

# 2020'deki Önemli Uzay Çalışmaları ve Gökbilim Gelişmeleri

Dr. Selçuk TOPAL [ *Astrofizikçi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fizik Bölümü* ]

Uzay bilimi ve ilişkili teknolojiler göz kamaştırıcı bir hızla ilerlemeye devam ediyor. 2020 yılında derin uzay yolculuğu hazırlıklarından yeni Mars görevlerine, asteroid madenciliğinden Dünya dışı yaşama ilişkin birçok bilimsel keşif ve gelişmeye şahit olduk. Bu yazıda 2020'nin öne çıkan uzay çalışmalarını ve gökbilime dair gelişmeleri bulacaksınız.

# Dünya'ya En Yakın Kara Delik Keşfedildi

Büyük kütleli yıldızların yaşamlarının sonunda geride bıraktığı cisimler olan kara delikler evrendeki en ilginç cisimler listesinde üst sıralarda yer alıyor. LIGO'nun 2015 yılındaki uzay-zaman dalgalanması keşfinden sonra yapılan istatistiksel çalışmalar sadece bizim galaksimizde 100 milyon kara delik olabileceğini gösteriyor.

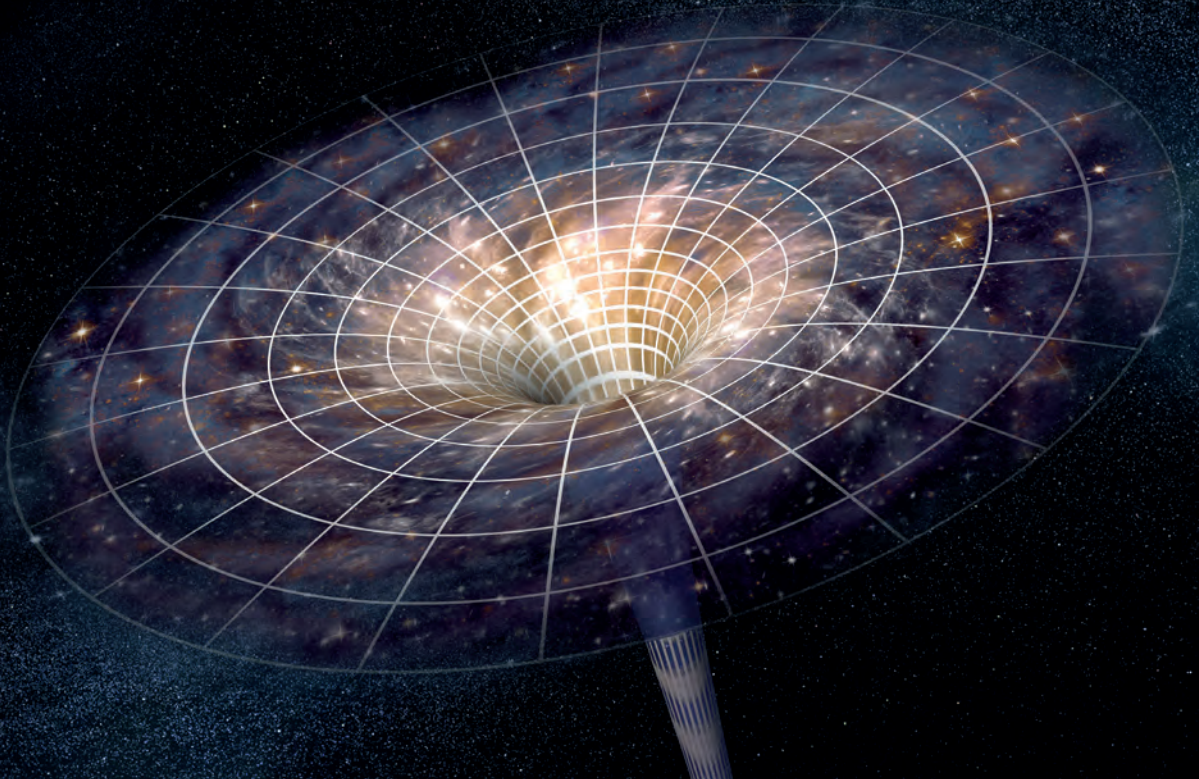
2020'de yapılan bir çalışma bize en yakın kara deliği belirledi. Bu kara delik evimizden yaklaşık 1000 ışık yılı (Işık yılı ışığın 1 yılda aldığı mesafeye eşittir. Bu mesafe yaklaşık 9,5 trilyon km'dir) uzaklıkta bulunan HR 6819 isimli üçlü bir sistemin üyesi. 1000 ışık yılı insanlar için çok büyük bir mesafe gibi görünse de kozmik ölçeklerde durum öyle değildir. Galak-

simizin görsel dalga boylarındaki çapının 100.000 ışık yılı olduğunu düşünürsek 1000 ışık yılı mesafenin bir galaksi ölçeğinde bile büyük bir mesafe olmadığını kolaylıkla anlayabiliriz. Hesaplamalara göre, kara deliğin kütlesi en az 4 Güneş kütlesi büyüklüğünde. Üçlü sistemde B tayf türünden iki yıldız ve bir kara delik bulunuyor. B sınıfından yıldızlar Güneş'ten daha fazla ışınım gücüne sahip mavi yıldızlardır. Kara deliğe yakın olan yıldız onunla birlikte ortak kütle merkezi etrafında tur atarken daha uzakta-ki ikinci yıldız ise bu ikilinin etrafında dolanıyor. Yıldız ve kara delikten oluşan buna benzer çiftlerde genellikle yıldızdan kara deliğe madde aktarımı olması beklenir. Ancak bu sistemde kara deliğe herhangi bir madde aktarımı söz konusu değil.

Kara delikler direkt olarak gözlenebilen cisimler olmadığı için yakın çevresinde bulunan gaz bu-

lutlarına yaptıkları etkiler gözlenerek dolaylı yoldan belirlenebilirler. M87 galaksisinin merkezindeki süper kütleli kara deliğin "fotoğrafı" da bu şekilde elde edilmişti. HR 6819 sisteminde keşfedilen kara delik ise kara deliğin sistemin diğer bileşenleri olan yıldızlara direkt etkisi incelenerek keşfedildi. HR 6819 üçlü sistemini oluşturan parlak B türü yıldızlar, Güney Yarımküre'den gözlenebilen Dürbün (Telescopium) Takımyıldızı'nın üyeleridir.

Bu keşfi ilginç kılan unsurlardan biri de sistem üyesi yıldızların çıplak gözle gözlenebiliyor olması. Üçlü sistem üyesi iki yıldız ortalama 5,5 kadir parlaklığa sahipler. Galaksimizde milyonlarca başka kara delik olabileceği düşünülürse yakın bir gelecekte bin ışık yılından daha yakın bir mesafede başka kara delikler de keşfedilebilir.



## Venüs'te Fosfin Gazı Keşfedildi

İlk kez Rus Venera uzay araçları tarafından ziyaret edilen Venüs gezegeni bu yıl açıklanan bir keşifle bilim dünyasının gündemine oturdu. Bu yeni çalışma, Venüs'ün atmosferinin üst kısımlarında fosfin (PH<sub>3</sub>) gazının belirlendiğini duyurdu. Fosfin gazı genellikle bir canlılık belirteci olarak değerlendiriliyor. Nitekim canlılık kaynaklı fosfin üretimi dışındaki diğer kimyasal süreçler çalışmayla belirlenen fosfin miktarının nasıl ortaya çıktığını açıklayamıyordu. Bu da fosfin gazının canlılık kaynaklı olabileceğine veya kullanılan kimyasal modellerin elde edilen bulguyu açıklamakta yetersiz kaldığına işaret ediyordu. Çalışmanın gözlemsel verileri milimetre dalga boyuna özgü James Clerk Maxwell Teleskobu (JCMT) ve Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) anten dizisi ile elde edildi. Elde edilen tayfta fosfin gazı bir soğurma olarak gözlemlendi.

Keşiften birkaç hafta sonra iki bağımsız araştırma fosfin gazı keşfini yapan çalışmada açıklanan sinyal/gürültü oranında bir sorun olduğunu duyurdu. Bu çalışmalara göre, analiz işleminde hata yapılmış ve aslında sadece 2 olan sinyal/gürültü oranı daha yüksek gösterilmişti. Bunun üzerine keşfe imza atan ekip verileri tekrar gözden geçirdi. Daha dikkatli yapılan yeni analizler sonucunda ilk duyurulan sinyalin daha sönük ol-

duğu kabul edildi. Ancak sinyal/gürültü oranı 3'ten büyük olduğu için fosfin gazı hâlâ bilimsel olarak tespit edilmiş görünüyordu. Bir sinyalin bilimsel açıdan anlamlı olarak değerlendirilebilmesi için gürültüden en az üç kat daha büyük olması gerekir.

500 dereceye varan yüzey sıcaklığı, neredeyse tamamı karbon dioksitten oluşan atmosferi ve Dünya'ya kıyasla 90 kat daha yüksek olan atmosfer basıncı ile Venüs yaşam barındırması beklenen son yer olarak düşünülebilir. Buna rağmen Venüs'ün atmosferinde yaşam olabileceği uzun yıllardır tartışılıyor. Gelecekte yapılacak çalışmalar sadece Venüs'te yaşam olup olmadığını değil, genel anlamda bu derece ekstrem koşullarda yaşam bulunma olasılığı konusunda da birçok bilgiye ulaşmamızı sağlayacak. Bu yolda Venüs'teki fosfin gazını daha duyarlı bir şekilde belirlemeyi hedefleyen yeni gözlem projeleri hayata geçirilebilir.

## Beyaz Cüce Etrafında Dolanan Ötegezegen Keşfedildi

Yıldızların hayatına baktığımızda Güneş benzeri yıldızların bir süpernova olarak patlaması beklenmiyor. Güneşimize benzer ve ondan maksimum birkaç kat daha büyük kütleyle sahip yıldızlar hayatının son evrelerinde bir kırmızı dev hâline gelir, giderek genişler ve nihayetinde üst katmanlarını şiddetli yıldız rüzgârlarıyla uzaya savururlar. Sonuçta yıldızdan geriye kalan, çapı Dünya boyutlarında fakat kütlesi Güneş'in kütlelerinin 1,4 katına ulaşabilen beyaz cüce ismini verdiğimiz cisimlerdir. 2018 yılında gözlemlere başlayan



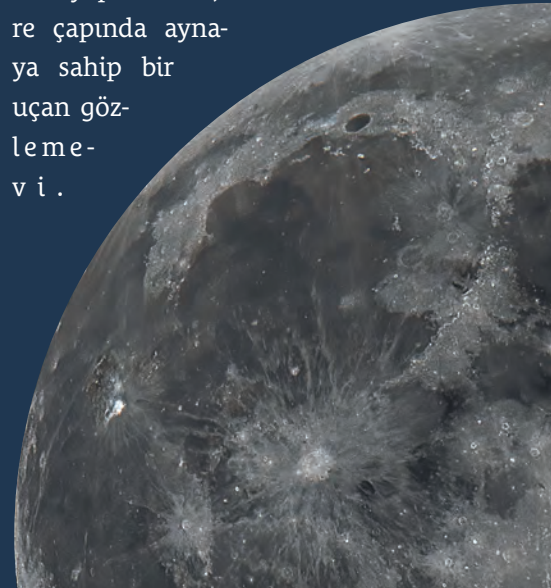
## Ay'ın Güneş Işığı Alan Bölgelerinde Su Molekülü Bulundu

Ay'ın kutup bölgelerinde bulunan kraterlerin Güneş ışığı almayan iç kısımlarında buz hâlinde su olduğuna dair çalışmalar yapılmıştı. Bu yıl içerisinde yapılan son çalışma ise Ay'ın güney kutbuna yakın bir bölgede yer alan Clavius kraterinin Güneş ışığı alan kısımlarında su moleküllerinin olduğunu gösterdi. Keşfedilen su molekülleri sıvı veya buz oluşturabilecek kadar birbirine yakın değil ve yüzeye çok seyrek bir şekilde yayılmış olarak bulunuyor. Direkt olarak Güneş ışığına maruz kalan bir ortamda su moleküllerinin hâlihazırda uzaya kaçmış olmaması ise beklenmedik bir durum.

Gözlemler SOFIA Teleskobu ile elde edildi. SOFIA Boeing 747-SP model bir uçağa yerleştirilen ve atmosferin stratosfer tabakasında gözlem yapabilen 2,5 metre çapında aynaya sahip bir uçan gözlemevi.

ve binlerce yeni ötegezegen keşfetmesi beklenen The Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) teleskobu aynı zamanda beyaz cüce türünden yıldızları da inceliyor. Seçilen beyaz cücelerin yakın çevresini gözlemleyen TESS sayesinde yıldızların oluşumunun ve yok oluşunun daha iyi anlaşılması hedefleniyor. Bu amaçla bir beyaz cüce gözleyen TESS yeni bir keşfe imza attı. WD 1856+534 isimli beyaz cücenin etrafında dolanan çapı neredeyse Jüpiter'e eşit ve ondan maksimum 14 kat daha büyük kütleye sahip bir ötegezegen keşfedildi (WD 1856+534 b). Ötegezegenin yıldız etrafındaki turu sadece 1,4 gün sürüyor. Ötegezegen yıldızına yaklaşık 0,02 Astronomi Birimi (1 Astronomi Birimi (AB) Dünya-Güneş arasındaki mesafeye, yani yaklaşık 150 milyon km'ye eşittir) uzaklıkta, yani Merkür'ün Güneş'e olan mesafesine kıyasla yıldızına

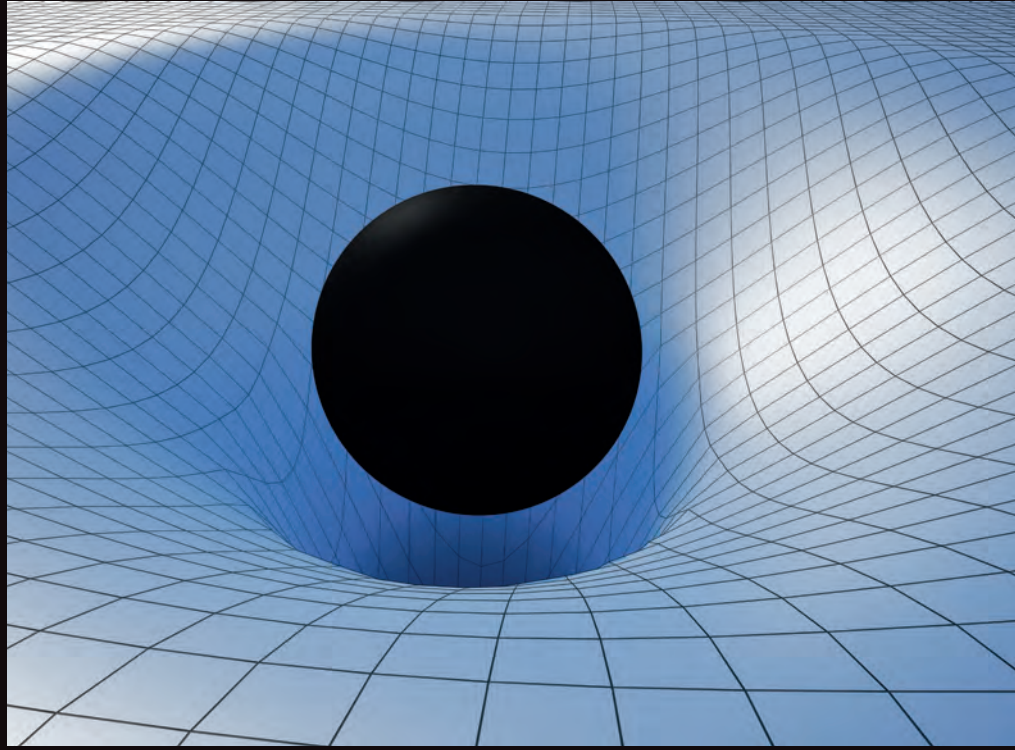
yirmi kat daha yakın bir noktada bulunuyor. Ötegezegenin yıldızına bu derece yakın bir noktada bulunması keşfi çok daha ilginç kılıyor. Nitekim bir yıldız kırmızı dev evresine geçerken çapı aşırı derecede genişleyeceği için kendisine yakın mesafede bulunan gezegenlerin yok olması beklenir. Örneğin Güneş'in kırmızı dev hâline geldiğinde Dünya'yı da yutacak kadar genişlemesi bekleniyor. Bu doğrultuda ötegezegenin beyaz cüceye bu kadar yakın olmasının nedeni olarak üzerinde durulan senaryo şu: Ötegezegen geçmişte yıldızdan uzak bir noktadaydı ancak yıldız beyaz cüceye dönüştükten sonra bir şekilde yıldızla yaklaştı. Bu senaryonun doğruluğu tam olarak kesinleşmese de bu ve buna benzer çalışmaların yıldızların ve gezegenlerin yaşam döngüsünü daha iyi anlamamıza ciddi katkılar yapacağı kesin.



Ay gibi uzayın her türlü tehlikesine açık bir yerde su moleküllerinin keşfedilmesi yakın gelecekte Ay'da kurulması planlanan üs için umut vaat eden bir gelişme olarak değerlendirilebilir. Yine de bu derece radyasyona açık bir bölgede su moleküllerinin bulunması henüz anlaşılabilmiş değil.

## Genel Görelilik Artık 500 Kat Daha Güçlü!

Kara delikler uzay-zaman örtüsünü ciddi derecede büken ekstrem koşullara sahip cisimlerdir. Bu özelliğiyle de genel görelilik teorisinin test edilmesi açısından eşsiz doğal laboratuvarlardır. 55 milyon ışık yılı ötede yer alan M87 galaksinin merkezinde bulunan ve kütlesi Güneş'in 6,5 milyar katı olan süper kütleli kara delik geçen yıl Olay Ufku Teleskobu (EHT) ile gözlenmişti. O çalışma sayesinde bir kara deliğin yakın çevresinin ve kara deliğin "gölgesinin" en detaylı görüntüsü elde edilmişti. Buradaki gölge tabiri günlük yaşamda aşına olduğumuz bir gölge değildir çünkü çevremizde gördüğümüz gölgeler



bir cismin gelen ışığı engellemesi sonucu oluşurken burada sözü ettiğimiz gölge olay ufkunu geçen ışığın kara delikte hapsolmesiyle oluşur.

M87'nin merkezindeki kara deliğin kütlesi çok büyük olsa da aynı zamanda çok uzakta olduğu için kara delik açısal olarak çok küçük görünüyordu. Bu engeli aşabilmek ve yeteri derecede bir çözünürlük elde edebilmek için Dünya'nın birçok yerine konuşlanmış milimetre dalga boyuna özgü teleskoplardan oluşan bir anten dizisi kullanıldı. Bu sayede çapı neredeyse Dünya boyutlarında bir teleskopla elde edilebilecek bir açısal çözünürlüğe ulaşıldı. Çalışma sonucu elde edilen verilerin analizinden yeni çalışmalar da ortaya çıkıyor. Bu çalışmalardan bir yenisi M87 galaksisinin merkezinde yer alan süper kütleli kara deliğin gölgesinin çapını çok duyarlı bir şekilde hesaplayarak genel görelilik teorisini hiç

olmadığı kadar duyarlılıkta test etmeyi ve diğer tüm alternatif çözümlere de bir açıklama getirmeyi amaçlıyordu. Kara deliklerin uzay-zaman örtüsünü ciddi derecede bükmesi onların gölgesinin olduğundan daha büyük görünmesine neden olur. Bu görsel bozulma hesaba katılarak yapılan söz konusu çalışma kara deliğin gölge boyutunun genel göreliliğin önerdiği ölçekte olduğunu ortaya koydu.

Genel görelilik teorisi yüz yılı aşkın bir süredir her geçen gün daha da duyarlı hâle gelen tekniklerle test edilmeye devam ederken teorisinin doğruluğunu ispatlayan bu yeni çalışma sayesinde teori hiç olmadığı kadar güçlü bir hâle geldi. Bu çalışma sayesinde bu yöntemle elde edilen kara delik "görüntülerinin" genel görelilik teorisinin testi için kullanılacağı de kanıtlandı.



## Bir Özel Şirket Uzay İstasyonuna İlk Kez Rutin Astronot Gönderimi Gerçekleştirdi

21. yüzyılın başlangıcı ile birlikte uzaya yatırım yapan özel şirketlerin sayısının her geçen gün arttığına şahit oluyoruz. Uzay hiç olmadığı kadar ticarileşmeye başladı. Yakın bir gelecekte uzay turizmini başlatmayı hedefleyen bu özel şirketler, aynı zamanda uzay ajansları ile ortak projeler geliştirmeye de devam ediyor. 90'lı yıllarda Rusya ve Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) iki modülünün birleşmesi ile hayata geçen Uluslararası Uzay İstasyonu (UÜİ), günümüze kadar yapılan eklemelerle birlikte, 14 modülden oluşan ve 15 fark-

lı ülkenin ortak çalıştığı bir laboratuvar kompleksi hâlini aldı. 2011 yılındaki ST-135 uzay mekiği görevinden bu yana ABD'li astronotlar UÜİ'ye gitmek için Rus Soyuz kapsülünü kullanıyordu. 30 Mayıs 2020 tarihinde Amerikalı bir şirket olan SpaceX tarafından geliştirilen Crew Dragon isimli kapsül, UÜİ'ye astronot taşıma testini başarılı bir şekilde gerçekleştirmişti. Kapsülün UÜİ ile kenetlenmesi ve görev sonunda istasyondan ayrılması işlemleri tamamen otonom olarak gerçekleştirilmişti. Bu başarılı testten sonra UÜİ'ye rutin astronot gönderimi ise SpaceX şirketinin Crew-1 isimli görevi sayesinde 16 Kasım 2020 tarihinde gerçekleşti. Böylece ilk kez bir özel şirket UÜİ'ye rutin astronot göndermeyi başardı. ABD bu başarılı görevden sonra astronotlarını artık kendi toprağından göndermeyi amaçlıyor. Tüm bu gelişmeler çok yakın bir gelecekte uzay turizminin başlayacağını gösteriyor.

## Asteroit Madenciliği Resmen Başladı

Asteroit araştırmaları Güneş Sistemi'nin geçmişi ve gezegen oluşumu hakkında yararlı bilgiler vermesinin yanı sıra gelecekte yapılması planlanan asteroid madenciliğinin de ilk adımlarını oluşturuyor. 2014 yılında fırlatılan ve 2018 yılında Ryugu isimli asteroide ulaşan Japon Hayabusa 2 uzay aracı 2019 yılında asteroitten bir miktar örnek almayı başarmış ve Dünya'ya doğru yola koyulmuştu. Hayabusa 2 taşıdığı asteroid örneğini 6 Aralık 2020 tarihinde bir kapsül içinde Dünya'ya ulaştırdı. Hayabusa 2 tüm görev boyunca yaklaşık 5 milyar km yol katetti. Japonya Uzay Ajansı (JAXA) Ha-



yabusa 2'nin görevinin uzatılmasına karar verdi. Hayabusa 2'nin bundan sonraki hedefinde ise 1998 KY26 isimli asteroit bulunuyor, bu asteroit sadece 30 m çapında. Bu asteroidin seçilme nedeni ise Dünya'ya çarpma riski olan asteroitlerden biri olması. Gezegen savunması açısından bakıldığında bu tarz asteroitlerin doğasını iyi anlamak hayati önem arz ediyor. Hayabusa 2'nin 1998 KY26 isimli asteroit ile buluşması 2031 yılında gerçekleşecek. Benzer bir görevle 2016 yılında Bennu asteroidine gönderilen NASA'nın OSIRIS-REx isimli uzay aracı 2018 yılında asteroide ulaşmıştı. Uzay aracı 20 Ekim 2020 tarihinde asteroitten başarılı bir şekilde örnek aldı ve 2024 yılında Dünya'ya dönmesi bekleniyor. Bu görevler önümüzdeki 30-40 yıl içinde hayata geçmesi beklenen asteroit madenciliğinin öncül teknolojilerini oluşturuyor. Nadir toprak elementleri 17 adet metalik elementten oluşuyor (lantanit ailesinden 15 element ile birlikte itriyum ve skandiyum) ve yüksek teknoloji ürünlerin (örneğin cep telefonları, hard diskler, elektrikli ve hibrit araçlar gibi) yapımında kullanılıyor. Günümüzde bu elementlerin çok büyük bir çoğunluğu Çin'den çıkarılıyor ve önümüzdeki 30 yıl içinde tükenmesi bekleniyor. Robotik ve otonom sistemlerin giderek gelişmesiyle birlikte önce en yakınımızdaki Ay'da sonra ise Yakın Dünya Cisimleri'nde bu nadir ve değerli elementlerin madenciliği yapılacak.

## Üç Büyük Mars Görevi Yola Çıktı

Mars her geçen gün daha fazla uzay aracı tarafından ziyaret ediliyor. Bu yıl üç büyük Mars görevi ilk kez aynı ay içerisinde hayata geçirildi ve farklı bilimsel amaçlara sahip üç uzay aracı Mars'a gönderildi. Bu üç büyük görev sayesinde elde edilecek bilgiler gelecekte kurulması planlanan Mars üssü için hayati önem arz ettiği gibi geçmişte geniş su yataklarına sahip olduğu düşünülen kızıl gezegenin bugün nasıl bu hâle geldiğini anlamamıza da önemli katkılar sağlayacak.

### 1. The Hope

Birleşik Arap Emirlikleri 2014 yılında Mars'a araç göndereceğini duyurmuştu ve projeyi 2020 yılında hayata geçirdi. The Hope isimli uzay aracı 19 Temmuz 2020 tarihinde Japonya Tanegashima Uzay Merkezi'nden fırlatıldı. The Hope hâlâ yolda ve bu yıl Şubat ayında Mars'a ulaşması bekleniyor. Uzay aracının geliştirilmesi, California Berkeley ve Arizona State üniversitelerinin destekleriyle Colorado Boulder Üniversitesi, Atmosfer ve Uzay Fiziği Laboratuvarında gerçekleştirildi. Görev kontrol ve yönetimi ise Muhammed Bin Raşid Uzay Merkezi tarafından yapılıyor. The Hope bir yörünge aracı olarak tasarlandı ve herhangi bir iniş modülü içermiyor. Uzay aracının amacı Mars'ın günlük ve mevsimlik iklim



değişimlerini incelemek. The Hope sayesinde, özellikle Mars'ta gerçekleşen dönemli toz fırtınaları ve yüzeyin farklı bölgelerindeki sıcaklık değişimleri detaylı olarak incelenecek. Bu amaçla uzay aracı üç farklı ölçüm aracı taşıyor: Kızılötesi ve morötesi tayfölçer ile birlikte yüksek çözünürlüklü görüntü alabilen çok bantlı bir kamera. Geçtiğimiz yıllarda yapılan bir çalışma ile Mars'ın küresel bir manyetik alandan yoksun olduğu ve kütlesinin yeterince büyük olmaması nedeniyle atmosferindeki gazların sürekli uzaya kaçtığı bulunmuştu. The Hope sayesinde Mars'ın atmosfer kaybı da daha detaylı şekilde incelenebilecek. The Hope ile Mars'ın bugüne kadarki en kapsamlı atmosfer ve iklim bilgilerinin elde edilmesi planlanıyor.



## 2. Tianwen-1

Çin'in uzay aracı Tianwen-1, 23 Temmuz 2020 tarihinde fırlatıldı ve Şubat 2021'de Mars'a ulaşması bekleniyor. Tianwen-1 bir yörünge aracı, iniş modülü ve yüzey aracı içeriyor. Tianwen-1 üzerindeki iniş modülü ve taşıdığı yüzey aracı Mars'taki Ütopya Düzlüğü (Utopia Planitia) isimli bölgeye inecek. The Hope Mars'ın atmosferini derinlemesine incelerken Tianwen-1 de Mars yüzeyini enine boyuna araştırarak Mars toprağında yaşam izi arayacak olan uzay aracıyla aynı zamanda yüzeyin bir haritasını da çıkarmak hedefleniyor. Yüzeyde analizler yaparken sahip olduğu radar sayesinde yüzeyden 100 metre derine kadar incelemeler yapabilecek. Yörünge aracı ise 400 km yükseklikten iki metre çözünürlük sağlayabilen bir kamera içeriyor.

## 3. Perseverance

Mars 2020 görevi, taşıdığı birçok bilimsel araç ve gereçle birlikte 30 Temmuz 2020 tarihinde Mars'a ulaşmak üzere fırlatılarak başlatıldı. Temmuz ayı içinde Mars'a gönderilen üç büyük görevden sonuncusu olan Mars 2020'nin taşıdığı Perseverance (Türkçesi: Azim) isimli yüzey aracı bu yıl Şubat ayında Mars toprağına inecek. Perseverance için iniş yeri olarak 60'dan fazla bölge değerlendirildi ve beş yıl boyunca bu bölgeler enine boyuna incelendi. Sonunda karar kılınan bölge Jezero Krateri oldu. Mars ekvatorunun 18 derece kuzeyinde yer

alan Jezero Krateri yaklaşık 45 km çapında. İniş için bu bölgenin seçilmesinin nedeni bir zamanlar Jezero Krateri'nin sularla kaplı antik bir nehir deltasına ev sahipliği yaptığının düşünülmesi. Perseverance yüzey aracının birçok bilimsel amacı bulunuyor. En önemli hedeflerinden biri Mars'taki yaşam olasılıklarını ve eğer varsa geçmişten kalan yaşam izlerini bulmak. Perseverance özel olarak bu amaçla tasarlandı. Mars'ın iklimini de inceleyecek olan Perseverance Mars'ın yüzeyindeki kayalık yapıları ve gelecekte kurulması planlanan Mars yerleşimine yarar sağlayabilecek doğal kaynaklar ve yakıt olarak kullanılacak enerji kaynakları gibi çevresel koşulları da araştırarak.

Perseverance üzerinde minik bir helikopter de bulunuyor. Helikopterin adı Ingenuity (Türkçesi: Hüner, beceri). Bu helikopter hem bu teknolojinin Mars atmosferinde ilk testini yapmayı amaçlıyor hem de Perseverance için en iyi güzergâhın belirlenmesi konusunda yardım

sağlayacak. Otonom şekilde hareket edecek olan helikopterin yerden maksimum 10 metre havalanması ve her biri üçer dakika süren beş uçuş yaparak toplamda birkaç kilometrelik bir mesafeyi katetmesi bekleniyor.

## Güneş'in 25. Leke Çevrimi ve Güney Atlantik Anomalisi

Bizler için Dünya'nın atmosferindeki değişimler gibi uzayın iklimi de önemlidir. Uzayın iklimiyle ilişkili olgulara atmosferimizde gördüğümüz Aurora yapıları (kuzey ve güney ışıkları), Güneş'te gerçekleşen koronal kütle atımları, Güneş rüzgârları, Güneş kaynaklı radyasyon fırtınaları, Dünya'nın etrafını saran Van Allen radyasyon kuşakları ve Dünya'nın iyonosfer tabakası örnek olarak verilebilir.

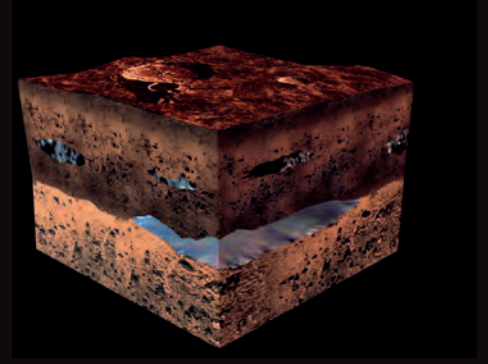


Uzayın ikliminde dikkate almamız gereken en önemli cisim hayat kaynağımız Güneş'tir. O nedenle, 1,5 milyon km çapındaki aşırı ısıtılmış bu gaz topundaki değişimleri iyi analiz etmeliyiz. Uzun yıllardır yapılan gözlemler Güneş'te ortalama 11 yıllık döneme sahip bir leke çevrimi olduğunu göstermiştir. Ortalama her 11 yılda bir leke sayısı maksimuma ulaşır. Sonra sayı giderek azalır ve nihayetinde bir an gelir ki Güneş yüzeyinde hiç leke görünmez. 2020 yılının sonuna doğru Güneş yüzeyinde birkaç lekenin olduğu gözlemlendi ancak Güneş henüz leke sayısı bakımından sakin bir evrede bulunuyor. Önümüzdeki birkaç yıl içinde leke sayısının giderek artması ve 2024-2025 yılları arasında da maksimuma ulaşması bekleniyor. Lekelerin boyutu birkaç km'den Dünya'nın on katına kadar değişebilir. Lekeler çevrelerine kıyasla, yani yaklaşık 6000 derece sıcaklığındaki fotosfere kıyasla daha soğuk bölgelerdir. Lekelerin sıcaklığı yaklaşık 3000-4500 derece arasında değişir. Yani lekelerin karanlık görünmesinin nedeni gerçekten kara olduklarından değil, etraflarını saran fotosferle aralarındaki sıcaklık farkıdır.

Güneş'in yüzeyinde gözlenen lekelerin Güneş'in iç yapısı, dönme hareketi ve manyetik etkinliğiyle bağlantılı olduğu düşünülüyor. Güneş'in her bir enlemi farklı hızlarda döner. Bu da manyetik alanın bir süre sonra bazı bölgelerde artmasına neden olur. Bunun sonucunda leke olarak gözlediğimiz olgular or-

taya çıkar. Bir lekenin ömrü birkaç günden birkaç aya kadar değişebilir. Leke çevrimi ortalama 11 yıl sürse de her bir çevrimdeki leke sayısı aynı değildir. Bazen çok fazla sayıda leke oluşabilir. Güneş'in  $\pm 30$  derece kuzey ve güney enlemlerinde doğan lekelerin sayısı giderek artmaya ve ekvator bölgesinde yoğunlaşmaya başlar. Ekvator bölgesinde sayıları bir süre sonra giderek azalır ve nihayetinde yok olurlar. Lekele- rin bu hareketini bir grafiğe dökerseniz karşınıza kelebeğin kanatlarına benzer bir diyagram çıkar. İşte bu nedenle buna "kelebek diyagramı" denir.

Güneş'in etkinliği ve Dünya'nın manyetik alanı arasındaki ilişkinin incelendiği yeni bir çalışma Van Allen radyasyon kuşakları ile ilgili önemli sonuçlara ulaştı. Gezegenimizi âdeta bir can simidi şeklinde saran ve zararlı yüklü parçacıkları hapseden Van Allen kuşakları iki ayrı kuşaktan oluşuyor. Birinci kuşak yer yüzeyine nispeten daha yakındır ve yüzeyden ortalama 600-800 km yükseklikten başlar. Uzun süredir elde edilen veriler Güney Amerika ve Güney Atlantik Okyanusu üzerindeki manyetik alanın giderek zayıflayan bir bölgesi olduğunu gösterdi. Dahası bu bölge Güney Atlantik okyanusu üzerinde yayılım gösterip ikinci bir loba ayrılıyor. Buna Güney Atlantik Anomalisi deniyor. Bu nedenle Güneş'ten gelen zararlı yüklü parçacıklar Dünya yüzeyine umulandan fazla yaklaşıyor. Şu an için sadece yapay uyduları tehdit eden bu durum gelecekte yeryüzündeki canlılığı da tehdit edebilir.



## Mars'ta Yeni Yer Altı Gölleri Keşfedildi

Dünya'nın en soğuk yerinden bile daha soğuk ortalama sıcaklığı ve neredeyse tamamen karbondioksit ile kaplı olan incecik atmosferine rağmen Mars insanlığın Ay'dan sonra ulaşmak istediği en önemli gök cismi. Uzun yıllardır yapılan çalışmalar sayesinde Mars'ın yüzeyinin bir zamanlar sularla kaplı olduğuna işaret eden ciddi delillere ulaşıldı. Gelecekte yapılması planlanan Mars yerleşimi için hayati bir önem taşıyan su hem içecek hem de bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Mars'ın kutup bölgelerinin yanı sıra ekvatoru ile kuzey kutbu arasında kalan bölgede yüzeyin hemen altında da buz hâlinde su olduğu bulunmuştu. 2018 yılında yapılan bir çalışma ile Mars'ın kutup buzullarının altında sıvı sudan oluşan bir yer altı gölü olabileceği de belirtilmişti. Bu yıl yapılan yeni bir çalışma sayesinde ise sadece bu yer altı gölünün varlığı kanıtlanmadı aynı zamanda söz konusu gölün etrafında

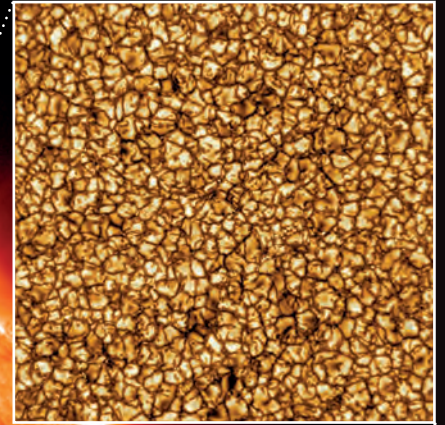
yer alan üç adet göl daha keşfedildi. Keşif Avrupa Uzay Ajansına (ESA) ait Mars Express isimli yörünge aracının üzerinde yer alan The Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding (MARSIS) isimli radarın aldığı verilere dayanıyor. Öyle görünüyor ki Mars'ın yüzeyinin altında, radyasyondan korunaklı bölgelerde buz hâlinde ve sıvı su bulunuyor. Bu bulgular Mars'ın yüzeyinin altında canlılık olma ihtimalini de güçlendiriyor.

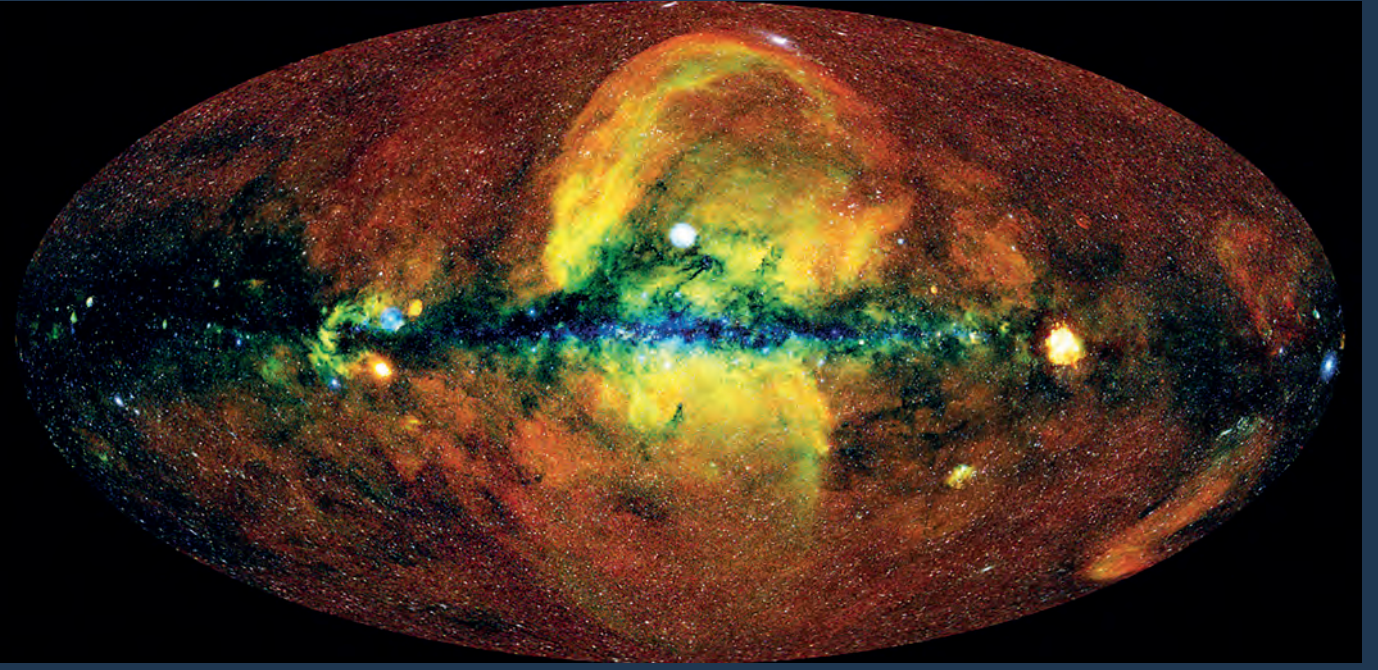
## **Güneş'in En Yakın ve En Yüksek Çözünürlüklü Görüntüleri Elde Edildi**

NASA ve ESA'ya ait Solar Orbiter isimli uzay aracı 30 Mart 2020 tarihinde Güneş'e yaklaşık 77 milyon km mesafede bulunuyorken bir milyon dereceden daha yüksek sıcaklığa sahip korona tabakasının uzak morötesi bölgede görüntülerini elde etti. Bu özelliği ile Güneş'e en yakın noktadan fotoğraf çeken uzay aracı oldu. Parker Solar Probe isimli uzay aracı Güneş'e daha fazla yaklaşmıştı ancak Güneş'e dönük bir görüntüleyiciye sahip değildi.

Hawaii'de bulunan ve Dünya'nın en büyük Güneş teleskobu olan Daniel K. Inouye Güneş Teleskobu (DKIST) faaliyete geçtiği ilk gün Güneş'in en detaylı yüzey fotoğrafını elde etti. Görüntüde Güneş'in fotosfer tabakasındaki plazma ha-

reketleri 30 km'ye ulaşan bir çözünürlük ile görülebiliyor. Gözlem projesinin amacı sadece Güneş'in yüzey fotoğrafını elde etmek değil aynı zamanda fotosferde gözlenen o yapıların manyetik alan ölçümlerini de yapmak. Bu veri sayesinde hem Güneş'in etkinlik çevriminin hem de fotosferden daha dışta yer aldığı hâlde daha sıcak olan korona tabakasının bu yüksek sıcaklığının nedeninin anlaşılması hedefleniyor. Uzayda her geçen gün ulaştığı noktaları genişleten ve önce tekrar Ay'a sonra ise Mars'a gitmeyi hedefleyen insanlık için Güneş'in etkinliğini ve dolayısıyla uzayın iklimini doğru analiz edebilmek çok önemli.





## Evrenin En Detaylı X Işını Haritası Çıkarıldı

eROSITA Max Planck Dünya Dışı Fizik Enstitüsü (Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics) tarafından geliştirilen bir X ışını gözlem aracıdır. Geçen yıl fırlatılan Rus-Alman ortak yapımı Spectr-RG gözlemevi- nin bir parçası olarak gökyüzünün X ışını haritasını elde etmek için görev ve başladı. Güneş ve Dünya'nın kütle çekimi kuvvetlerinin merkezci kuvvet ile dengelendiği ve Dünya'dan 1,5 milyon km ötede bulunan Lagrange 2 noktası etrafında bir yörüngeye yerleştirilen Spectr-RG gözlemevi Dünya ile birlikte Güneş etrafında tur atıyor. Her biri X ışını ayna sistemi ve CCD kamera içeren yedi modülden oluşan eROSITA geniş bir görüş alanına ve yüksek bir çözünürlüğe sahip, bu da 1990'lı yıllarda fırlatılan Alman ROSAT X ışını teleskobundan yaklaşık 20 kat daha duyarlı gözlemler yapabilmeye olanak sağlıyor. Sahip olduğu ayna sistemi yüksek enerjili fotonları toplayıp CCD X ışını kameralarında odaklıyor. eROSITA ilk X ışını taramasını altı ay süren bir gözlem sonucunda 11 Haziran 2020 tarihinde tamamladı ve yaklaşık 1,1 milyon X ışını kaynağını katalogladı. Bu sayede eROSITA bugüne kadarki en iyi tayfsal ve açısal çözünürlüğe sahip X ışını haritasını elde etti. Her altı ayda bir evreni tarayacak olan eROSITA aynı zamanda yaklaşık 100.000 galaksi kümesinin de X ışını haritasını çıkarmış olacak. Bu sayede karanlık enerjinin doğasının ve yüksek enerji çıkışına sahip kozmik olayların (aktif galaksi çekirdekleri, kara delikler, süpernova kalıntıları, nötron yıldızları, X ışını çiftleri ve kuazarlar gibi) daha iyi anlaşılması bekleniyor. 2026 sonunda birkaç milyon adet X ışını kaynağının eROSITA sayesinde kataloglanması bekleniyor.

## Ay Toprağı Dünya'ya Getirildi

Çin Uzay Ajansı'nın Chang'e 5 isimli uzay aracı 23 Kasım 2020'de Ay'a doğru yola çıktı. Uzay aracının taşıdığı modül 1 Aralık 2020 tarihinde Ay üzerindeki Fırtınalar Denizi (Oceanus Procellarum) isimli volkanik düzlüğe başarılı bir şekilde indi ve yaklaşık 2 kilogram örnek alıp 3 Aralık 2020'de Ay'ı terk etti. Uzay aracının topladığı örneğin 1,2 milyar yaşında olması bekleniyor. Bu örneğin araştırılmasıyla Ay'ın geçmişi daha iyi anlaşılacak.

Bu gelişmeyle birlikte, ABD ve Sovyetler Birliği'nden sonra Ay'dan numune toplayabilen üçüncü ülke Çin oldu. ABD'nin 1969-1972 yılları arasında gerçekleştirdiği altı farklı görevde 382 kilogram ay numunesi getirilmiş ve



bu örneklerin incelenmesi sonucunda yaşlarının 3,1 ile 4,4 milyar arasında olduğu bulunmuştu. Sovyetler Birliği'nin Luna 24 robot sondası ise 1976'da 170 gram ağırlığında Ay numunesini dünyaya getirmişti. Chang'e 5, Luna 24'ten sonra Ay'da gerçekleştirilen ilk robotik örnek toplama görevi oldu.

Ay örneği taşıyan kapsül 16 Aralık 2020'de Türkiye saatiyle 21.00 civarında yeryüzüne başarılı bir şekilde ulaştı.

## Yerli Roketimiz Uzaya Ulaştı

Bu yıl için ülkemiz bir ilki başardı. Roketsan tarafından geliştirilen bir roket uzayın sınırı olarak kabul edilen 100 km hattını aşmayı başardı ve bize Dünya'nın bir görüntüsünü

gönderdi. Uzun menzilli roket çalışmalarının bir ürünü olan bu başarı şüphesiz ülkemizin gelecekteki derin uzay çalışmaları için büyük bir adım niteliği taşıyor.



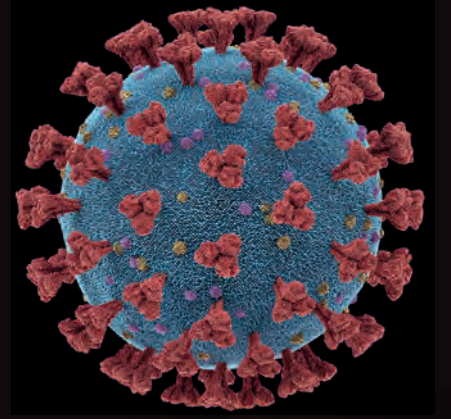
## Uzay Çalışmalarında COVID-19 Etkisi Devam Ediyor

Günümüzde 80'den fazla ülkenin uzay programı bulunuyor. Uzay teknolojileri özellikle gezegen gözlemleri, küresel konumlama sistemleri, sağladığı hızlı iletişim olanakları ve ürettiği yeni teknolojiler sayesinde günlük hayatımıza ciddi katkılar sunmaya devam ediyor. Ancak tüm Dünya'yı yakından ilgilendiren ve çok kısa bir sürede Dünya geneline yayılan COVID-19 virüsü nedeniyle her sektör gibi uzay sektörü de kötü yönde etkilendi ve etkilenmeye devam ediyor. Avrupa'da bu etkinin 1 milyar Euro düzeyine ulaşması bekleniyor. Örneğin, pandemi nedeniyle bazı roket fırlatılışları ertelendi. Dünya geneline bakıldığında, 2020 yılında fırlatılan roket sayısının 2018 ve 2019 yıllarına kıyasla daha az olduğu görülüyor.

Uzay endüstrisinin en büyük yatırımcıları hâlâ devletler olduğu için ülke ekonomilerinin salgın nedeniyle zarar görmesi uzay ekonomisini de derinden etkiliyor. Uzay sektöründeki büyük aktörler krizden çok fazla etkilenmese de hayatta kalmaları büyük aktörlere bağlı olan daha küçük şirketler ise ciddi sorunlarla yüzleşiyor. Nitekim, büyük şirketler roket fırlatılışındaki gecikmelere şimdilik dayana-

bilecek güçte iken küçük şirketler için aynı durum söz konusu değil. İngiltere’de yapılan bir çalışma nispeten küçük uzay şirketlerinin %20’sinin COVID-19 nedeniyle ciddi şekilde etkilendiğini ortaya koyuyor. Almanya’da bu oran %40 iken, Güney Kore’de %60’a kadar çıkabiliyor; şirketlerin %20’si ise gelecekle rinin tehlikede olduğunu düşünüyor. Avrupa genelinde ve çok sayıda küçük uzay şirketine sahip olan ABD’de de benzer bir negatif etkinin olması bekleniyor.

COVID-19 salgını nedeniyle, yapay uyduların verisi ve sinyaline mecbur olan ticari sektörler olumsuz etkilenmeye devam ediyor. Örneğin, küresel uyduların kümeleri oluşturmayı planlayan en büyük aktörlerden biri olan OneWeb şirketi projesi için gerekli bütçeye ulaşamayınca iflas koruma planına başvurmuştu. 2020 yılı itibarıyla yaklaşık 350 milyar dolar olan uzay endüstrisinin 2040 yılına kadar 1 trilyon doları aşması bekleniyordu ancak COVID-19 salgını bu beklentiyi bir miktar aşağı çekebilir. ■



#### Kaynaklar

- [https://www.aanda.org/articles/aa/full\\_html/2020/05/aa38020-20/aa38020-20.html](https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2020/05/aa38020-20/aa38020-20.html)
- <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2713-y>
- <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.125.141104>
- <https://academic.oup.com/mnras/article/473/1/1186/4060726>
- <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ast.2017.1783>
- <https://www.nature.com/articles/s41550-020-1174-4>
- <https://arxiv.org/abs/2010.09761>
- <https://arxiv.org/abs/2010.14305>
- <https://www.nature.com/articles/d41586-020-03258-5>
- <https://arxiv.org/abs/2011.08176>
- [https://www.nature.com/articles/s41550-020-01222-x#\\_blank](https://www.nature.com/articles/s41550-020-01222-x#_blank)
- <https://www.pnas.org/content/115/36/8907>
- <https://news.arizona.edu/story/terraced-craters-windows-into-mars-icy-past>
- <https://science.sciencemag.org/content/361/6401/490.editor-summary>
- <https://www.nature.com/articles/s41550-020-1200-6?proof=t>
- <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/solar-orbiter-returns-first-data-snaps-closest-pictures-of-the-sun>
- <https://nso.edu/telescopes/dkist/first-light-full-image/>
- [https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-space-economy-in-figures\\_c5996201-en#page34](https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-space-economy-in-figures_c5996201-en#page34)
- [https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=135\\_135514-gg3eitmwa3&title=The-impacts-of-COVID-19-on-the-space-industry](https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=135_135514-gg3eitmwa3&title=The-impacts-of-COVID-19-on-the-space-industry)
- <https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>