

Dünya Dışı Yaşam Arayışı

Son birkaç onyıll içinde insan, ciddi ve sistematik olarak başka bir yerde yaşam olup olmadığına ilişkin kanıtlar aramaya koyuldu. Henüz Dünya dışında yaşam belirtisine rastlanmamış olmasına karşın, şimdiden cesaretimizin kırılmasına da gerek yok. Uzaya gönderilen uydular, bir zamanlar yaşamın başlamış olabileceği; ancak bugün için hiçbir canlılık belirtisi olmayan dünyalar saptadılar. Galileo uzay aracı, yaptığı son yolculukta açıkça yaşam belirtisi olarak kabul edilebilecek bulgular elde etti. Hızla çoğalan kanıtlar, evrende bizimkine benzer sayısız gezegen sistemi olduğunu gösteriyor.

UYGULAMADA, Güneş sistemi içinde bir yerlerde yaşam belirtisi bulmakla ilgilenen bilim çevreleri, araştırmalarını kimyasal bir yaklaşımla destekliyorlar. Dünya üzerinde yaşayan tüm diğer organizmalar gibi insan yapısının temelinde de sıvı su ve organik moleküller bulunur. (Organik moleküller, karbon dioksit ve karbon monoksitten başka, karbon içeren bileşiklerdir.) Yeterli olmasa da zorunlu bir ölçüt belirleme çabasında olan ılımlı bir araştırma stratejisi, sıvı su ve organik molekül aramakla işe başlamalıdır. Böylesi bir yaklaşım, hiç haberdar olmadığımız yaşam formlarını gözden kaçırmamıza neden olabilir kuşkusuz; ancak bu formları başka yöntemlerle saptayamayacağımız anlamına da gelmez. Viking uzay aracı Mars'a

indiğinde yanından silikon temelli bir zürafa geçecek olsaydı, bunu görüntülemek zor olmazdı herhalde.

İlgimizi organik madde ve sıvı su üzerine yoğunlaştırmanın dar görüşlülük ya da yalnızca kendi türümüzü göz önüne almamıza neden olan bir aşırılık olduğu da söylenemez aslında. Diğer hiçbir kimyasal element, oluşturabildiği bileşiklerin çeşitliliği ve karmaşıklığı bakımından karbona yakın düzeyde değildir. Sıvı su, organik moleküllerin çözünebileceği ve etkileşime geçebileceği dengeli, son derece yeterli bir ortam sağlar. Dahası, organik moleküller evren içinde şaşırtıcı bir bolluk gösterirler. Astronomlar, yıldızlar arası gaz ve toz zerreciklerinden meteoritlere, Güneş Sistemi'nin dış gezegenlerine kadar her yerde bu moleküllerin varlığına ilişkin kanıtlar buluyorlar.

Diğer bazı moleküller-örneğin hidrojen florid- başka molekülleri çözündürme yetisi bakımından suya yakın bir özellik gösterir; ne var ki evrende son derece az miktarda bulunur. Silikon gibi belirli atomlar, alternatif bir yaşam kimyası içinde karbonun bazı rollerini üstlenebilirler; fakat sağladıkları bilgi-içeren moleküllerin çeşitliliği, karşılaştırmalı olarak oldukça yetersizdir. Bunun da ötesinde karbondioksitin silikon eşdeğeri olan silikon dioksit (sıradan camın da en önemli bileşenidir), tüm gezegen yüzeylerinde gaz halinde değil; katı formda bulunur. Bu ayrımlar, silikon temelli bir metabolizmanın gelişimini kesinlikle güçleştirecektir.

Suyun donmuş, yani katı halde bulunduğu aşırı derecede soğuk dünyalarda sıvı amonyak gibi bir diğer çözücü, farklı bir tür biyokimya formu için temel oluştura-

bilir. Düşük sıcaklıklarda belli molekül sınıfları, kimyasal tepkimeye girmek için çok küçük bir aktivasyon enerjisi gerektirirler; ancak bizim laboratuvarlarımız, örneğin Neptün'ün uydusu Triton'un sıcaklığında değil de oda sıcaklığında olduğundan, bu moleküllere ilişkin bilginin yetersiz olduğu rahatlıkla söylenebilir. Şu an için karbon ve su temelli yaşam formları, bildiğimiz ve düşünebildiğimiz tek türdür.

Dünyamızda yaşamın karakterini belirleyen yapılar, kalıtsal yönergeleri oluşturan nükleik asitler (DNA ve RNA) ve hücre ile organizmanın kimyasını, enzimler gibi katalizör olarak kontrol eden proteinlerdir. Nükleik asidin protein yapıya bilgi aktarımını sağlayan kodlar, Dünya'da var olan tüm yaşam formları için aynıdır. Kalıtsal kimya için söz konusu olan bu büyük benzerlikten yola çıkarak, gezegenimizde bulunan her organizmanın, yaşamın kökeninde hepsi için ortak bir örnekten çıkarak geliştiği sonucuna varılabilir. Bu durumda Dünyamızda var olan yaşamın hangi yönlerinin zorunlu (herhangi bir yerde yaşayan herşey için gerekli), hangilerinin rastlantısal (başka türlü olmaları halinde organizmaların çok farklı özellikler kazanmasına neden olacak olan rastlantıların belli bir sıra izlemesinin sonuçları) olduğunu bilmemizi sağlayacak bir yol yoktur. Tahminlerde bulunabiliriz; ancak biyologlar, yalnızca başka bir yerdeki yaşamı incelemek yoluyla diğer olasılıkları doğru olarak belirleyebilir.

Yaşam arayışına başlarken ele alacağımız ilk yer, kendi Güneş Sistemimiz olmalıdır. Uzaya gönderilen araçlar yoluyla 100 ile 100 000 km arasında değişen uzaklıklar içinde yetmişten fazla gezegen, uydu, kuyruklu yıldız ve asteroid araştırıldı. Bu uzay gemileri manyetometreler, yüklü parçacık detektörleri, görüntüleme sistemleri; kızılötesi ile kilometre dalga boyu radyo aralığındaki ışınları algılayabilen fotometrik ve spektromet-

rik aletlerle donatılmışlardı. Ay, Venüs ve Mars'ın çevrelerinde yörüngeye oturtulan ve yüzeylerine inen insansız uzay araçları, bulguları hem onayladı hem de çeşitlendirdi.

Elde edilen bulgulardan hiçbiri, Dünya dışı yaşam olduğunu kesin olarak gösterecek ya da en azından bu yönde ipucu verecek denli yeterli değildi. Öte yandan eğer varsa, böyle bir yaşam örneği alışık olduğumuz formlardan oldukça farklı ya da marjinal olabilir. Diğer dünyaları araştırmak için kullandığımız uzaktan algılama teknikleri, bir başka dünyada bulunabilecek, olasılıkla zayıf yaşam belirtilerini algılayabilecek kadar duyarlı olmayabilir. Dünyamızın yakınlarından geçirilecek, gerekli donanımına sahip bir uzay aracı ile yerkürede yaşam saptaması yapılması şeklinde basit bir test uygulayarak bu tekniklerin denenmesi, yakın zamana kadar hiç yapılmamıştı. National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Araştırmaları İdaresi)'nin gönderdiği Galileo, bir süre önce bu eksikliği de giderdi.

Galileo, hem Jupiter'in yörüngesinde inceleme yapacak, hem de Jupiter atmosferine girerek iç yapısını araştırarak insansız bir roket olma özellikleri ile çift amaçlı bir araç; şu an için gezegenler arası uzayda bulunuyor ve 1995'in Aralık ayın-

da Jupiter sistemine ulaşması planlanıyor. NASA, teknik nedenler dolayısıyla Galileo'yu doğrudan bir rotayla Jupiter'e gönderemedi; bunun yerine yolculuğu sırasında araca itici kuvvet sağlamak amacıyla, ikisi Dünya, biri Venüs ile olmak üzere, hedefe üç çekimsel randevu eklendi. Bu aşamalı rota transit zamanını epeyce uzatmış olmakla birlikte, aracın gezegenimizle ilgili olarak yakın gözlemler yapabilmesini sağlamış oldu. Galileo'da bulunan araçlar, yerkürenin de söz konusu olduğu bir hedef için tasarlanmış olmadığından, tesadüfen bir kontrol deneyi hazırlanmış oldu: tipik, modern bir gezegen araştırma uydusu kullanarak Dünya'da yaşam araştırması. Galileo'nun 1990 yılı Aralık ayında Dünya ile ilgili olarak yaptığı araştırmaların sonuçları oldukça aydınlatıcı oldu.

Galileo'nun elde ettiği verilere bakan bir gözlemci, yerküre ile ilgili bir takım olağan dışı gerçekleri hemen fakedecektir. Çalışma arkadaşlarıyla birlikte Galileo'nun aldığı kızılötesi dalga boylarına yakın (kızıl ışıktan çok az daha uzun) tayfları incelerken, moleküler oksijenin ışınımı soğurduğu dalga boyu olan 0.76 mikronda, parlaklıkta kuvvetli bir azalma olduğunu farkettiler. Soğurma profilinin şiddeti, Dünya atmosferinde, Güneş Sistemi'ndeki tüm diğer gezegenlerde olduğundan kat kat fazla miktarda moleküler oksijen bulunduğunu gösteriyordu.

Oksijen, yerküre yüzeyindeki kayaları oluşturan elementlerle yavaş yavaş birleşir; bu nedenle oksijen bakımından zengin atmosferin eksikliğini gidermesi için bir oksijen üretimi mekanizması gereklidir. Güneş'ten gelen morötesi ışık su (H₂O) moleküllerini ayrıştırdığında bir miktar oksijen serbest kalır ve düşük kütleli hirojen atomları da uzaya dağılır. Ancak yerkürenin kalın atmosfer yapısı içinde bulunan büyük oksijen yoğunluğunu (% 20) bu süreçle açıklamak çok zordur.

Morötesinden başka gözle görülür ışık, su mo-



Galileo'nun yaptığı ölçümler ve elde ettiği görüntüler, Dünya'da yaşam olduğunu doğruluyor. Resimde görülen turuncu renkli bölgeler, kırmızıyı emen bir pigment olan klorofili ifade ediyor.

leküllerinin bağı kırabilseydi, atmosferdeki oksijen miktarının böylesine çok olması anlaşılabilirdi; çünkü Güneş, morötesi ışıktan çok daha fazla görülür ışık fotonu yayar. Ne var ki görülür ışığın fotonları, sudaki H-OH bağı koparamayacak kadar zayıftır. Su molekülünü kırmak üzere iki görülür ışık fotonunu birleştirecek bir yol olsaydı, çözüm kolaydı. Bildiğimiz kadarıyla bu -yaşam, özellikle bitkilerde görülen fotosentez- dışında olanaksız. Dünya atmosferinde moleküler oksijenin yaygın olarak bulunması, gezegenimizde yaşam olduğunu gösteren ilk ipucu olarak kabul edilir.

Galileo yerküreyi fotoğrafladığında, anakaraları belirleyen keskin bir soğurma bandı olduğuna ilişkin şaşmaz ipuçları elde etti : bir madde, 0.7 mikron (görülür tayfin en uzak kızıl ucu) dolayındaki dalgaboylarında ışınımı emiyordu. Bilinen hiçbir mineral böyle bir özellik göstermez

molekülünün bile kalmaması gerektiğini göstermektedir. Bazı süreçler (örneğin baktıklıklarda ve büyük baş hayvanların işkembelerinde bulunan bakteriyel metabolizmalar) sonucu metan miktarı aynı kalır. Metan dengesizliği, Dünya'da yaşam olduğunu gösteren üçüncü belirtidir.

Son olarak Galileo'nun plazma dalgası aracı, Dünya'dan gelen dar-bantlı, puls yapan, değişen genlikli radyo emisyonları olduğunu saptadı. Bu sinyaller, Dünya yüzeyindeki radyo iletimlerinin iyonosferden geçebildiği ilk frekansta başlıyor ve şimşek ya da Dünya'nın manyetosferi gibi doğal radyo kaynaklarına da benzemiyordu. Bu alışılmamış, düzenli radyo sinyalleri, teknolojik bir uygarlığın olduğuna dair güçlü bir kanıttır. Aynı zamanda yaşamın olduğuna ilişkin dördüncü; geçtiğimiz iki milyar yıl içinde Dünya yakınlarından geçen benzer bir uzay aracının farkedemeyeceği tek belirtidir.

Mars'a Viking adlı iki uzay aracı gönderdi. Araçlar, çöllerde ve çorak alanlarda bile yaşam olasılığına karşılık yeterince duyarlı aletlerle donatılmışlardı.

Deneylerden birinde, Dünya'dan götürülen organik maddelerin varlığı durumunda Mars'ın yüzey maddeleri ile atmosferi arasındaki gaz alışverişi ölçüldü. İkinci bir deneyde, gezegen yüzeyine büyük çeşitliliğe sahip olan ve radyoaktif izleme elementleri içeren besin maddeleri yerleştirildi ve Mars toprağında besini yiyerek okside eden (yakarı), sonuçta da dışarıya radyoaktif karbondioksit veren yaşam formları olup olmadığı araştırıldı. Üçüncü olarak da mikrop olup olmadığını belirlemek amacıyla Mars toprağı radyoaktif karbondioksit ve karbonmonoksit maruz bırakıldı.

Üç Viking deneyinden de olumlu sonuçlar alınması, bilim adamlarında büyük şaşkınlık yarattı. Gazlar arası değişimler oluyor, organik madde okside oluyor, karbondioksit toprak tarafından alınıyordu.

Ancak bu umut verici sonuçların Mars'ta yaşam olduğuna ilişkin bir tartışma ortamı yaratmaması gerektiğini gösteren nedenler vardır. Mars'taki mikropların neden olduğu varsayılan metabolik süreçler, oldukça büyük çeşitlilikte koşullar altında görülmüştü: ıslak ve kuru, aydınlık ve karanlık, soğuk (donma noktasının hemen üstü) ve sıcak (hemen hemen suyun normal kaynama noktası). Birçok mikrobiyolog, Mars mikroplarının böylesine çok çeşitli ortamlarda var olmasının olanaksız olduğu kanısındalar. Bu konuda kuşku duymak için ikinci güçlü neden de, Mars toprağında organik molekül olup olmadığını araştırmak için yapılan deneyin, aletler milyarda bir oranında bulunan molekülleri ölçümleyebilecek kadar duyarlı olmasına karşın, bütünüyle olumsuz sonuç vermesiydi. Mars'ta bulunacak herhangi bir yaşamın-Dünyamızda olduğu gibi-karbon temelli moleküllerin kimyasını ifade edeceği düşünölmüştü. Böyle moleküllere rastlanmaması, iyimser egzobiologları hayal kırıklığına uğratmıştı.

İki Viking uzay aracının yaptığı deneylerden elde edilen görünürde olumlu sonuçlar, bugün, toprağı okside eden kimyasallara bağlanmaktadır. Bu kimyasallar, Güneş kaynaklı morötesi ışık Mars atmosferini ısıttığında oluşur. Viking projesinde görev alan bilim adamlarının küçük bir bölümü, aşırı derecede sağlam ve esnek organizmaların var olabileceği ve Mars toprağı üzerine çok ince bir tabaka halin-



Viking 2 uzay aracı, Mars toprağından aldığı örnekleri inceleyerek, bu gezegende organik molekül, yani yaşam olup olmadığını araştırdı. Başlangıçta elde edilen bulgular umut verici olmakla birlikte, deney sonuçları Mars'ın bugün için ölü bir gezegen olduğunu gösterdi.

ve Güneş Sistemi'nin başka bir yerinde de benzer bir durum söz konusu değildir. Bu gizemli madde, gözle görülür fotonların suyu ayrıştırarak moleküler oksijen üretmek üzere bir araya gelmeleri durumunda ortaya çıkması olası, ışık emen bir pigment türüydü. Galileo, klorofil olarak bildiğimiz bu pigmentin, yerküredeki kara alanlarının çoğunu kapladığını saptadı. (Klorofil yeşil ışığı yansıtıp, kırmızı ve maviyi tuttuğundan, bitkiler yeşil görünür.) Klorofil kızıl bandın bulunması da, yerkürenin, içinde canlı barındıran bir gezegen olduğunu düşünmek için ikinci nedendir.

Galileo'nun kızıl ötesi spektrometresi, atmosferde eser miktarda, milyonda bir civarında, metan da saptadı. Önemsiz görünmesine karşın, oksijen ve metan miktarları arasında bu kadar büyük bir dengesizlik olması şaşırtıcıdır. Atmosferdeki metan hızla oksidasyona uğrayarak suya ve karbon dioksit dönüşür. Termodinamik dengede iken hesaplamalar, tek bir metan

Galileo'dan alınan bu olumlu sonuçlar, eğer varsa, diğer dünyalarda yaşam olduğunu gösteren belirtileri saptayabileceğimiz konusunda bizi cesaretlendirmiştir. Ancak böyle bir kanıtı rastlamadığımız göre, Güneş Sistemi içinde yerküreden başka hiçbir gezegende büyük ölçekli bir biyolojik aktivite olmadığı sonucuna rahatlıkla varabiliriz.

Mars, yüzeyini görebildiğimiz en yakın gezegendir. Bu gezegenin de bir atmosferi, kutuplarında buz tepeleri, iklim değişimleri ve 24 saat uzunluğunda günleri vardır. Uzun yıllar boyunca bilim adamlarına, özellikle yazarlara ve kamuoyuna, Dünya dışı yaşam olması en olası gezegen Mars gibi gelmişti. Ne var ki Mars yakınlarına gönderilen uzay araçları ya da yörüngesine yerleştirilen uydular, moleküler oksijen fazlasına, doğaları ne olursa olsun ciddi anlamda termodinamik dengesizlik gösteren maddelere, beklenmedik yüzey pigmentlerine ve düzenli radyo emisyonlarına rastlayamadılar. 1976'da NASA,

de yayılmış olduklarından, metabolik süreçlerinin saptanabilmesine karşın, organik kimyalarının saptanamayacağı şeklindeki kuşularını hâlâ taşımaktadırlar. Bu bilim adamları, morötesi ışık kaynaklı oksidanların varlığını inkar etmemekle birlikte, Viking araçlarının yaptığı, yaşam saptamaya yönelik deneylerin sonuçlarının, yalnızca oksidanlar temel alınmak üzere şimdide değin hiç kimse tarafından bütünüyle açıklanamamış olduğunu da vurguluyorlar. Birkaç araştırmacı, Mars yüzeyinin, çok eskiden meydana gelmiş çarpışmalar nedeniyle uzaya dağılmış parçaları olduğu düşünülen meteoritlerde (SNC meteoritleri) organik madde saptandığına ilişkin iddialarda bulundular. Dünyamıza vardiktan sonra meteoritler içine, kirleticiler içeren organik maddelerin girmiş olması daha olasıdır. Çünkü Mars üzerinde birbirine uzaklığı 5 000 km olan iki farklı alanda yapılan deneylerden, yaşam olduğuna dair açık ve güvenilir bulgular elde edilememiştir. Viking bulguları, en azından bugün için Mars'ın üzerinde yaşam olmadığını gösteriyor.

Uzak geçmişte Mars'ta yaşam olmuş mudur? Sorunun yanıtı, yaşamın ne çabuklukta oluşabileceğine, yani üzerinde pek bilgi sahibi olmadığımız bir konuya bağlıdır. Astronomlar, Dünya'yı oluşturan ilkel gezegen maddelerinin, yani gezegenel yapı taşlarının arasındaki çarpışmalar nedeniyle başlangıçta gezegenimizde de yaşam olmadığından eminler. Önceleri Dünya'nın üzeri kalın bir tabaka erimiş kaya ile kaplıydı. Bu magma donduktan sonra büyük gezegen parçaları zaman zaman Dünya üzerine düşerek okyanusları kaynatmış ve eğer o sıralarda oluşmaya başladyısa, yaşamı ortadan kaldırmış olabilir.

Yaklaşık 4 milyar öncesine kadar herşey bütünüyle oturmamıştı. Fosiller, 3,6 milyar yıl önce mikrobiyal mikrop düzeyinde yaşamın başladığını gösteriyor (bu yaşam biçimi oldukça büyük, basketbol topu büyüklüğünde mikroorganizma kolonileri olan stromatolitleri de kapsıyordu). Bu erken yaşam formlarının biyokimyasal olarak oldukça üstün oldukları söylenebilir. Birçoğu, Dünya'nın oksijen bakımından zengin, garip atmosfer yapısına yavaş yavaş uyum sağlayan, fotosentez yapan türlerdi. Eski kayalardaki karbon izotop oranları üzerinde yapılan bir çalışma sonucunda da yaşamın 3,8 milyar yıl önce yeni yeni oluşmaya başladığı anlaşılmış oldu.

4 ile 3,8 milyar yıl arası bir süre önce, Mars'ta söz konusu koşullar, yaşamın oluşmasına uygun ortam sağlamış olabilir. Mars'ın yüzeyi, çok eskiden burada akarsular, göller hatta belki 100 metreden daha derin okyanuslar olduğunu gösteren izlerle kaplı. 4 milyar yıl öncesinin Mars'ı, bugünküne göre çok daha sıcak ve nemliydi. Bu parçalar bir araya getirildiğinde, eski Mars'ta bir zamanlar eski Dünya'daki gibi yaşamın başlamış olduğu düşünülebilir. Bu varsayım doğruysa, ortam kötüleşmeye başladıkça yaşam, geriye kalan uygun yerlerde -belki de tuzlu su göllerinde ya da iç sıcaklığın toprağın buzunu erittiği yerlerde- sürmüştür. Birçok gezegen bilimcisi, gelecekte yapılacak Mars keşiflerinde olası, eski bir yaşama ait kimyasal ya da morfolojik fosil araştırmalarına öncelik verilmesi konusunda hemfikirler. Olumlu sonuç alma olasılığı çok düşük de olsa, çağdaş Mars vahalarında yaşam izi aramak, verimli bir girişim olacaktır.

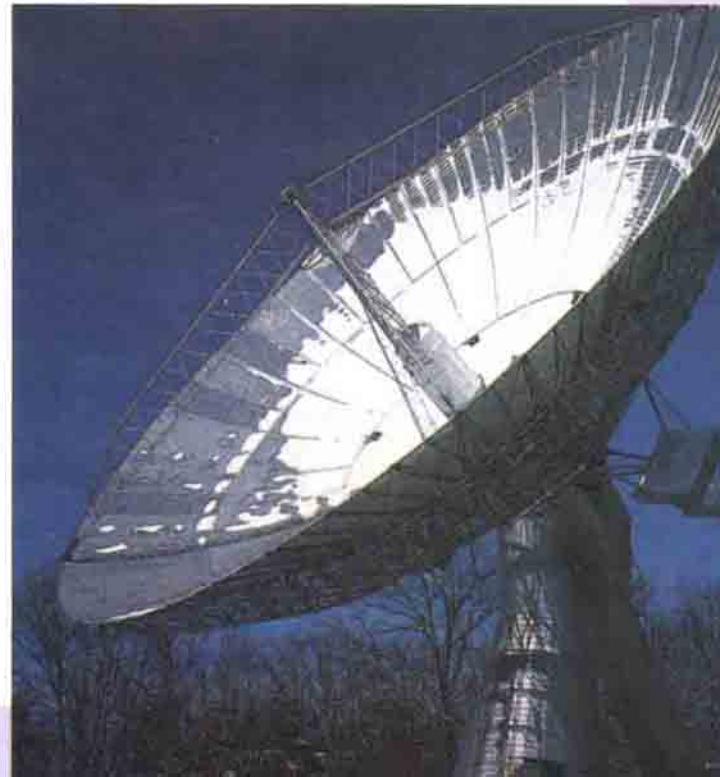
Güneş Sistemi içinde ve hatta ötesinde organik kimyanın çok yaygın olduğu son derece açıktır. Mars'ın, renklerinin koyu olması nedeni ile organik maddeden oluşmuş (ya da en azından organik madde ile kaplı) gibi görünen, Phobos ve Deimos adlı iki uydusu vardır. Bunların Güneş Sistemi'nin dışından gelmiş ve gezegenin çekim alanına girmiş asteroidler olduğu düşüncesi yaygındır. Aslında, organik madde ile kaplı çok fazla sayıda küçük Dünya olduğu söylenebilir: Jupiter ve Mars arasındaki ana asteroid kuşağındaki C ve D tipi asteroidler adı verilen cisimler; Halley gibi kuyruklu yıldızların çekirdekleri; en dıştaki gezegenlerin yakınlarında bulunan yeni keşfedilmiş asteroidler gibi. Avrupa Uzay Ajansı'nın 1986'da uzaya gönderdiği Giotto uzay aracı, doğrudan Halley Kuyruklu Yıldız'ını çevreleyen bulutların içine girerek, çekirdekte %25'e varan oranlarda organik madde olabileceğini saptadı.

Karbonlu kırırdak olarak bilinen ve Dünya'da bol bulunan bir meteoritin, ana kuşaktaki C-tipi asteroid parçaları içerdiği düşünülmektedir. Karbonlu me-

teoritler, aromatik ve diğer hidrokarbonlar bakımından zengin organik tortular içerirler. Bilim adamları bir miktar amino asit (proteinlerin yapı taşları) ve nükleotid temeller (genetik kodu belirleyen DNA çift sarmalının basamaklarından her biri) de saptadılar.

Yerküre ilk var olduğu sıralarda atmosfere giren asteroid ve kuyruklu yıldız parçaları, beraberlerinde büyük miktarlarda organik molekül de getirdiler. Bunlardan bazıları, atmosferin girişinde oluşan yüksek sıcaklığa karşın varlıklarını sürdürdüler ve yaşamın başlangıcına önemli katkıda bulunmuş oldular. Aynı şekilde diğer dünyalara da suyla birlikte organik madde sağlanmış olabilir. Bu dünyalarda, biyolojik dönem öncesi kimyanın kritik aşamalarının oluşabilmesi için gerekli olan, büyük miktarlarda sıvı suyun bulunmasına gerek de yoktur. Çünkü su, yüzeyin altındaki kaynaklarda ve göletlerde mineral zercikleri üzerinde ince tabakalar halinde bulunabileceği gibi, çeşitli çarpmalar sırasında yüzey buzlarının erimesiyle de ortaya çıkabilir.

Biyolojik dönem öncesi organik kimyayı gösteren en çarpıcı örneklerden biri, Satürn'ün devasa uydusu (Merkür gezegeni büyüklüğünde) Titan'dır. Bu uyduda, karmaşık organik moleküllerin kimyası gözlerimizin önüne serilir. Titan'ın, çoğunlukla moleküler nitrojenden ve %10 dolayında da metandan oluşan, bizim Dünya'mızın atmosferinin 10 katı büyüklüğünde bir atmosferi vardır. Voyager 2, 1981'de Titan'a yaklaştığında uyduda opak, kırmızı-



zımsı portakal rengi bir sisle kaplı olduğundan, yüzeyi görülemedi. Yüzey sıcaklığı çok düşüktür-179 derece Celcius. Katı formdaki kayanın çok altında olan yoğunluğunu ve yakınlarındaki gezegenlerin kompozisyonunu göz önüne alacak olursak, Titan'ın yüzeyinde ve yüzeye yakın bölgelerinde, buz formunda büyük miktarlarda su olması gerektiği sonucuna varırız. Titan'ın atmosferinde hidrokarbonlar ve nitriller gibi birkaç basit organik molekül de az miktarlarda bulunmaktadır.

Güneş'ten gelen morötesi ışık, Saturn'ün manyetosferinde yakalanan yüklü parçacıklar ve kozmik ışınlar, Titan'ın atmosferini bombardımana tutar ve kimyasal tepkimeleri başlatırlar. Cornell Üniversitesi'nden çalışma arkadaşım W. Reid Thompson ile birlikte morötesi ışının etkilerini dikkate alarak "aurora" olayını oluşturan elektron bombardımanının simülasyonunu yaptığımızda sonuçların, gözlenen gaz formundaki organik bileşenlerin miktarı ile uyum içinde olduğunu bulduk.

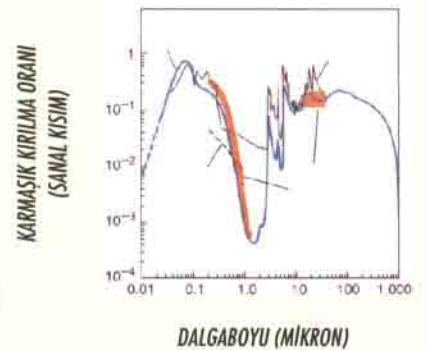
Meslektaşım Bishun N. Khare ile birlikte, Cornell'de Titan atmosferindeki çeşitli düzeylerin basıncını ve kompozisyonunun simülasyonunu yaparak gazları yüklü parçacık bombardımanına tuttuk.

Deney sonucunda, Titan tolini dediğimiz; koyu renkli, organik bir katı madde çıktı ortaya. Titan tolininin optik sabitlerini ölçtüğümüzde, Titan sisinin gözlemlerinden çıkarılan optik sabitlerle çok iyi uyumunu gördük. Oysa başka bir madde ile böylesi bir uyuma söz konusu değildir.

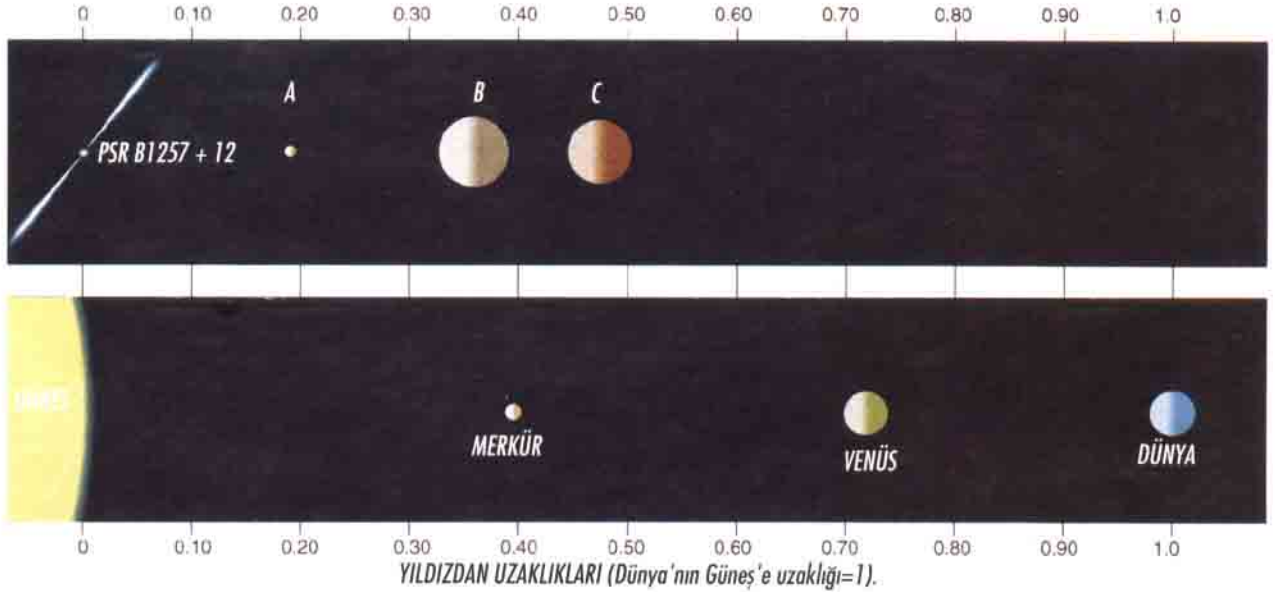
Organik moleküller, Titan atmosferinin üst kısmında sürekli olarak oluşur ve üst hava tabakasında yeni tolinler üretildikçe yavaş yavaş aşağıya inerler. Geçtiğimiz dört milyar yıl içinde bu süreç devam ettiyse, Titan yüzeyinin onlar, hatta belki yüzlerce metre tolinle ve diğer organik ürünlerle kaplı olması gerekir. Üstelik Thompson ile birlikte yaptığımız hesaba göre, Titan'da tipik bir bölgede, Güneş Sistemi'nin tarihi boyunca çarpmalar sonucu ortaya çıkan ısı nedeniyle yüzyıllar boyu sıvı suyun bulunma olasılığı 50'ye 50'dir. Titan tolini ile su laboratuvarında karıştırıldığında, amino asitler elde edilir. Ayrıca nükleotid temellerin, polisiklik aromatik hidrokarbonların ve diğer bileşiklerin harika bir karışımının izlerine de rastlandı. Yerkürede yaşamın oluşmaya başlaması için 100 milyon yeterli ise, aynı şey için Titan'da 1 000 yıl yeterli olabilir mi? NASA Cassini aracı 2004 yılında Saturn sistemine ulaştığında, Titan da ilk

kez yakından incelenmiş olacak. Güneş Sistemimizin ötesine, yıldızlar arası boşlukları dolduran gazlara ve zerreciklere baktığımızda, organik kimyanın oldukça yaygın olduğuna dair çarpıcı belirtilerle karşılaşılıyor. Moleküllerin özel frekanslarda yaydığı ve soğurduğu mikro dalgaları inceleyen astronomlar, yıldızlar arası uzayda kırkta fazla basit, organik bileşik saptadılar- hidrokarbonlar, aminler, alkol ve nitriller gibi, bazıları HC_nN benzeri düz karbon zincirine sahip bileşikler. Yıldızlar arası toz parçacıklarından oluşan bir bulut, yerküre ve kızılötesi ışınlar yayan daha uzak bir kaynağın arasına girdiğinde, hangi kızılötesi dalga boylarının parçacıklar tarafından soğurulduğunu belirlemek ve dolayısıyla bulutun yapısı konusunda bilgi edinmek olasıdır.

Bir kısım kızılötesi ışığın ise polisiklik aromatikler ve kömür katranında bulunan bileşenlere benzer karmaşık hidrokarbonlar tarafından soğurulduğu düşünülmektedir. Kızılötesi tayfin 3.4 mikrona yakın bölümünde, üç ayrı soğurma profili görülür. Benzer özellikte örüntüler, kuyruklu yıldız tayflarında, hidrokarbon buzların ısıtılması sonucu oluşan tolinlerde ve meteoritlerde görülen organik maddede de belirgindir. Bu kızılötesi parmak izine,



Titan'ın nitrojen-metan atmosferi ile ilgili olarak yapılan simülasyonlar, Titan tolini adı verilen, katran benzeri karmaşık organik moleküller toplamı bulunduğunu gösteriyor (sol resim). Titan'ın yüzeyini kaplayan sisin nedeni, benzer kimyasal tepkimeler olabilir (sağ üst). Titan tolininin optik özellikleri, Titan sisi ile büyük benzerlik gösteriyor (sağ alt).



olasılıkla, birbirine bağlanmış (alifatik) karbon ve hidrojen grupları neden olmaktadır: CH_2 ve CH .

Kuyruklu yıldızlar, asteroidler ve yıldızlar arası bulutlar arasında görülen kızılötesi benzerlik, asteroid ve kuyruklu yıldızların, Güneş Sistemi oluşumunun başlangıcında bir araya toplanmadan önceki yıldızlar arası parçacıklara bağlı olarak organik madde içerdikleri konusunda doğrudan bir kanıt olabilir. Ancak bu veri, tam tersi şekilde de yorumlanabilir; yani Güneş Sistemi'nin erken evreleri sırasında bulutsular içinde oluşan organik maddenin bir kısmı asteroid ve kuyruklu yıldızlara dönüşmüş; bir kısmı da Güneş tarafından yıldızlar arası uzaya fırlatılmış olabilir. Eğer diğer 100 milyar yıldız da benzeri bir eğilim gösterdiyse, bu durum, gökada içindeki tüm yıldızlar arası parçacıklarda önemli miktarlarda organik madde bulunmasını da açıklar. Organik maddenin Güneş Sistemi dışında, gökadanın en dışındaki gezegenlerden gelen kuyruklu yıldızlarda, yıldızlar arası gazlar ve parçacıklarda yaygın olması, yaşamın başlangıcı ile ilgili olan karmaşık organik maddenin, Samanyolu içinde çok yaygın olarak bulunduğunu gösterir.

Bununla birlikte, morötesi ışık ve kozmik ışınlardan fazlasıyla etkilenmiş, son derece kuru yıldızlar-arası zerrelerde bulunan organik moleküllerin, yaşamın başlangıcı için pek uygun olmayan bir ortam oluşturduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Yaşam için sıvı su; yani gezegen gereklidir. Yapılan astronomik gözlemler, gezegen sistemlerinin benzer olduğunu göstermektedir. Yakınlarımızda bulunan ve kütleleri Güneş'in kütesine

yakın genç yıldızların şaşırtıcı derecede fazla bir kısmının çevresinde gaz ve toz diskleri vardır. Bu disklerin varlığı, diğer yıldızların çevresinde bulunan ve olasılıkla yerküre benzeri dünyalar içeren çok sayıda gezegen olduğuna ilişkin güçlü; fakat aynı zamanda dolaylı bir kanıttır.

Yapılan araştırmalar, tipik bir gezegen sisteminin, sıvı suyun oluşabilmesi için yeterli uzaklıkta dönen bir; hatta belki iki yerküre benzeri gezegen içermesi gerektiğini göstermiştir. Pennsylvania State University'de yapılan bir araştırmada da, bir süpernova patlamasının kalıntısı olan ve çok hızlı dönen nötron yıldızı olarak tanımlayabileceğimiz bir pulsar çevresinde, yerküre benzeri gezegenlere rastlandı. Oysa böylesi gezegenlerin bulunması olasılığının en düşük olduğu yerler, pulsarların çevresi olarak kabul ediliyordu. PSR B1257+12 adlı pulsardan gelen radyo emisyonlarının zamanlamasındaki değişimler temel alınarak, pulsar çevresinde dönen üç gezegen olduğu sonucuna varıldı ve bunlara şimdilik A, B, C isimleri verildi.

Bu dünyalarla çevresinde döndükleri yıldız arasındaki uzaklık, yerküremizle Güneş arasındaki uzaklıktan daha azdır. PSR B1257+12'nin yüklü parçacıklarla yaydığı enerji de, Güneş'in elektromanyetik radyasyonla yaydığından birkaç kat fazladır. Eğer A, B ve C tarafından alınan tüm yüklü parçacıklar ısıya çevrilirse bu dünyalar, içinde yaşam barındıramayacak kadar sıcaktır. Bununla birlikte pulsardan uzakta, en azından bir gezegen daha olduğu yolunda belirtiler var. Yerküreden 1 400 ışık yılı uzaklıkta bulunan ve eldeki verilere göre yaşam konusunda pek umut vermeyen bu sistemde, karanlık olmakla

birlikte yaşama elverişli bir gezegen bulunabilir. Bu gezegenlerin süpernova patlamasından önce mi; yoksa patlamadan sonra çevreye saçılan parçalardan mı oluştuğu pek açık değil. Ortaya çıkışları ne şekilde olursa olsun, söz konusu gezegenlerin varlığı, gezegen oluşumunun umulmadık ölçüde benzer ve yaygın bir süreç olduğu konusunda güçlü bir göstergedir.

Yeni oluşmakta olan ya da olgunluk evresinde bulunan, Güneş benzeri sistemlerde çok sayıda gezegen araştırması yapılması planlanmaktadır. Keşif alanında büyük bir hızla yol katedilmesi ve devreye girmesi beklenen oldukça fazla sayıda yeni teknolojinin olması, gelecek birkaç on yıl içinde astronomların, yakınlarındaki yıldızların çevresinde kayda değer sayıda gezegen keşfetmeye başlayacaklarını gösteriyor.

Kendimizinkine benzer, su ve karmaşık organik moleküller bakımından zengin çok sayıda dünya olduğuna inanmak için her türlü nedenimiz vardır. Güneş benzeri yıldızların çevresinde dönen bu gezegenler, yaşamın baş göstermesi ve evrimleşmesi için yeterli, milyarlarca yıllık sürece ve uygun ortama sahip olmuş olabilirler. Samanyolu içinde sınırsız sayıda ve farklı yaşam formlarına sahip dünyalar olmaması için bir neden var mı? Bilim adamları söz konusu yaklaşımın boyutları konusunda ayrılığa düşmekle birlikte, başka yerlerde yaşam araştırması yapmanın gerekliliği konusunda hemfikirler. Gerçekleştiğinde çok büyük bir anlam taşıyacak olan bu keşif, herşeye karşın denemeye değerdir