yüzeyine yapışık

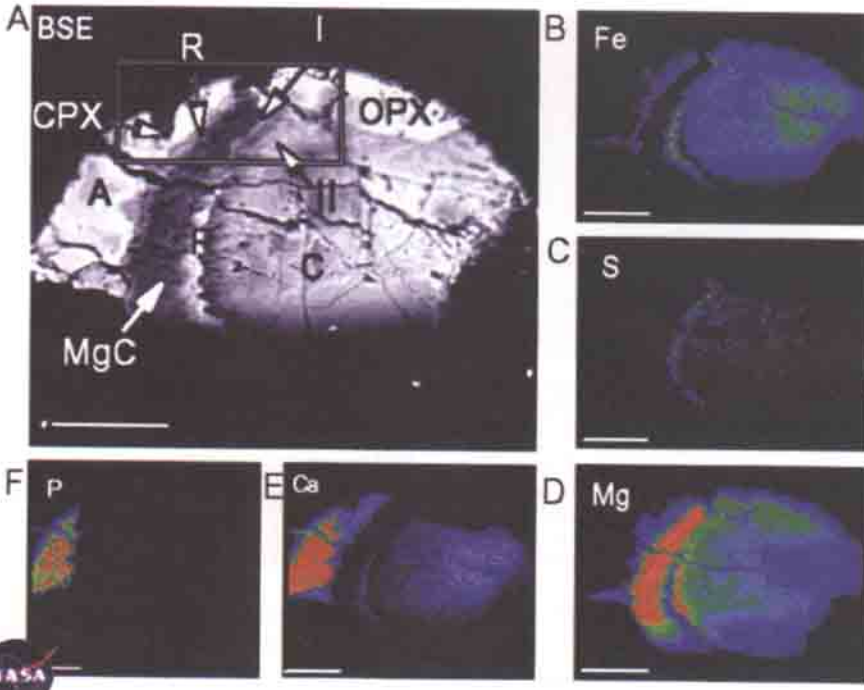


paralel biçimlerde. Karbonat kürecikleri ışık altında turuncu, çoğu siyah ve beyaz çevrelenmiş küresel biçimli, yüksek merceklî stereo ışık mikroskopuyla, oldukça ince ve çatlakla sınırlandırılmış görünüyorlar. Bu geometri, onların yatay olarak büyümelerini sınırlandırıyor; fakat çatlakla paralel gelişebiliyorlar.

Tipik bir kürecik, 50 µm çapındaki elektron mikroskopuyla incelendi. Görüntülerde, daha büyük küreciklerin kalsiyum zengin demir ve magnezyum bantlarıyla çevrelediği saptandı. Küreciğin yakın köşelerinde bolca keskin ince bantlar bulunuyor. İlk bant demir ve kükürt bakımından zengin, ikinci bant demir içermeyen magnezyum, üçüncü bant ise, yine demir ve kükürtten oluşuyor. İnce zerreli karbonatın oluşumu, demir-sülfür (Fe-sülfür) ve magnetit fazlar inorganik ya da biyojenik yöntemlerle açıklanabilir. Tek kümelî manyetik çevre sıcaklığı ve nötr pH ortamında demir çözeltilerinin kısmî oksidasyonu ile inorganik olarak çökebilir. Magnetit ve pirotitin ard arda inorganik çökmesi, yüksek pH'ta güçlü indirgeme koşullarına ihtiyaç duyar. Fakat, karbonat yüksek pH'ta kararlıdır ve karbonatın gözlenmiş çözeltisi asidik koşullara ihtiyaç duyar. Fe-sülfür, magnetit ve karbonatların hepsi yüksek pH koşullarında ve asitliğin düşük pH'ta değiştiği noktalarda, karbonatta kısmî çözünmeye yol açarlar. Karbonatın çözünmesi ancak ve ancak Fe-sülfürün ve magnetitin varlığıyla gerçekleşir. Sonuçta, her ne kadar daha karmaşık modellemeler yaratılsa da, inorganik modelleme gerçekleşmiyor. Buna karşılık, magnetit ve Fe-sülfür fazlarının yar-



*Bu ölçekte pürüzlü yüzeyli ve ince zerreli filossilikat parçalarının (<40 nm) fazlasıyla büyüdüğü görülmüyor. Bizim ilgilendiğimiz formlar, 0,7-0,8 mikrometre boyutlarda. Formları, filossilikatlar kapladığı için bu şekillerin oluşumlarının filossilikatların oluşumundan biraz önce ve Dünya-dışı kaynaklı olduğu düşünülüyor.*



**Elektron mikroskopu haritaları.** ALH84001'deki karbonat üzerindeki 5 element yoğunluğunu gösteriyor. Renkler kırmızı, yeşil, açık mavi ve koyu mavi arasında element yoğunluklarını yansıtıyor. Birim ölçek 20 mikrometre, haritada ortopirokseni (OPX), klinopirokseni (CPX), apatiti (A) ve karbonatı (MgC,C) gösteriyor. Zengin demir halkaları (R), karbonatın (C) merkezini zengin magnetit karbonat (MgC) halkasından ayırıyor. Demir, paralel halkalar içinde en fazla olanı, yaklaşık 3 mikrometre kalınlığında ve karbonat bölgesi 20 mikrometre büyüklüğünde; kükürtçe zengin demir halkalarına bitişik, homojen olarak dağılmamışlar, fakat halkada bütün ya da ayrı bölgeler biçiminde yerleşmişler. Yüksek magnetit derişimi, demirin az olduğu dış karbonat bölgelerinde görülüyor. Kalsiyum, fosfatça zengin bölgelerde çok fazla, 15x20 mikrometre boyutlarında.

dimer fazlarıyla kısmi çözünmüş karbonat biyojenik yöntemle açıklanabilir. Araştırmalarda Fe-sülfitin ve magnetitin tek bakteri hücresi içinde beraber çökmeleri de rapor edildi. Ek olarak Fe-sülfitin ve magnetitin hücre dışı çökmeleri de oksijensiz koşullar altında gerçekleşebilir.

ALH84001'deki magnetit parçaları, yeryüzünde bulunan ve magnetofosiller olarak bilinen magnetit parçalarına benzer. Magnetofosiller, süperparamanyetik magnetit ya da tek tanım kümesinde sınıflandırılır ve çeşitli tortul ve toprağın içinde bulunan bakteriyel magnetozomların fosil kalıntılarıdır.

ALH84001'in küçük parçalarından birkaçının yüzeyindeki karbonatlar da in-

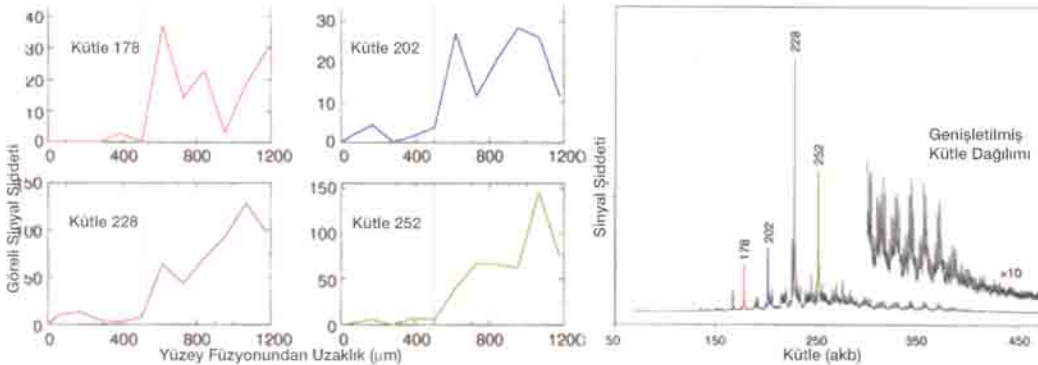
celendi. Küreciklerin zengin demir halkaları, bazı düzensiz açılı nesnelere karışmıştı. Bu formlar, birçok karbonat küreciklerinkine benzer demir bakımından zengin halkalar içeriyor. Bazı küreciklerin merkezinde, karbonat yüzeyi düzensiz, zerrelî şekiller gösteriyor. Bu yüzey formları, ne bölünme ne de sentetik ve diagenetik karbonatların büyüme yüzeyini belirtiyor. Bu yüzeyler, küçük düzenli 20-100 nanometre uzunluktaki formları gösteriyor. Bunlara benzer formlar Güney İtalya'daki yeraltı sularında kalsit derişiminin yüksek olduğu yüzeylerde bulundu. Bu tip formlar, kalsit çökmesince yardımcı olan nanobakterilerdir.

ALH84001 karbonatlarının yüzeyindeki bu formların kökeni henüz belli

değil. Bunun bir açıklaması, karbonatın kısmi çözülmesi sonucu, karbonat yüzeyinde bu formların gözlemlendiği; yani bunların karbonatın aşınım kalıntıları olabilirler. Fakat, araştırmacılar buna benzer herhangi bir jeolojik kayda rastlamadığından, bu olası açıklamayı değerlendirmiyorlar. Formların kökenine ilişkin ikinci açıklama, bu kalıntıların, örnek hazırlanırken ya da laboratuvarın kirlenmesi yüzünden oluşmuş olabileceği. Fakat, araştırmacılar çeşitli araştırmalar sonucunda böyle bir şeyin, yani laboratuvarındaki herhangi bir aksilikten kaynaklanmadığını düşünüyorlar. Bir diğer alternatif açıklama, magnetit ve Fe-sülfid gibi nano büyüklükteki bu formların, mikrobiyolojik etkinliklerin bir ürünü olabileceği yönünde.

Sonuç olarak, ALH84001'de tanımlanmış formlar, inorganik yöntemlerle açıklanabilir; fakat bunlar, katı biçimde belirlenmiş koşulların varlığını gerektirirler. Buna örnek olarak Antarktika'daki buz şeritlerinde sülfid-indirgenmesini gösterebiliriz. Ve bu indirgenmenin henüz gerçekleşmediğini söyleyebiliriz.

Bu tanımlanmış formların, olası organik etkinliklerle oluştuğunu söylemek de olası; fakat böyle bir erkinlik günümüzde tamamen anlaşılmış değil. Bunlara rağmen, tanımlanmış formların çoğu, karbonat küreciklerine yakın bulunuyorlar. Kürecikler, göktaş Antarktika'ya düşmeden önce, Mars'ta oluşmuş olan izotropik kanıtlara dayanıyor. Karbonatlar Mars'ta ve magnetit ile Fe-sülfid Antarktika'da oluştuysa, olası organik ürünlerin (magnetit ve Fe-sülfid) küreciklerin içinde oluşmasını, anlamak zor. Ayrıca, bu ürünlerin oluşması anaerobik bakterilere bağlı olabilir. Üstelik Antarktik buz şeridi oksijen yönünden çok zengin; Dolayısıyla, Antarktika'daki göktaşlarında metalik demirden demiroksitin oluşması çok olağan.



**ALH84001, karbonatça zengin yüzey çatlaklarının ortalama içsel kütle spektrumu.** Spektrum, 1208 tekil spektrumun ortalamasını gösteriyor. Bunlar analiz edilmiş yüzey bölgesinde, 750 mikrometrelik haritada 50 mikrometre uzay çözünürlüğünde tanımlanıyorlar. ALH84001'in yüzey füzyonunda 4 PAH için olan uzaklığın sinyal şiddeti fonksiyonu yandaki grafiklerde gösteriliyor.

Mars kaynaklı göktaşı ALH84001'in araştırılması sonucunda, aşağıdaki kanıtlar erken Mars'ta yaşamın var olduğunu gösteriyor:

- i) Karbonat küreciklerinin oluşma yaşı volkanik kaya oluşma yaşından daha genç.
- ii) Volkanik Mars taşındaki çatlaklar ve boşluklara sıvı dolduktan sonra, ikincil mineral oluşumu ve olası biyojenik etkinlik bölgesi oluşuyor.
- iii) Normal ve taramalı elektron mikroskopuyla gözlenen karbonat kürecikleri ve formları Dünya'ya ait mikroorganizmaları, biyojenik karbonat şekilleri ya da mikrofosilleri andırıyor.
- iv) Dünya'daki mikrobiyal sistemlerde önemli olduğu bilinen magnetit ve Fe-sülfür parçacıkları, oksidasyon-redüksiyon tepkimelerinin sonucu olabilirler.
- v) Karbonat kürecikleriyle zengin yüzeylerde PAH'ların bitişik olarak bulunması: Bu gözlemlerin hiçbiri geçmişte kendi içinde yaşamın var olduğuna dair sonuçlar içermiyor. Bu olgular tek tek göz önüne alındığında, alternatif açıklamaları olsa da, bir araya getirilerek düşünüldüğünde, araştırmacılar bunların eski Mars'taki ilkel yaşamın kanıtları olduğu sonucuna varıyorlar.

## Kırmızı Gezegene Yolculuk Var

İngiliz bilim adamları, Mars'ın gizlerini çözebilecek yeni araçlar üzerinde çalışıyorlar. Oxford Üniversitesi'nde atmosferik fizik dersleri veren Dr. Patrick Irwin, NASA'nın Mars'98 uzay aracının kullanacağı Basınçlı Kızılötesi Radyometre Modülasyonu adlı uzaktan kumandalı aracı geliştiren ekipte yer alıyor. Fakat İngiliz bilimcileri Mars'a ait bakteri fosili bulmak konusuna çekimser yaklaşıyorlar. Dr. Irwin, "Eğer görülecek bir şey varsa, o da Mars yüzeyinin 1,5 km kadar derininde olabilir ve böylece, gelecek araştırmalarda kazı araçları kullanılması gerekecektir. Bizim araçlarımız, Mars yüzeyindeki ya da altındaki organizmaları araştırma kapasitesine sahip değil." diye belirtiyor.

Araştırmaların gelişmesi için önümüzdeki on yıl içinde Mars'a çeşitli uzay gemileri yollanacak.

6 Kasım 1996: Mars Global Surveyor, suyun Mars'ın erken evrimindeki rolünü ve gezegenin ilk yaşamı destek-

leyip desteklemediğini araştırmak için 10 yıllık bir keşfe başlıyor.

225 milyon Dolar'a mal olan Surveyor, Eylül 1997'den itibaren gezegenin atmosferini araştırarak ve yüksek çözünürlükte görüntüler alacak.

16 Kasım 1996: Mars'96 adlı 65 tonluk Rus uzay aracı yaklaşık 370 milyon Dolar'a mal oluyor. 11 aylık "Kırmızı Gezegen Yolculuğu"na 16 Kasım 1996'da başlayacak. Uzay aracının maliyetinin 200 milyon Dolar'lık kısmı Avrupa'lılar tarafından karşılanıyor. Mars'ın yörüngesine girmeden önce Mars'96, sismik ve atmosferik ölçümler yapmak için, 2 küçük yüzey istasyonunu Mars'a bırakacak. Gezegen yüzeyine iki roket atılacak. Bu roketler, yerin 6 metre içine gömülerek toprağı analiz edecek.

2 Aralık 1996: NASA, Mars üzerinde Pathfinder uzay aracının inşaatı için düz bir alan seçti. 190 milyon Dolar tutarındaki uzay aracı, önceden fırlatılmış Mars'96'yı ve Mars Global Surveyor'u sollayarak 4 Temmuz 1997'de Mars'a inşaat yapacak ve 20 yıl orada kalacak. İnşaat yapan araç, kayaları ve toprağı araştırmak için altı tekerlekli gezici bir araç taşıyacak.

Ağustos 1998: Japonların, Kırmızı Gezegen'i araştırmak için yaptığı ilk araç olan, yine 190 milyon Dolar maliyetli uzay aracı, Planet B fırlatılacak. Araç, Mars'ın üst atmosferini ve Güneş rüzgârıyla etkileşimini araştırarak.

Aralık 1998: NASA'nın 200 milyon Dolar tutarındaki Mars'98'in ilk aşaması fırlatılacak. Yörüngedeki araç, gelişmiş fotoğraf makineleri kullanarak Mars'ın günlük hava haritalarını görüntüleyecek. Aynı zamanda, Basınçlı Kızılötesi Radyometre Modülasyonu, Mars atmosferinin sıcaklık, su buharı ve toz içeriğini ölçecek.

3 Ocak 1999: Mars'98, Mars'ın kutuplarına gidip, bir robot kolu yardımıyla önce yüzeyi kazıp, örneklerin bu içeriğini ve donmuş karbon dioksit miktarını ölçecekler.

Temmuz 2005: Mars Surveyor 2005, toprak örneklerini Dünya'ya analiz için geri getiren ilk araç olacak. Sonuçta Güneş Sistemi'nin bu kurak dördüncü gezegeninde yaşamın var olup olmadığının kesin kanıtları bu araçla Dünya'ya taşınacak.

NASA için Mars örneklerinden sorumlu olan David Kaplan, "İki kilog-



Karbonat küreciklerine dönüşmüş karmaşık moleküller, elektron mikroskobu görüntüsünde altın rengindedirler.

ramlık Mars örneği, bize Mars'ta bir zamanlar var olan göller, nehirler ve belki Dünya'ninkine benzeyen atmosferdeki çevresel değişimlerle ilgili çok önemli bilgiler getirecek." dedi. Dünya'nın "Mars'lı mikroplar" tarafından istila edilmesi kaygısı nedeniyle örnekler, halen kuruluş çalışmaları süren Uluslararası Uzay İstasyonu'nda belli bir süre karantina altına alındıktan sonra, sterilize edilip, Dünya yüzeyine indirilecekler.

Bugün elde edilen veriler tam anlamıyla sonuç verici değil, dahası henüz bilimsel fikir birliği bile bütünüyle oluşmadı. Fakat göktaşı üzerinde çalışmış ve çeşitli araştırmalar yapmış olan bilim adamları, çok az da olsa kapıyı aralamış durumdadır. Sonuçlar bize "sadece" Mars'ta bir zamanlar ilkel yaşam olduğuna dair ipuçları veriyor. Yine de hayatta olmak için iyi bir zaman. Yakın yıldızlara ait gezegenler keşfedildi. Uzayın derinliklerine ait şartları bilgilere ulaşıldı. Ve "Şu anda yaşam sadece Dünya'ya mı ait?" sorusuna yanıt bekleniyor. Bunun yanıtı Güneş'e üçüncü uzaklıktaki mavi gezegende yapılan araştırmalarla verilecek.

Özgür Ergin

Konu Danışmanı: Mehmet Emin Özel  
Prof. Dr. TÜRKİYE MAM Uçay Teknolojileri Bölümü

Kaynaklar  
<http://ci-ames.arc.nasa.gov/ncs/ncs.htm>  
<http://ci-ames.arc.nasa.gov/mars/ncs/mars98.htm>  
<http://www.cnrkolen.org/Eler/ncs/mars98.htm>  
<http://www.leland.stanford.edu/dept/ucw/syrc/ncs/960806mardfosils.htm>  
<http://www.esa.int/esa/ncs/ncs/mars98.htm>  
<http://www.fis.org/mars/ncs/ncs.htm>