

Dünya Dışı Yaşam

Dr. Mahir E. Ocak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



Evrende yalnız mıyız, yoksa Dünya dışında da canlılar var mı? Çok eski zamanlardan beri insanların kafasını kurcalayan bu soru günümüzde bilimsel çalışmalara konu oluyor. Yapılan araştırmaların büyük çoğunluğu Dünya'dakine benzer yaşam biçimlerini bulmaya odaklanıyor. Son zamanlarda üzerine çalışmalar yapılmaya başlanılan bir alansa aşına olmadığımız, Dünya'dakine benzemeyen yaşam biçimlerinin nasıl keşfedilebileceği.

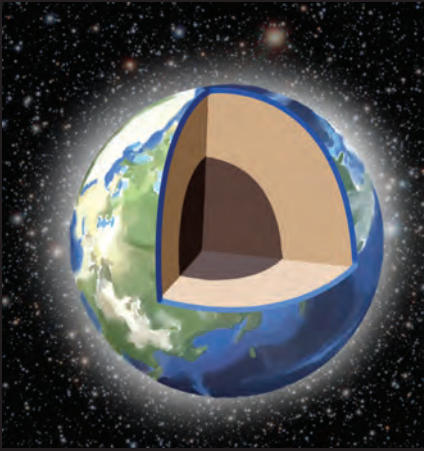


Uzay araştırmalarının onlarca yıldır odaklandığı konulardan biri de Dünya dışı yaşam. 1976 yılında Mars'a inen Viking 1 ve Viking 2 araçları Kızıl Gezegen'de yaşam izlerini aramak için tasarlanmıştı. Günümüzde Mars'a ve diğer gök cisimlerine gönderilen çeşitli uzay araçları da orada bugün yaşayan ya da geçmişte yaşamış canlılara dair kanıtlar tespit edebilecek cihazlarla donatılıyor. Dünya dışı yaşam çalışmaları sadece Güneş sistemi ile de sınırlı değil. Ötegezegenler üzerine çalışan gök bilimcilerin hedeflerinden biri de yaşama elverişli gezegenler keşfetmek. Her ne kadar ötegezegenlere araç gönderip onları doğrudan incelemek kolay olmasa da uzaktan gözlem teknikleri ile de yaşama dair bulgular elde etmek mümkün. Söz konusu Dünya'dakine benzer yaşam biçimleri olduğunda elde edilen verilerden çıkarımlar yapmak daha kolay. Ancak,

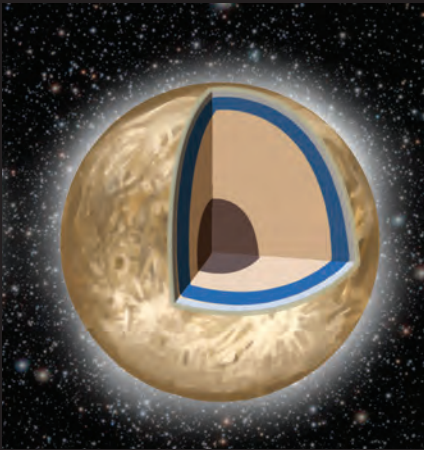
eğer varsa, Dünya dışındaki canlılar aşına olduğumuz yaşam biçimlerinden çok farklı yapıda da olabilir. Bu yüzden günümüzde hangi koşullar altında canlıların yaşayabileceği, o koşullar altında yaşayan canlıların yapısının nasıl olabileceği ve bu canlıların varlığının nasıl tespit edilebileceği üzerine de çalışmalar yapıyor.

Güneş Sistemi

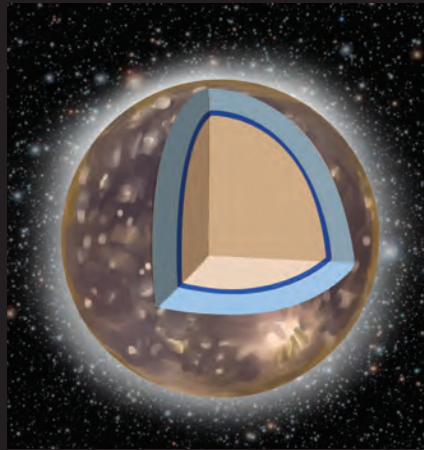
Aşına olduğumuz yaşam formlarının tamamı sıvı suyun varlığına bağımlı. Hem makro büyüklükteki hayvanlar ve bitkiler hem de mikroskobik canlılar büyük oranda sudan oluşuyor. Canlıların yaşamını devam ettirmesini sağlayan kimyasal tepkimeler su içerisinde gerçekteşiyor. Güneş sistemi içinde Dünya'dan başka gök cisimlerinde canlıların yaşayıp yaşamadığını merak eden araştırmacılar da doğal olarak sıvı suya ev sahipliği yaptığı bilinen ya da yapması muhtemel gök cisimlerine odaklanıyorlar.



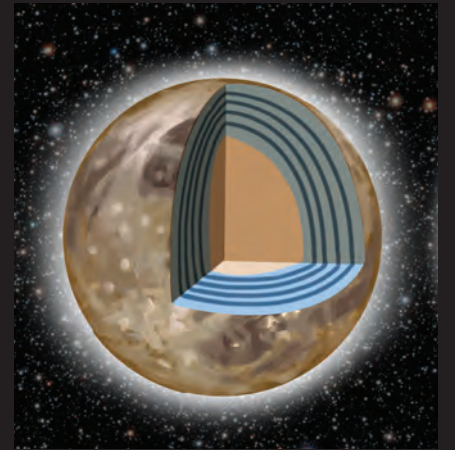
Dünya



Europa



Callisto



Ganymede



Mars günümüzde kurak bir gezegen olsa da bir zamanlar yüzeyinin sularla kaplı olduğunu gösteren bulgular var.

Mars

Bir yıldızın etrafında, o yıldızın etrafında dolanan gezegenlerin yüzeyinde sıvı suyun bulunabileceği bölge yaşanabilir bölge olarak tanımlanıyor. Yaşanabilir bölgenin içinde kalan gezegenlerin yüzey sıcaklığı, suyun sıvı hâlde bulunmasına imkân veriyor.

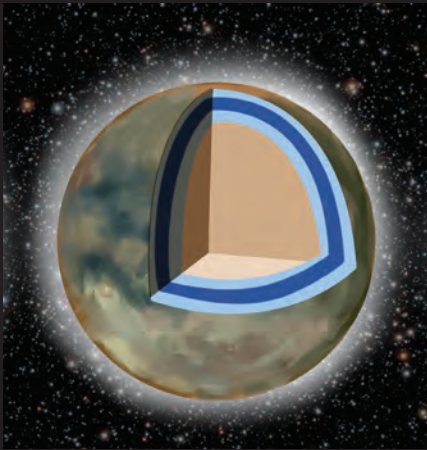
Yıldızına çok yakın ya da çok uzak yörüngelerde dolanan gezegenlerin yüzeyindeki su ise sadece gaz ya da sadece katı hâlde bulunabiliyor. Bir gezegenin yörüngesinin yaşanabilir bölgede olması, yüzeyinin okyanuslarla kaplı olacağı anlamına gelmiyor. Gezegenin kimyasal yapısı, sahip olduğu su miktarı, atmosferinin yoğunluğu ve bileşimi gibi pek çok etken yaşama elverişli koşulların ortaya çıkmasını etkiliyor.

Güneş sisteminde Dünya'nın yanı sıra Mars da yaşanabilir bölgenin içerisinde bulunuyor. Ancak yeryüzünün dörtte üçü sularla kaplı olsa da Mars'ın yüzeyinde okyanuslar, denizler, göller bulunmuyor.

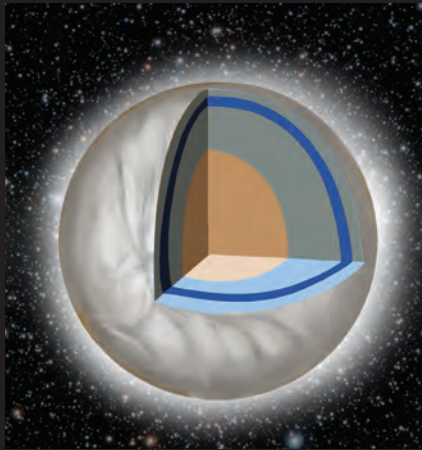
Her ne kadar bugün itibarıyla kurak bir gezegen olsa da uzak geçmişte Mars'ın yüzeyinde de

sıvı su bulunduğunu gösteren bulgular var. Bu durum belki de bir zamanlar Mars'ta da canlıların yaşadığını düşündürüyor. Hatta belki bugün bile Mars yüzeyinin derinlerindeki sulak bölgelerde canlılar yaşıyor olabilir.

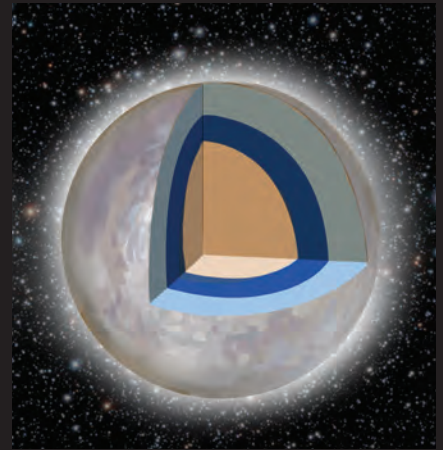
Mars'a inen Viking araçları, buldukları bölgedeki Mars topraklarına su ve besinler verildiğinde karbondioksit gazı açığa çıktığını gözlemlemişti. Başlangıçta bu durum karbondioksitin metabolik etkinlikler sonucu ortaya çıktığı şeklinde yorumlandıysa da daha sonraları yapılan testler bu çıkarımı doğrulamadı. Bugüne kadar ne uzak geçmişte ne de günümüzde Mars'ta canlıların yaşadığına dair bir bulguya ulaşılamadı.



Titan



Enceladus



Triton

Uydular

Yaşanabilir bölge bir gezegenin yüzeyinde sıvı suyun bulunmasıyla ilgili bir kavram. Ancak sıvı su bir gök cisminin yüzeyinin altında da bulunabilir. Güneş sisteminde, yüzeyinin altında okyanuslar bulunduğu dair güçlü kanıtlara ulaşılan çeşitli uydular var.

Jüpiter'in Uyduları

Jüpiter'in uydularından biri olan Europa, Güneş sistemindeki en pürüzsüz yüzeye sahip gök cismi. Galileo Galilei tarafından 1610 yılında keşfedilen dört uydudan en küçüğü olan Europa'nın yüzeyinin buzla kaplı olduğu biliniyor. 1995-2003 yılları arasında Jüpiter'in etrafında dolanan Galileo uydusu, Europa'nın buzlu yüzeyindeki çatlaklardan buhar püskürdüğünü tespit etti. Ayrıca Jüpiter'in manyetik alanının etkisiyle buharda elektrik akımlarının ortaya çıktığını da gözlemledi. Bu sonuçlar Europa'nın buzlu yüzeyinin altında suları tuzlu bir okyanus olduğu şeklinde yorumlanıyor. Tahminlere göre, 3.130 kilometre çapındaki uydunun 10 kilometre kalınlığındaki buzlu kabuğunun altında yaklaşık 100 kilometre derinliğinde bir okyanus var. Okyanusun dibindeki yüksek basınç nedeniyle uydunun

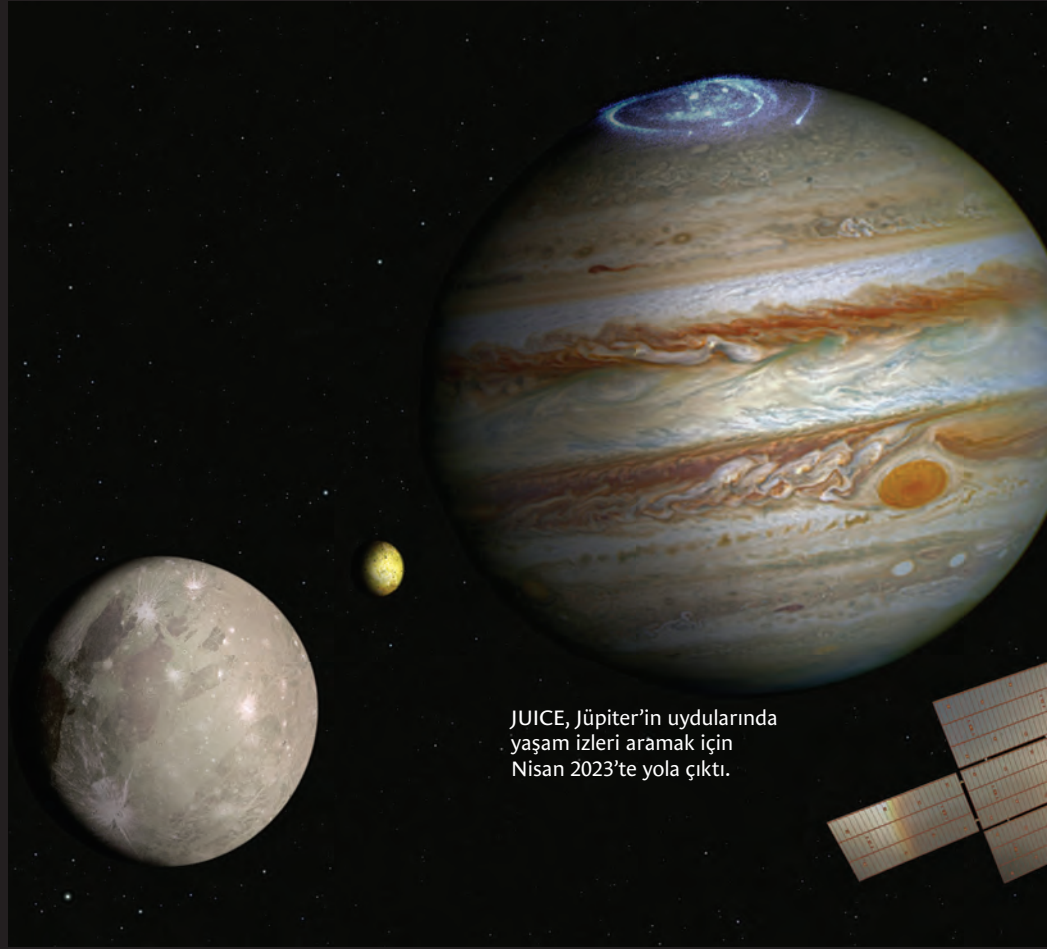
mantosunun üzerinin buz-VII ile kaplandığı tahmin ediliyor. Dünya'daki hegzagonal yapılı buzun aksine, kübik yapılı olan buz-VII, tuzları verimli bir biçimde aktarabiliyor. Bu durum yaşamsal faaliyetlere enerji sağlayacak kimyasal süreçlere yardımcı olabilir.

Jüpiter'in Ganymede uydusunun yüzeyinin altında da okyanuslar olduğu düşünülüyor. İlk olarak 1970'lerde uydunun yüzeyindeki buz katmanının altında derin bir okyanus olduğu, bu okyanusun altında da başka bir buz katmanı bulunduğu ileri sürülmüştü. Daha sonraları Galileo uydusunun yaptığı çalışmalar da bu düşünceyi destekledi. Geçtiğimiz on yılda

JUICE, Jüpiter'in uydularında yaşam izleri aramak için Nisan 2023'te yola çıktı.

yapılan araştırmalar ise Güneş sisteminin en büyük uydusunun yüzeyinin altında buz katmanları arasında sıkışmış birden fazla okyanus katmanı olduğuna işaret ediyor. Tahminlere göre daha derinlerdeki okyanusların suları daha tuzlu. Ayrıca bu okyanus katmanlarını çevreleyen buz katmanlarının kristal yapıları da birbirinden farklı. Tahminler doğruysa Ganymede'deki okyanusların toplam hacmi yeryüzünü kaplayanların 20 katından fazla.

Jüpiter'in en büyük ikinci uydusu olan Callisto'nun yüzeyinin altında da okyanus olduğu tahmin ediliyor. Bilimsel çalışmalar Callisto'nun derinlerinde iletkenliği yüksek bir





Esa / Atg Medialab / Nasa / J. Nichols / Jpl / University Of Arizona / Dir / SPL

akışkan olduğuna işaret ediyor. Tahminlere göre, Calistonun 80-150 kilometre kalınlığındaki buzlu kabuğunun altında 150-200 kilometre derinliğinde bir okyanus olabilir. Ancak gök bilimciler arasında bu konuda bir uzlaşma yok. Gelecekte uydunun şekli ve kütle çekimi alanı üzerine yapılacak ölçümlerin tartışılmasına nokta koyması bekleniyor.

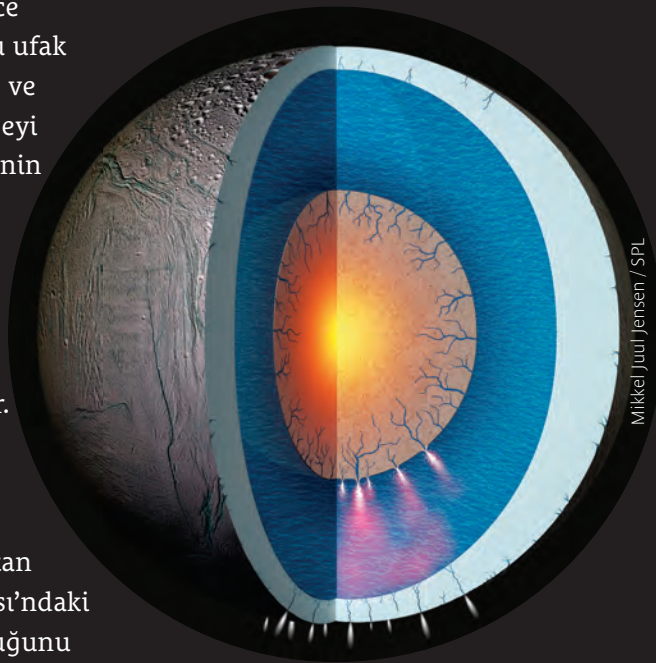
Jüpiter'in uydularında yaşam olup olmadığı yakın gelecekte de bilimsel çalışmalara konu olmaya devam edecek. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) 14 Nisan'da kısaca JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer) olarak adlandırılan bir uyduyu uzaya fırlattı. JUICE uydusunun 2031'de Jüpiter'e ulaşması, Aralık 2034'de de Ganymede'nin

etrafında yörüngeye oturması planlanıyor. Uydunun 3,5 yıl boyunca Europa'yı, Ganymede'i ve Callisto'yu detaylı olarak incelemesi amaçlanıyor. NASA da Europa'yı incelemek amacıyla 2024 yılında uzaya bir uydu göndermek için çalışmalar yürütüyor. Europa Clipper adı verilen bu uydu, Jüpiter'in etrafında yörüngeye girecek ve yakından geçtiği dönemlerde Europa hakkında veri toplayacak. Uydunun üzerinde buzlu yüzeyin altını incelemeye imkân veren bir radar ve organik molekülleri tespit edebilen bir spektrometre de bulunacak.

Satürn'ün Uyduları

Yüzeyinin altında okyanuslar olduğuna dair güçlü kanıtlar bulunan bir diğer uydu Enceladus. Satürn'ün sadece 504 kilometre çapındaki bu ufak uydusunun hayli pürüzsüz ve jeolojik olarak aktif bir yüzeyi var. Uydunun buzlu yüzeyinin güney kutbu civarından buhar püskürüyor. Bu buharın bir kısmı donarak yüzeye düşüyor ve uydunun kar beyaz görünmesine neden oluyor. Uydunun çekiminden kurtulmayı başaran buhar ise Satürn'ün çekimine kapılıyor. Satürn'ün en dıştan ikinci halkası olan E Halkası'ndaki maddelerin büyük çoğunluğunu Enceladus'tan yayılan maddeler oluşturuyor.

Enceladus'tan yayılan buharlar ilk kez gözlemlendiğinde sadece güney kutbu bölgesinin derinlerinde bir okyanus olduğu düşünülmüştü. Ancak püsküren buharların sadece güney kutbu civarında gözlemlenmesi, büyük olasılıkla uydunun yüzeyini kaplayan buz katmanının güney kutbu civarında daha ince olmasından kaynaklanıyor. Son bilimsel çalışmalar, buzlu yüzeyin küresel bir okyanusun üzerinde yüzdüğüne işaret ediyor. Tahminlere göre bu okyanusun derinliği 25-30 kilometre civarında. Ayrıca bu okyanusun altında muhtemelen Dünya'dakilere benzer hidrotermal bacalar var. Yerkürede okyanus tabanındaki hidrotermal bacaların civarı, okyanusların biyolojik olarak en



Mikkel Juul Jensen / SPL

Enceladus'ün güney kutbu civarından su buharı püskürüyor.

aktif bölgeleri arasında yer alır. Yerkürenin derinlerinde ısınmış, minerallerle dolu suların fışkırdığı bu bacalar canlılara enerji ve besin sağlar. Enceladus'taki hidrotermal bacalar da yaşamaya elverişli bir ortam oluşturuyor olabilir.

Enceladus Dünya dışı yaşam üzerine yapılacak çalışmalar açısından incelenmesi en kolay uydudur. Çünkü uzay araçlarıyla hem yüzeyden püsküren buharlardan hem de Satürn'ün E Halkası'ndan örnekler toplamak görece kolay. NASA gelecekte Enceladus'u daha yakından incelemeyi planlıyor. Enceladus Orbilander adı verilen bir proje kapsamında, Enceladus'a uzay

aracı gönderilmesi düşünülüyor. Proje hayata geçerse 2030'larda yola çıkacak uzay aracı 2050'lerde Enceladus'a ulaşacak. Araç ilk aşamada yaklaşık 1,5 sene uydunun etrafında dolanıp yüzeyden yayılan buharlardan örnekler toplayacak. Daha sonra uydunun üzerine inecek ve yaklaşık iki yıl boyunca uydunun buzlu yüzeyinde yaşam izleri arayacak.

Satürn'ün en büyük uydusu Titan da yaşam barındırma ihtimali olan bir diğer gök cismi. Christiaan Huygens tarafından 1655 yılında keşfedilen uydunun ilk bakışta Dünya'ya benzer görünümü var. Etrafı yoğun bir atmosferle çevrili uydunun yüzeyinde nehirler, göller, denizler yer alıyor. Ancak bu nehirler, göller,

denizler Dünya'dakiler gibi sudan değil büyük ölçüde etan ve metan gibi hidrokarbonlardan oluşuyor. Bildiğimiz yaşam formlarının bu akışkan ortamda yaşaması mümkün değil. Ancak Titan'ın derinlerinde de büyük oranda sudan oluşan bir okyanus bulunduğu dair güçlü kanıtlar var. Cassini uzay aracının Ekim 2005-Mayıs 2007 arasında yaptığı gözlemler sırasında uydunun yüzeyindeki yapıların sistematik bir biçimde 30 kilometreye yakın yer değiştirdiği gözlemlendi. Bu durum uydunun dışındaki kayaç yapı ve bu yapının üzerindeki akışkan hidrokarbonların sıvı bir ortam üzerinde yüzdüğüne işaret ediyor. Bu okyanusta mikroskobik canlılar yaşıyor olabilir. Ancak kalın kayaç yapıyı aşıp derinlerdeki okyanusu incelemek ve bu konu hakkında bir fikir edinmek kolay değil.

Huygens adı verilen, Cassini uydusundan ayrılan bir sonda 2005 yılında Titan'ın yüzeyine inerek veri toplamıştı. NASA, 2027 yılında Dragonfly adı verilen bir aracı Titan'ın yüzeyine inmek üzere yola çıkarmayı planlıyor.



Yüzeyinin altında okyanuslar olduğuna dair güçlü kanıtlar bulunan gök cisimleri arasında Satürn'ün uyduları Titan (turuncu) ve Enceladus (en soldaki parlak beyaz nokta) da var. Görsele Titan ve Enceladus'un yanı sıra Dione (soldaki beyaz nokta) ve Mimas (sağdaki beyaz nokta) da görülüyor.

Neptün'ün uydusu Triton'un yüzeyinin altında okyanus olduğu tahmin ediliyor.

Neptün'ün Uydusu Triton

Derinlerinde okyanus bulunduğu düşünülen bir diğer gök cismi de Neptün'ün en büyük uydusu Triton. Uydunun donmuş azot kaplı bir yüzeyi, çoğunlukla su buzundan oluşan bir kabuğu, buzlu bir mantosu ve kayalar ile metallere oluşan bir çekirdeği var. 1989 yılında uydunun yakınından geçen Voyager 2, azot gazı püskürten gayzerler ve lava akıntılarına benzer yapılar gözlemlemiştir. Bu durum uydunun jeolojik olarak aktif olduğunu ve yüzeyin altında okyanus olabileceğini düşündürüyor. Bu düşüncenin ne ölçüde doğru olduğunun anlaşılabilmesi için yeni bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyuluyor.

Güneş Sisteminin Dışı

Güneş sistemindeki Dünya dışı yaşamı doğrudan incelemek pek kolay bir iş değil. Güneş sistemindeki uzak gök cisimlerine gidecek araçların tasarlanıp üretilmesi ve uzaya fırlatılıp milyonlarca kilometre yol olarak hedefine varması bile yıllar sürüyor. Şayet uzak gök cisimlerindeki canlılar Dünya ile iletişim kurabilecek teknolojilere sahip zeki canlılar değilse Güneş sistemi dışındaki yaşam hakkında uzaktan gözlemlerle bir fikir

edinilmesi gerekiyor. Şu an yaşayan ya da uzak geçmişte yaşamış canlıların varlığına dair bilimsel kanıt sunan maddeler biyoimza diye adlandırılıyor. Örneğin biyolojik süreçler sonucunda ortaya çıkan organik ya da inorganik maddeler canlıların varlığına işaret edebilir. Ancak biyoimzalar kesin kanıt sunmuyor. Örneğin fotosentez sonucunda oksijen açığa çıkıyor. Dolayısıyla üzerinde fotosentez yapan canlıların yaşadığı bir gezegenin atmosferinde yüksek miktarda oksijen gazı olması beklenir. Ancak oksijen gazı inorganik yollarla da oluşabileceği için, bir gezegenin atmosferinde yüksek miktarda oksijen gazı olması, tek başına, o gezegenin üzerinde fotosentez yapan

canlıların yaşadığını kanıtlamaz. Bugüne kadar Güneş sisteminin dışında bulunan binlerce gezegen keşfedildi. Bu ötegezegenlerin onlarcası yıldızının yaşanabilir bölgesinin içinde yer alıyor. Bazılarının kayaç yapıda olduğunu gösteren güçlü kanıtlar var. Hatta bazılarının yüzeyinde sıvı su olabilir.

Kimilerine göre uzayın büyüklüğü düşünüldüğünde evrenin zeki canlılarla dolup taşıyor olması gerekir. Kimilerine göreyse canlıların yaşamasına imkân verecek koşulların ortaya çıkması çok zor olduğu için Dünya dışı yaşam ihtimali çok düşük. Gök bilimci Frank Drake 1961 yılında Dünya dışı



Mark Garlick / SPL

zeki canlılarla iletişim kurma olasılığını değerlendirirken göz önünde bulundurulması gereken etkenleri içeren bir denklem ortaya atmıştı. Drake eşitliği olarak anılan bu denklem şu şekilde:

$$N=R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

Bu eşitlikte N , Samanyolu Gök Adası içinde şu an Dünya ile iletişim kurabilecek medeniyetlerin sayısını ifade ediyor. Eşitliğin sağ tarafında yer alan terimler ise şunlar: R_* , içinde bulunduğumuz gök adadaki ortalama yıldız oluşum oranı; f_p , etrafında gezegenler dolanan yıldızların oranı; n_e , canlıların yaşamasına imkân verecek

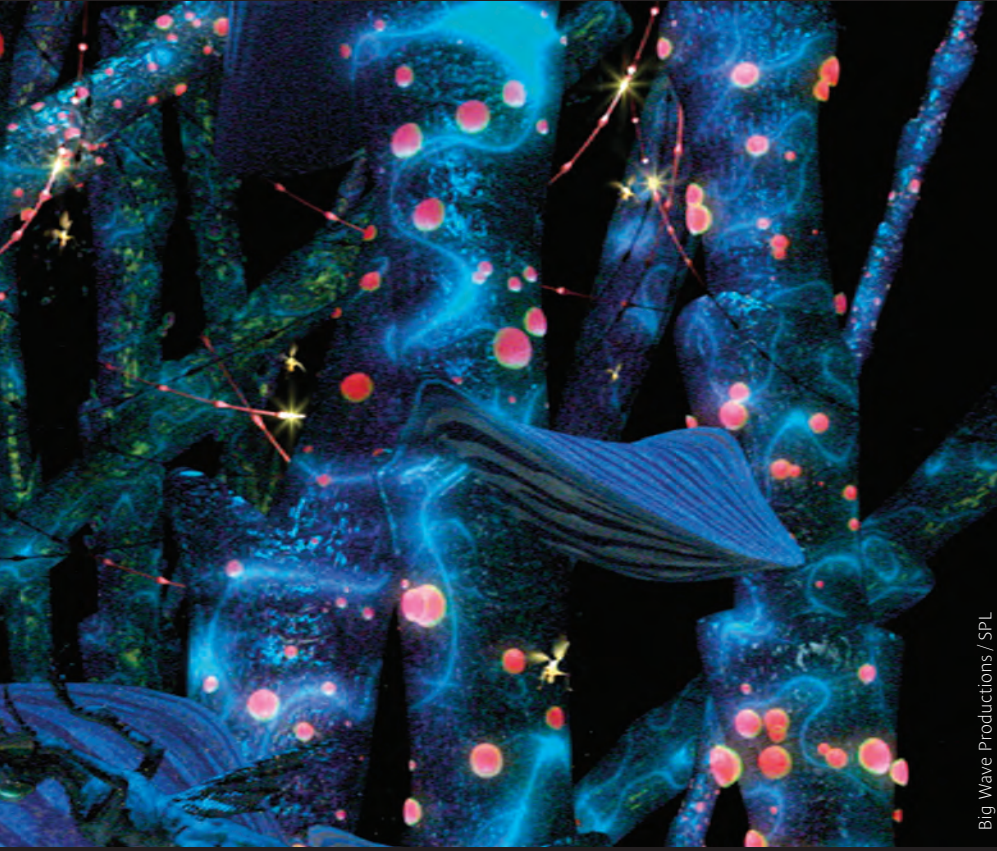
gezegenlerin ortalama sayısı; f_i , üzerinde canlıların yaşadığı gezegenlerin sayısı; f_c , üzerinde zeki canlıların bulunduğu gezegenlerin sayısı; f_c , uzaya varlıkları hakkında sinyaller gönderebilecek teknolojileri geliştiren medeniyetlerin sayısı; L ise bu medeniyetlerin uzaya sinyaller göndermeye devam edebilecekleri süre. Bu eşitliğin sağ tarafındaki terimlerin çoğunun sayısal değerinin ne olduğu bilinmiyor. Dolayısıyla eşitliği kullanarak bir hesap yapmak mümkün değil. Ancak Drake eşitliği, bu konuda göz önünde bulundurulması gereken etkenleri özetlemesi açısından önemli.



Bilinmeyen Yaşam Formları

Dünya'daki canlılar hakkında büyük bir bilgi birikimine sahibiz. Temel yaşamsal faaliyetler hakkındaki bilgiler sayesinde Dünya'dakine benzer yaşam formlarının varlığına işaret edebilecek biyoimzalar hakkında fikir yürütebiliyoruz. Bilmediğimiz yaşam formları içinse aynı şeyleri söylemek zor. Doğası Dünya'ya benzemeyen bir gezegendeki canlıların yaşamsal faaliyetleri de Dünya'dakilere benzemeyebilir. Peki öyleyse aşına olmadığımız





Big Wave Productions / SPL

yaşam formlarının varlığı ya da yokluğu hakkında nasıl çıkarım yapabiliriz? Bu soruya bir cevap bulmak için “yaşamın ne olduğu”, “canlıları cansızlardan ayıran temel şeylerin ne olduğu” ve benzeri daha temel soruların ele alınması gerekiyor.

Tüm canlıların ortak özelliği kendi benzerlerini üretebilmeleridir. Bir canlının kendi benzerlerini üretebilmesi için de kendi gövdesindeki “biyolojik bilgileri” bir biçimde yavrularına aktarabilmesi gerekir. Aşına olduğumuz yaşam biçimlerinde bu süreç gen aktarımı yoluyla oluyor. Canlılar kendi benzerlerini genlerindeki bilgileri yavrularına aktararak üretiliyorlar. Ancak

biyolojik bilgileri sonraki nesillere aktarmanın bugün bilinmeyen, çok çeşitli yolları olabilir.

Dünya’daki canlılarda biyolojik süreçlerin gerçekleşmesini sağlayan genetik bilgiler DNA (deoksiribo nükleik asit) diye adlandırılan moleküllerde kodlanıyor. DNA’lar dört tür nükleik asidin (adenin (A), guanin (G), sitozin (S), timin (T)) ikili sarmal hâlinde art arda dizilmesiyle oluşuyor. Bilmediğimiz yaşam formlarındaki biyolojik bilgiler farklı nükleik asitlerle ya da tamamen farklı moleküllerle kodlanıyor da olabilir. Örneğin, 2019 yılında yayımlanan bir çalışmada bir grup araştırmacı sentetik DNA molekülleri üretti. Sentezlenen moleküllerde aşına olduğumuz

dört nükleik asidin yanı sıra P, Z, B ve S diye adlandırılan ve araştırmacılar tarafından tasarlanıp üretilmiş dört yeni nükleik asit de yer alıyordu. Araştırmacılar ayrıca DNA zincirlerindeki deoksiriboza başka moleküllerle değiştirmeyi de başarmışlardı. Elde edilen bu sonuçlar aşına olduğumuz DNA yapısının biyolojik bilgileri kodlamanın tek yolu olmadığını açıkça gösteriyor.

California Institute of Technology’den Stuart Barlett ve arkadaşlarının 2020 yılında yayımladıkları bir makaleye göre, şu dört koşulu sağlayan herhangi bir sistem canlı olarak sınıflandırılabilir: enerji yaymak, kendi kendine devam eden kimyasal tepkimeler yoluyla kendi benzerlerini üretmek, dış koşulları değiştirirken kendi iç koşullarını koruyabilmek, çevre hakkında bilgi edinerek varlığını devam ettirebilmek. Dünya’daki yaşam ise bu koşulları sağlayabilecek çok sayıda ihtimalden sadece biri. Başka hangi kimyasal süreçlerin bu koşulları sağlayabileceği ise deneysel ve kuramsal araştırmalarla belirlenebilir.

NASA bünyesinde kısaca LAB (Laboratory for Agnostic Biosignatures) olarak adlandırılan bir enstitü var. Bilmediğimiz yaşam formları üzerine çalışmalar yapılan bu enstitüde odaklanılan konulardan biri anahtar-kilit mekanizmaları. Bildiğimiz yaşam biçimlerinde gerçekleşen pek çok



Lynette Cook / SPL

canlıların kimyasal yapısı, içinde buldukları ortamına göre daha çok, makroskobik canlıların kimyasal yapısı ise içinde buldukları ortamına göre daha az benzer. Ayrıca bir ortamdaki mikroskobik canlıların sayısının, Dünya'da olduğu gibi, aynı ortamdaki makroskobik canlılarınkine kıyasla çok daha fazla olması beklenir. Dünya dışı bir örnekte, kimyasal yapısı çevresine daha çok benzeyen çok sayıda küçük birim ve kimyasal yapısı çevresine daha az benzeyen az sayıda büyük birim varsa, bu durum bir biyolojik sistemin varlığının işareti olabilir.

Canlıları cansızlardan ayıran en belirgin özellikse hiç kuşkusuz karmaşıklığıdır. Canlıları meydana getiren maddelerin yapısı cansızlara göre çok daha karmaşıktır. Ancak bir maddenin ne kadar karmaşık olduğu nasıl ölçülebilir? LAB ile ortak çalışmalar yürüten, Glasgow Üniversitesinden Leroy Cronin ve arkadaşları bu amaçla kullanılacak bir yöntem öne sürdü.

süreç anahtar-kilit benzetmesiyle açıklanır. Bazı biyolojik moleküller kilitler gibidir, yalnızca belirli yapıdaki anahtarlarla çalışırlar. Örneğin hücre zarlarında sadece belirli yapıdaki moleküllerin bağlanabildiği reseptörler bulunur. Cansız nesnelere yüzeyinde ise anahtar-kilit mekanizmalarında yer alabilecek yapılara pek rastlanmaz. LAB'da yapılan çalışmalarda bugün bilmediğimiz, ancak anahtar-kilit mekanizmalarında yer alabilecek moleküller keşfedilmeye çalışılıyor. Dünya dışı bir nesnede aşına olduğumuz canlılarda bulunmayan ancak bir kilit-anahtar mekanizmasında yer alabilecek yapılar araştırılarak Dünya dışı yaşamın izleri aranabilir.

Dünya dışı canlıları tespit etmek için kullanılacak bir başka kriter, dengeden uzak olma durumu. Örneğin bir bitki kendisini çevresiyle dengeye gelmekten alıkoyar. Belirli bir gövdesi vardır. Kimyasal bileşimi ve yapısı çevresinden çok farklıdır. Ancak bitki öldükten sonra durum değişir. Zaman içinde gövde parçalanır. Bitki

kalıntıları ve çevresi arasında yaşanan etkileşimler sonucunda sistem yavaş yavaş dengeye ulaşır. Uzak bir gök cismindeki bir canlının da kendini çevresiyle dengeye gelmekten alıkoyabilmesi gerekir. Bu kapsamda yapılacak çalışmalardan biri Dünya dışı örneklerdeki element ve izotop türlerini incelemek olabilir. Belirli elementler ve izotoplar canlıların gövdelerinde yoğunlaşır. Mesela bir örnekte potasyum atomlarının belirli noktalarda yoğunlaştığı görülürse bu durum örneğin biyolojik olduğuna dair bir ipucu olabilir.

İçinde canlıların bulunduğu bir ortamı tespit etmenin bir yolu da sistemi farklı ölçeklerde incelemek olabilir. Mikroskobik



Mark Garlick / SPL

Araştırmacılar, kütle spektrometresi ile bir maddenin karmaşıklığı hakkında fikir edinilebileceğini ve canlı olup olmadığının anlaşılabilirliğini iddia etti. Kütle spektrometresi yönteminde, bir maddeyi oluşturan bileşenler, kütle/elektrik yükü oranlarının ölçülmesiyle belirlenir. Cronin ve arkadaşlarına göre ölçüm sonuçlarındaki kütle/yük oranları ne kadar çeşitliyse malzeme o kadar karmaşık yapılıdır. Araştırmacılar bu düşüncelerini deneyler yoluyla da test etti. Sonuçlar, bir malzemenin ne ölçüde karmaşık olduğunun kütle spektrometresi ile anlaşılabilirliği düşüncesini destekliyor. Nature Communications dergisinde yayımlanan sonuçlar, bu yöntemin en zor testlerden bile başarıyla geçtiğini gösteriyor. Örneğin araştırmacılar bu yöntemi Murchinson meteoriti olarak adlandırılan yaklaşık 100 kilogram kütleli, organik maddelerle dolu bir gök taşından alınan örneklerle uyguladı. Sonuçlar, bugüne kadar Dünya'ya düşmüş en karmaşık yapılı meteoritlerden biri olarak görülen taşın (organik maddeler içermesine rağmen) canlı değil, ölü olduğunu gösterdi. Araştırmacılar yöntemi yaklaşık 14 milyon yıllık bir fosil ile de test etti. Her ne kadar çok uzun süre önce ölmüş bir canlıya ait olsa da ölçümler, örneğin kökeninin bir canlı olduğu sonucunu verdi. Yöntemin gelecekte Dünya dışı örnekleri incelemek için kullanılması planlanıyor.

Sonuç

Dünya dışı yaşam üzerine onlarca yıldır bilimsel çalışmalar yapılıyor. Güneş sistemi içinde Dünya'dakine benzer canlılara ev sahipliği yapabilecek tek gezegen olarak Mars öne çıkıyor. Her ne kadar bugün kurak bir gezegen olsa da bir zamanlar yüzeyinde yüksek miktarda su bulunduğunu gösteren kanıtlar var. Uzak geçmişte Mars'ta canlılar yaşamış olabilir, hatta belki bugün de Mars yüzeyinin altındaki su birikintilerinde mikroskobik canlılar olabilir. Ancak bugüne kadar Mars'ta yaşamın varlığına dair herhangi bir bulguya ulaşılamadı. Güneş sisteminde canlıların yaşama olasılığı en yüksek gök cisimleri arasında Jüpiter, Satürn ve Neptün'ün uyduları yer alıyor. Bu uyduların yüzeyi katı hâlde olsa da yüzeylerinin altında okyanuslar bulunduğuna dair bulgular var. Bu uydularda yaşam olup olmadığı yakın gelecekte de detaylı bilimsel araştırmalara konu olmaya devam edecek.

Güneş sisteminin dışındaki yaşam hakkında fikir edinmek için günümüzde üzerinde sıvı su bulunabilecek gezegenlerin keşfine ve bu gezegenlerde biyoimzalar olup olmadığının belirlenmesine odaklanılıyor. Ancak günümüz teknolojileriyle uzaktan tespit edilebilecek biyoimzaların varlığı bu gök cisimlerinde canlıların da var olduğunu kesin olarak kanıtlamıyor. Güneş sisteminin dışındaki yaşam hakkında net bir fikir edinmek ancak birden fazla yöntemle elde edilecek çok sayıda bulguyla mümkün olabilir.

Dünya'dakilere benzemeyen yaşam biçimlerinin nasıl keşfedilebileceği ise yakın zamanlarda gelişmeye başlamış bir alan. Konu üzerine çalışan araştırmacılar canlıları cansızlardan ayıran temel özelliklere odaklanıyor, bir ortamda canlıların yaşayıp yaşamadığının tespit edilmesinde kullanılacak genel yöntemler geliştirmeye çalışıyor. ■

Kaynaklar

- Scoles, S., "The Search for Extraterrestrial Life as We Don't Know It", *Scientific American*, Cilt 328, Sayı 2, p. 32-39, 2023.
- Boyle, R., "The Six Moons Most Likely to Host Life in Our Solar System", *Scientific American*, Cilt 328, Sayı 5, p. 37-41, 2023.
- Marshall, S. M. ve ark., "Identifying molecules as biosignatures with assembly theory and mass spectrometry", *Nature Communications*, Cilt 12, s. 3033, 2021.
- Kempes, C. P., ve ark., "Generalized Stoichiometry and Biogeochemistry for Astrobiological Applications", *Bulletin of Mathematical Biology*, Cilt 83, Makale No: 73, 2021.