



# Bilim *ve* Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Şubat 2023 Yıl 56 Sayı 663 - 11 TL

## GÜNEŞ ENERJİSİ

**Teknolojik  
Enerji Hasadı**

**Enerjiyi Uzaydan Toplamak**

**Covid-19'da Varyantlar**

**Miniskoplar**



**POSTER  
Güneş**

“Benim mânevi mirasım ilim ve akıldır.”  
Mustafa Kemal Atatürk

**Bilim ve Teknik**  
Aylık Popüler Bilim Dergisi  
Yıl 56 Sayı 665  
Şubat 2023

**İmtiyaz Sahibi**  
TÜBİTAK Adına Başkan  
Prof. Dr. Hasan Mandal

**Genel Yayın Yönetmeni ve  
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü**  
Doç. Dr. Rukiye Dilli

**Yayın Yönetmeni - Editör**  
Dr. Özlem Kılıç Ekici

**Yayın Danışma Kurulu**  
Prof. Dr. Emine Adadan  
Prof. Dr. Elif Damla Arısan  
Doç. Dr. Rukiye Dilli  
Doç. Dr. Nuray Karapınar  
Prof. Dr. Evren Mutlugün  
Prof. Dr. Faruk Soyduğan

**Araştırma ve Yazı Grubu**  
Dr. Özlem Ak  
Dr. Tuncay Baydemir  
Dr. Bülent Gözcelioğlu  
Dr. Mahir E. Ocak  
İlay Çelik Sezer

**Redaksiyon**  
Dr. Nurulhude Baykal

**Grafik Tasarım-Web**  
Hüseyin Diker  
Ayşe Dilara Cumhuri

**Mobil Uygulama**  
Selim Özden

**Mali ve İdari Hizmetler**  
M. Furkan Aktaş

**İletişim Bilgileri**  
TÜBİTAK *Bilim ve Teknik* Dergisi  
Bilim ve Toplum Başkanlığı  
Remzi Oğuz Arık Mah.  
Tunus Cad. No:80  
06540 Çankaya ANKARA  
bteknik@tubitak.gov.tr  
bilimteknik.tubitak.gov.tr

**Abone İlişkileri**  
abone@tubitak.gov.tr  
yayinlar.tubitak.gov.tr

**Baskı**  
Başak Matbaacılık Tanıtım  
Hizmetleri İth.İhr. A.Ş.  
basakmatbaa.com

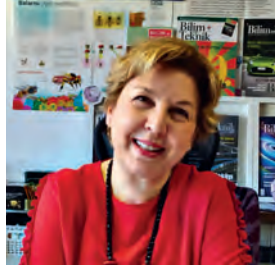
**Baskı Tarihi** 25.01.2023

**Dağıtım** Turkuvaz Dağıtım Pazarlama A.Ş.  
tdp.com.tr

*Bilim ve Teknik* Dergisi, Milli Eğitim Bakanlığı  
[Tebliğler Dergisi, 30.11.1970, sayfa 407B, karar no: 10247]  
tarafından lise ve dengi okullara; Genelkurmay Başkanlığı  
[7 Şubat 1979, HRK: 4015-22-79 Eğt. Krs. Ş. sayı NŞR.85]  
tarafından Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

ISSN 977-1300-3380  
Fiyatı 11 TL

**Her ayın 1'inde çıkar.**



**Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nun 2015 yılında aldığı kararla, kadın ve kız çocuklarının bilim, teknoloji ve mühendislik alanlarında daha çok varlık göstermelerinin, bilim için çalışmalarının ve üretmelerinin teşvik edilmesi amacıyla her yıl 11 Şubat "Uluslararası Bilimde Kadınlar ve Kız Çocukları Günü" olarak kutlanıyor. Tüm kalbimizle inanıyoruz ki geçmişte ve günümüzde olduğu gibi gelecekte de kadınlar bilimde çığır açmaya ve isimlerini bilim tarihine yazdırmaya devam edecekler.**

Gök adaların ve dolayısıyla evrenin en önemli enerji kaynağı, doğal füzyon reaktörleri olan yıldızlardır. Yıldızımız Güneş'in ürettiği ve yaydığı enerji hem gezegenimiz Dünya hem de barındırdığı canlılar için büyük öneme sahip. Sekiz milyarı aşan Dünya nüfusunun enerji ihtiyacının giderek artması ve sera gazlarının salınımı azaltma çabaları, en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan Güneş enerjisini, onun hasadını ve bunun için geliştirilen teknolojileri öne çıkarıyor. Bu sayımızda yıldızımız Güneş'e ve enerjisine detaylıca yer veriyoruz. Faruk Soyduğan, "Güneş, Enerjisi ve Teknolojik Enerji Hasadı" başlıklı yazısında Güneş'in nasıl ve ne kadar enerji ürettiğinden, ayrıca Güneş enerjisinden daha fazla faydalanmak için geliştirilen teknolojilerden bahsediyor. Mahir Ocak ise uzaydan kesintisiz Güneş enerjisi gücü toplamak için uzaya kurulması planlanan uzay Güneş enerjisi santralleri konusunu detaylı bir şekilde anlatıyor. Bu ayki posterimizde de Güneş'i ele alıyoruz.

Özlem Ak, üçüncü yılına giren COVID-19 pandemisindeki başlıca gelişmeleri zaman çizelgesinde -umut ediyoruz ki- bu yıl son kez özetliyor. Ayrıca, bir diğer yazısında da mutasyona uğrayarak daha bulaşıcı hâle gelen virüsün tanımlanmış varyantları ve alt varyantları hakkında bilinmesi gerekenleri bizlere aktarıyor. Tuncay Baydemir de "Derin Beyin Görüntülemesinde Yeni Bir Dönem: Mikroskoplardan Miniskoplara" başlıklı yazısında çoklu foton görüntüleme tekniklerini ele alıyor.

Farklı ilgi alanlarına hitap eden Bilim Haberleri, Bilim Çizgi, Tekno-Yaşam, Merak Ettikleriniz, Bilim Tarihinden Notlar, Doğa, Gökyüzü, Düşünme Kulesi, Satranç, Ayın Matematik Sorusu, Zekâ Oyunları ve Yayın Dünyası köşelerimizdeki yazıları da zevkle okuyacağınızı umuyoruz.

Dergimizin daha düşük fiyata ve ücretsiz kargoyla sizlere ulaşacağı abonelik fırsatından faydalanmak ayrıca hem yeni hem de eski sayılarımızı satın almak için yayinlar.tubitak.gov.tr adresini ziyaret edebilir; "TÜBİTAK Yayınlar" mobil uygulamasını da indirebilirsiniz. Dergimizin internet sayfasını (bilimteknik.tubitak.gov.tr) ve sosyal medya hesaplarını da takip edebilir, hayatınızdaki yerini ve size neler kattığını bizlerle paylaşabilirsiniz. (bteknik@tubitak.gov.tr).

Nesiller büyüten dergimizin bu sayısını da keyifle okumanızı diliyor, sonraki sayılarımızı sabırsızlıkla bekleyeceğinizi umuyoruz.

Sağlıcakla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanbilir!

Saygılarımızla,  
Özlem Kılıç Ekici

# İçindekiler

## 10

### Güneş, Enerjisi ve Teknolojik Enerji Hasadı

Faruk Soyduğan

İnsanlığın enerji ihtiyacının giderek artması ve sera gazlarının salımını azaltma çabaları, en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan Güneş enerjisini, onun hasadını ve bunun için geliştirilen teknolojileri öne çıkarıyor.



## 28

### Uzaydan Güneş Enerjisi

Mahir E. Ocak

Temiz enerjiyi uzaydan toplamak bugün fosil yakıtlara olan bağımlılığı tamamen ortadan kaldırabilir ve sıfır karbon emisyonu hedefine ulaşmayı sağlayabilir. Günümüzde pek çok ülke bu olasılığı değerlendirmeye ve üzerinde çalışmaya başladı.



## 38

### COVID-19'da Varyantlar, Alt Varyantlar... Torunların Torunları

Özlem Ak

Genel olarak virüsler çevreye uyum sağlamak ve varlıklarını sürdürmek için mutasyona uğrar. Mutasyona uğrayan virüsler daha bulaşıcı olmaları nedeniyle sağlık hizmetlerine daha fazla yük oluşturur. Uzmanlar, SARS-CoV-2 varyantlarının ve alt varyantlarının hızlı bir şekilde tanımlanmasını ve yakından izlenmesini sağlayan araçlara duyulan ihtiyacın her zamankinden daha fazla olduğunu ifade ediyor.



4

## Haberler

26

## Bilim Çizgi

### Ernst Mach

Sinancan Kara

46

## Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer

50

## Derin Beyin

### Görüntülemesinde

### Yeni Bir Dönem:

### Mikroskoplardan

### Miniskoplara

Tuncay Baydemir

Teknolojik gelişmeler ve maliyet düşüşlerine bağlı olarak günden güne daha da popülerleşen çoklu foton görüntüleme teknikleri sayesinde daha önce mümkün olmayan araştırmaların yapılması ve dinamik verilerin toplanması mümkün hâle geliyor.



60

## Merak Ettikleriniz

Mesut Erol

63

## Üçüncü Yılında Pandemi

Özlem Ak

İnsanlar COVID-19 yüzünden endişelenmeyi bırakmış olsa da virüs hâlâ aramızda. 2019 yılının son gününden başlayan COVID-19 zaman çizelgesini, pandeminin üçüncü yılında yaşananları ve gelişmeleri de ekleyerek devam ettirdik.

78

## Bilim Tarihinden Notlar:

### Newton'un Kütle Çekimi,

### Işık ve Renk Konusundaki

### Çalışmaları

Hüseyin Gazi Topdemir

82

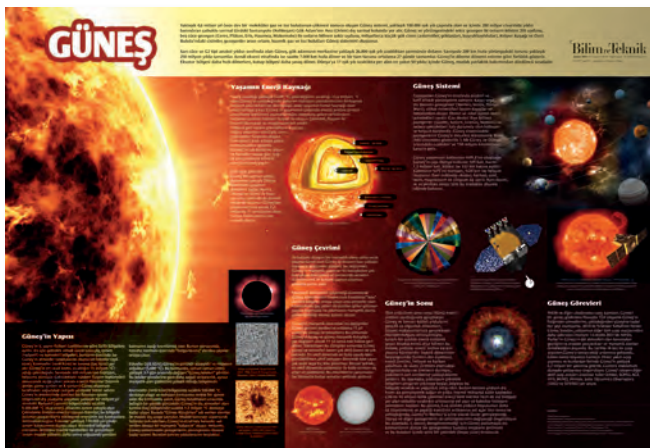
## Doğa - Fauna

### Endemik Zenginlik,

### Türkiye'nin Tatlısu

### Balıkları

Bülent Gözcelioğlu



84

## Gökyüzü:

### Avcı ve Kemerindeki Dev

### Mavi Boncuklar

Faruk Soyduğan

88

## Düşünme Kulesi

Ferhat Çalapkulu

90

## Satranç

Kıvanç Çefle

93

## Ayın Sorusu

(Matematik)

Azer Kerimov

94

## Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı

96

## Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer

## EK – POSTER

### GÜNEŞ

Özlem Kılıç Ekici,

Hüseyin Diker

Dergimize "Bilim ve Teknik ile Büyüdüm!", "Düşünme Kulesi" ve "Ayın Sorusu" köşeleri ile ilgili içerik gönderen okurlarımız, "Kişisel Verileri Koruma Kanunu" kapsamında, paylaştıkları verilerin ve bilgilerin dergimiz tarafından yayınlanmasına açık rıza göstermiş sayılacaktır.

Dergimizin elektronik dergi arşivi "services.tubitak.gov.tr/dergi/" internet adresinde (son dört sayı hariç) ücretsiz olarak herkesin erişimine açıktır. Son dört aya ait sayılara ise sadece abonelerimiz erişim sağlayabilir.



## TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları internet sitesi yenilendi!



<https://yayinlar.tubitak.gov.tr/> adresi üzerinden; dergilerimizin hem yeni hem de geçmiş sayılarını satın alabilir, ayrıca dergilerimize kolayca abone olabilirsiniz.



Bilim ve Teknik



tubitakbiltek



tubitakbilimteknik



TÜBİTAK Bilim ve Teknik

## Haberler

### Füzyonla Enerji Elde Edildi

Mahir E. Ocak

Füzyon tepkimelerinde iki atom çekirdeği kaynaşarak daha büyük bir atom çekirdeği oluşturur. Füzyon tepkimelerinin tetiklenebilmesi için çok yüksek sıcaklıklar gerekir. Füzyon tepkimeleri, tepkimeye giren ve tepkimeden çıkan atom çekirdeklerinin enerjisine bağlı olarak enerji üretebilir ya da tüketebilir. Demir-56 izotoplarından daha hafif atom çekirdeklerinin oluştuğu füzyon tepkimeleri genellikle enerji yayar. Güneş enerjisinin kaynağı da füzyon tepkimeleridir. Güneş'in merkezinde meydana gelen füzyon tepkimeleri sırasında hidrojen çekirdekleri kaynaşarak helyum çekirdeklerini oluşturur.

Füzyonla enerji üretimi uzun zamandır üzerine çalışmalar yapılan bir konu. Ancak yıldızların merkezlerindeki çok yüksek sıcaklarda

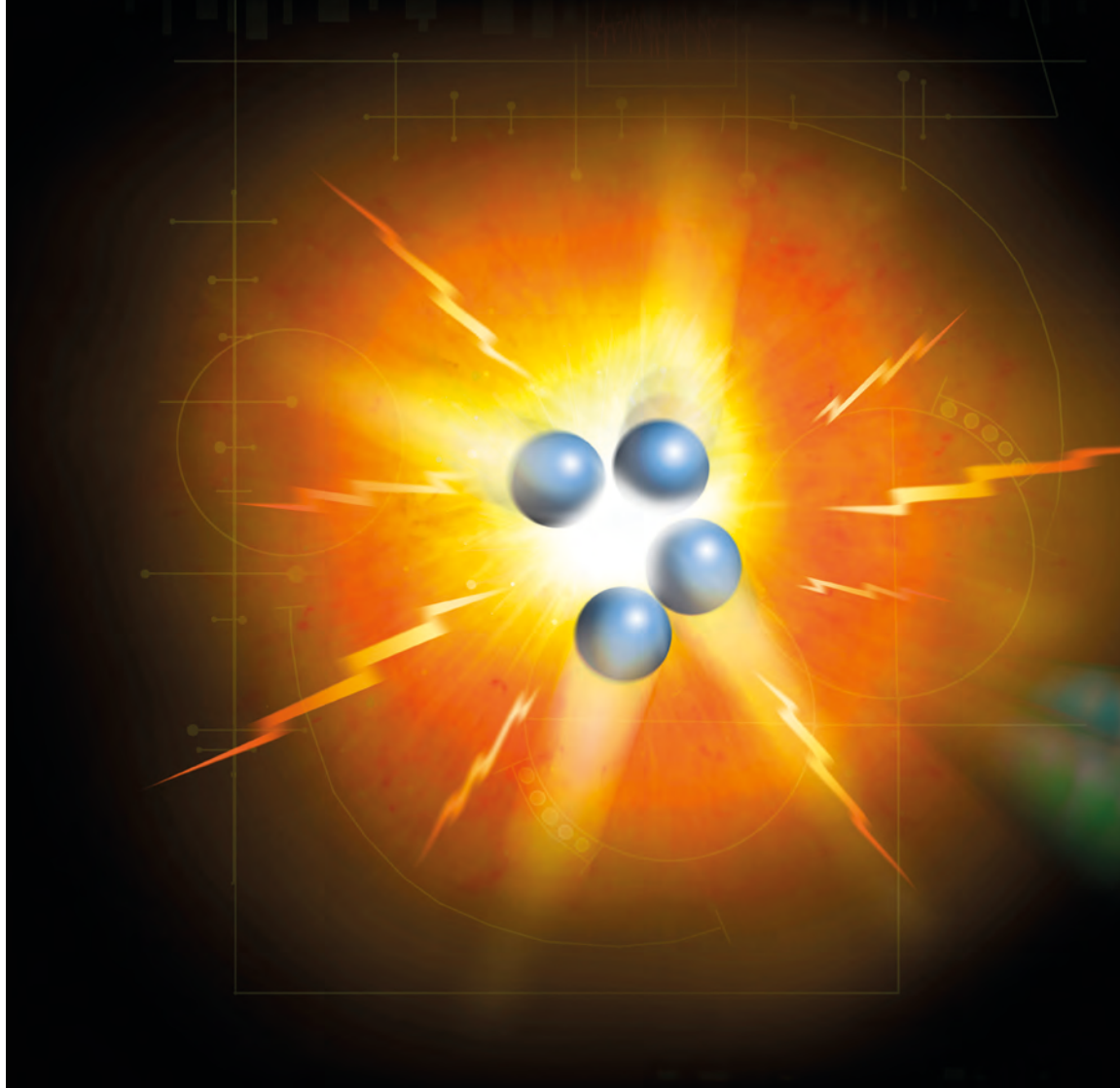
gerçekleşen bu süreçlerle laboratuvar ortamında enerji elde etmek yakın zamanlara kadar mümkün olmamıştı.

ABD Ulusal Ateşleme Tesisi'nde yapılan çalışmalar sırasında ilk kez füzyonla enerji elde edildiği açıklandı. Döteryum ve trityum izotoplarının kaynaşarak helyum çekirdeklerini oluşturduğu süreçte

füzyon tepkimelerini tetiklemek için sisteme 2,05 MJ enerji veriliyor ve sonuçta 3,15 MJ enerji açığa çıkıyor. Enerji üretim süreci özetle şöyle gerçekleşiyor: Tepkimeye girecek yakıtın içinde bulunduğu altın silindirin duvarlarına lazer ışığı tutuluyor. Isınan duvarlar X ışınları yaymaya başlıyor. X ışınları yakıt

topağının sıkışmasına ve ısınmasına neden oluyor. Böylece füzyon tepkimeleri başlıyor.

Füzyon, gelecekte yüksek miktarda enerji elde etmenin bir yolu olabilir. Ancak son başarı yakın gelecekte füzyon santrallerinin kurulabileceği anlamına gelmiyor. Bu amaca ulaşabilmek için hâlâ aşılması gereken pek





Mark Garlick / SPL

çok zorluk var. İlk olarak, her ne kadar tepkimeyi tetiklemek için verilenden daha fazla enerji ortaya çıksa da kullanılan lazerler 300 MJ enerji tükettiği için gerçekleştirilen süreçte aslında enerji tüketiliyor. İkinci olarak, kullanılan lazerler günde bir kez ateşlenebiliyor ancak bir füzyon santralinde enerji üretebilmek için hedeflerin saniyede

yaklaşık 10 kez ısıtılması gerekecek. Üçüncü olarak, deneylerde kullanılan yakıt topraklarını üretmek on binlerce dolara mal oluyor. Bu kadar yüksek maliyetli yakıtlarla ucuz enerji elde etmek mümkün değil. Dördüncü olarak, füzyon tepkimelerinin açığa çıkardığı enerjinin nasıl toplanacağı henüz bilinmiyor. ■

## Hem Karada Hem Denizde Hareket Edebilen Robot Kaplumbağa

Mahir E. Ocak

Yale Üniversitesinden bir grup araştırmacı hem karada hem de denizde hareket edebilen bir robot kaplumbağa geliştirdi. Yeni robotun en önemli özelliği,

benzerlerinin aksine farklı ortamlarda yol almak için farklı hareket sistemleri kullanmaması. Robot kaplumbağanın uzuvları şekil değiştirerek ortama uyum sağlıyor. Karada hareket edeceği zaman robot kaplumbağanın uzuvları katlanarak kara kaplumbağalarının ayaklarına benziyor. Denizde yol alacağı zamansa uzuvlar uzayıp düzleşerek deniz kaplumbağalarının paletlerine benzer bir şekle bürünüyor.

Robot kaplumbağanın uzuvlarının üretiminde özel bir kompozit polimer kullanılmış. Malzeme ısındığında yumuşayıp işlenebilir hâle geliyor. Soğuduğunda ise sertleşiyor. Robotun uzuvlarının şekil

değiştirmesi, yapısında bulunan ısıtıcılar tarafından sağlanıyor. Bakır ısıtıcı malzemenin sıcaklığını artırdığında, yumuşak robotik kaslar devreye girerek uzuvların düzleşmesini ya da bükülmesini sağlıyor. Uzuvlar arzu edilen şekle geldikten sonra birkaç dakika içinde kompozit polimer soğuyarak yeniden katılıyor. Araştırmanın sonuçları *Nature*'da yayımlandı.

Robot kaplumbağa enerji ihtiyacını karşılamak ve iletişim kurmak için şu an kablolarla ihtiyaç duyuyor. Ayrıca düzgün bir biçimde hareket etmeyi de başaramıyor. Araştırmacılar bu sorunları da aşmak için çalışmaya devam ediyorlar. ■



doi.org/10.1038/541586-022-05188-w

## Gökten Yağan Mikroplastikler

Mahir E. Ocak

Son 70 yılda 8 milyar tonun üzerinde plastik malzeme üretildi. Bu plastiklerin sadece %9'u geri dönüştürülebildi. Geriye kalanlar ise ya yakıldı ya da çevreye salıverildi. Plastiklerin yakılması atmosfere mikroplastik karışmasına neden oluyor. Ayrıca makro büyüklükteki plastikler de zamanla ufak parçalara ayrılıyor.

Yeni Zelanda'daki Auckland Üniversitesinden bir grup araştırmacı, atmosferden şehrin üzerine düşen plastikler ile ilgili bir çalışma yaptı. Sonuçlar, bir günde şehrin her bir metrekaresine ortalama 4.885 mikroplastik düştüğünü gösteriyor. Daha önceleri yapılan benzer çalışmalar sonucu Londra'da, Hamburg'da ve Paris'te elde edilen değerlerse sırasıyla 771, 275 ve 110 olmuştu. Araştırmacılar Auckland'daki değerlerin çok daha yüksek çıkmasını kendi çalışmalarında, önceliklere kıyasla, çok daha küçük mikroplastiklerin de tespit edilebilmiş olmasına



bağlıyorlar. Kullandıkları karmaşık kimyasal yöntemler sayesinde araştırmacılar 0,01 milimetre çapındaki plastik parçalarını bile toplayıp analiz etmeyi başarmışlar. Tespit edilen plastiklerin büyük çoğunluğu çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük.

Tespit edilen mikroplastiklerin önemli kaynaklarından birinin okyanus suları olduğu düşünülüyor. Tahminlere göre şehrin kıyılarına vuran dalgalar, okyanus sularından atmosfere mikroplastik karışmasına neden oluyor. Özellikle rüzgârlı havalarda tespit edilen plastik miktarının daha fazla olması da bu düşünceyi doğruluyor. Muhtemelen şiddetli rüzgârlar daha büyük dalgalara ve sulardan atmosfere daha çok plastik karışmasına neden oluyor. *Environmental Science &*

*Technology*'de yayımlanan makaleye konu olan çalışmalar Eylül-Kasım 2020 döneminde yapılmış. Elde edilen sonuçlar, Auckland şehrinin üzerine bir yılda tahminen 74 ton plastik yağdığını gösteriyor. ■

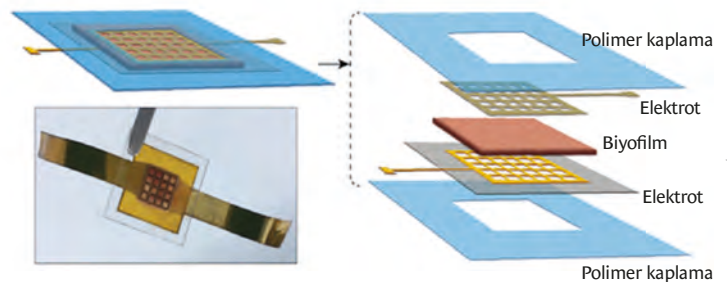
## Terden Elektrik Üreten Cihaz

Mahir E. Ocak

Geobacter sulfurreducens adlı bakteriler elektrik üretmeleriyle bilinir. Geçmişte bu bakteriler kullanılarak "mikrobiyal bataryalar" olarak adlandırılan cihazlar

üretmiş ve elektronik aletlere güç sağlamak için kullanılmıştı. Bu bataryaların zayıf bir tarafı ise elektriği üreten bakterileri canlı tutmak için sürekli besin sağlanması gerekmesiydi. Amherst'teki Massachusetts Üniversitesinden Prof. Dr. Jun Yao ve arkadaşları ise Geobacter sulfurreducens bakterilerini kullanarak bakım gerektirmeden uzun süre elektrik üretebilen bir cihaz geliştirmeyi başardı. Sonuçlar *Nature Communications*'ta yayımlandı.

Yeni geliştirilen cihazda genetiği değiştirilmiş, ölü Geobacter sulfurreducens bakterileri yer alıyor. Araştırmacılar biyofilmler içinde hücreleri çoğaltıyor, daha sonra da birbirine doğal nanotellerle bağlanmış





bakterilerden oluşan bu ince filmleri kullanarak bir batarya üretiyorlar. Yeni geliştirilen bataryalar üretilirken ilk olarak biyofilmler lazerle oyularak küçük devreler oluşturuluyor. Daha sonra bu biyofilmler elektrotların arasına yerleştiriliyor. Son olarak elde edilen yapı yumuşak, yapışkan ve hava geçiren bir polimerle kaplanıyor.

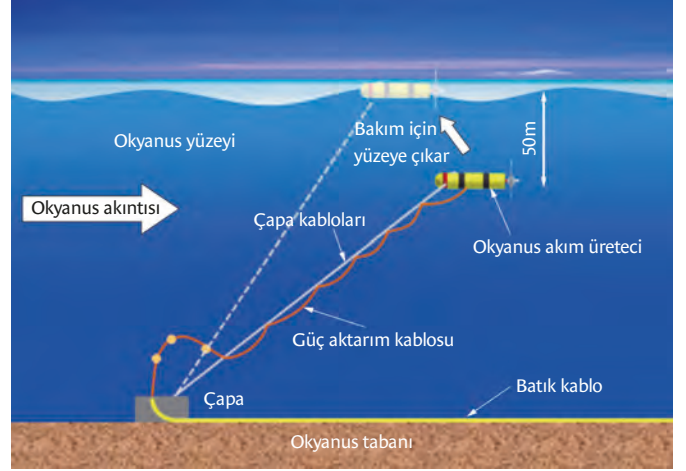
Üretilen cihaz, buharlaşan sıvılardan aldığı enerjiyi elektrığe dönüştürüyor. 40 mikrometre kalınlığındaki bir biyofilm katmanı santimetrekare başına 1 mikrowatt



güç sağlayabiliyor. Araştırmacılar bir dizi cihazı seri olarak birbirine bağlayarak 0,45 volt elektrik potansiyeli elde etmeyi başarmışlar.

Testler sırasında bir dizi cihaz kullanılarak ufak bir LCD ekranı çalıştırılmış. Ayrıca bir gönüllünün boynuna yapıştırılan bataryadan güç alan bir sensörle, yutkunma sırasında ortaya çıkan mekanik sinyaller tespit edilebilmiş.

Bugün giyilebilir teknolojilerin gelişimini sınırlayan en önemli etkenlerin başında bu teknolojilere enerji sağlayan bataryalar geliyor. Tüklenen bataryaların değiştirilmesi ya da şarj edilmesi gerekiyor. Yeni geliştirilen bataryalar da ufak cihazları çalıştırabilecek kadar elektrik üretiyor. Bu bataryaları, yara bandı gibi, deriye yapıştırarak buharlaşan terden elektrik üretmek mümkün. Üstelik yeni bataryalar bakım gerektirmeksizin, tükenmeden uzun süre çalışabiliyor. ■



## Japonya, Enerji İhtiyacının Çoğunu Okyanuslardan Karşılacak

Mahir E. Ocak

Yenilenebilir enerji kaynakları konusunda öne çıkan alternatiflerden biri de okyanuslar. Su altı türbinleriyle akıntılardan enerji toplanarak elektrik üretilebiliyor. Üstelik bu sistemlerin verimliliği de yüksek. Rüzgâr ve güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği %10-%40 arasında değişirken, okyanus akımlarından elektrik üreten sistemlerin verimliliği %70'lere kadar çıkabiliyor.

Güçlü akıntılara sahip derin denizlere kıyasla olan ülkeler gelecekte enerji ihtiyaçlarının önemli bir kısmını su altı türbinleri

aracılığıyla karşılayabilir. Bu konuda önemli çalışmalara imza atan ülkelerden biri de Japonya. Pasifik Okyanusu'nun batısında yer alan ada ülkesi, 2030'larda enerji ihtiyacının yarısından fazlasını okyanuslardan karşılamaya hazırlanıyor. Japon IHI firması, Kairyu adını verdiği bir üretici yaklaşık 3,5 yıldır test ediyordu. Yakın zamanlarda 100 kW güç üreten sistemin tüm testlerden başarıyla geçtiği açıklandı. Kairyu üreticileri birbiriyle bağlantılı üç kapsülden oluşuyor. Yaklaşık yirmişer metre uzunluğundaki dış kapsüllerin ucunda türbinler var. Her biri yaklaşık 11 metre uzunluğunda olan türbinler birbirlerine zıt yönlerde dönecek biçimde tasarlanmış. Böylece sistem, türbinlerin dönme hareketinden etkilenmiyor.



Ayrıca türbinlerin akıntıyı karşılama açısı ayarlanabiliyor. Böylece farklı akıntı hızlarında azami verim alınması sağlanabiliyor.

Yaklaşık 330 ton kütleli Kairyu, deniz tabanına demirleniyor ve herhangi bir derinlikte yüzebiliyor. Hatta akıntının daha güçlü olduğu bölgelere doğru hareket edebiliyor. Bakım dönemlerinde ise sistem su yüzeyine çıkarılıyor. Japonya dünyanın en büyük altıncı karasularına sahip ülkesi. Sadece ülkenin doğu kıyılarındaki Kuroshio Akıntısı'ndan bile 200 GW güç elde edebileceği tahmin ediliyor. Bu değer ülkenin şu anki üretiminin yaklaşık %60'ına karşılık geliyor. ■

## Semptomlar Görülmeden Önce Alzheimer'ı Tespit Edebilen Kan Testi

Mahir E. Ocak

Günümüzde Alzheimer hastaları ancak semptomlar ortaya çıktıktan sonra tedavi almaya başlıyor. Ancak bilimsel çalışmalar, Alzheimer'ın hafıza

kaybı gibi bilişsel sorunlar ortaya çıkmadan yıllar önce gelişmeye başladığını gösteriyor.

Washington Üniversitesinden bir grup araştırmacı semptomlar görülmeden önce Alzheimer'ı tespit edebilen bir test geliştirdiklerini açıkladı. Alzheimer hastalığının kökeninde bir araya gelerek topaklanan amiloid beta proteinleri vardır. Kısaca SOBA olarak adlandırılan testte de kandaki amiloid beta topakları tespit ediliyor.

Araştırmacılar geliştirdikleri testi yıllar önce 310 gönüllüden alınmış kan örnekleri üzerinde test etmişler. Kan örneklerinin alındığı dönemde gönüllüler sağlıklı, hafif bilişsel bozukluklar gösteren, Alzheimer



wildpixel / iStock



Thorsten S poerlein / iStock

hastası ve başka tür demans hastası olarak sınıflandırılmış. O tarihte sağlıklı olan hastaların bazılarında daha sonra Alzheimer semptomları görülmeye başlanmış.

Deneyler, geliştirilen testin kan örneklerinin alındığı tarihte semptomlar gösteren hastaların tamamında amiloid beta topaklarını tespit edebildiğini gösteriyor. Ayrıca o tarihlerde sağlıklı olarak kayıtlara geçen 11 gönüllünün kanında da amiloid beta topakları tespit edilmiş. Üstelik bu 11 gönüllünün 10'unun kan örneği alındıktan sonra sağlık durumlarının takip edildiği ve tamamında hafif bilişsel bozukluklar ya da Alzheimer geliştiği belirtiliyor. Çalışmanın sonuçları *Proceeding of the National Academy of Sciences*'ta yayımlandı. ■

## Kanlarını Karaciğerlerinde Depolayarak Gizlenen Cam Kurbağaları

Mahir E. Ocak

Son bilimsel çalışmalar, yarı saydam derileri olan cam kurbağalarının uyurken kendilerini gizlemek için kırmızı kan hücrelerini karaciğerlerinde depolayabildiğini gösteriyor. Bu sayede kurbağalar saydamlıklarını artırıyor ve daha iyi gizleniyor. Çalışmanın sonuçları *Science*'ta yayımlandı.

Kurbağalar uyandıığında kırmızı kan hücreleri yeniden kan dolaşımına karışıyor. Bu durum, kurbağanın derisinin saydamlığının azalmasına ve görünümünün biraz kırmızılaşmasına neden oluyor. ■

## Mars'taki Depremlere Manto Yükselmesi Neden Oluyor

Mahir E. Ocak

Manto yükselmesi, gezegenin derinliklerinden gelen sıcak ve akışkan kayaçların manto içinde yüzeye doğru hareket etmesidir. Manto yükselmesi depremlere, fay oluşumlarına ve volkanik patlamalara neden olur. Dünya'daki depremlerin kökeninde manto yükselmelerinin yanı sıra levha hareketleri vardır. Hareketli levhalar gezegenin yüzeyinin karışmasına ve iç kısımlarının daha dinamik bir yapıda olmasına yol açar.

Levha hareketlerinin gözlenmemesi nedeniyle yakın zamanlara kadar Mars'ın ölü bir gezegen olduğu ve son birkaç milyar yıldır gezegende kayda değer bir hareketlilik olmadığı düşünülüyordu. Bilimsel çalışmalar, Mars'ın son birkaç yüz milyon yıldır en etkin olan bölgesinin gezegenin ekvatoruna yakın

Elysium Planitia bölgesi olduğunu gösteriyor. Kızıl Gezegen'in kuzey yarım küresinde yer alan bu düzlüklerdeki son volkanik etkinlikler yaklaşık 53.000 yıl önce gerçekleşmiş. Elysium Planitia'daki volkanik etkinlikler, Cerberus Fossae olarak adlandırılan, gezegenin yüzeyinde yaklaşık 1.300 kilometre boyunca uzanan genç çatlaklardan kaynaklanıyor. NASA'nın InSight aracının yaptığı çalışmalar, Mars'taki bilinen tüm sismik etkinliklerin bu bölgeden kaynaklandığını gösteriyor.

Geçmişte Mars'ta bugün gözlemlenen ufak tefek depremlerin kökeninin ne olduğu bilinmiyordu. Ancak Arizona Üniversitesinden bir grup araştırmacının yaptığı çalışmalar, Mars'ta aktif manto yükselmesi olduğunu gösterdi. Araştırma ekibinin üyelerinden Adrien Broquet, Mars'ta levha hareketleri olmadığını bildikleri için Cerberus Fossae bölgesinde gözlemlenen etkinliklerin manto yükselmesinden kaynaklanabileceğini düşündüklerini söylüyor.



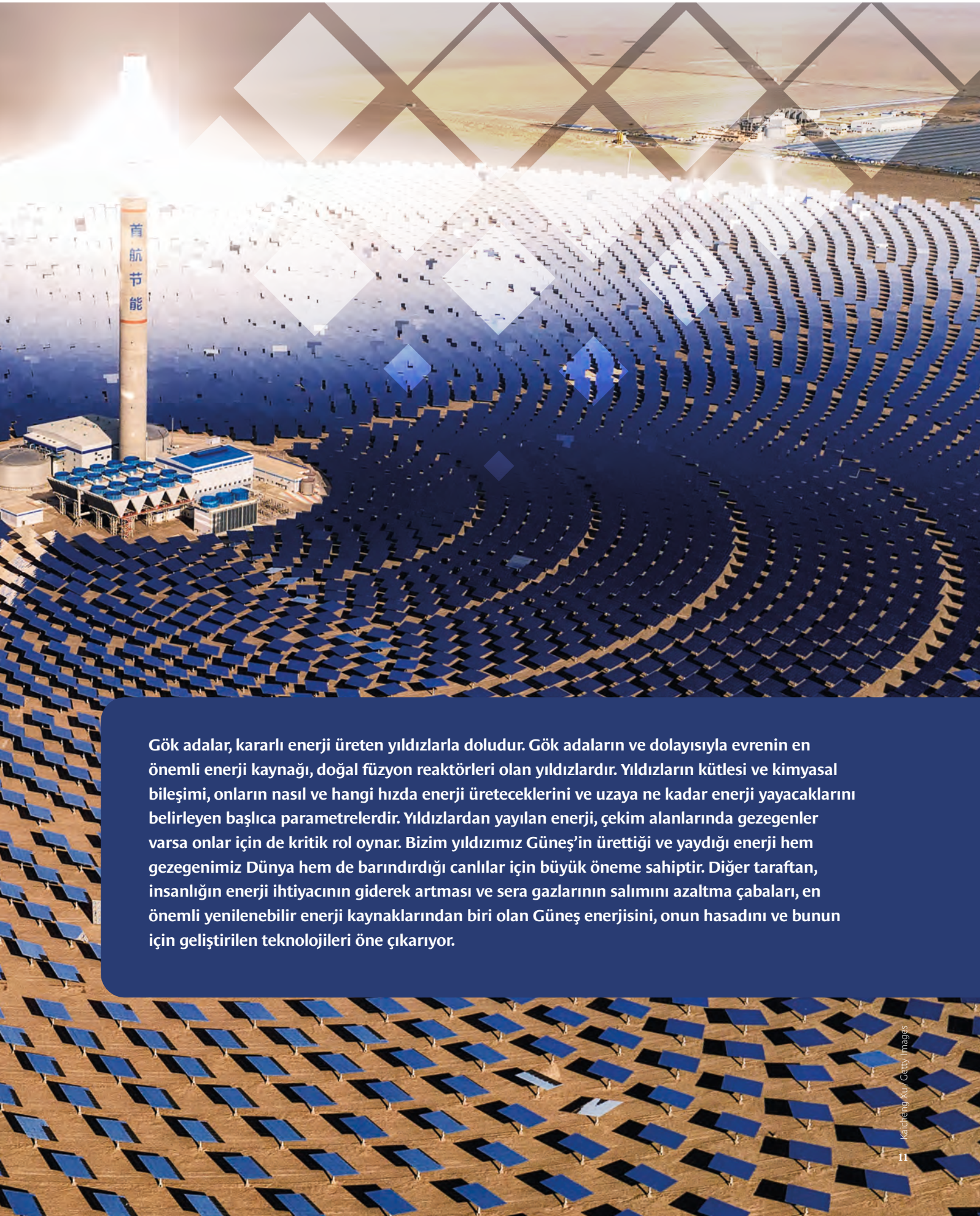
Sebastian Kaulitzki / SPL

Dünya'daki manto yükselmeleri yeryüzünde gerilmelere ve yükselmelere neden olur. Volkanik patlamalarla yeryüzüne ulaşan eriyik hâldeki kayalar engin ovalar oluşturur. Bilimsel çalışmalar Mars'ta da benzer süreçlerin meydana geldiğini gösteriyor. Uydularla toplanan veriler kullanılarak yapılan tahminler, Mars'ın kuzeyindeki en yüksek düzlüklerden biri olan Elysium Planitia bölgesinin manto yükselmesiyle oluştuğunu gösteriyor. Bu düşüncüyü destekleyen verilerden

bazıları şunlar: Bölgedeki kütle çekim alanında yaşanan ufak değişimler ile ilgili analizler, yükselmenin gezegenin derinlerinden kaynaklandığını gösteriyor. Bölgede gök taşı çarpmasıyla oluşmuş kraterlerin tabanları, manto yükselmesi yönüne doğru eğik duruyor. Ayrıca tektonik modeller kullanılarak yapılan tahminler, Cerberus Fossae yarıklarının nasıl oluştuğunun ancak 4.000 kilometre genişliğinde bir manto yükselmesiyle açıklanabileceğini gösteriyor. ■

# Güneş, Enerjisi ve Teknolojik Enerji Hasadı

Prof. Dr. Faruk Soyduġan [ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fizik Bölümü, Astrofizik Anabilim Dalı & Astrofizik Gözlemevi



Gök adalar, kararlı enerji üreten yıldızlarla doludur. Gök adaların ve dolayısıyla evrenin en önemli enerji kaynağı, doğal füzyon reaktörleri olan yıldızlardır. Yıldızların kütlesi ve kimyasal bileşimi, onların nasıl ve hangi hızda enerji üreteceklerini ve uzaya ne kadar enerji yayacaklarını belirleyen başlıca parametrelerdir. Yıldızlardan yayılan enerji, çekim alanlarında gezegenler varsa onlar için de kritik rol oynar. Bizim yıldızımız Güneş'in ürettiği ve yaydığı enerji hem gezegenimiz Dünya hem de barındırdığı canlılar için büyük öneme sahiptir. Diğer taraftan, insanlığın enerji ihtiyacının giderek artması ve sera gazlarının salımını azaltma çabaları, en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan Güneş enerjisini, onun hasadını ve bunun için geliştirilen teknolojileri öne çıkarıyor.

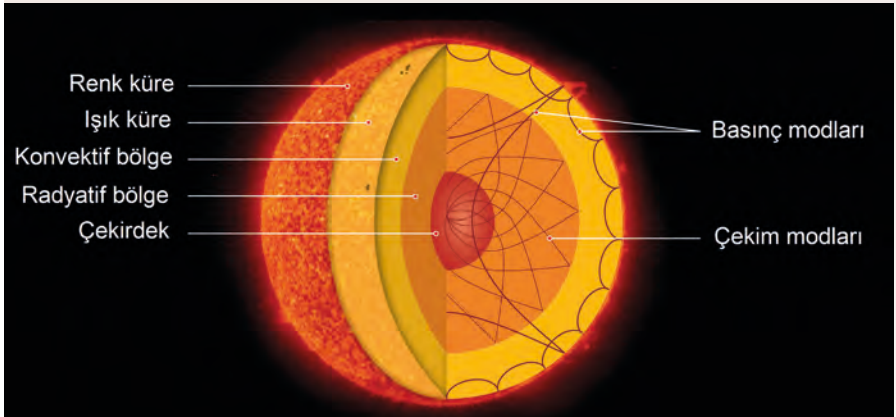
**İ**nsanlığın var olduğundan bu yana yaşamını sürdürmek için kullandığı enerji önemini arttırarak gündemimizde yer alıyor. Neredeyse gıda ile aynı seviyede ve ağırlıkta bahsedilen enerji talebi ve ihtiyacının kişisel olarak veya ülkeler bazında artmasına ek olarak, dünya nüfusundaki artış ve bazı konvansiyonel enerji kaynaklarındaki azalma, bu konuya daha fazla enerji harcamamız gerektiğini gösteriyor. Farklı sebeplerle gelişen enerji problemlerinin çözülmesinde, başta yenilenebilir kaynaklar olmak üzere, alternatif kaynaklara ve enerji girdilerindeki çeşitliliğin arttırılmasına yönelik çalışmalar hız kazanıyor. Enerji ihtiyaçları, coğrafik özellikler, çevre kirliliği, küresel ısınma ve başka çok sayıda parametre dikkate alındığında ve fayda-maliyet analizleri yapıldığında öne çıkan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin hasadına ve teknolojik boyutuna bakmadan önce Güneş'in nasıl ve ne kadar enerji ürettiği üzerinde duralım.

## Doğal Füzyon Reaktörü Güneş

Dünya'ya yaklaşık 150 milyon km uzaklıkta bulunan Güneş, hem oluşturduğu kütle çekimi alanı hem de sağladığı enerjiyle sistemin ana aktörü olduğunu sürekli gösteriyor. Güneş'in çekirdeğinde üretilen enerji önce yüzeyine yüz binlerce yıl süren yolculukla ulaşıyor ve sonrasında atmosferinden uzaya yayılıyor. Bu enerjiden Dünya da nasibini alıyor. Güneş enerjisi, Güneş sistemindeki bütün cisimler, onların yapıları ve yeryüzündeki canlılar için kritik öneme sahip. İnsanlık, binlerce yıldır gözle ve yaklaşık 400 yıldır teleskoplarla Güneş ve diğer yıldızları gözlemiş olsa da Güneş ve diğer yıldızlar nasıl enerji üretiyor sorusuna cevap verebilecek bilgileri yaklaşık bir asır önce üretmeye başladı. Arthur Eddington, 1920'de "The Internal Constitution of the Stars", başlıklı makalesinde hidrojen-helyum füzyonunun

yıldızların başlıca enerji kaynağı olabileceğini önerdi. Eddington bu araştırmasında, Albert Einstein'ın kütle-enerji eşdeğerliliği yani  $E=m.c^2$  eşitliğini kullanarak hidrojen-helyum füzyonunda ne kadar enerji açığa çıktığını hesapladı. Bilinmeyen termonükleer enerji ve füzyon kavramları bu araştırmalarla birlikte kullanılmaya başlandı. Sonrasında kuantum tünellenmenin de keşfiyle beraber küçük ve sıkışık bir çekirdekte füzyonla nasıl ve ne kadar enerji üretilbileceği konusunda bilgiler daha da netleşmeye başladı.

Nükleer füzyon basitçe iki hafif atom çekirdeğinin büyük miktarlarda enerji çıkaracak şekilde birleşerek daha ağır tek bir çekirdek oluşturma sürecidir. Yıldızlarda, çekirdeklerin birbirlerine uyguladıkları elektriksel itme kuvvetiyle başa çıkmak ve böylece hafif atomların birleşmesini sağlamak için çekirdekte sıcaklığın milyonlarca derece santigrada ulaşması gerekiyor. Sadece bu da yeterli



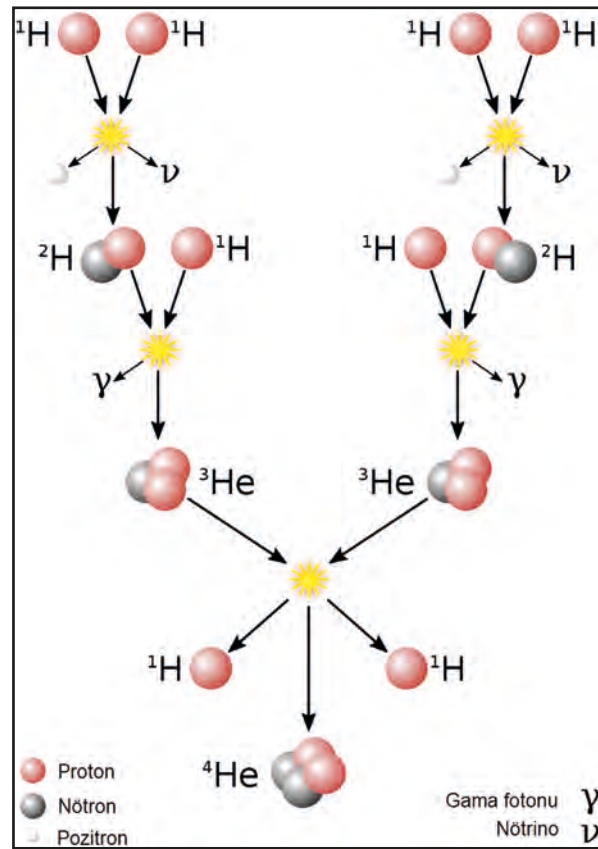
Güneş'in iç yapısı ve atmosferi (ESA)



Sproetmek / Getty Images

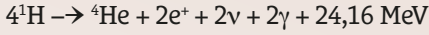
olmuyor, bu birleşmeyi açıklamak için kuantum tünelleme etkisine de ihtiyaç duyuluyor.

Güneş kütlelerinin yaklaşık %71'i hidrojen, %27'si helyumdan oluşuyor. Bir plazma küresi olan Güneş'in merkezinde sıcaklık 15 milyon derece santigradı aşıyor. Çekirdekte yoğunluk sudan 150 kat, basınç ise Dünya atmosferindeki basınçtan 200-300 milyar kat daha fazladır. İşte bu çok sıcak, çok yüksek yoğunluklu ve basınçtaki ortam, füzyon reaksiyonlarının gerçekleştiği bölgedir. Tepkimeler merkezden yaklaşık 140 bin km mesafeye kadar olan bölgede gerçekleşir. Güneş ve benzeri kütleli yıldızlarda füzyon reaksiyonlarının büyük bölümü, proton-proton (p-p) çevrimi denilen tepkimelerle hidrojen çekirdeklerinin birleşerek helyum oluşturması şeklinde meydana gelir. Dört hidrojen çekirdeğinin bir helyum çekirdeğine dönüşmesi için gerçekleşen



Güneş'in merkezinde gerçekleşen füzyon reaksiyonlarından p-p çevrimi

üç reaksiyon sırasında, iki pozitron ve iki nötrinonun yanı sıra elektromanyetik ışınım (foton) da ortaya çıkıyor. Helyum çekirdeğinin kütlesi, dört hidrojen çekirdeğinden % 0,64 oranında daha azdır. Bu kütle farkı, kütle-enerji eşdeğerliliği eşitliğiyle açıklanacak şekilde, enerjiye (her p-p zinciri sonunda yaklaşık 24,16 MeV) dönüşür. Reaksiyonlar sırasında ortaya çıkan nötrinolar da Güneş'ten çıkan enerjinin %2'sinden sorumludur. p-p zinciri reaksiyonları tek bir reaksiyon şeklinde aşağıdaki gibi gösterilebilir:



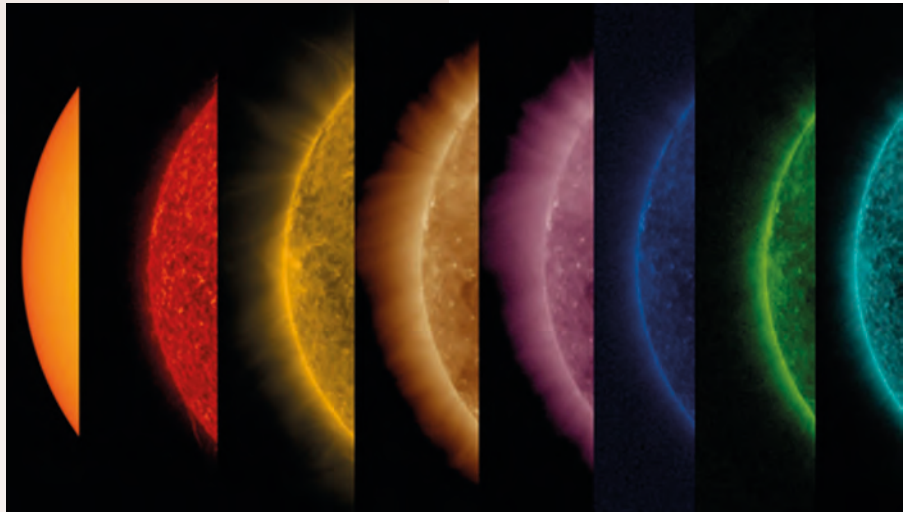
Güneş'ten daha büyük kütlelere doğru gidildikçe, yaşamının ileri evresinde olmayan yıldızlarda, p-p zinciri yerine Karbon – Azot – Oksijen (CNO) çevrimi reaksiyonları baskın olur. Gerçekleşen yine hidrojenin helyuma dönüşümüdür ancak daha uzun bir reaksiyon zinciri sonucunda helyum oluşurken yaklaşık 25,03 MeV enerji açığa çıkar.

Büyük miktarda kütle için küçük bir hacme sıkıştığı Güneş'in çekirdeği çok yoğundur ve füzyon reaksiyonlarında üretilen fotonlar, yüzeye çıkış seyahatlerinde sürekli soğurularak tekrar salınır. Bu nedenle, çekirdekte üretilen fotonların merkezden yüzeye ulaşmaları yüz bin yılı aşabilir. Bu arada, Güneş'in merkezinde üretilen enerji önce yarıçapın %75'lik bölümünde fotonlarla, sonrasında yüzeye kadar konveksiyonla aktarılır.

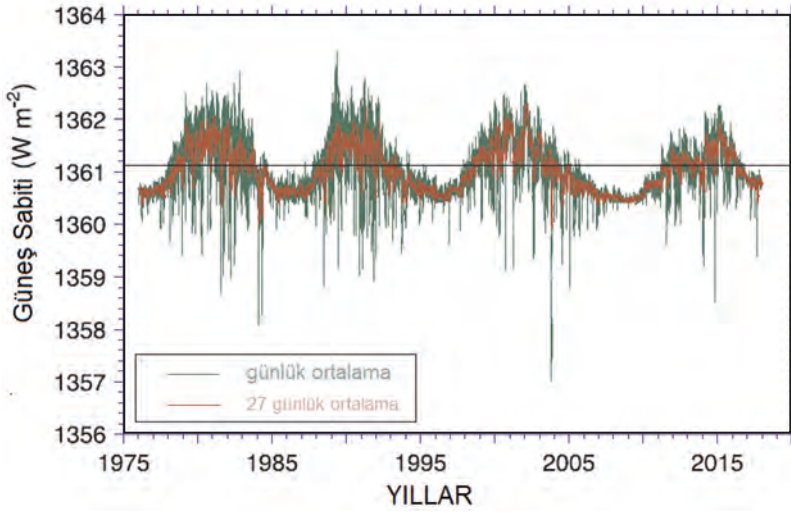
Güneş'in yüzeyi yani atmosferinin en alt katmanı fotosfer (veya ışık küre) diye adlandırılır. Bu bölgede sıcaklık yaklaşık 5.800 K'dir, enerji yayılımı da bu sıcaklıktaki kara cisim enerji dağılımıyla benzerdir ve Planck Yasası ile hesaplanabilir. Buna göre, Güneş'in ışınım gücü, yani yüzeyinden tüm uzaya yayılan enerji saniyede yaklaşık  $3,83 \times 10^{26}$  Watt'tır. Bu aşamadan sonra Güneş atmosferinden çıkan fotonlar ters kare yasasına uyararak uzaya yayılır ve karşılaştığı cisim ve/veya ortamlarla etkileşir. Füzyon reaksiyonları dikkate alındığında Güneş'in ömrünün yaklaşık 10 milyar yıl olduğu sonucuna ulaşılır. Güneş şu ana kadar çekirdeğindeki yakıtın yaklaşık yarısını tüketmiş durumdadır. Dolayısıyla, yaklaşık 4,5 milyar yıl yaşında olan Güneş'te füzyon reaksiyonlarının daha bu kadar süre devam edebileceği, benzer kütledeki yıldızlarla da karşılaştırılarak, gözlemler ve teorik iç yapı modelleri kullanılarak öngörülmüştür.

## Güneş'ten Yer'e Gelen Enerji

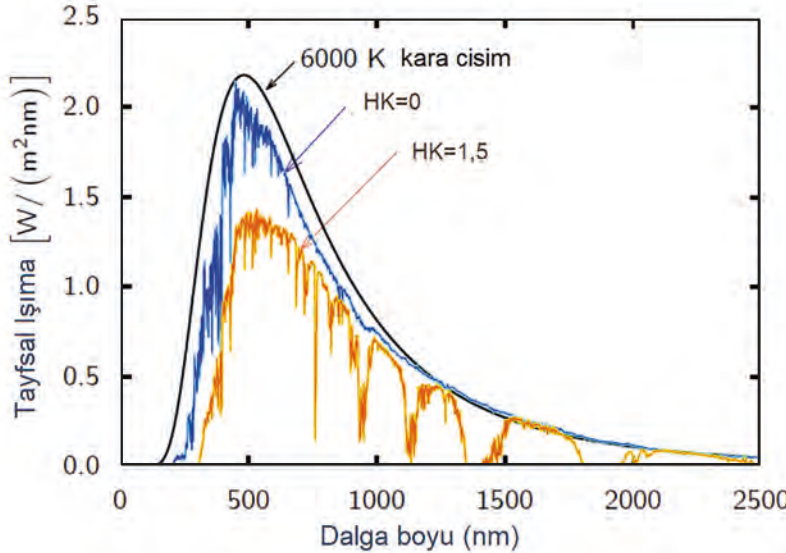
Güneş'in ışınım gücü  $3,83 \times 10^{26}$  Watt olarak ölçülüyor. Bu enerjinin önemli bölümü görsel ve kızılötesi bölgede yayınlanır. %1'den az kısmı ise elektromanyetik tayfın radyo, morötesi ve X ışını enerji aralıklarında uzaya salınır. Enerjinin uzayda ters kare yasasıyla elektromanyetik ışınım şeklinde azalarak yol aldığı bilindiğine göre, Güneş'ten yaklaşık 150 milyon km uzaklıktaki Yer'in atmosferinde birim alana ulaşan enerji yaklaşık  $1.361 \text{ W/m}^2$  olarak hesaplanır. Bu değere, Güneş sabiti denir. Yer'in yarıçapı dikkate alındığında Yer'in atmosferine bir saniyede düşen yaklaşık enerji  $1,75 \times 10^{17}$  Watt gibi çok büyük bir değerdir.



Farklı dalga boylarında Güneş (NASA)



Güneş sabitinin uzay tabanlı radyometrik ölçümlerden çıkarılan 1976-2017 yılları arasındaki değişimi (yeşil: günlük ortalama, kahverengi: 27 günlük hareketli ortalama) (Gueymard, 2018)



Tayfsal enerji dağılımının Yer atmosferi dışında (HK=0, Güneş sabiti 1361 W/m²) ve HK=1,5 olduğu durumdaki gösterimi ve 6.000 K sıcaklığındaki bir kara cismin enerji dağılımıyla karşılaştırılması (Kwarikunda, 2018)

Güneş sabiti, Yer'in Güneş etrafındaki yörüngesinin elips olması nedeniyle yaklaşık  $\pm 3\%$  kadar değişir. Bunun yanında, Güneş değişen bir yıldızdır ve parlaklığında çevrimsel değişimler gözlenir. Güneş'in dış katmanlarındaki konveksiyonla enerji aktarımı

ve gözlenen diferansiyel dönme (farklı enlemlerin farklı hızlarda dönmesi), manyetik etkinlik olarak isimlendirilen süreçlerin (yüzeyde soğuk lekeler, sıcak plaj alanları, flare parlamaları, koronal kütle atımları vd.) ortaya çıkmasına neden olur. Güneş'in

manyetik etkinliği ortalama 11 yıllık bir çevrimsel değişimler şeklinde ortaya çıksa da bu değişimin şiddeti sabit değildir. Bu nedenle, değişken manyetik etkinlik süreçleri de Güneş'in enerji çıktısında farklılıklara yol açar. Güneş sabitindeki bu değişimler 40 yıldan uzun süredir uydulardan ölçümler yapılarak takip ediliyor. Manyetik aktivite çevrimi kaynaklı Güneş sabiti değişimi son 30 yıldır  $0,1\%$  düzeyinde gerçekleşiyor.

Buraya kadar Güneş ışığının Güneş'in çekirdeğinde üretilmesinden Dünya'nun atmosferine ulaşmasına kadarki bölüme yer verildi. Güneş ışığı Yer atmosferine girdiğinde, yansıma, saçılma ve soğurma süreçleri devrededir. Yer atmosferinde ilerleyen ve yeryüzüne ulaşan enerjiyi tahmin etmek çok güçtür çünkü atmosfer çok dinamik bir katmandır. Gelen enerjinin yaklaşık  $50\%$ 'si Yer yüzeyinde soğurulur, geri kalan bölüm ise atmosferden, bulutlardan ve yeryüzünden yansarak uzaya yönelir. Bir bölümü de atmosferdeki parçacıklar ve bulutlar tarafından soğurulur.

Güneş'ten Yer'e ulaşan enerji hesaplamalarında, fiziksel süreçlere ek olarak, Yer'in dönme ekseninin yaklaşık  $23,5$  derece eğik olması, Güneş etrafında basık yörüngede dolanması ve kendi etrafındaki



dönme hareketi de dikkate alınır. Dünya üzerinde farklı enlemlerde, yılın farklı tarihlerinde, gün içindeki zamana göre; Dünya'nın Güneş'in başucu (zenith) doğrultusuyla yaptığı açı ve kuzey-güney doğrultusuyla yatayda yaptığı açı, gelen enerjinin hesaplanmasında kullanılır. Aynı zamanda Güneş için kullanılan bu iki açı, Yer yüzeyinde güneş enerjisi hasadı yapacak teknolojik ekipmanların Güneş'i takip etmesi sırasında kullanılan parametrelerdir. Güneş ışınlarının, Güneş'in gökyüzündeki konumuna göre kat etmesi gereken atmosfer kalınlığı farklılaşır. Hava kütlesi (HK) olarak tanımlanan bu yol, Güneş tam başucu noktasında iken  $HK=1$ , düşey doğrultuyla  $60^\circ$  açı yaptığında ise  $HK=2$  olarak hesaplanır.  $HK=1,5$  değeri (baş ucu ile Güneş doğrultusu arasındaki açı yaklaşık  $48^\circ$ ), Güneş hücresi verimlilik hesaplarında standart olarak kullanılır.  $HK$  değeri 1,5 olduğunda Güneş sabiti yaklaşık  $1000 \text{ W/m}^2$  değerine düşer.

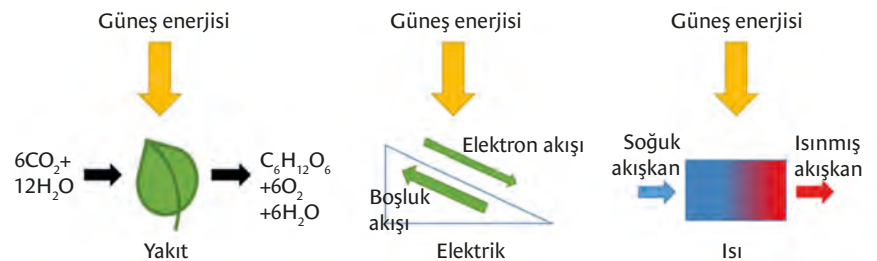
Güneş enerjisinin ne kadarının kullanılacağı, yukarıda söz edilen değişkenlere ek olarak, enerji hasadı yapılacak konum, yükseklik, yüzey örtüsünün özellikleri, yerel hava durumu, hava kirliliği, volkanik aktivite, toz dağılımı, orman yangınları vb. çok sayıda parametreden etkilenir. Güneş enerjisi

hasadında temelde, Güneş'ten doğrudan gelen (dalga boyu 0,3 ila 3 mikro metre) ışınım ve ortamdan yayılan (dalga boyu 3 mikro metreden büyük) ışınım değerlendirilmeye çalışılıyor. Güneş enerjisi hasadının verimli olması için, Yer yüzeyindeki güneş ışınımı ölçülüyor ve sağlanan veri analiz edilerek planlama yapılıyor. Güneş enerjisi ölçümlerinde iki önemli araç kullanılıyor. Pirheliometre (pyrheliometer) doğrudan gelen Güneş ışınımını, piranometre ise dağınık ve yayılmış ışınımı ölçmede tercih ediliyor. Tüm ölçümlere ait değişkenler, bilinenler ve bilinmeyenler birlikte değerlendirildiğinde yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin Güneş sabitine göre çok küçük bir değer olduğu anlaşılıyor. Yer yüzeyinde etkin kullanılacak yıllık güneş enerjisi miktarı yaklaşık  $60\text{-}250 \text{ W/m}^2$  aralığında. Bu nedenle, uzaydan enerji hasadı son dönemin önemli araştırma alanlarından biri durumunda. (Bu sayıdaki "Uzaydan Güneş Enerjisi" başlıklı yazıyı okuyabilirsiniz.)

## Güneş Enerjisi Teknolojileri

İnsanlık güneş enerjisini farklı tekniklerle hasat ederek çok uzun süredir kullanıyor. Son yarım yüzyıllık döneme baktığımızda ise, Endüstri 3.0 ve 4.0, sanayi dönüşümleriyle beraber, teknolojik hasat konusunda önemli yol alındığı görülüyor. Güneş enerjisi kullanımı söz konusu olduğunda, bu enerjinin teorik olarak insanlığın tüm enerji ihtiyacını karşılayabilecek potansiyelde olduğu ancak onu hasat ederken çok sayıda değişkenin devrede olduğunu bilmek ve ona göre planlama yapmak gerekiyor.

Güneş enerjisi; ısı, elektrik ve yakıt formuna dönüştürülüp kullanılabilir. Fotosentezle kimyasal yakıt, fotovoltaik (FV) hücrelerle elektrik enerjisine ve yoğunlaştırma tekniğiyle ısı enerjisine dönüştürme en yaygın olanları. Örneğin,



Güneş enerjisinin üç farklı dönüşümü (Hayat vd. 2018)

bitkiler güneş enerjisini fotosentez yardımıyla yakıta dönüştürüyor. Güneş enerjisinin yaklaşık %11'i doğal fotosentez süreçlerinde kullanılıyor. Fotosentez işleminin enerji verimliliği (Güneş enerjisi dönüşüm verimliliği), soğurulan fotonların yüzdesi ile tanımlanan kuantum verimliliği cinsinden ölçülür. Ticari olarak kullanılan FV hücrelerde ise, Güneş enerjisi dönüşümünde kullanılan cihazın verimliliği doğrudan güç cinsinden verilir. Çoğu bitki fotosentez işleminde Güneş ışığının yalnızca %0,5 ila %1'ini kullanırken, algler ve siyanobakteriler (cyanobacteria) %5 ila %10'nunu kullanabiliyor. FV hücreler ise çok daha yüksek (%20'leri aşan) enerji dönüşüm verimliliğine sahip.

Güneş enerjisi kullanım teknikleri ve buna bağlı teknolojiler temelde, pasif ve aktif sistemler olarak ikiye ayrılıyor. Bu yazıda aktif sistemler ve bağlı teknolojiler üzerine odaklanacağız ancak öncesinde kısaca pasif sistemlere değinmekte fayda var. Pasif teknolojilerde, aktif mekanik veya elektrikli cihazlar kullanılmadan, güneş ışığı ısıya dönüştürülerek oluşturulan hava hareketi sayesinde yaşam alanları ısıtılır, soğutulur veya havalandırılır. Binaların mimari tasarımlarında pasif güneş enerjisi kullanımı önemli enerji tasarrufu sağlar. Bu tür binalarda, güney cephe geniş açıklık cam alan (mümkünse enleme göre eğime sahip tasarım), ısı süreçlerine katkı



bilinen malzeme seçimi, Güneş enerjisinin toplandığı bölümden binanın diğer bölümlerine aktarımı dikkate alınan önemli noktalardır. Mimari özellikler, malzeme seçimi ve oluşturulacak hava kanalları termodinamik yasaları uyarınca gerçekleşen ısı transferini kolaylaştırır ve düşük maliyetlerle yenilenebilir güneş enerjisinden kolaylıkla faydalanmayı sağlar.

İnsanlığın enerji tüketim biçimleri ve yoğunlukları incelendiğinde tüketimin 2/3'ünden fazlası elektrik enerjisi formundadır. Artan elektrik enerjisi ihtiyacının bir bölümüne güneş enerjisi kullanılarak cevap verilmeye çalışılıyor. Güneş enerjisi, FV hücreler (doğrudan) ve ısı süreçleri (dolaylı) yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülüyor.

## Fotovoltaik (FV) Hücreler

Güneş hücresi veya FV hücre, Güneş ışığı kullanarak fotoelektrik olay yardımıyla enerji üreten yarı iletken bir cihazdır. Fotoelektrik etki ilk olarak 1839'da Fransız fizikçi Edmond Becquerel tarafından gözlemlendi. Becquerel, bazı malzemelerin üzerine ışık düştüğünde az miktarda da olsa elektrik akımı ürettiklerini belirledi. 1905 yılında Einstein, ışığın doğasını ve fotoelektrik etkiyi tanımlayarak bu olayın anlaşılmasında önemli rol oynadı. İlk FV modül ise Bell laboratuvarında 1954 yılında geliştirildi. FV'lerin etkin kullanıldığı ilk alan 1960'lı yıllardan itibaren uzay



temizyurek / Getty Images

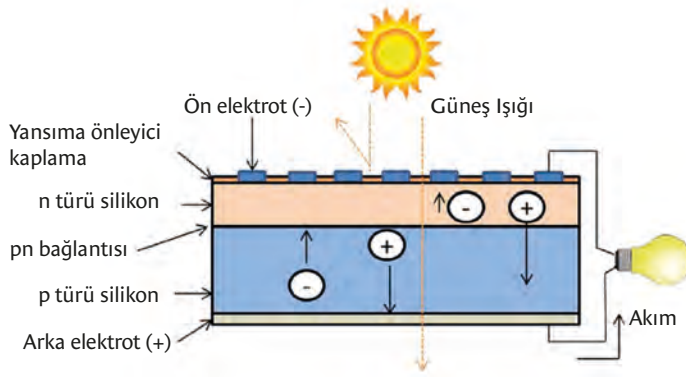
endüstrisi oldu. Uydulara güç sağlamak için FV modüller, güç üreten sistemler olarak ciddi şekilde kullanılmaya başlandı. Farklı teknolojik alanlarda olduğu gibi, uzay teknolojileri tabanlı araştırmalar sayesinde, FV teknolojisi ilerledi, güvenilirliği sağlandı ve maliyetleri düşmeye başladı. Özellikle 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizinin de etkisiyle FV hücre ve güç teknolojilerine yapılan yatırımlar daha da arttı. Dönem dönem dalgalanmalar yaşansa da günümüzde Güneş enerjisinde en yoğun araştırmalar, FV hücreler ve güç sistemleri üzerine gerçekleştiriliyor.

## FV Hücrelerin Yapısı ve Türleri

Bir FV hücre, fotoelektrik etkiyle güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren elektronik bir aygıttır. Üzerine ışık düştüğünde, akım ve voltaj gibi elektriksel özelliklerinin değiştiği gözlenir. Güneş pili de denilen bu aygıtlar, güneş panelleri olarak bilinen güç sistemlerinin temel yapı taşlarıdır. Bir güneş pili, silikon gibi yarı iletken malzemeler kullanılarak yapılır. Hücrede, p-n eklemi diye adlandırılan bağlantı, örneğin silikon kullanılması durumunda, bor veya fosfor ile katkılandırılarak oluşturulan

p ve n türü silikonun veya yarı iletkenin bir araya getirilmesiyle üretilir. Bu iki tür yarı iletken birleştirildiğinde; elektronlar pozitif p tarafına, boşluklar da negatif n tarafına hareket ettikçe bağlantı bölgesinde elektrik alan oluşur. Bu alan, negatif yüklü parçacıkların bir yönde, pozitif yüklü parçacıkların ise diğer yönde hareket etmesini sağlar. FV hücreye uygun dalga boyunda veya yeterli enerjiye sahip ışık düştüğünde, gelen enerji yarı iletken malzemenin bir elektronuna aktarılır ve onun iletim bandı olarak adlandırılan daha yüksek bir enerji seviyesine geçmesine yol açar. İletim bandında uyarılmış hâldeki elektronlar, malzeme içinde serbestçe hareket eder. FV hücrede elektrik akımını oluşturan etki, elektronların bu şekildeki hareketidir. Bir FV hücrenin verimliliği ve maliyeti, kullanılan malzemeye bağlıdır. FV hücrelerin teknolojik ilerleme adımlarına bakıldığında, en verimli ve uygun maliyetli malzeme araştırmalarının öne çıktığı görülür.

FV hücreler; birinci, ikinci ve üçüncü nesil hücreler şeklinde sınıflandırılıyor. Geleneksel veya silikon bazlı hücreler olarak da adlandırılan birinci nesil hücreler, polisilikon ve monokristal silikondan üretiliyor. Bunlar ticari olarak sıklıkla kullanılan yapılardır. Her ikisinde de verim %20'leri



Bir FV hücrenin temel yapısı (Sampaio ve Gonzalez, 2017)

aşar. Monokristalli hücrelerde verim biraz daha yüksek olsa da polikristal içeren FV'ler, daha uygun maliyet ve kristal yapıdaki problemlerin daha az olmasıyla bu verim farkını telafi edebilir. Birinci nesil FV'ler, düşük sıcaklıklarda daha verimlidir ve aynı miktarda gücü üretmek için daha az alana ihtiyaç duyar. Bu hücrelerde, sıcaklık yükseldikçe performans düşer.

İnce film hücreleri, ikinci nesil FV hücreleri olarak kabul edilir. Bu hücrelerde daha az silikon malzeme kullanıldığından, birinci nesle göre daha düşük maliyetlidir ancak düşük verimlilikleri nedeniyle pazarda küçük payları vardır. İnce film hücrelerin farklı türleri bulunuyor. Bunlar arasında amorf silikon içerenler, düşük miktarda malzeme kullanımları ve rulo biçiminde üretilibilmeleri nedeniyle öne çıkıyor. Amorf silikon hücrelerin en büyük dezavantajı, düşük verimlilikleri (yaklaşık %10) ve zamanla ortaya çıkan elektriksel kararsızlıklarıdır. Kadmiyum tellür (CdTe) ince film güneş pillerinin verimlilikleri

(%20 mertebesinde) daha yüksektir. Daha düşük maliyetli ve daha hızlı üretilibildiklerinden pazarda silikon tabanlı hücrelere alternatif oluştururlar. Öte yandan, tellür üretiminin sınırlı olması ve zehirli (toksik) madde içermeleri, CdTe hücrelerin kullanımındaki dezavantajlardır. Diğer bir uygulama olan bakır indiyum galyum selenid (CIGS) ince film hücrelerinin verimliliği ise laboratuvar ölçeğinde %20'leri aşarken ticari üretimlerde bu değer %14'lere kadar geriler.

Üçüncü nesil FV hücreler, daha yüksek verimlilikleri ve çevre dostu olmaları nedeniyle öne çıkar. Bu uygulamalarda, ikinci nesil hücrelere göre güç maliyetlerinin %50 ile %80 arasında azaltılması amaçlanıyor. Maliyetlerin yanı sıra birinci ve ikinci nesil hücrelerde kullanılan malzemelerin az bulunması, bazı yapıların esnek olmaması vb. nedenlerle, üçüncü nesil olarak adlandırılan nanokristal tabanlı, boya duyarlı, çok eklemlili ve organik güneş hücreleri yeni bir nesil olarak geliştiriliyor.

Birden fazla aktif katmana sahip çok eklemlili hücrelerde, her katman farklı dalga boyuna duyarlı olacak şekilde geliştiriliyor, böylece güneş ışığının farklı enerji aralıklarından da yararlanmak hedefleniyor. Çok eklemlili yapılarda katmanlar; organik, inorganik veya her ikisinin de kullanıldığı hibrid şekilde oluşturulabilir. Geleneksel p-n bağlantılı güneş hücresinde teorik verim %30'lar civarında iken, iki eklemlili hücre için bu sınır %42, üç eklemlili ise %48 dolaylarındadır. Bununla birlikte, yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak bu verim değerleri arttırılabilir. Galyum arsenit (GaAs), germanyum (Ge) ve Galyum indiyum fosfit (GaInP) p-n bağlantılarını temel alan çok eklemlili hücreler, hem araştırmalarda hem de pazarda öne çıkan örneklerdir. Eklemlili FV'lerde teknolojik gelişmeler çok hızlı gerçekleşiyor ve laboratuvar denemelerinde %30'ları aşan verimlilik örnekleri duyuruluyor.

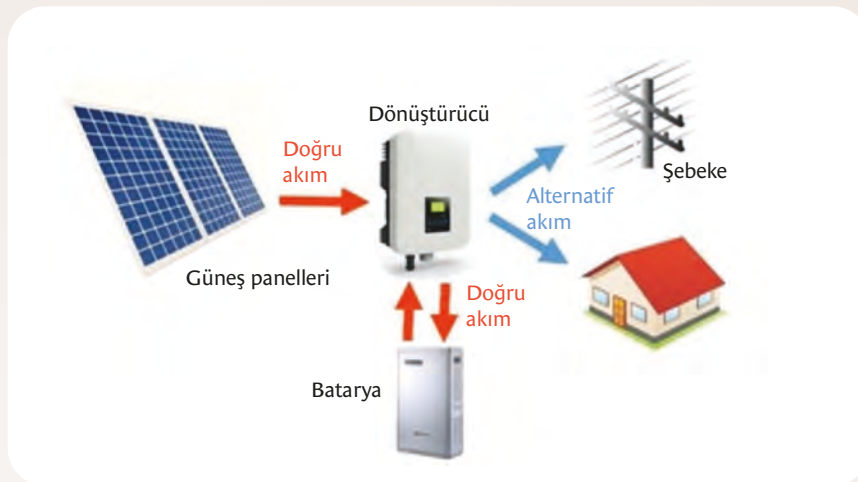
Nanokristal tabanlı güneş hücreleri veya kuantum nokta hücreler, yığın hâlde görülemeyen nm mertebesinde ortaya çıkan bazı özelliklerin avantaj olarak kullanıldığı teknolojilerdir. Boyutlara ve nano malzemeye göre farklı optik ve elektronik özelliklere sahiptirler. Kuantum noktalar, silikon ve germanyum gibi elementlerden üretildiği gibi CdS ve CdTe gibi bileşiklerden de üretilir. Organik FV hücreler, çözülebilen ve çözelti

ile işlenebilen karbon bileşikleriyle oluşturulan hafif yapılardır. Organik FV hücrelerde, organik ışık yayan diyot teknolojilerinde olduğu gibi, elektriği ileten ve üreten organik polimerler ve moleküller kullanılır. Organik moleküller, farklı özelliklerde sentezlenebildiği için farklı renklerde veya şeffaf olabilir. Bu nedenle, pazarda pencere, bina giydirme vb. farklı uygulamalarda kullanılması planlanabilir.

FV'lerde son dönemin önemli uygulamalarından biri de boya duyarlı güneş pilleridir. Boya duyarlı hücreler, çoğu FV'lere göre avantajlıdır. Ucuz, daha az toksik malzeme kullanımı, dolaylı ışık ve geniş sıcaklık aralığında çalışma ve esneklik öne çıkan özelliklerindedir. Bu hücreler, geleneksel p-n bağlantılı yapılardan farklı olarak elektrokimyasal pildir. Bu yapılarda, geniş bant aralığına sahip  $TiO_2$ ,  $SnO_2$  gibi bir yarı iletken üzerine bir boya molekül tabakası uygulanır. Farklı boya renklerinin sentezlenmesi ve boya renklerinin farklı yarı iletkenlerle denenmesi, bu alandaki önemli

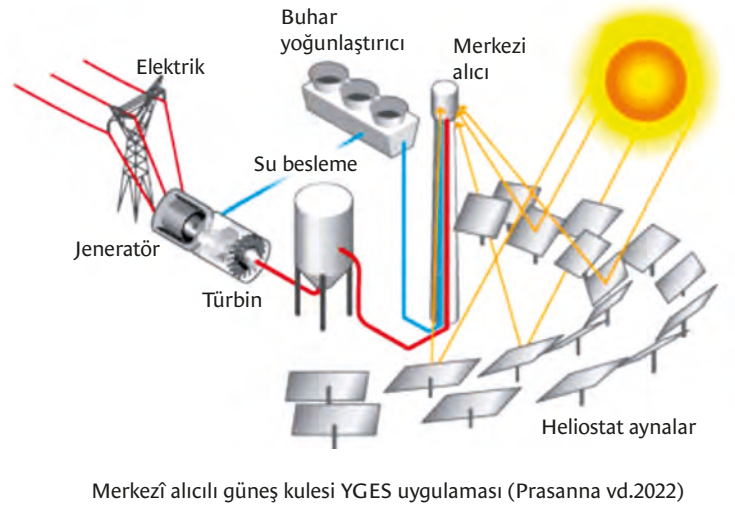
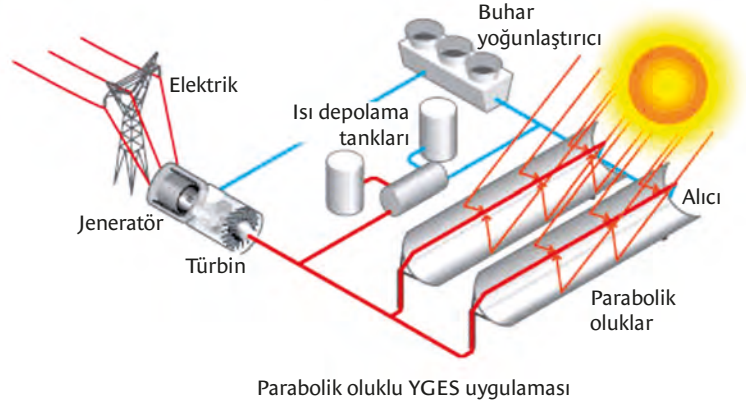
araştırma alanlarıdır. Boya duyarlı hücrelerin bir diğer uygulaması ise katı elektrolit kullanılan "perovskit" FV pilleridir. Organik ve inorganik iki farklı çeşitte uygulaması olan bu pillerin verimlilikleri laboratuvar ortamında %20'leri aşmıştır.

FV hücreler üzerine yapılan yoğun Ar-Ge çalışmaları, günlük kullanıma sunulduğunda, hücreler modüllere, modüller de panellere dönüştürülüyor. FV paneller de ihtiyaca göre paralel ve/veya seri bağlanarak istenilen güç üretiliyor. Kullanılacak FV tabanlı güç sistemi kW mertebesinde güçlerde ev kullanımlarında, şebekeye bağlı veya şebekeye bağlı olmadan doğrudan ihtiyaca cevap verecek şekilde (ana ekipmanlar: FV paneller, dönüştürücü, akü ve kontrol sistemleri, sayaçlar, bağlantı ekipmanları vd.) planlanabiliyor. Bunun yanında, kW'dan MW'a ulaşan farklı güçlerde güneş enerjisi santralleri (GES) kurularak enerji tüketiminde yenilenebilir enerji girdilerinin oranları gün geçtikçe arttırılıyor.



## Yoğunlaştırılmış Isıl Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş'ten gelen enerjinin ısı teknikler kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürüldüğü sistemlerden bazıları güneş enerjisinin yoğunlaştırılması tekniğiyle geliştiriliyor. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinde (YGES), güneş ışığı buhar veya sıcak hava

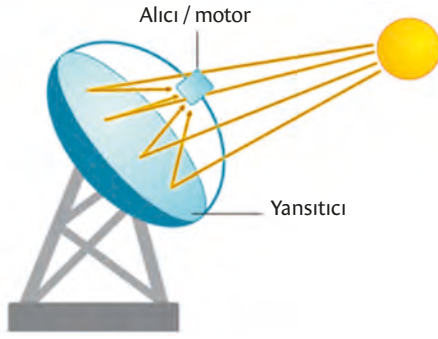


üretmek için yoğunlaştırılarak güçlendiriliyor. Oluşturulan buhar veya sıcak hava, iyi bilinen geleneksel tekniklerdeki gibi, önce hareket sonra da elektrik enerjisine dönüşüm için kullanılıyor. YGES'lerden elektrik üretimi dışında suyun tuzdan arındırılması, gıda işleme, kimyasal üretim ve mineral işleme süreçlerinde de faydalanılıyor. Öne çıkan dört farklı YGES teknolojisi bulunuyor: Parabolik oluklu, çanaklı, doğrusal "fresnel" yansıtıcı sistemler ve merkezî alıcılı güneş kuleleri.

Parabolik oluklu YGES'lerde, parabolik oluklu güneş enerji toplayıcıları, buhar üretim veya ısı aktarım sistemi, buhar türbini, jeneratör ve ısı depolama alanları ana bileşenlerdir. Parabolik toplayıcıdaki yansıtıcı plaka ile soğurucu tüpteki sıvının sıcaklığının artırılması sağlanır. Soğurucu tüp, ısı kaybını en aza indirmek için camla kaplanır. Güneş'ten gelen ve yoğunlaştırılan ışınım, cam tüpten geçerek soğurucu kaplamaya çarpar ve sıvıyı ısıtır. Parabolik yoğunlaştırıcı, genellikle Güneş'i takip eden bir mekanizmaya

sahiptir. Dünya üzerinde en yaygın ısı elektrik üretim santrallerinden olan parabolik oluklu güç sistemlerinde akışkan sıcaklığı 500 °C'lara ulaşabilir. California'daki 354 MW gücündeki SEGS (Solar Energy Generating Systems) ve İspanya'daki 200 MW gücündeki Solaben Güneş Güç İstasyonu bu tür santrallere örnek olarak verilebilir.

Merkezî alıcılı güneş güç kulelerinde, "heliostat" denilen çok sayıda hareketli ayna sayesinde güneş ışığı istenilen konuma yönlendiriliyor. Bu aynalar, gün



Çanaklı YGES uygulaması (Prasanna vd. 2022)

nedenle, çanak-motor sisteminde verim %30'lara ulaşabiliyor.

Doğrusal Fresnel toplayıcılarda, bir dizi uzun, düz veya küçük eğimli ayna kullanılır. Bu

aynalar, güneş ışığını sabit bir alıcının etrafında yoğunlaştırmak için farklı açılarda yerleştirilir. Alıcı, güneş ışığını soğurma kapasitesi yüksek malzemeden üretilen uzun bir tüptür. Yüksek sıcaklıklara ulaşan tüp içindeki akışkan, ısıyı geleneksel bir elektrik üretim sistemine aktarır. Parabolik oluklara göre daha düşük maliyetlidir.

YGES alanındaki gelişmeler incelendiğinde ve maliyet-verim dengeleri dikkate alındığında, parabolik oluklu ve merkezî alıcılı güç sistemleri öne çıkıyor. Dünya genelinde de MW mertebesinde güçlere sahip santrallerin sayısı giderek artıyor.

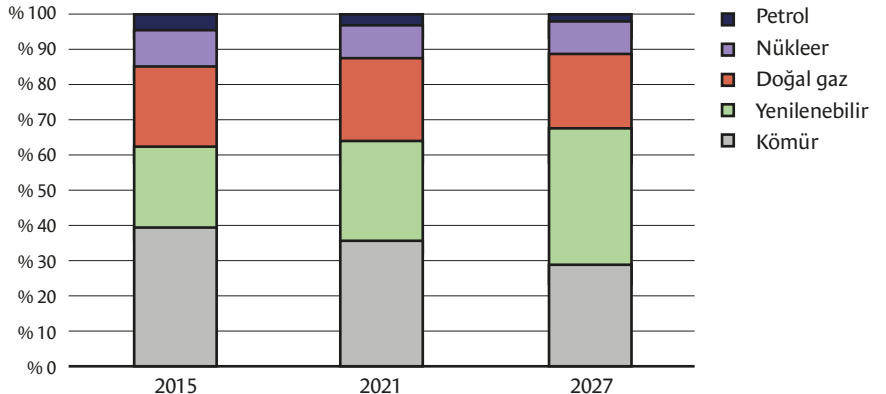
## Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi Kullanımı

Dünyada enerji talebinin artışı yakından takip ediliyor. Son yarım yüzyıl boyunca, elektrik tüketim miktarlarının neredeyse dört kata yakın oranda arttığına dair çeşitli kuruluşların raporları bulunuyor. Küresel ısınma, çevre sorunları ve enerji ihtiyacı birlikte değerlendirildiğinde; temiz, güvenilir, bol ve yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarının kullanımının önemi daha da artıyor. Dünya ölçeğinde sera gazlarının salınımının azaltılmasına ilişkin hedefler gösteriliyor. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesinde, yenilebilir enerji kaynaklarının ve özellikle güneş enerjisinin önemli pay alacağı öngörülüyor.

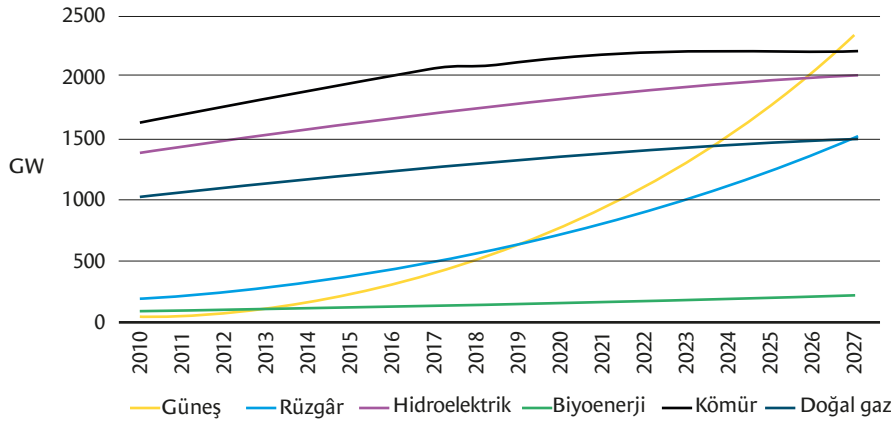
Gelişen teknolojilerin de getirdiği tüketim biçimleri, enerjinin elektrik enerjisi olarak tüketim

boyunca Güneş'i takip ediyor. Aynalardan yansıyan güneş ışığı, merkezî bir kuleye yerleştirilmiş alıcı üzerine yoğunlaştırılıyor. Alıcıda, bu enerjiyi soğuran ve daha sonra ısı enerjisinin elektriğe dönüştürüldüğü güç sistemine taşıyan sıvı bulunur. Güneş kulelerinde ayrıca gün boyu kesintisiz elektrik üretimi için depolama sistemi yer alır. Geleneksel kulelerde, termal sıvı olarak su/buhar kullanılırken, modern kulelerde erimiş tuz kullanılır. Bu kulelerde, 800 °C'ları aşan sıcaklıklar elde edilebilir. Tipik bir merkezî alıcılı güneş kulesinde verim, %15 ile %25 arasındadır. Fas'ta 150 MW ve Şili'de 110 MW gücündeki merkezî alıcılı santraller, bu alandaki önemli örneklerdir.

Güneş ışınlarını yoğunlaştırmak amacıyla çanak yapılar kullanan teknolojiler de bulunuyor. Yansıtıcı yüzeye sahip çanağın odak noktasında bir alıcı yer alıyor. Alıcı bir "stirling" motoru veya gaz türbini olabilir. Stirling motor içeren sistemlerde, ısı aktarımı için sıvıya ihtiyaç duyulmadığından ısı kayıpları çok daha düşüktür. Bu



2015 ve 2021 yılları için enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payları ve 2027 yılı tahmini (Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) 2022 yılı Dünya Enerji Görünümü raporu)



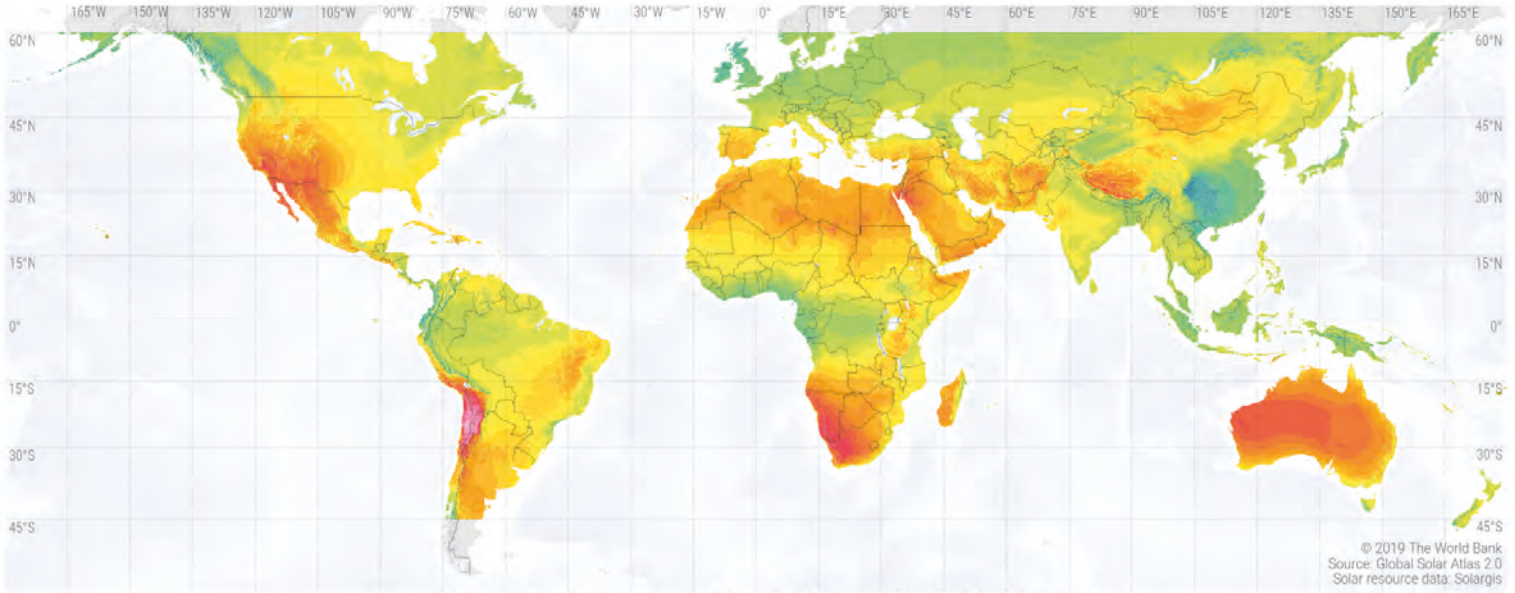
Enerji kaynaklarının kümülatif güç katkılarının yıllara göre değişimi  
(Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) 2022 yılı Dünya Enerji Görünümü raporu)

toplam enerji üretimindeki rolü son beş yılda önemli ölçüde arttı. Bu artışın, azalan maliyetlerle birlikte ivmelenerek devam edeceği öngörülüyor.

Dünyada güneş enerjisi potansiyeli yüksek ülkeler ve bölgeler (kara alanları), yeryüzüne ulaşan ve ölçülen güneş enerjisi değerleri de dikkate alındığında; Kuzey ve Güney Afrika, Ortadoğu ülkeleri, Amerika kıtasının batısındaki bazı bölgeler, Avustralya, Güney Asya bölgesinde bazı ülkeler (örneğin Pakistan, Afganistan, Çin'in güneyi) olarak sayılabilir. Güneş enerjisinin toplam elektrik üretimine katkısı 2015 yılında %1 iken, 2021 yılı sonunda %4'ler mertebesine

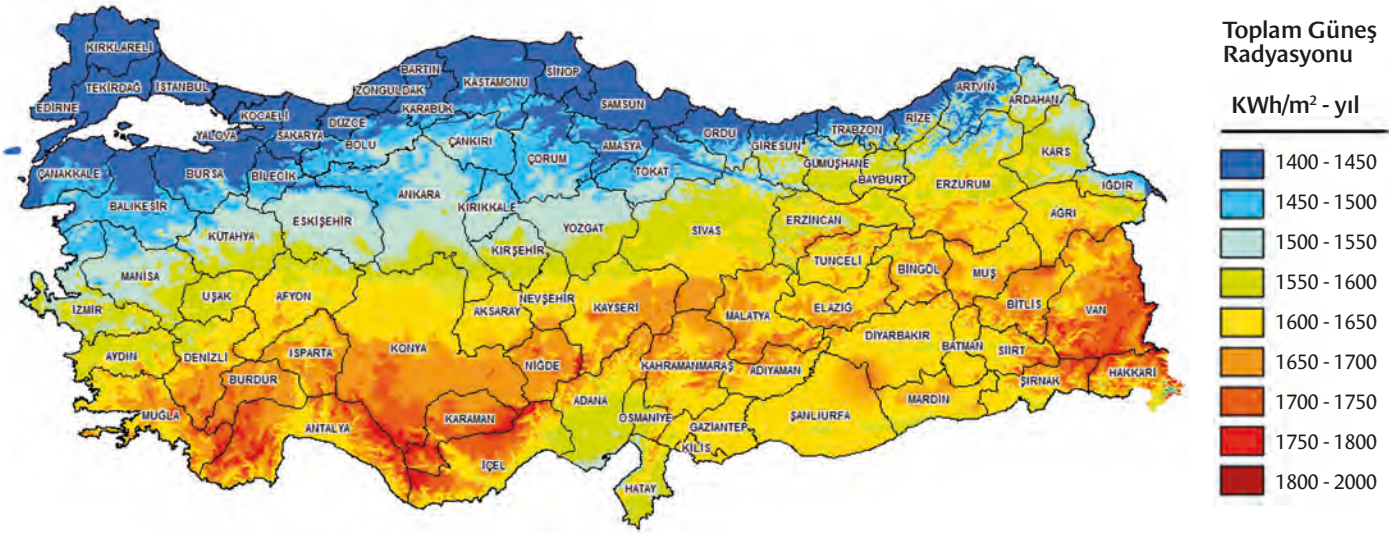
oranını gittikçe arttırıyor. 2015-2021 yılları arasındaki dönem incelendiğinde geleneksel kaynaklar olan kömür ve petrolün elektrik enerjisi üretimindeki kullanım oranının düştüğü ve yerini yenilebilir kaynakların aldığı görülüyor. Uluslararası

Enerji Ajansına göre, 2021 yılı sonu itibarıyla, yenilebilir kaynakların elektrik üretimindeki oranı %30 civarında. 2027 yılına kadar bu oranın %40'lar seviyesine çıkacağı tahmin ediliyor. Güneş enerjisinin, özellikle de FV kaynaklı üretimin



Dünya üzerindeki farklı bölgelere doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarı





Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)

ulaştı. Güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde ağırlık olarak FV ve YGES teknolojileri tercih ediliyor. Kişisel kullanımlardan GES'lere doğru hızla yaygınlaşan FV kullanımının oranı gittikçe artıyor. Aktif FV GES kapasitelerine bakıldığında Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Almanya önde gelen ülkeler olarak göze çarpıyor. YGES teknolojilerinin kullanımına bakıldığında ise İspanya ve Amerika Birleşik Devletleri 1,500 MW üzerinde kurulu güçle ön sırada görünüyor.

Türkiye, önemli güneş enerjisi potansiyeline sahip ülkelerden biri. T.C. Enerji Bakanlığı tarafından hazırlanan "Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)" verilerine göre, ortalama yıllık toplam ışınım değeri yaklaşık 1.527 kWh/m<sup>2</sup>'dir.

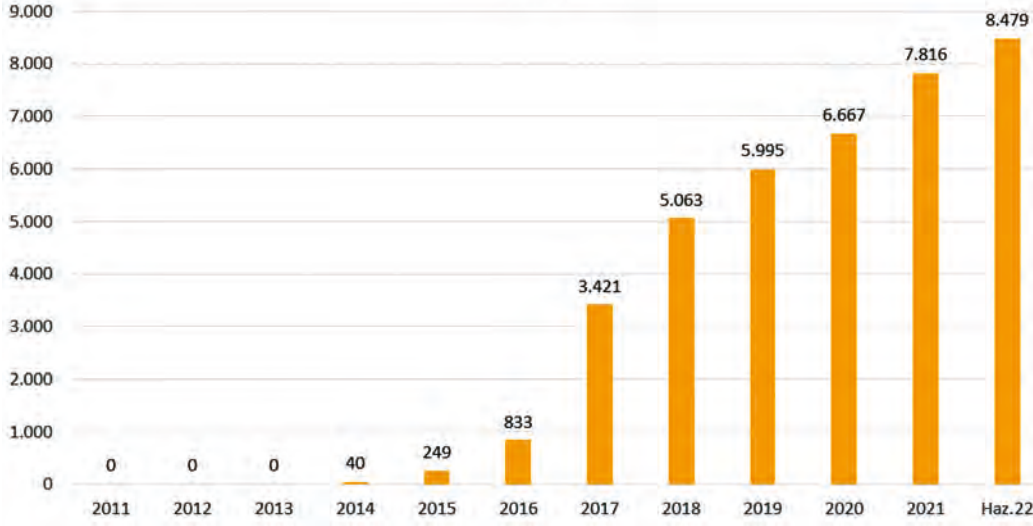
Haziran 2022 sonu verilerine göre, güneş enerjisi kurulu gücümüz 8.479 MW'a ulaştı. Bu güç, toplam kurulu gücümüzün %8,35'ine karşılık geliyor. Dünya ölçeğinde, güneş enerjisi kurulu güçler değerlendirildiğinde (25 adedi 10 MW gücün üzerinde 650'den fazla santrale) ilk on beş ülke arasında yer alıyoruz.

#### Sonuç olarak;

Dünya'daki enerji krizleri, küresel ısınma, çevre sorunları ve artan enerji ihtiyacı dikkate alındığında; yenilenebilir, temiz, güvenilir ve kaynağı bol olan güneş enerjisi en önemli alternatiflerden biri olarak değerlendiriliyor. Teknolojik gelişmelerle beraber, teknolojik enerji hasadı alternatiflerinin de artacağını ve maliyetlerin hızla düşeceğini öngörmek zor değil. Özellikle FV tabanlı teknolojilerdeki gelişmeler

çok hızlı gerçekleşiyor. Güneş enerjisi teknolojileri alanında, ihtiyaç duyulan Ar-Ge ve inovasyon tabanlı araştırmalar neler olabilir diye bakıldığında, FV hücrelerin verimliliklerinin artırılması, FV hücre malzemelerinin geliştirilmesi ve çeşitlendirilmesi, FV hücrelerde kullanılan toksik malzemelerin en aza indirilmesi, YGES'ler için yüksek ısı kapasitesine sahip ısı transfer akışkanlarının keşfedilmesi ve ısı kayıplarının azaltılması, verimli ve güvenilir enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesi, güneş enerjisinin günlük ve yüksek maliyetli yatırım getirmeyen kullanım çeşitliliğinin artırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve özellikle güneş enerjisinin önemini anlaşılması ve kullanım farkındalığının artırılması için uygulamalı

## KURULU GÜÇ (MW)



Türkiye'nin güneş enerjisine dayalı kurulu gücünün değişimi (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)

eğitim tabanlı çalışmalar aklı ilk gelen bazı konu başlıkları. Türkiye'de de güneş enerjisi teknolojileri alanında, ağırlıklı olarak üniversiteler bünyesindeki (örneğin, ODTÜ Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi ile Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü) araştırmalar gün geçtikçe hızlanıyor ve önemli

araştırmalar yayımlanıyor. Bu konuyu detaylıca ele almak üzere ileride başka bir yazıda değerlendireceğiz.

İnsanlık güneş enerjisini var olduğundan bu yana aktif olarak kullanılıyor. Farklı bir açıdan bakıldığında, fotosentezi model olarak oluşturulan ve geliştirilen

teknolojiler, doğal nükleer reaktör olan Güneş'in füzyon reaksiyonları model alınarak denenen yapay füzyon vd. gelinen noktada Güneş ve enerjisinin önemini gösteriyor. Bize yaklaşık 150 milyon km uzaklıkta bulunan Güneş'in enerjisinden daha fazla faydalanmak için yeni teknolojiler geliştirmeye devam edeceğiz. ■

## Kaynaklar

- Hayat, M.B., Ali, D., Monyake, K.C., Alagha, L., Ahmed, N., Solar energy—A look into power generation, challenges, and a solar-powered future, *Int J Energy Res.*, 43, 1049–1067 (2019).
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A.A., Kim, Ki-H., Solar energy: Potential and future prospects, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 894-900 (2018).
- Chen, C.J., *Physics of Solar Energy*, John Wiley & Sons, Inc. (2011).
- Gueymard, C.A., A reevaluation of the solar constant based on a 42-year total solar irradiance time series and a reconciliation of spaceborne observations, *Solar Energy*, 168, 2-9 (2018).
- Kumar, A., Predicting efficiency of solar cells based on transparent conducting electrodes, *Journal of Applied Physics*, 121, 1 (2017).
- Parasanna, M., Pradeep K. V., Rishi S. S., Mukesh, K., A Review Study on Solar Energy and Its Various Techniques for Electricity Generation, *Nucl Ene Sci Power Generat Techno.*, 11:4 (2022)
- Kwarikunda, N., *Solar Energy*, African School of Fundamental Physics and Applications, Lecture notes, bit.ly/3Hfsge2 (2018).
- Sampai PG.V., Gonzalez, M.O.A., Photovoltaic solar energy: Conceptual framework, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 590–601 (2017).

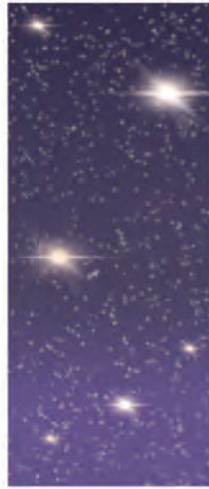
- bit.ly/3J200lj
- bit.ly/3wal9Nk
- bit.ly/3XCfwn4
- bit.ly/3iN6Awg
- bit.ly/3wal9Nk
- bit.ly/3w9Z3L2
- bit.ly/3Xm5cj6
- bit.ly/3GR0jHM
- bit.ly/3wfirmYB
- bit.ly/3Hg3PNC
- bit.ly/3Wm7Ggj
- bit.ly/3Wf8aod
- bit.ly/3WmyOLU
- bit.ly/3GNONx6
- bit.ly/3kg48yC

# Ernst Mach

## Bilim Çizgi

Sinancan Kara [ [btciizgiroman@tubitak.gov.tr](mailto:btciizgiroman@tubitak.gov.tr) ]

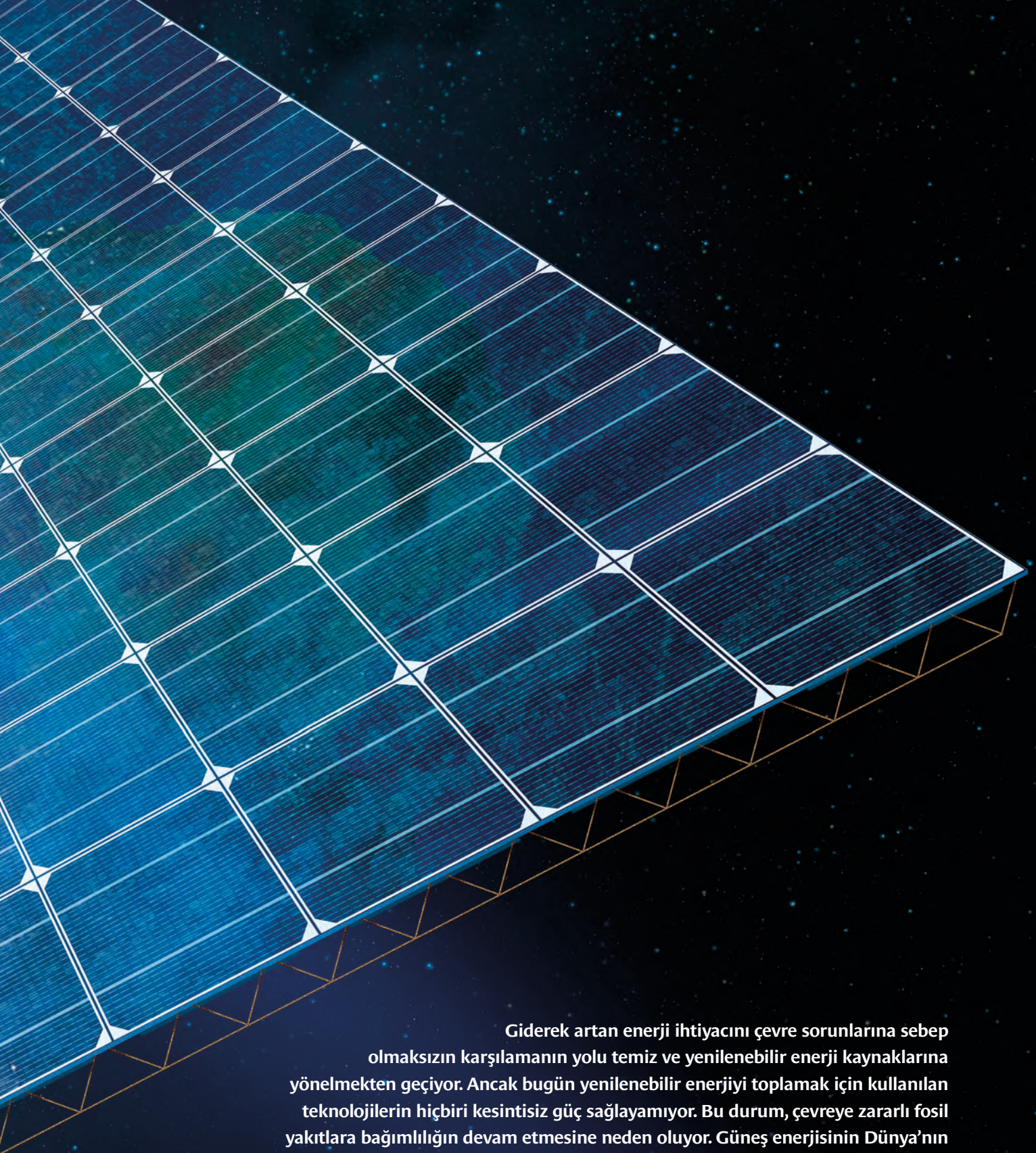




**ERNST MACH (1838-1916)**  
AVUSTURYALI FİZİKÇİ VE BİLİM FELSEFECİSİ. KULAK İÇİ MEKANİZMANIN DENGEDeki ROLÜNÜ KEŞFETMEKTEN MACH BANTLARI ADI VERİLEN GÖZ YANILSAMASI ARAŞTIRMALARINA BİRÇOK FARKLI ALANDA ÇALIŞMALAR YAPTI. ŞOK DALGALARI VE ŞOK FİZİĞİ ÜZERİNE O GÜNE KADARKİ EN KAPSAMLI ÇALIŞMALARINI YÜRÜTTÜ VE BU YÜZDEN ADI BİR HIZ BİRİMİNE VERİLDİ. BUGÜN, ÖRNEĞİN UÇAKLARIN SES HIZINI KAÇ KAT GEÇTİĞİ, MACH BİRİMİ İLE İFADE EDİLİR. MACH'IN MUTLAK UZAY DİYE BİR ŞEYİN OLMADIĞI VE HER HAREKETİN ANCAK BİR BAŞKASINA GÖRE TANIMLANABİLECEĞİ FİKİRLERİ, ALBERT EINSTEIN'I OLDUKÇA ETKİLEDİ. BUGÜNKÜ GENEL GÖRELİLİK TEORİSİ İLE MACH'IN FİKİRLERİ, TEMEL PRENSİPLERDE ÖRTÜŞMEKTEDİR.

# Uzaydan Güneş Enerjisi

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



Giderek artan enerji ihtiyacını çevre sorunlarına sebep olmaksızın karşılamamanın yolu temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmekten geçiyor. Ancak bugün yenilenebilir enerjiyi toplamak için kullanılan teknolojilerin hiçbiri kesintisiz güç sağlayamıyor. Bu durum, çevreye zararlı fosil yakıtlara bağımlılığın devam etmesine neden oluyor. Güneş enerjisinin Dünya'nın etrafında dolanan uydularla toplanması bu soruna çare olabilir.

## Artan Enerji İhtiyacı

Dünya'nın enerji ihtiyacı giderek artıyor. Bu durumun bir nedeni, artan nüfus. Yeryüzünde yaşayan insanların sayısı yakın zamanlarda sekiz milyarı aştı. Her ne kadar artış hızı düşüyor olsa da onlarca yıl boyunca Dünya nüfusunun artmaya devam edeceği tahmin ediliyor. Son tahminlere göre, yeryüzünde yaşayan insanların sayısı 2075 yılı civarında 10,4 milyara ulaşacak. Enerji ihtiyacının giderek artmasının bir diğer nedeni de bilimsel ve teknolojik gelişmelerle beraber insanların ortalama yaşam standartlarının da yükselmesi. Günlük hayatta teknolojiden daha fazla yararlanmak daha çok enerji tüketmek anlamına geliyor. Eğer 2100 yılına gelindiğinde dünya genelindeki kişi başı enerji tüketimi bugünkü Avrupa değerlerine ulaşırsa toplam enerji tüketimi yaklaşık dört katına çıkacak. Peki bu kadar yüksek miktarda enerji nasıl elde edilebilir?

Bugün insanların enerji ihtiyacının önemli bir kısmı petrol ve kömür gibi fosil yakıtlardan karşılanıyor. Ancak bu kaynakların kullanımı ile ilgili önemli sorunlar var. Birincisi, fosil yakıt kullanımı

sürdürülebilir değil: İnsanlar bu kaynakları doğanın yeniden üretebileceğinden çok daha hızlı bir biçimde tüketiyor. İkincisi, fosil yakıt kullanımı atmosfere yüksek miktarda sera gazı salınmasına neden oluyor. Atmosferdeki sera gazları miktarının insan etkinlikleri nedeniyle aşırı artması da yeryüzünün ortalama sıcaklığının yükselmesine, iklim değişikliklerine ve aşırı hava olaylarının sıklaşmasına yol açıyor.

Fosil yakıt kullanımının hem sürdürülebilir olmaması hem de çevreye zarar vermesi nedeniyle, giderek artan enerji ihtiyacını karşılamak için temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerekiyor.

## Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir, temiz enerji kaynakları üzerine onlarca yıldır çalışmalar yapılıyor. Özellikle küresel ısınmanın olumsuz etkilerinin giderek daha belirgin hâle gelmesiyle pek çok ülke fosil yakıtlara alternatifler aramaya başladı. 2015 yılında düzenlenen Paris İklim Konferansı'ndan sonra hazırlanan Paris Anlaşması'na

bugüne kadar 195 ülke imza attı. Anlaşmaya taraf olan ülkeler, Sanayi Devrimi sonrasındaki küresel ısınmayı 2 °C ile sınırlamak için sera gazı salımını azaltmayı taahhüt ediyor.

Yenilenebilir kaynaklar doğanın insanların tüketebileceğinden daha hızlı bir biçimde üretebildiği kaynaklardır. Bu kaynakların başında güneş ışığı gelir. Bulutsuz bir günde yeryüzünün her bir metrekaresine düşen güneş ışığı ortalama 1.000 Watt güç



Detlev Van Ravenswaay / SPL

enerji ihtiyacının temiz ve yenilenebilir kaynaklardan sağlanmasının önünde bir engel teşkil ediyor.

Belirli bir enerji hattında, belirli zaman aralıklarındaki minimum talep ana yük diye adlandırılır. Günümüzde ana yük genel olarak termik santraller ya da nükleer santraller gibi üretim miktarı önceden planlanabilen ve düzenli bir biçimde üretim yapabilen tesislerden karşılanır. Gün içinde talepte yaşanan ani değişimlere cevap vermek içinse gaz türbinli güç santralleri ve hidroelektrik santraller gibi üretimi çok daha hızlı bir biçimde değişebilen tesislerden yararlanılır.

Güneş ışığı ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintisiz güç sağlayamaması, ana yükün karşılanması için fosil yakıtlara olan bağımlılığın devam etmesine neden oluyor. Atmosfere sera gazı salımını en aza, hatta sıfıra indirebilmek için kesintisiz güç sağlayabilen yeni temiz enerji kaynaklarına ihtiyaç var.

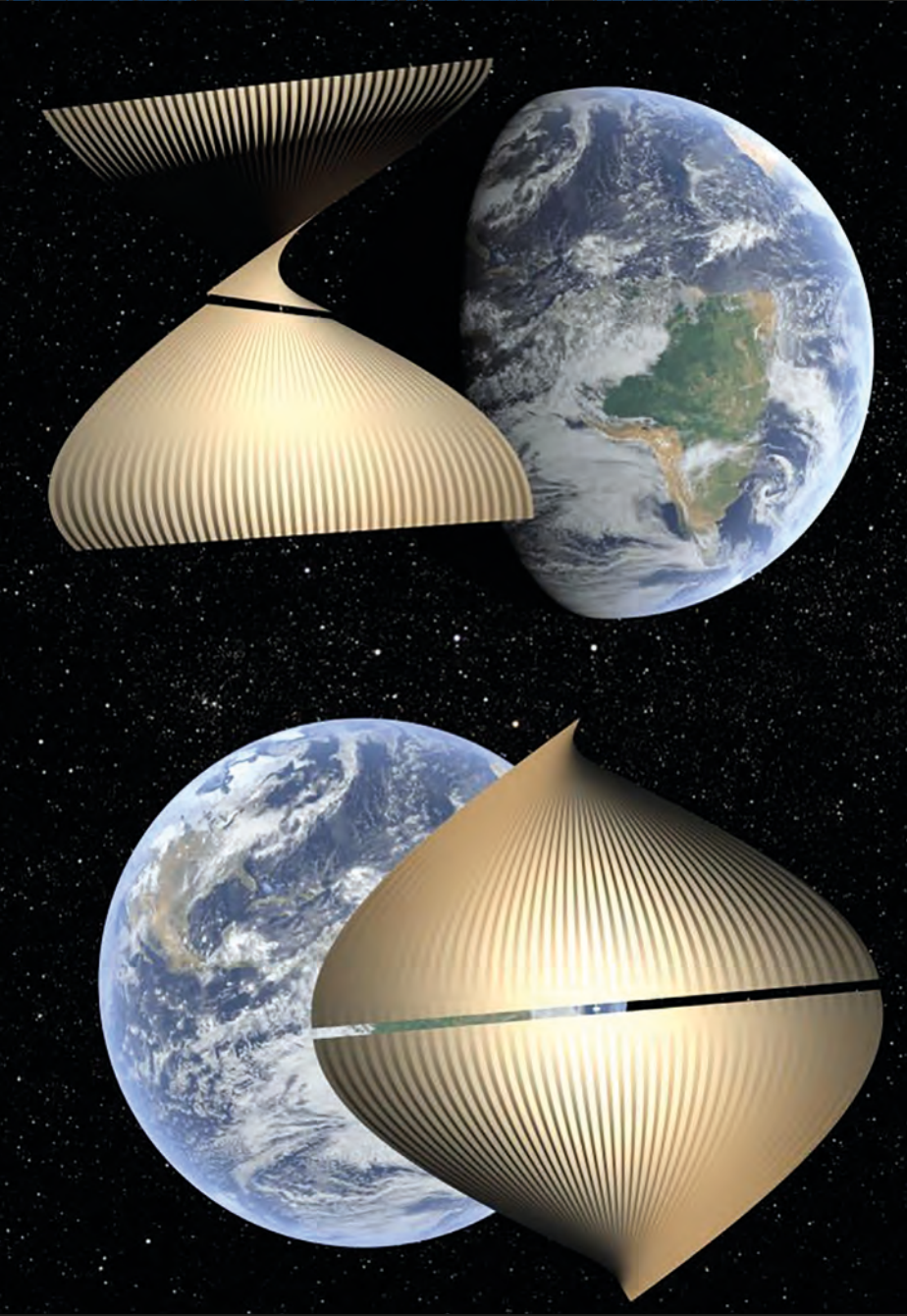
sağlar. Üstelik Güneş milyarlarca yıl daha hemen hemen aynı yoğunlukta ışıdamaya devam edecek.

Bir diğer yenilenebilir enerji kaynağı da rüzgâr. Günümüzde hem karalara hem de denizlere rüzgâr türbinleri kuruluyor. Hatta havada süzülen araçlarla atmosferin yükseklerinden rüzgâr enerjisi toplamak üzerine çalışmalar yapılıyor. Okyanus suları da üzerine çalışmalar yapılan bir diğer yenilenebilir enerji kaynağı.

Özellikle güçlü akıntıların ve dalgaların olduğu bölgelerde okyanuslardan yüksek miktarda enerji elde etmek mümkün.

Bugün kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili önemli bir sorun bu kaynakların kesintisiz güç sağlayamaması. Yeryüzündeki güneş panelleri bulutsuz havalarda, rüzgâr türbinleri esintili havalarda, okyanuslardaki su türbinleri ise sular dalgalı ve akıntılı olduğunda enerji üretebiliyor. Bu durum dünyanın tüm





## Uzay Bazlı Güneş Enerjisi

Rüzgâr durmaksızın esmese de sular durmaksızın akmasa da Güneş durmaksızın ışık yayıyor. Dolayısıyla güneş ışığından

kesintisiz güç elde etmek mümkün olabilir. Bunu gerçeğe dönüştürmek içinse hava koşullarının güneş enerjisine erişimimizi engellemesine bir çare bulmak gerekiyor. Bu sorunun en basit çözümü ise güneş ışığından enerji toplayan cihazları atmosferin dışına çıkarmak.

Dünya'nın etrafında dolanan uydularla güneş enerjisi toplayıp yeryüzüne aktarma fikri ilk olarak 1960'larda Peter Glaser tarafından öne sürülmüştü. Glaser, yörüngede dolanan bir uydu hayal etmişti. Uydu önce güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürecek sonra da bu elektrik enerjisini kullanarak mikrodalgalar üretecekti. Mikrodalgalar, atmosferin içinden kolaylıkla (büyük oranda soğurulmadan ya da saçılmadan) geçebilir. Uydunun ürettiği mikrodalgalar da 2 kilometre çapında bir verici tarafından yeryüzündeki 3 kilometre çapında bir antene aktarılacaktı. Böylece uzayda toplanan Güneş enerjisi yeryüzündeki şebekelerde kullanılmaya hazır hâle getirilecekti.

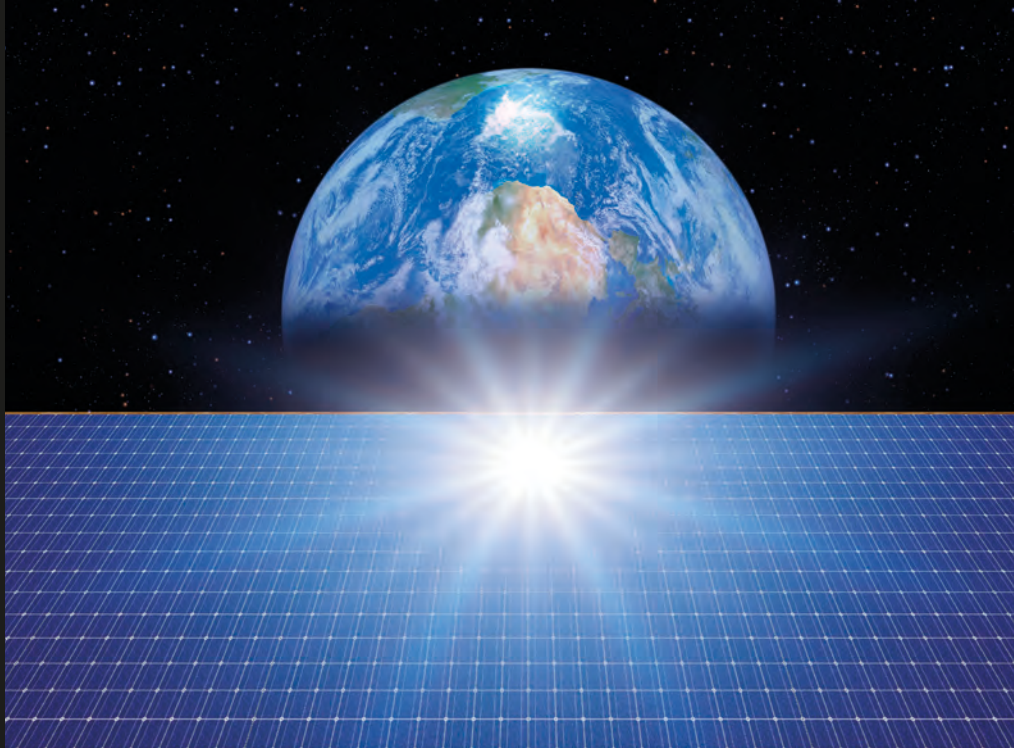
Glaser'in tasarladığı sistemde uydunun yer sabit yörüngede dolanması planlanmıştır. Yer sabit yörünge yeryüzünün 35.786 kilometre yukarısında yer alır. Ekvator düzleminin içinde kalan bu yörüngede yer alan bir uydunun Dünya etrafındaki dolanma periyodu Dünya'nın kendi etrafında dönme periyoduna eşittir. Dolayısıyla yer sabit yörüngede dolanan bir uydu yeryüzünden bakıldığında hiç

hareket etmeksizin aynı noktada duruyormuş gibi görünür. Yer sabit yörüngede dolanan bir uydu neredeyse tüm yıl boyunca günün 24 saati güneş ışığı alabilir. Böyle bir uydu sadece Mart'taki ve Eylül'deki gün dönümleri sırasında günde en fazla bir saat civarı Dünya tarafından gölgelenir. Glasier Dünya'nın belirli bir bölgesine kesintisiz güç sağlamak için aralarında 21 derece açı bulunan iki güneş enerjisi santrali kurulmasını düşünmüştü. Böylece iki santral aynı anda gölgede kalmayacaktı.

Glasier'in düşünceleri başlangıçta büyük ilgi gördü. Böyle bir santralin nasıl kurulabileceği ile ilgili detaylı çalışmalar yapılmaya başlandı. Ancak bir süre sonra uzay bazlı güneş enerjisi ile ilgili düşünceler ekonomik nedenlerle olumsuzlaştı. Örneğin NASA'nın "1979 Güneş Güç Santrali Referans Sistemi"nde yüzlerce astronotun onlarca yıl çalışmasıyla kurulabilecek bir santral tasarlanmış, bu sistemin kurulmasının tamamlanıp enerji üretecek hâle gelmesi içinse toplamda 1 trilyon doların üzerinde masraf yapılması gerektiği hesaplanmıştı. NASA, böyle bir sistemi kurmanın teknolojik açıdan mümkün fakat ekonomik bakımdan olanaksız olduğu sonucuna

vardı. Ancak uzay güneş santralleri projeleri tamamen rafa kaldırılmadı. Teknoloji geliştikçe yeni tasarımlar yapılmaya ve değerlendirilmeye devam edildi. Aradan geçen zamanda güneş gözelerinde, katı hâl elektronik cihazlarda, robot teknolojilerinde ve malzeme biliminde önemli gelişmeler yaşandı. Kırk sene öncesine kıyasla, ışık enerjisiyle elektrik, elektrik enerjisiyle mikrodalga üreten cihazların verimliliği daha yüksek. Yüksek teknoloji ürünü malzemeler sayesinde aşırı ısınma ile baş etmek artık daha kolay. Gelişen robot teknolojileri sayesinde tüm kurulum bugün insan

eli değmeden de yapılabilir. Ayrıca SpaceX'in uzaya kargo taşımaya başlamasından ve çok kullanımlık roketler geliştirmesinden sonra, uzaya yük taşımının kilogram başına maliyeti yaklaşık onda birine düştü. Üstelik yakın gelecekte uzaya yük taşımının maliyetinin azalmaya devam etmesi bekleniyor. Tüm bu gelişmeler göz önüne alındığında, kırk sene öncesine kıyasla, bir uzay güneş santrali kurmak bugün hem çok daha kolay hem çok daha ucuz. Son değerlendirmeler, uzay güneş santrallerinin, enerji üretim maliyeti açısından, diğer enerji üretim teknolojileriyle rekabet edebileceğini gösteriyor.



Deitey Van Ravenswaay / SPL

# Uzay Güneş Santrali Tasarımları

Güneş ışığından aldığı enerjiyi yeryüzündeki belirli bir noktaya aktarmak için tasarlanmış bir uydunun Dünya'nın etrafında dolanmakta olduğunu düşünelim. Uydunun Dünya'nın etrafında, Dünya da Güneş'in etrafında durmaksızın yol alırken Güneş, uydunun yeryüzünde enerji aktarımı yaptığı nokta arasındaki açı sürekli değişir. Örneğin uydunun yer sabit yörüngede dolanıyorsa ve taşıdığı gözeler öğle vakti güneş ışığı üzerlerine düşecek biçimde tasarlanmışsa gece vakti gözelerin arkası Güneş'e dönük olacaktır. Peki öyleyse, bir uzay

güneş santrali nasıl kesintisiz güç sağlayabilir? Bugüne kadar geliştirilmiş tasarımları birbirinden ayıran en önemli farkın bu soruna buldukları çözümler olduğu söylenebilir.

## MR-SPS

Bir uzay güneş santralinin güneş ışığından kesintisiz elektrik üretebilmesi için önerilmiş ilk çözüm güneş panellerini döndürmektir. 2015 yılında Çin Uzay Teknolojisi Akademisinden mühendisler tarafından geliştirilen MR-SPS tasarımında da bu yaklaşımdan yararlanılıyor. MR-SPS yaklaşık 12 kilometre çapında, 10.000 ton kütleli bir uydudur. Yer sabit yörüngede

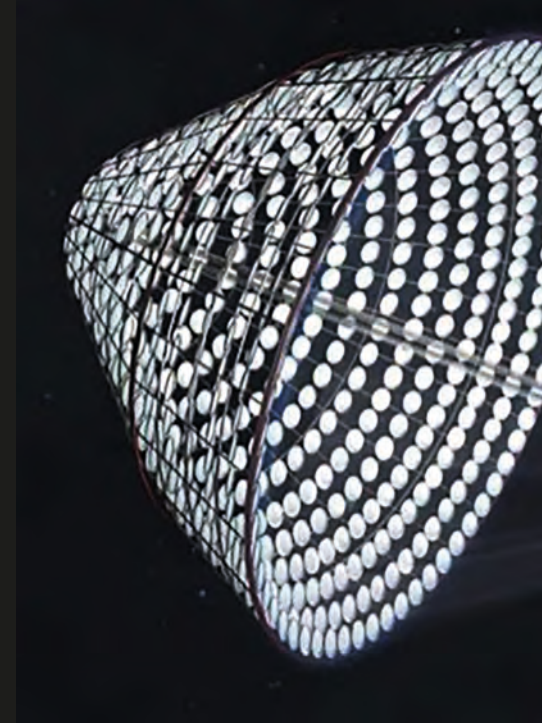
dolanması için tasarlanmış bu uzay güneş santrali, dikdörtgen biçimli bir iskelet ile bu iskeletin üzerine monte edilmiş güneş gözelerinden ve bir aktarıcıdan oluşuyor. Gözelerden aldığı elektrikle mikrodalgalar üreten aktarıcı sabit duruyor ve yüzü her zaman Dünya'ya dönük. Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren gözelerse menteşelerin etrafında dönebiliyor. Böylece her zaman üzerlerine güneş ışığı düşmesi mümkün oluyor.

## SPS-Alfa

Bir başka uzay güneş santrali tasarımı SPS-Alfa olarak adlandırılıyor. NASA'da çalışan mühendis John Mankins

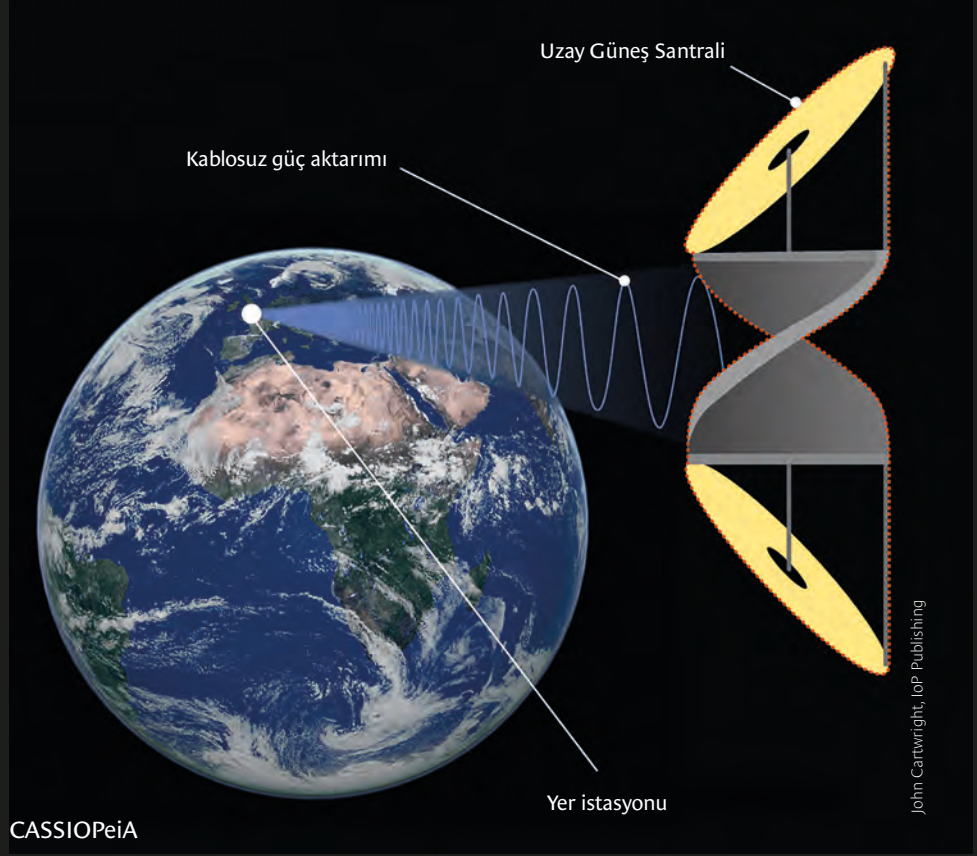


MR-SPS



SPS-Alfa

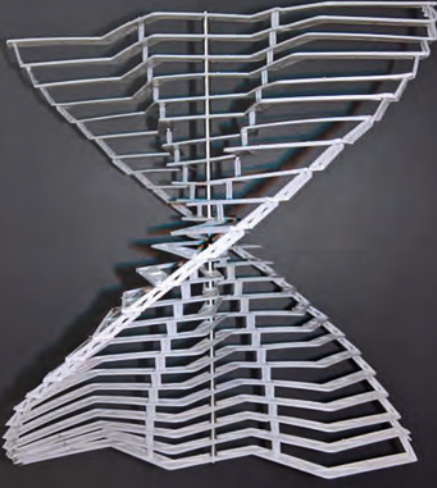
tarafından geliştirilen bu tasarımda, kubbe biçiminde bir yapının üzerinde konumlanmış aynalar ve disk biçiminde bir hacmin içinde diziler hâlinde sıralanmış modüller yer alıyor. Her biri birbirinden bağımsız olarak dönebilen aynalar güneş ışığını diskteki modüllere yönlendiriyor. Modüller ise hem güneş ışığından aldığı enerjiyi kullanarak mikro dalgalar üretiyor hem de bu dalgaları yeryüzüne gönderiyor. Aynaların aksine modüller sabit duruyor ve yüzleri her zaman Dünya'ya dönük. Bu sistemin önemli bir özelliği, modüllerin birbirinden bağımsız bir biçimde çalışabilmesi. Bu sayede modüllerden biri arızalansa bile sistemin geri kalanı çalışmaya devam edebiliyor.



## CASSIOPeiA

Hem MR-SPS hem de SPS-Alfa hareketli aksamlar içeriyor. Ancak bu hareketli parçalar zaman içinde aşınma ve yıpranmaya bağlı arızalar çıkarabilir. Üstelik uzayda dolanan bir santraldeki arızaları onarmak kolay bir iş değil. Bu soruna bir çare olması için geliştirilmiş bir tasarım CASSIOPeiA. İngiltere'nin Oxfordshire kentindeki Uluslararası Elektrik Limited Şirketinde çalışan Ian Cash tarafından geliştirilen bu tasarımda hareketli aksamlar bulunmuyor.

CASSIOPeiA uydularının görünümü DNA sarmallarına benziyor. Bu tasarımda tüm bileşenler spiral biçimli bir merdiven görünümündeki bir yapının üzerinde bulunuyor. Işığa duyarlı bileşenler merdivenin basamaklarında, çubuk biçimli mikrodalga aktarıcıları ise basamaklar arasındaki desteklerde konumlanıyor. Spiral biçimli geometri sayesinde, her zaman uydunun üzerindeki güneş panellerinin bir kısmının üzerine ışık düşmesi sağlanıyor.



Ian Cash

CASSIOPeiA tasarımının ana iskeleti

Bu tasarım da birbirinden bağımsız modüllerden oluşuyor. Modüllerin bazıları kozmik ışınlardan ya da uzay çöplerinden zarar görüp çalışamaz hâle gelse bile geriye kalan modüller çalışmaya devam ediyor. CASSIOPeiA'nın önemli bir özelliği, ışığa duyarlı olmayan bileşenlerin her zaman merdivenin basamaklarının gölgesinde kalması. Bu sayede bu bileşenlerin aşırı ısıdan zarar görmesini engellemek kolaylaşıyor.

CASSIOPeiA'nın her zaman bir kısmının Güneş'e dönük olması, çok farklı yörüngelerde çalışmasına da imkân tanıyor. Örneğin bu enerji santralleri yerküreye yer sabit yörüngeden çok daha yakın eliptik yörüngelerde de konumlandırılabilir. Yerküreye

daha yakın yörüngeler, daha düşük maliyetle daha ufak santrallerin kurulmasına imkân verebilir. Böylece, yer sabit yörüngedeki uzay güneş santrallerine kıyasla, yerküreye daha yakın yörüngelerde dolanan uydularla daha düşük maliyetle enerji elde edilebilir. Dünya'ya yakın, aşırı yayvan yörüngelerde dolanan santraller sık sık yerküre tarafından gölgelenebilir. Ancak çok sayıda ufak santral kurularak bu sorun da çözülebilir.

## Uzay Güneş Santrallerinin Geleceği

2050 yılına kadar karbon emisyonunun sıfırlanması amaçlanıyor. Ancak şu an kullanılan yenilenebilir, temiz enerji kaynaklarıyla bu hedefe ulaşmak çok zor. Bugün kullanılan rüzgâr türbinleri ve güneş panelleri gibi teknolojiler kesintisiz güç sağlayamıyor. Bu sorunu aşmanın bir yolu temiz enerjiyi gerektiğinde kullanmak üzere depolamak olabilir. Ancak bu da çok kolay değil. Örneğin havanın üç gün üst üste bulutlu olacağı durumları düşünerek bir planlama yapabilirsiniz. Ancak havanın üst üste bir

hafta bulutlu olmayacağının garantisi yok. Üstelik yüksek miktarda enerjiyi depolayacak tesisler kurmanın maliyeti de çok yüksek. Güneş enerjisini uzaydan toplamak tüm bu sorunlara çare olabilir. Uygun yörüngelerde konumlandırılacak uzay güneş santralleri yeryüzüne kesintisiz güç sağlayabilir.

Uzay güneş santralleri kurmak geçmişte çok yüksek maliyetliydi. Ancak gelişen teknolojiyle ve bilhassa özel şirketlerin uzay taşımacılığına başlamasından sonra maliyetler giderek düşmeye başladı. Son değerlendirmeler uzay güneş santrallerinin diğer enerji üretim teknolojileriyle karşılaştırılabilecek bir maliyetle enerji üretebileceğini gösteriyor.

Kurulması hâlinde uzay santrallerinden yer istasyonlarına gönderilen ışınların güç yoğunluğunun  $250 \text{ W/m}^2$  civarında olması planlanıyor. Bulutsuz bir günde güneş ışınlarının yeryüzüne sağladığı güç yoğunluğunun yaklaşık dörtte biri kadar olan bu değer, yüksek miktarda enerjinin çevreye ya da canlılara zarar vermeden uzaydan yeryüzüne aktarılmasını sağlayacak.



Mark Garlick / SPL

çalışmalar yapmak için 75 metre yüksekliğinde bir yapı inşa edildi. İngiltere’de uzaydan güneş enerjisi çalışmalarına destek olmak amacıyla kurulmuş Space Energy Initiative (Uzay Enerjisi Girişimi) adlı bir kuruluş var. Çeşitli ülkelerden araştırma enstitülerini, üniversiteleri ve sanayi kuruluşlarını bir araya getiren bu kuruluşun amacı, ilk uzay güneş uydularının 2040’larda yörüngeye yerleştirilmesine yardımcı olmak.

Temiz enerjiyi uzaydan toplamak bugün fosil yakıtlara olan bağımlılığı tamamen ortadan kaldırabilir ve sıfır karbon emisyonu hedefine ulaşmayı sağlayabilir. Günümüzde pek çok ülke bu olasılığı değerlendirmeye ve üzerinde çalışmaya başladı. ■

Günümüzde Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Japonya ve İngiltere gibi ülkeler uzaydan güneş enerjisi elde etme

konusunda çalışmalar yapmaya devam ediyor. Çin’deki Xidian Üniversitesinde uzay bazlı güneş enerjisiyle ilgili deneysel

## Kaynaklar

- Mankins, J. C., “New Developments in Space Solar Power”, *NSS Space Settlement Journal*, Aralık 2017.
- Cartwright, J., “Space-based solar power: could beaming sunlight back to Earth meet our energy needs?”, *PhysicsWorld*, <https://physicsworld.com/a/space-based-solar-power-could-beaming-sunlight-back-to-earth-meet-our-energy-needs/>, 2022.
- Glaser, P. E., “Power from the Sun: Its Future”, *Science*, Cilt 162, s. 857-861, 1968
- Cash, I., “CASSIOPeiA – A new paradigm for space solar power”, *Acta Astronautica*, Cilt 159, s. 170-178, 2019.
- Hou, X., ve ark., “Multi-Rotary Joint SPS”, *Online Journal of Space Communication*, <https://spacejournal.ohio.edu/issue18/cast.html>, 2016.
- Yang, Y., ve ark., “A novel design Project for space solar power station (SPSS-OMEGA)”, *Acta Astronautica*, Cilt 121, s. 51-58, 2016.
- Mankins, J., “SPS-ALPHA: The First Practical Solar Power Satellite via Arbitrary Large Phased Array”, [https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/niac\\_2011\\_phase1\\_mankins\\_spsalpha\\_tagged.pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/niac_2011_phase1_mankins_spsalpha_tagged.pdf), 2012.

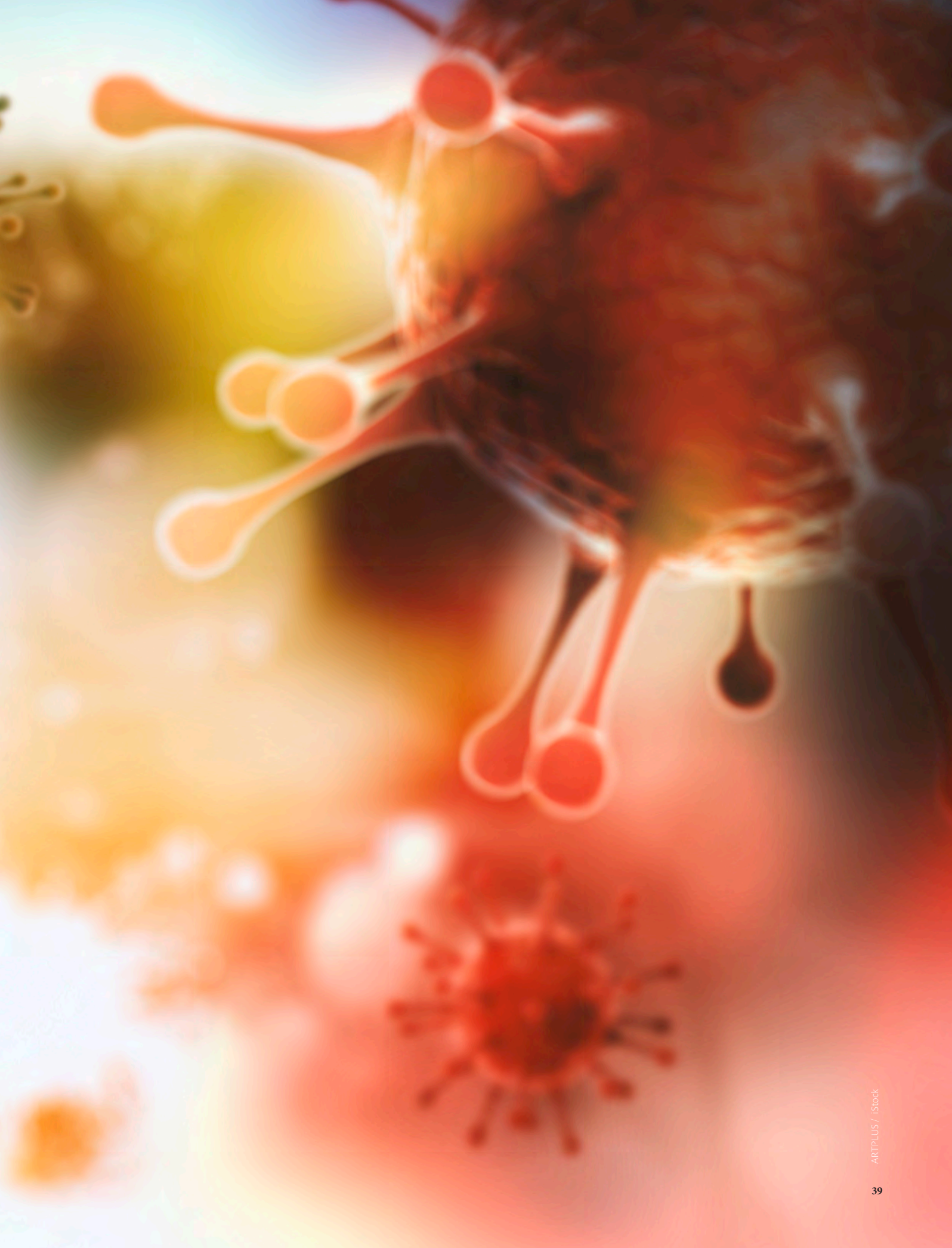
# COVID-19'da Varyantlar, Alt Varyantlar... Torunların Torunları

Dr. Özlem Ak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

2022'de ülkeler pandemi önlemlerini azalttıkça, dünyanın pek çok yerinde hayat COVID-19 öncesi normale döndü. Sokağa çıkma yasakları sona erdi, okullarda yüz yüze eğitim yeniden başladı, maske takma zorunluluğu kalktı, uluslararası seyahatlerde kısıtlamalar bitti. Hatta yetkililer iyimser açıklamalarda bulundu. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Genel Direktörü Tedros Adhanom Ghebreyesus bile COVID-19'un küresel bir acil durum olarak tanımlanmasının 2023 yılında sona ereceğine dair umudunu dile getirdi. Öte yandan 2021'in sonlarında tanıştığımız Omicron varyantının

küresel enfeksiyon dalgalarını tetikleyen bir dizi alt varyantıyla 2022 yılı boyunca karşı karşıya kaldık. Gene de geçirilen enfeksiyonlarla ve aşılarla sağlanan bağışıklık sayesinde, COVID-19; soğuk algınlığı ve gribe benzer şekilde biraz daha hafif bir tehdide dönüşüyor gibi göründü. Bir bakıma 2022 senesi, önceki 2 yıl kadar korkutucu değildi. Peki, öyle miydi gerçekten?







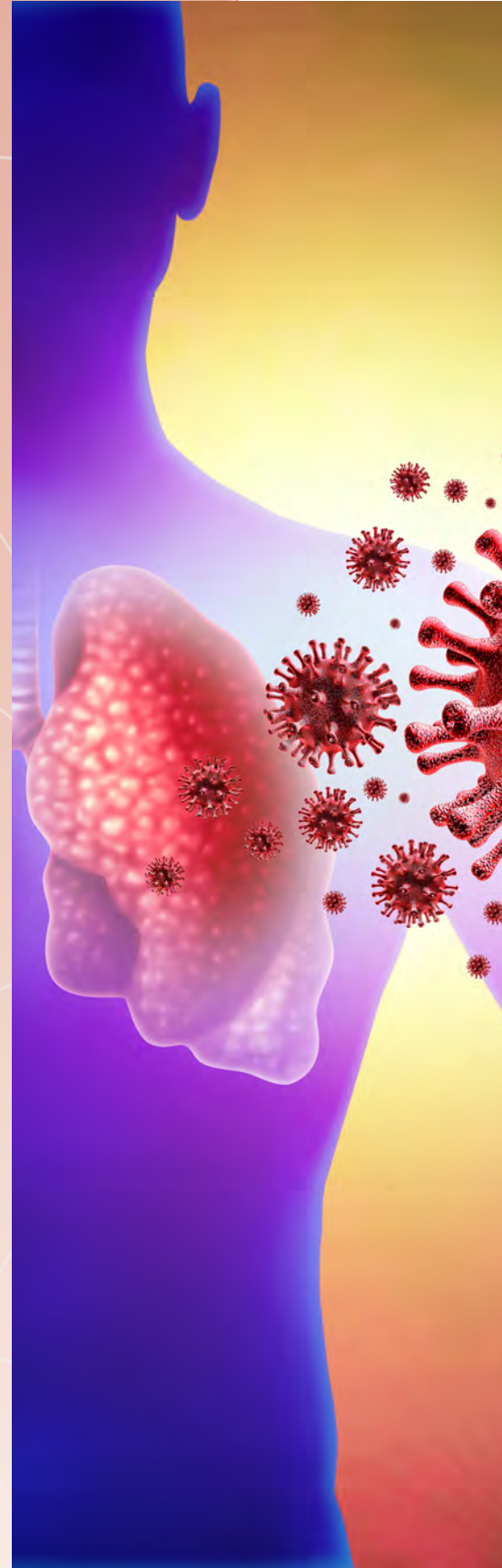
Üç yıl önce SARS-CoV-2 ile ilk tanışmamızdan bu yana virüste genetik mutasyonlar beklenenden daha hızlı bir şekilde ortaya çıktı. Bu süre zarfında da bilim insanları, küresel halk sağlığı uzmanları, hekimler ve hatta büyük küçük herkes COVID-19 hakkında çok şey öğrendi. Yeni varyantlar ortaya çıktıkça araştırmacılar hastalığın bulaşmasını önlemeye veya hastalığa karşı korunmaya yardımcı olmak için SARS-CoV-2 varyantlarını ve alt varyantlarını incelemeyi sürdürdü. Alfa ve Delta gibi geçmiş dalgalara neden olan varyantların tümünün SARS-CoV-2 soyağacının farklı dallarından ortaya çıktığı tespit edildi. 2021'in sonlarında tanıştığımız Omicron varyantının küresel enfeksiyon dalgalarını tetikleyen bir dizi alt varyantıyla 2022 yılı boyunca karşı karşıya kaldık. Omicron ve alt varyantlarının önceki varyantlara kıyasla ciddi hastalıklara yol açma ihtimalinin daha yüksek olup olmadığı konusu da araştırmalarda yerini aldı. 2022 yılında Omicron vakalarındaki ilk artış haftalarca devam etti. Omicron vakalarının sayısı doruk noktasına ulaştığında, pandemide şimdiye kadarki en yüksek enfekte kişi sayısı görüldü. Bu varyant, virüsün başka bir versiyonunu kapmış olsun ya da olmasın, genç, yaşlı, aşı, aşısız herkesi enfekte etme potansiyeline sahip olduğu için sayıların bu kadar arttığı düşünülürdü. Tüm bunlara rağmen, enfeksiyonlar daha hafif atlatılıyor gibi görünüyordu. Neden oldukları enfeksiyonlar

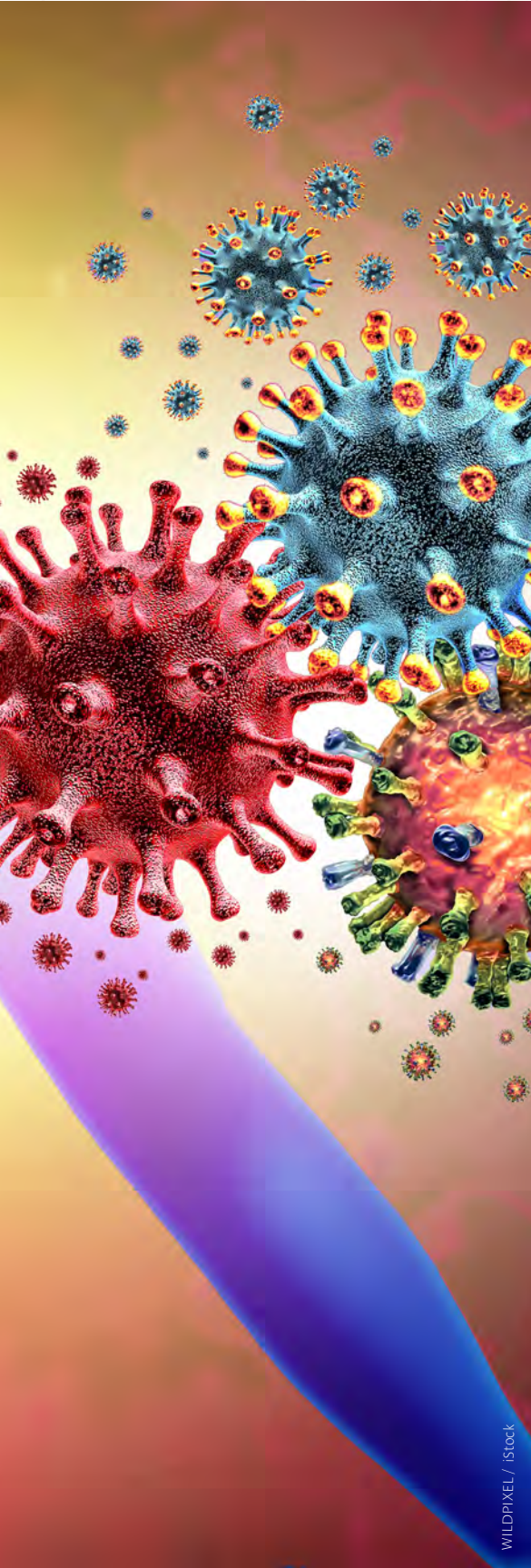
çoğu zaman nispeten hafif atlatılsa da vaka sayılarında artışa neden olan BA.4 ve BA.5 ile BQ.1 ve BQ.1.1 de dâhil olmak üzere Omicron alt varyantları 2022'de bizimleydi. Uzmanlar bu Omicron alt varyantlarından bazıları, özellikle de BQ.1 ve BQ.1.1 üzerinde durdular. Çünkü bunlar diğer varyantlara göre çok daha fazla bulaşıcı idi ve antikorlardan kaçabilme yeteneğine, dolayısıyla da önemli bir çoğalma avantajına sahipti. Bu nedenle ABD'deki tüm koronavirüs enfeksiyonlarının neredeyse %70'ine bu iki alt varyant neden oldu.



## Varyant Yarışı

Omicron'un ilk alt varyantı BA.1, Delta varyantını geride bıraktı ve vaka sayılarında artışa neden oldu. Ancak BA.1, uzun bir Omicron alt varyant serisinin sadece ilkiydi. BA.1'den sonra ortaya çıkan BA.2 ise 2022 ilkbaharında vaka artışına yol açtı. Yaz aylarında ise BA.5 başroldeydi. Ardından BQ.1, BQ.1.1, XBB varyantlarının kış aylarında dalgalanmalara sebep olacağı endişesi gündemi meşgul etti. Varyantlar arasındaki bu yarışta; ne kadar hızlı yayıldıkları,





hangisinin daha şiddetli hastalığa yol açacağı ve bağışıklık sisteminden veya bağışıklık odaklı tedavilerden kaçıp kaçamayacakları gibi üç temel faktör üzerinde duruldu.

ABD, Fred Hutchinson Kanser Merkezinde SARS-CoV-2 mutasyonlarını modelleyen virolog Trevor Bedford, 2022 yılının kasım ayının başlarında, BQ.1.1'in günde 7.000 vakaya yol açtığını ve her dokuz günde bir bu sayının ikiye katlandığını söyledi. Bedford'a göre bunun nedeni, BQ.1.1 ile hasta olan her bir kişinin ortalama 1,4 kişiyi enfekte etmesi ( $R_0=1,4$ ) ancak BA.5 ile hasta olan her bir kişinin ortalama 1 kişiden daha az kişiyi enfekte etmesiydi. BA.1 ilk ortaya çıktığında 3 gibi muazzam bir  $R_0$  sayısına (bulaştırma katsayısı) sahipti. BA.5 ilk ortaya çıktığında ise 1,6 gibi BQ.1.1 ve XBB varyantlarına yakın bir  $R_0$  sayısına sahipti. BQ.1, BQ.1.1 ve XBB varyantları patojenin yüzeyinde hücreleri tanımak ve enfekte etmek için kullandığı diken proteininde mutasyonlar taşıyor. Bu mutasyonlar bağışıklık sisteminin virüsü tanımamasını ve erken harekete geçmesini zorlaştırıyor. Bu durum kulağa korkutucu gelse de bağışıklık tepkisi antikorların ötesinde T hücreleri ve B hücreleri gibi ek savunma stratejilerini de kullanıyor.

Diğer bir alt varyant olan BF.7, aralık ayında Pekin'de

yayılan ana varyant olarak tanımlandı ve Çin'de COVID-19 vakalarındaki artışta büyük rol oynadı. BA.5.2.1.7'nin kısaltması olan BF.7, Omicron varyantı BA.5'in bir alt soyu olarak tanımlandı. BF.7, diken proteininde R346T adında spesifik bir mutasyon taşıyor. BF.7'nin "ebeveyn" varyantı BA.5'te de görülen bu mutasyon, virüsün aşılardan veya önceki enfeksiyon tarafından üretilen nötralize edici antikorlardan kaçma kapasitesini artırmasıyla ilişkilendiriliyor. Çin'den gelen raporlar, BF.7'nin ülkedeki Omicron alt varyantları arasında en güçlü enfeksiyon yeteneğine sahip olduğunu, diğer varyantlardan daha hızlı bulaştığını, daha kısa bir kuluçka süresine sahip olduğunu ve daha önce COVID-19 enfeksiyonu geçirmiş veya aşılanmış ya da her ikisini birden tecrübe etmiş kişileri enfekte etme kapasitesinin daha yüksek olduğunu gösteriyor. Bu bilgiler ışığında BF.7'nin  $R_0$  değerinin 10 ila 18,6 olduğu tahmin edildi. Bu, enfekte olmuş bir kişinin virüsü ortalama 10 ila 18,6 başka kişiye bulaştırabildiği anlamına geliyor. Araştırmalar Omicron'un ortalama  $R_0$  değerinin 5,08 olduğunu göstermişti. Birçok asemptomatik taşıyıcı nedeniyle gizli yayılma riski ile birlikte ele alındığında, BF.7'nin yüksek bulaşma oranı Çin'deki salgının kontrolünü önemli ölçüde zorlaştırdı.



## Yeni Yıl, Yeni Alt Varyant: XBB.1.5

Yeni yıla yeni bir varyantla girdik: XBB.1.5. Bu varyant da kendine özgü yeni bir mutasyon nedeniyle vaka sayılarını arttıracak gibi görünüyor. Çünkü 2023 yılının ilk ayında Johns Hopkins Üniversitesi Tıp Fakültesinden Stuart Ray, XBB.1.5'e bağlı COVID-19 enfeksiyonlarının oranının ABD'de neredeyse her hafta iki katına çıktığını ve bunun da onu ülkenin en hızlı yayılan varyantı hâline getirdiğini söylüyor. ABD'deki Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (CDC) COVID-19 vakalarının %40'undan fazlasının XBB.1.5'ten kaynaklandığını ve geçtiğimiz yılın aralık ayı başında sadece %1 olan bu oranın hızla arttığını tahmin ediyor. Şimdiye kadar aralarında İngiltere ve Avustralya'nın da bulunduğu 28 ülkede daha XBB.1.5 tespit edildiği söyleniyor.

Aralarında Pekin Üniversitesinden immünolog Yunlong Cao'nun da bulunduğu, varyantları takip eden bilim insanları, diken proteininde F486P adı verilen ve nadiren görülen bir amino asit değişikliği sayesinde XBB.1.5'i 2022'nin sonlarında fark etti. Yunlong Cao'nun laboratuvarında yapılan deneyler, virüsün hücreleri istila etmek için kullandığı insan hücrelerindeki ACE2 reseptörüne bağlanma yeteneğini bu mutasyonla geliştirdiğini gösterdi. XBB.1.5 aşılardan hedefi olan diken proteinindeki değişiklikler nedeniyle bağışıklıktan kaçma konusunda

önceki varyantlara göre daha becerikli görünüyor.

Pekin'deki Çin Bilimler Akademisinde Can Yue tarafından XBB.1.5 alt varyantı üzerine bir ön çalışma yürütüldü. Çalışmada, daha önce üç doz CoronoVac COVID-19 aşısı veya iki doz mRNA aşısı yapılmış ve yakın zamanda COVID-19 enfeksiyonu geçirmiş 116 kişiden alınan kan örnekleri kullanıldı ve bu varyantın antikorlardan kaçma yeteneğinin arttığı tespit edildi. Ancak bu sonuçlar, COVID-19 aşılardan hızla yayılan bu alt varyanta karşı hiçbir koruma sağlamadığı anlamına da



gelmiyor. Ray, en az iki doz aşı olan bireylerin COVID-19 nedeniyle ciddi şekilde hastalanma veya hayatını kaybetme olasılığının, daha yeni varyantlarda bile, daha az sayıda aşı olanlara ya da hiç olmayanlara göre daha düşük olduğunu gösteren çok sayıda kanıt bulunduğunun altını çiziyor.



Bazı uzmanlar XBB.1.5'in bağışıklık sisteminden kaçma özelliklerinin abartılmaması gerektiğini vurguluyor. La Jolla İmmünoloji Enstitüsünden Prof. Alessandro Sette, antikorlar en başta bu hücrelerin enfekte olmasını engelleyemeseler bile XBB.1.5'in hücresel bağışıklıktan, yani enfekte olmuş hücreleri yok eden T hücrelerinden kaçmakta zorlanacağını söylüyor. T hücresi yanıtı ciddi hastalıkların önlenmesine yardımcı oluyor. Şu anda XBB.1.5'in önceki Omicron alt varyantlarına kıyasla daha fazla veya daha az şiddetli semptomlara yahut farklı

## 2023 Yılında Pandemi Nasıl Hissedilecek?

Bazı bilim insanlarına göre bir dizi bilinmeyen göz önünde bulundurulduğunda, bu soruyu yanıtlamak bazı açılardan imkânsız. 2020'nin başlarında bilim camiası, virüsün yayılma şiddeti ve kapsamına ilişkin tahminlerde bulunmak için kullanılabilecek temel parametreleri belirlemeye odaklanmıştı. Şimdi ise COVID varyantları, aşılama ve doğal bağışıklığın karmaşık etkileşimi bu süreci çok daha zor ve daha az öngörülebilir hâle getiriyor. Ancak bu durum, "rehavete kapılalım" anlamına da gelmiyor. Enfekte olduğu tahmin edilen kişilerin oranı zaman içinde değişse de bu rakamın 2022 yılı boyunca İngiltere'de %1,25'in (veya 80 kişiden birinin) altına düşmediği görülmüş. Yani aslında COVID-19 hâlâ bizimle ve insanların tekrar tekrar enfeksiyona yakalanma riski hâlâ sürüyor. Pandeminin ilk günlerinde, COVID-19 vaka sayısını, pandemi için gerekli sağlık hizmetlerini ve pandeminin dünya üzerindeki olası etkisini tahmin etmek için basit modeller kullanılmıştı. İlk tahminler için nispeten az sayıda değişkene ihtiyaç vardı. Bunun nedeni, dünyadaki herkesin duyarlı

olduğu orijinal tür olan SARS-CoV-2'nin dolaşımında olan tek ana varyant olmasıydı. Ancak bu basit varsayımlar artık geçerli değil.

Dünya nüfusunun büyük bir kısmının COVID-19 geçirdiği tahmin ediliyor ancak dünya genelinde insanların hangi aşılı yaptıkları, bunları kaç doz aldıkları ve bireysel korunma düzeyleri arasındaki önemli farklılıklar konusunda kesin bilgiye ulaşmak kolay değil. Dolayısıyla takip ve izlemin azalması modellemeyi de zorlaştırıyor. COVID-19'a acil müdahalenin en yoğun olduğu dönemde bu işlemler, virüs taşıyan kişilerin ve varyantların gözetimi de dâhil olmak üzere bir öncelikti. Bu sayede Omicron gibi yeni varyantlar erkenden tespit edilebilmiş ve gerekli müdahalelere hazırlık imkânı olmuştu. Özellikle Birleşik Krallık'ta, Şubat 2022'ye kadar iki milyon gen dizilimi gerçekleştirilmişti. Bu veriler, dünyadaki genom dizileme çıktısının dörtte birini oluşturuyordu. Ancak dizileme çabaları da zamanla azaldı.

belirtilere neden olduğunu gösteren hiçbir kanıt bulunmadığını da sözlerine ekliyor. Stanford Üniversitesinde bulaşıcı hastalıklar alanında çalışmalarını sürdüren Jake Scott, XBB.1.5 konusunda henüz endişeli değil. Scott, Omicron'un tüm alt varyantlarının, alt solunum yolu hastalıklarına neden olma ihtimalinin daha düşük olduğuna ve ciddi semptomlara yol açma olasılığının da daha düşük olduğuna inanıyor. Scott'a göre, XBB.1.5, Omicron alt varyantları arasında en bulaşıcı olması nedeniyle vakalarda bir artışa yol

açtıysa da sadece COVID nedeniyle hastaneye yatışlarda ve ölümlerde bir artışa sebep olacak gibi görünmüyor ve bu konuda aşılarla güvenmek gerektiğini belirtiyor.

### 2023'te Yeni Bir Aşı Bekleyelim mi?

Kanada'nın Montreal kentindeki McGill Üniversitesi tarafından derlenen kayıtlara göre, onaylanmış 50 COVID-19 aşısı var ancak bunların çoğu sadece bir ülkede onaylanmış durumda. Diğer 250 aşı adayı ise 80

ülkede test ediliyor. Bu adayların çoğu mevcut aşılarla benziyor ancak bazı araştırma grupları hâlihazırda onaylanmış aşılarından daha etkili aşılar geliştirme çabasındalar. Bunun için birkaç yaklaşımdan yola çıkıyorlar.

Bu yaklaşımlardan biri, bir dizi potansiyel varyanta karşı geniş koruma sağlayacak ve virüsün aşı kaynaklı bağışıklığı atlatmak için geçirmesi muhtemel mutasyonları önlemeyi amaçlıyor. Pfizer, sadece diken proteinine karşı bir antikor yanıtı değil, genellikle antikorlardan

daha uzun süreli koruma sağlayan T hücreleri tarafından birkaç koronavirüs proteinine karşı bir yanıt oluşturmak üzere tasarlanmış bir mRNA aşısını test ediyor. Ancak bu aşılardan çoğu henüz geliştirme aşamasında ve herhangi birinin 2023 yılında onaylanması olası görülüyor.

İkinci yaklaşım ise mukozal bağışıklık adı verilen bir bağışıklık oluşturarak enfeksiyon ve bulaşmaya karşı çok daha iyi koruma sağlayan aşılardan geliştirmek. Burun, boğaz ve akciğerlerimizin mukoza zarları, enfeksiyonların tipik olarak başladığı ve insanları enfekte etmeye devam eden virüslerin çoğaldığı yerler. Aşıların doğrudan bu zarlara- örneğin burun yoluyla-

verilmesinin güçlü bir bağışıklık tepkisini tetikleyeceği umuluyor. Bu tür aşılara örnek vermek gerekirse, her biri Çin, Hindistan, İran ve Rusya'da olmak üzere dört burundan uygulanabilen mukozal aşı onaylandı. Son ikisi hakkında çok az bilgi var ancak Hindistan'ın iNCOVACC ve Çin'in Convidecia Air aşılardan, güçlendirici olarak uygulandıklarında, en az enjeksiyon yoluyla uygulanan güçlendirici aşılardan kadar yüksek antikor seviyeleri ürettikleri onaylandı. Oxford Üniversitesinden Sandy Douglas ve meslektaşları 2022'nin başlarında bir burun spreyi aşısını test etti ve hayal kırıklığı yaratan sonuçlar elde etti. Bu aşı iNCOVACC'a çok

Alpha  
Eylül 2020

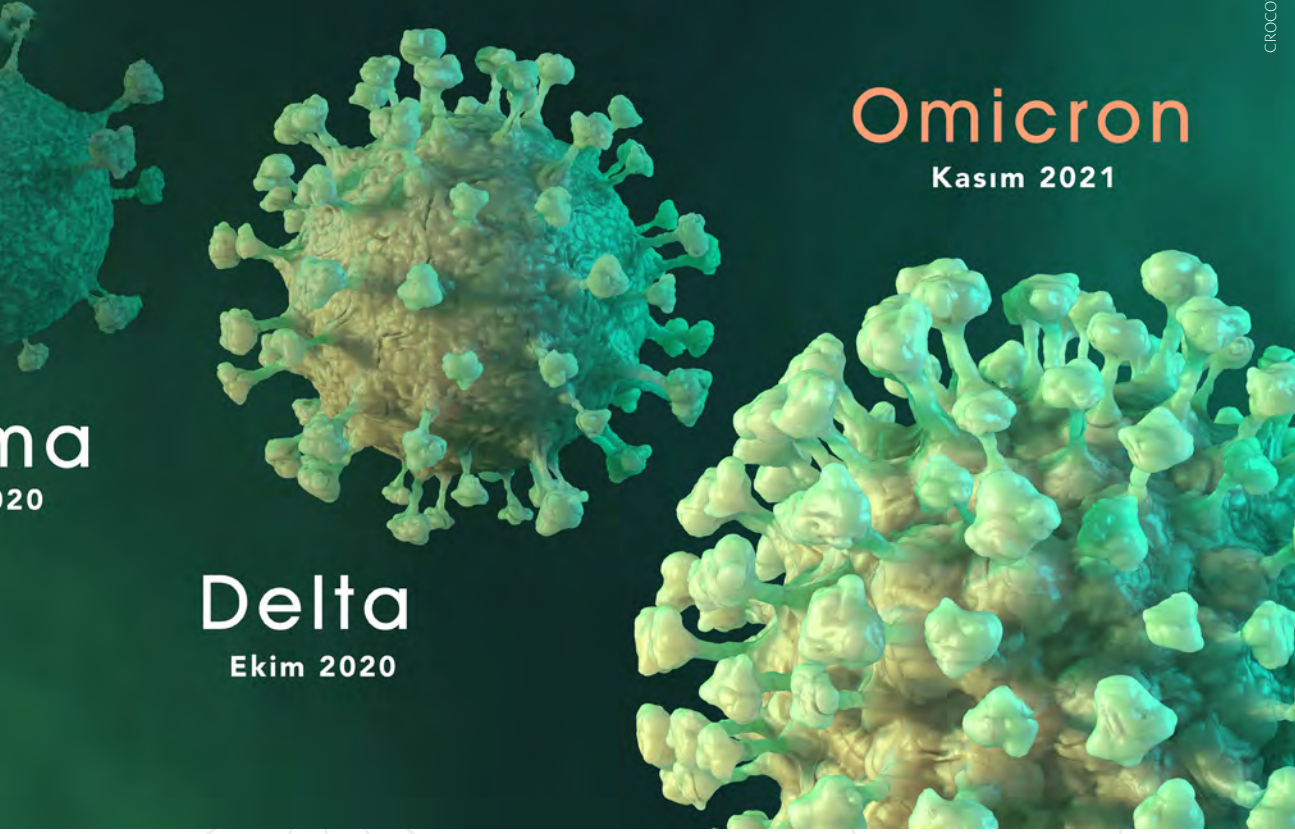
Beta  
Mayıs 2020

Gamma  
Kasım 20

Son aylarda hayat pandemi öncesine dönmüş gibi görünse de akıllardaki soru, pandemiyin gerçekten bitip bitmediği. Bir pandemiyin başlangıcını tanımlamak ne kadar zor ise aynı zorluk "pandemi bitti" diyebilmek için de geçerli. Çoğu pandemi sonunda endemik hâle gelir, yani enfeksiyon bir bölgede veya popülasyonda devam etse de davranışı tahmin edilebilir ve vakalarla ölümlerin sayısı artık artmaz. Gelecekteki benzer pandemi tehditlerine daha iyi hazırlanmak gerektiğini vurgulayan bilim insanlarını en çok pandemiyin ilk dönemlerindeki bilgi eksikliği oldukça endişelendirmişti. Zaman ilerledikçe araştırmalarda kaydedilen gelişmeler, pandemiden endemik aşamaya geçişte yapılan araştırmaların önemini ortaya çıkardı.

Bazı bilim insanları endemik kelimesinin pandemi konusunda en çok yanlış kullanılan kelimelerden biri hâline geldiğini düşünüyor. Yapılan hatalı bazı varsayımların çoğunun da pandemi ve önlemler konusunda yersiz bir rahaveti teşvik ettiği kanısındalar. Bir epidemiyolog için endemik bir enfeksiyon, genel oranların statik olduğu- ne yükseldiği ne de düştüğü- bir enfeksiyondur. Daha doğrusu, enfekte olmuş bir bireyin enfekte edeceği birey sayısını (R0) dengelediği durum olarak düşünülebilir. Soğuk algınlığı ve grip gibi endemik olan diğer enfeksiyonlar arasında sıtma ve çocuk felci de yer alıyor.

benzediği için, ekip geliştirdikleri adayın neden bekledikleri sonucu vermediğini anlamaya çalışıyor. Douglas, yakın zamanda Avrupa veya Kuzey Amerika'da hiçbir burun aşısının onaylanmayacağını söylüyor. Onay veren yetkililerin bu aşılardan güvenli olduğundan ve örneğin astum hastalarında iltihabi bir tepkiye yol açmadığından emin olmak isteyeceklerini düşünüyor. Ayrıca yeni aşılardan hâlihazırdaki aşılardan çok daha iyi olması gerektiği düşünüldüğünden onay almanın da gün geçtikçe zorlaştığı kanısında. Douglas aynı zamanda enfeksiyona, bulaşmaya ve yeni varyantlara karşı güçlü koruma sağlayan bir COVID-19 aşısına sahip olmadan önce katedilmesi gereken epey yol olduğunu ve bunun sadece COVID-19 pandemisi için değil, gelecekte karşımıza çıkabilecek muhtemel



yeni salgınlar için de çok önemli bir deneyim sağlaması açısından çok önemli olduğunu düşünüyor.

Genel olarak virüsler çevreye uyum sağlamak ve varlıklarını sürdürmek için mutasyona uğrar. Bu nedenle, bilim insanları SARS-CoV-2 varyantlarının ve alt varyantlarının hızlı bir şekilde tanımlanmasını ve yakından izlenmesini sağlayan araçlara duyulan ihtiyacın her zamankinden daha fazla olduğunu ifade ediyor. Bu konudaki asıl endişe ise daha bulaşıcı olmaları nedeniyle sağlık hizmetlerine daha fazla yük oluşturmaları. Bu arada, COVID-19 sonrası durumun küresel olarak insan sağlığı

üzerindeki yükünü daha iyi anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu da bilim insanlarının hemfikir olduğu diğer bir önemli konu. Birçok insan COVID-19 geçirip iyileşse de bazı hastaların çeşitli organlarında görülen uzun süreli semptomlar, yani “uzun COVID” de unutulmaması gereken bir sonuç. Bu nedenle WHO’daki uzmanlar, dünyanın dört bir yanındaki meslektaşlarıyla, COVID-19 sonrası kalp, beyin ve solunum sağlığı gibi konularda birlikte çalışıyor. WHO, ayrıca kalabalık veya havalandırmanın yetersiz olduğu yahut hiç olmadığı ortamlarda hâlâ maske takmayı öneriyor. ■

#### Kaynaklar

<https://www.newscientist.com/article/2344722-a-soup-of-omicron-subvariants-could-drive-the-next-covid-19-wave/>  
<https://www.scientificamerican.com/article/new-omicron-variants-are-here-what-we-know-so-far/>  
<https://doi.org/10.1038/d41586-022-03445-6>  
<https://www.nature.com/articles/d41586-022-04476-9>  
<https://www.scientificamerican.com/article/why-covids-xbb-1-5-kraken-variant-is-so-contagious/>  
<https://www.nature.com/articles/d41586-022-03445-6>  
<https://www.nature.com/articles/d41586-022-04476-9>  
<https://www.nature.com/articles/d41586-023-00014-3>  
<https://www.discovermagazine.com/health/how-covid-19-developed-in-2022-and-what-to-know-for-the-coming-year>  
<https://www.newscientist.com/article/mg25634192-400-why-we-probably-wont-get-new-covid-19-vaccines-in-2023/>



## İtalya'nın Süper Bilgisayarı: LEONARDO

Avrupa Yüksek Performanslı Bilişim Ortak Girişimi, İtalya Üniversiteler ve Araştırma Bakanlığı ve CINECA konsorsiyumunun birlikte oluşturduğu komisyon tarafından İtalya'nın Bologna şehrinde LEONARDO adında yeni bir süper bilgisayar kuruldu. LEONARDO tümüyle işlevsel hâle geldiğinde 250 petaflops gücünde olacak, yani saniyede 250 milyon milyar hesaplama yapabilecek. Toplam 120 milyon avro bütçe ile geliştirilen LEONARDO, şu an için dünyanın en güçlü dördüncü süper bilgisayarı oldu. LEONARDO; kanser araştırmaları, ilaç keşifleri, beynin işleyişini anlama, çevreci enerji teknolojilerinin keşfi, daha doğru iklim modellemesi yapılmasının yanı sıra doğal afet ve pandemilerin öngörülmesi gibi konularda kullanılacak. Çevreci bir yaklaşımla inşa edilen LEONARDO gerekli

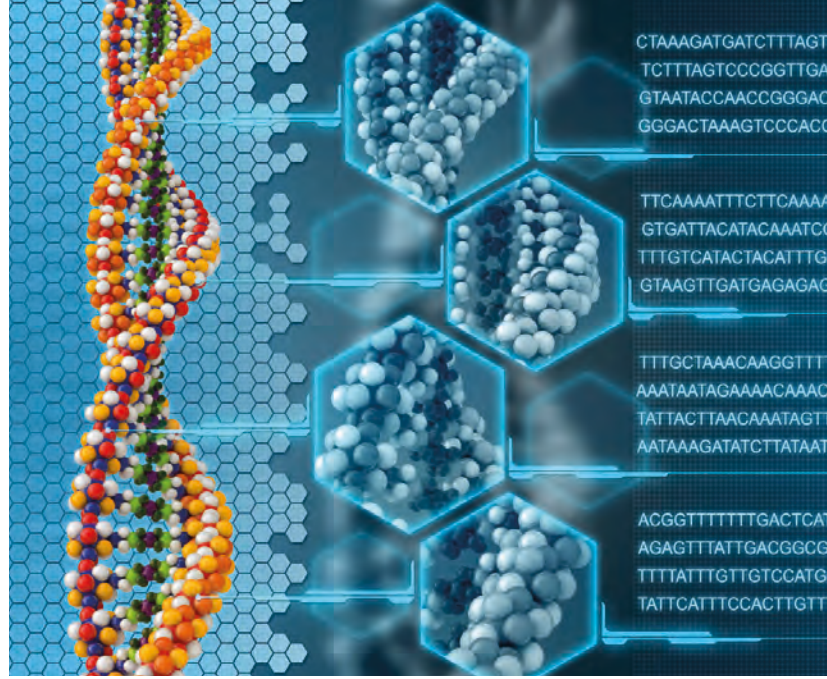
olmadığı durumlarda düşük enerji tüketimi moduna geçerek daha az enerji tüketiyor. Ayrıca 2021'de, Almanya'da Stuttgart yakınlarında inşa edilen Avrupa'nın ilk kuantum bilgisayarı da LEONARDO ile bütünleşik çalışacak. İlerleyen süreçte Portekiz'de Deucalion ve İspanya'da MareNostrum 5 adlarıyla iki yeni süper bilgisayar daha inşa edilmesi planlanıyor. Bununla birlikte, Almanya ve Fransa gibi ülkelerde de süper bilgisayarların inşa edileceği daha önce duyurulmuştu. Avrupa ülkeleri önümüzdeki yıllarda süper bilgisayar ağlarını güçlendirmeyi hedefliyor.

<https://bit.ly/super-leo>

# Avrupa'dan "1+ Milyon Genom" Girişimi

2018'de Avrupa'da hem hastalıkların anlaşılması ve önlenmesi hem de onlara uygun tedavilerin geliştirilmesi için "1+ Milyon Genom" girişimi başlatılmıştı. Geçtiğimiz günlerde İrlanda ve Fransa da bu girişime dâhil olacaklarını açıkladı. Genomik veri tabanları, bilim insanlarının ve doktorların hassas tıbbi araştırmalar yürütmesinin yanı sıra hastalıkların tespit edilmesi ve önlenmesine yönelik çalışmaları ilerletmek için de kullanabilecekleri DNA verilerini barındırıyor. Genom girişimi Avrupa Birliğine üye 24 ülkenin yanında Norveç ve Birleşik Krallık tarafından da destekleniyor. İlerleyen süreçte %50'si Dijital Avrupa Programı kapsamında Avrupa Komisyonu tarafından ortaklaşa finanse edilen bir Avrupa genomik veri altyapısı kurulacak.

<https://bit.ly/ab-genom>



## Rust Programlama Dili Popülerleşiyor

Programlama dünyasında, hangi programlama dilinin daha iyi olduğu özellikle mesleğin başındaki yazılımcıların en eğlenceli tartışmalı konusudur. Elbette programlama dilleri arasında çeşitli farklılıklar ve yapılacak işe göre avantajlar ve dezavantajlar bulunuyor. Yine de bir dilin diğerinden iyi olduğunu söylemek pek mümkün olmaz. Böyle tartışmalarda yaygın kullanılan veya son dönemde popüler olan dillerin adı ileri sürülebilir. Java, C# ve Python gibi diller; onlarca yıldır teknoloji dünyasının temelini oluşturuyor. Bunlara ek olarak, 2010 yılında Mozilla'da bir yan proje olarak başlatılan bir programlama dili olan Rust, son yıllarda hayli popülerleşti. Rust'ın ilgi çekmesinin birkaç temel nedeni var. Rust, kod güvenlik açıklarının yaklaşık %70'ini oluşturan bellek güvenliği hatalarını önemli ölçüde azaltıyor. Rust, "bellek için güvenli" tek dil olmasa da alternatif dillerden çok daha performanslı çalışması

albenisini artırıyor. Ayrıca her geçen gün büyüyen ve aktif bir geliştirici topluluğu var. Haziran ayında Rust, Stack Overflow'ta üst üste yedinci kez en sevilen dil unvanını kazandı ve kullanıcıların %87'si onu kullanmaya devam etmek istediğini söyledi. Sadece geliştiriciler değil, teknoloji dünyasındaki büyük oyuncuların bazıları da Rust'a yatırım yapıyor. Microsoft, Google ve Amazon; Rust'ı 2019'dan beri kullanıyor ve hatta dili geliştirmek için kurulmuş olan ve kâr amacı gütmeyen Rust Vakfı'na destek oluyor. Elbette hiçbir dil mükemmel değildir ve Rust'ın diğer dillere göre daha uzun öğrenme eğrisi de dâhil olmak üzere dezavantajları bulunuyor ancak Rust'ın savunucuları sonunda buna değeceğini söylüyor.



<https://bit.ly/rust-dili>





## İnşaat Yapan ve Kargo Teslim Eden Drone'lar

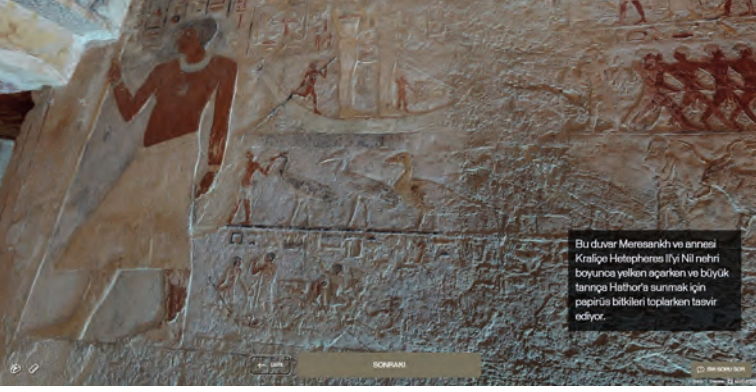
King's College, London'dan bir grup araştırmacı, havada uçarken inşaat yapabilen ve hasarlı yapıları onarabilen robotlar geliştirdi. Üç boyutlu yazıcı tekniği kullanan drone'lar, yani insansız hava araçları otonom olarak hareket edebiliyor ve grup hâlinde uyumlu bir biçimde çalışabiliyor. Araştırmacılar geliştirdikleri teknolojiyi laboratuvar ortamında test etti. Geliştirilen robotlar, köpüksü bir malzeme kullanarak 2,05 metre yüksekliğinde 72 katmanlı bir silindiri ve çimento benzeri bir malzeme kullanarak 18 santimetre yüksekliğinde 28 katmanlı başka bir silindiri başarıyla inşa etti. Yeni teknolojinin yüksek binaların inşasında ve özellikle insanların erişmesinin ve çalışmasının zor olduğu tehlikeli bölgelerde yararlı olması bekleniyor. Araştırmanın sonuçları *Nature* dergisinde yayımlandı. İnşaatçı drone'un çalışmasını anlatan bir videoyu izlemek için <https://youtu.be/pDKNEO0gDuE> adresini ziyaret edebilir ya da aşağıdaki kare kodu akıllı cihazınızdaki barkod okuyucuya okutabilirsiniz.



Diğer taraftan Amazon, Drone ile kargo teslimatına başlıyor. ABD'nin California ve Texas eyaletlerinde kargo merkezinin etrafında 6 km yarıçapta bulunan noktalara havadan teslimat yapılacak. Drone ile taşınacak kargolar 4 metre yükseklikten aşağı bırakılacak. Eğer evde bir köpek varsa ve drone'un altında koşarsa teslimat yapılmayacak. 1,5 metre boyunda ve 40 kg ağırlığındaki drone, 2,5 kg'a kadar paketleri taşıyabiliyor. Drone ile teslim edilecek kargolar kırılmayacak şekilde özel olarak paketleniyor.

<https://bit.ly/robot-usta>  
<https://cnb.cx/3YhuUX8>

## Giza Piramidi'ni Sanal Gezin



Birçoğumuz için Mısır'daki piramitleri görmek mümkün olmasa da teknoloji yardımıyla artık Giza'ya sanal bir ziyaret yapabilirsiniz. [giza.mused.org](https://giza.mused.org) adresinde ücretsiz kaydolarak erişebileceğiniz ve Giza Piramidi'ni adım adım gezebileceğiniz çok ayrıntılı bir sanal tur yer alıyor. Büyük Giza Piramidi (aynı zamanda Khufu Piramidi veya Keops Piramidi olarak da bilinir), Giza piramit kompleksindeki üç piramidin en eskisi ve en büyüğüdür. Sitedeki sanal turda, piramidin içinde 360 derece bakış açısına sahip kameralarla dolaşırken aynı zamanda piramitteki tünellerin, odaların ve mezarların hikâyesini ayrıntılı bir şekilde öğrenebilirsiniz. Üstelik Türkçe dil desteği de mevcut.

<https://giza.mused.org>

## Seyahat İçin Ev Takası

Şehirlerarası geziye çıkmak birçoğumuz için ancak yılda bir defa yapılabilecek bir etkinlik. Seyahat için daha fazla zaman bulabilsek bile bütçemiz buna imkân vermiyor. Justine Palefsky ve Tasneem Amina adlı iki Amerikalı kadın bu konuda güzel bir model geliştirdi. Seyahat ederken kendi evleri boş durmasına rağmen otellere yüklü bir ücret ödemekten sıkılan girişimciler, seyahat edenlerin ev değiştirmesine olanak tanıyan Kindred adında bir uygulama geliştirdi. Sisteme katılmak isteyen kullanıcılar evlerinin video ve fotoğraflarıyla birlikte sisteme kaydoluyor. Onaylanan kullanıcılar yıllık 300 dolarlık üyelik ücretiyle sistemi kullanmaya başlıyor. Bu ücrete eve gelip kaliteli fotoğraflar çeken fotoğrafçı masrafı da dâhil. Üyeler, evlerinde kendileri gibi bir üyeyi ağırladıkları her bir gece için uygulamadaki herhangi bir evde bir gece kalma hakkı kazanıyor. Kindred kredi sisteminde tüm evler eşit değerlendiriliyor. İster Manhattan'da bir stüdyo daire isterse Seattle'da üç banyolu bir ev olsun tüm evlerin bir geceliği bir krediye mal oluyor. Üyeler de genellikle kendi evlerinin ne kadar güzel olduğuyla sizin evinizin ne kadar güzel olduğunu karşılaştırmıyor. Temelde odaklandıkları nokta, söz konusu konumda alternatif konaklama çeşitlerinin ve fiyatlarının ne olacağı oluyor. Ayrıca evden çıkarken temizlik ücreti olarak cüzi bir ücret ödeniyor. Kindred, yeni üyelerine misafir çarşafları, havluları, banyo malzemeleri ve kilitli bir kutu içeren



bir karşılama seti gönderiyor. Ayrıca konuklar için evi hazırlamaya ve onlar ayrıldıktan sonra temizlemeye yardımcı olabilecek tecrübeli kişilerle birlikte çalışıyor. İnceleme süreci ve güven oluşturma kültürü, evinizi kiralamanın birçok riskini ortadan kaldırırsa da Kindred, üyelere 100.000 dolarlık bir ev sahibi koruma sigortası da sağlıyor. Şimdilik sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) kullanılan sistem gelecek yıl Avrupa'ya açılacak. Kindred Airbnb'ye çok benzer bir model olsa da yeni bir konaklama kültürünün yaygınlaşmasına önayak olabilecek gibi görünüyor.

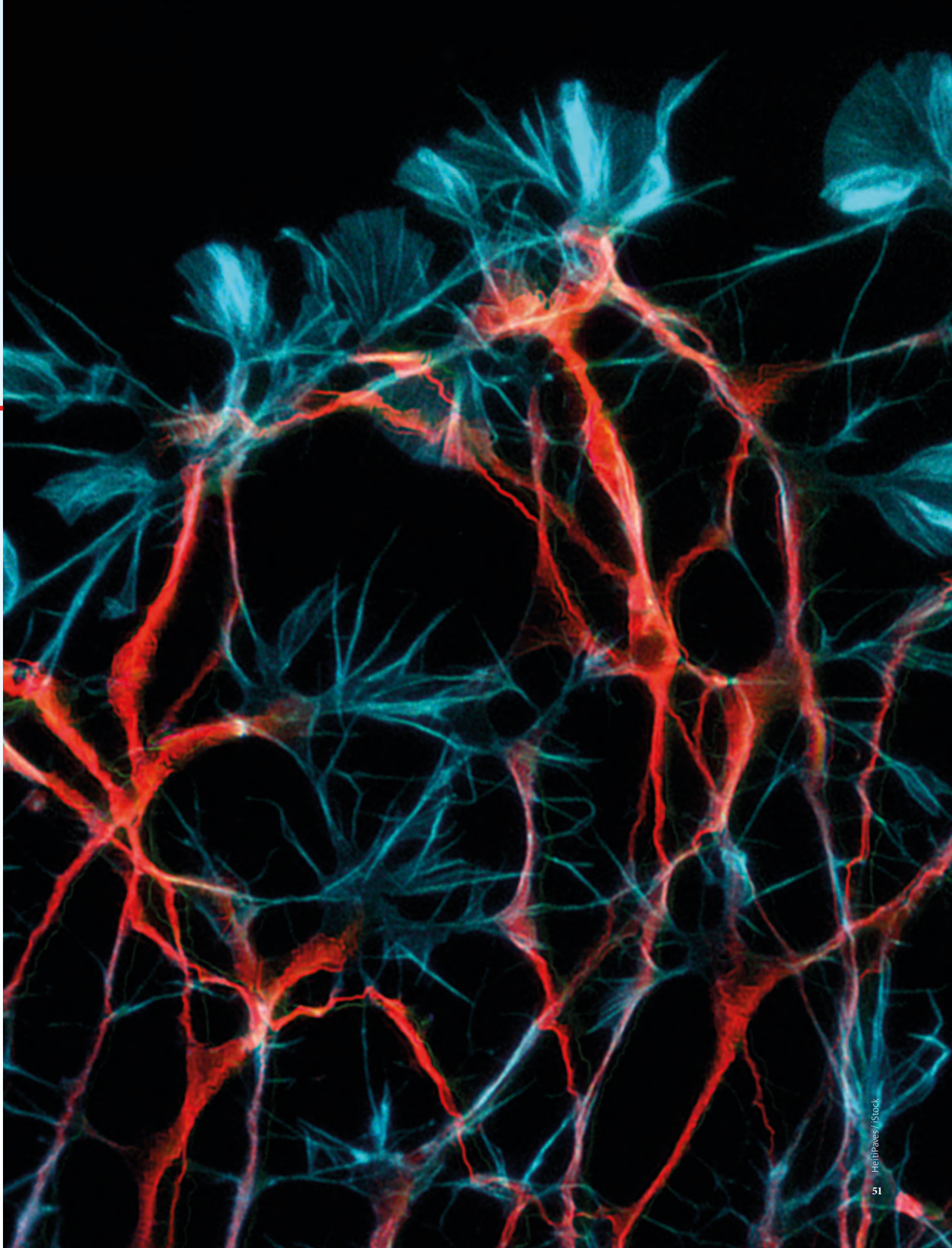
<https://livekindred.com>

# Derin Beyin Görüntülemesinde Yeni Bir Dönem

# Mikroskoplardan Miniskoplara

Dr. Tuncay Baydemir [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Bilim insanları geliştirdikleri mikroskoplar ve görüntüleme teknolojileriyle hem çeşitli organ, doku ve hücreleri derinlemesine incelemeyi hem de hücresel bileşenlerin yapılarını, işlevlerini ve işlev bozukluklarını daha iyi anlamayı hedefliyor. Daha önceki dönemlerde bu tür çalışmalar yapmak için doku örneklerinin alınması ve mikroskopla incelenmek üzere hazırlanması gerekiyordu. Günümüzde ise yeni nesil mikroskoplar sayesinde hareketli canlılar üzerinde bile gerçek zamanlı ve yüksek çözünürlüklü üç boyutlu görüntülemeler uzun süreler boyunca yapılabiliyor.



**G**eleneksel optik mikroskopi teknikleri yüksek çözünürlüklü görüntülemeyi sadece doku yüzeyinin yakınlarında gerçekleştirebiliyor. Son yirmi yılda geliştirilen yeni optik mikroskopi teknikleri ise doğrusal olmayan ışık-madde etkileşimlerini kullanıyor. Bu teknikler sayesinde, dokulara zarar vermeden yüksek çözünürlüklü görüntüleme gerçekleştirilebiliyor. Böylece lenfatik organlar, böbrek, kalp, deri ve beyin örnekleri daha derinlemesine ve hasar görmeyecek şekilde incelenebiliyor.

Çoklu foton uyarma tekniklerinden olan iki-foton floresan mikroskobu, canlı dokuların derin görüntülenmesini sağlayan başarılı bir görüntüleme tekniği. İki-foton floresan mikroskobu, biyolojik örneklerin canlı içinde üç boyutlu olarak görüntülenmesine imkân tanıyor. Konfokal (eşodaklı) mikroskop ile kıyaslandığında ise daha derin bölgelerden görüntüleme sağlayabiliyor.

1990 yılında W. Denk, J. H. Strickler ve W.W. Webb tarafından iki-foton floresan mikroskobunun icadı, hücre ve dokuların üç boyutlu görüntülenmesinde çığır açıcı nitelikteydi. Bu icadın temelleri ise yaklaşık olarak bulunuşundan altmış yıl öncesine dayanıyor. Öyle ki iki-foton uyarımının teorik temelleri Maria Goeppert Mayer tarafından 1931 yılında

yazdığı doktora teziyle atılmıştı. Bu fotofiziksel etkinin deneysel olarak gösterilmesi ise tezin yayınlanmasından yaklaşık otuz yıl sonra Wolfgang Kaiser ve C.G.B. Garrett tarafından gerçekleştirildi.

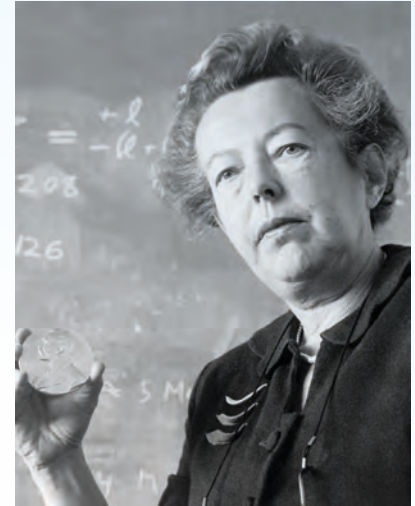
## Floresan Mikroskobisinin Temelleri

Floresan mikroskobisi genel olarak şu basit prensibe dayanıyor. Moleküller enerjisi soğurduklarında elektronik olarak uyarılır ve yeniden kararlı hâle dönerken soğurdukları enerjisi ışıma yoluyla serbest bırakır. Çoğu mikroskopta bu işlemi gerçekleştirmek amacıyla tek bir foton kullanılıyor. Ancak kalın dokuların incelenmesinde bu yeterli olmayabiliyor. Çünkü ışık hücresel katmanlardan geçerken soğuruluyor ve saçılıyor. İki-foton mikroskoplarda ise dokuya daha derin nüfuz edebilen daha uzun dalga boyuna sahip fotonlar kullanılarak bu sorunun üstesinden geliniyor. Ancak iki-fotonlu sistemlerin büyük olmasının yanında özel ışık kaynakları ve lensler gerektirmesi gibi dezavantajları bulunuyor. Bu nedenle araştırmacılar bu teknolojiyi geliştirmek amacıyla uzun süredir araştırmalar yapıyor.

İki-foton uyarımı bir floresan sürecidir, bu süreçte bir florofor (belirli bir dalga boyundaki ışığı

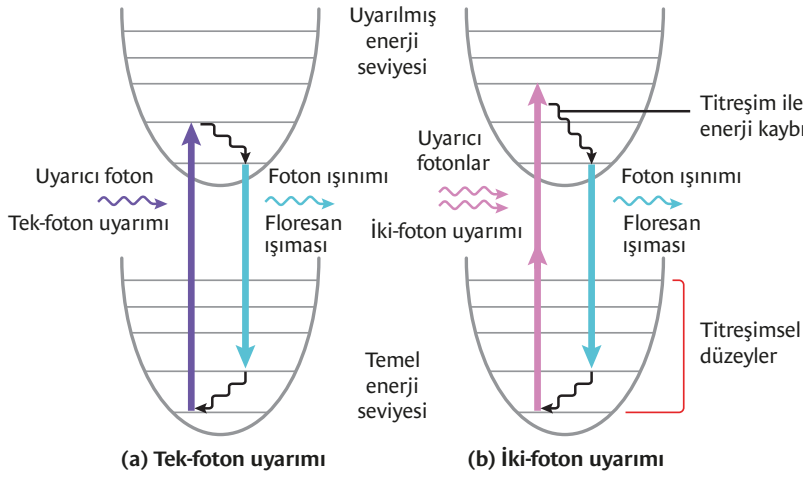
emen ve kısa bir gecikmeden sonra daha uzun bir dalga boyunda ışık yayan molekül) iki fotonu aynı anda soğurarak uyarılır. Tek fotonla gerçekleşen floresan sürecinde ise bir florofor temel enerji düzeyinden tek bir fotonla uyarılmış hâle geçirilir. Bu işlemde tipik olarak ultraviyole veya mavi/yeşil spektral aralıktaki fotonlar kullanılır. Aynı uyarma işlemi kızılötesi spektral aralıktaki daha az enerjili iki fotonun eşzamanlı soğurulması ile de gerçekleştirilebilir.

Tek-foton uyarılmasına göre dolaylı sayılan bu süreçte kullanılan iki fotonun enerjileri toplamı, molekülün uyarılmış ve temel enerji düzeyleri arasındaki enerji farkından büyük olmalı. Yani bu süreç bir florofor molekülü tarafından iki fotonun eşzamanlı



Bettmann/Getty Images

Maria Goeppert Mayer (1906-1972) Alman-Amerikalı teorik fizikçi. 1963 Nobel Fizik Ödülü'nü kazanan Mayer, Marie Curie'den sonra bu ödülü kazanmayı başaran ilk kadındır. Doktora çalışmasını atomlar tarafından iki-foton soğurma teorisi üzerine yazmıştır.

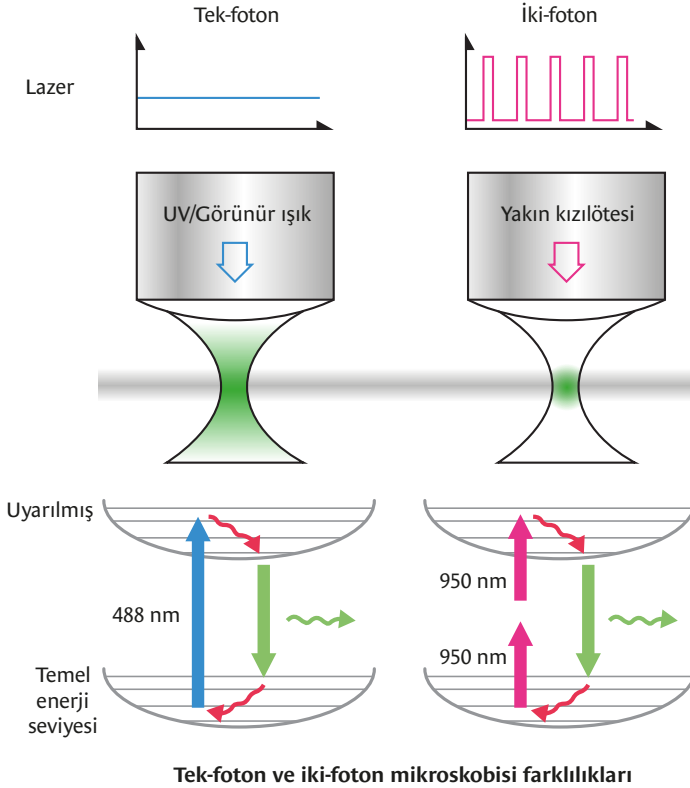


(a) Tek-foton uyarımı

(b) İki-foton uyarımı

İsmi floresan spektroskopisinin öncüsü olarak bilinen Polonyalı fizikçi Aleksander Jablonski'den (1898-1980) alan ve ışığın soğurulması ile emisyonu arasındaki süreçleri gösteren Jablonski diagramları

Tek-foton uyarımı tek bir fotonun soğurulması, iki-foton uyarımı ise iki düşük enerjili fotonun soğurulması ile gerçekleşir. Her iki durumda da uyarılan floroforun daha düşük enerji seviyesine dönerken gösterdiği floresan ışınım süreci hemen hemen aynıdır.



Tek-foton ve iki-foton mikroskopisi farklılıkları

Tek-foton mikroskopunda sürekli dalga lazerinden gelen UV/görünür dalga boylarında ışık kullanılırken iki-foton mikroskopunda yakın kızılötesi (NIR) dalga boylarında femtosaniye atım periyotlu lazer kullanılır.

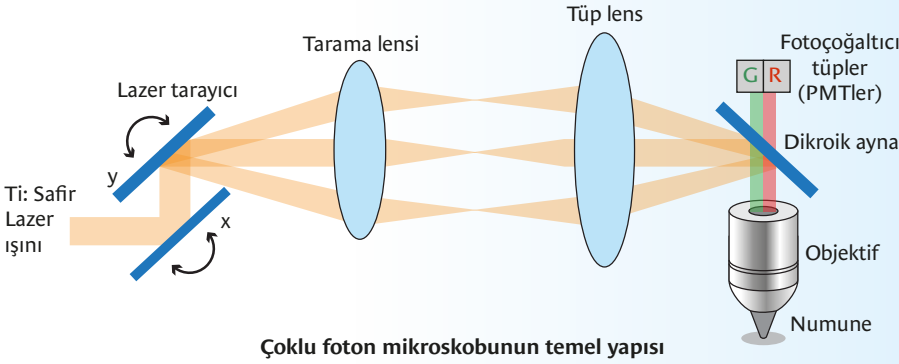
Tek fotonlu (konfokal) mikroskopta floresan ışığı koninin tamamında üretilirken iki fotonlu ise floresan ışınım yalnızca odak noktasının yakınında gerçekleşir. Böylece odak noktasından uzakta neredeyse hiç uyarılma olmadığı için odak düzleminin üstünde ve altında net bir görüntüleme sağlanır.

olarak soğurulmasına bağlı. Yeterince yoğun uygulamalarda ise üç veya daha fazla fotonun yer aldığı moleküler uyarımlar da gerçekleştirilebiliyor.

İki foton uyarımı, Maria Goeppert Mayer tarafından doktora tezinde teorik olarak ortaya konduğunda lazer henüz icat edilmemişti. Bu nedenle iki-foton uyarımının deneysel olarak gözlenmesi lazerin keşfinden hemen sonraki dönemde yani yaklaşık otuz yıl sonra gerçekleşti. Bu süreçte önemli ölçüde teorik ve deneysel bilgi birikimi elde edildi.

Foton enerjisi dalga boyuyla ters orantılı olduğundan, tek fotonlu uyarıma ile aynı işlevi sergilemesi beklenen iki fotonun dalga boylarının yaklaşık olarak iki katına çıkması gerekiyor. Örnek vermek gerekirse tek-foton sisteminde 350 nm dalga boylundaki morötesi foton ile uyarılan bir floroforu uyarım için 700 nm dalga boyuna sahip iki yakın kızılötesi foton gerekiyor.

Floroforlar uygun bir ışık kaynağı ile aydınlatıldığında, elektronlar emilen ışık tarafından uyarılıyor. Daha sonra, yüksek enerji seviyelerine uyarılmış bu elektronlar temel enerji seviyesine geri döndüğünde ise enerji foton olarak salınıyor ve böylece floresan ışınım gerçekleşiyor. Bu süreç tek fotonla gerçekleşirse doğrusal, birden fazla fotonun enerjisinin soğurulması ile



Çoklu foton mikroskobunun temel yapısı

Ultra hızlı atımlı yakın kızılötesi lazer ışını bir çift tarama aynasına (X/Y aynaları) gönderilir ve galvanometrik elemanlara uygulanan voltaja bağlı olacak şekilde lazer ışını iki boyutta yönlendirilir. Işın daha sonra tarama ve tüp merceklerden geçer ve bu lens kombinasyonu ışın odağının boyutunu ve görülebilir alanı belirler. Ardından lazer ışını yakın kızılötesini yansıtan ancak görünür aralıktaki ışığı geçiren dikroik bir ayna (bazı renkleri geçirip bazılarını yansıtmaya özelliği taşıyan yarı geçirgen özel bir ayna) tarafından hedefe yönlendirilir. Objektif mercekle kısa lazer atımlarını numunedeki küçük bir noktaya odaklar ve floresan moleküllerin çoklu foton uyarımı bu sayede gerçekleştirilir. Yayılan fotonlar iki kanala (kırmızı ve yeşil) bölünmeden önce dikroik aynadan geçer ve iki özel fotoçoğaltıcı tüp (PMT) tarafından toplanır. Bu tüpler elektromanyetik spektrumun ultraviyole, görünür ve yakın kızılötesi aralıklarında çalışan oldukça hassas ışık dedektörleridir. Gelen ışık tarafından üretilen elektrik akımını 100 milyon kata kadar yükseltebilen bu tüpler böylece ışık akısının çok düşük olduğu durumlarda bile fotonların tek tek algılanmasına imkân sağlar.

Lecoq, J., Orlova, N. ve Grewe, B. F., "Wide-Field, Fast-Deep: Recent Advances in Multiphoton Microscopy of In Vivo Neuronal Activity", *The Journal of Neuroscience*, 39(46): 9042-9052, 2019.

geliştirildi ve konfokal mikroskop ile erişilemeyen derinliklerde hücre görüntüleyebilmesiyle büyük önem kazandı. Floresan görüntülemedeki gelişmelerle birlikte çeşitli floroforlar kullanılarak farklı doku ve hücreler başarılı bir şekilde gözlemlendi.

1962'de bir denizanası türünden (*Aequorea victoria*) izole edilen yeşil floresan proteini, moleküler biyoloji çalışmalarında olduğu gibi floresan mikroskobisi çalışmaları için de çok önemli bir gelişmeydi. Biyolojik araştırmalarda hayli yaygın olarak kullanılan ve incelenen belirteçlerden birisi olan yeşil floresan proteini ve benzer farklı proteinler hem hücre hem de protein dinamiklerinin görselleştirilmesinde kullanılıyor. Böylece gen ve hücre araştırmalarında son derece önemli gelişmeler kaydedildi. Günümüzde canlılarda çeşitli floresan proteinler kullanılarak gerçekleştirilen görüntülemeler sayesinde biyolojik olayların dinamikleri hakkında bilgi sahibi olunabiliyor.

Çeşitli canlıların beyin sinir ağları üzerine yapılan çalışmalarda, protein lokalizasyonu ve hücre dinamiklerini daha iyi anlamak için kalın örneklerden üç boyutlu yüksek çözünürlüklü görüntüleme yapmak gerekiyor. Görüntüleme teknolojilerindeki son gelişmeler ile birlikte günümüzde hücre altı dinamik olayları gözlemek artık mümkün.

gerçekleşirse doğrusal olmayan şekilde sınıflandırılıyor. Yüksek foton yoğunluğu femtosaniye (saniyenin katrilyonda biri) darbeleri lazer ile elde ediliyor.

Yakın kızılötesi ışık kullanan iki-foton mikroskobu sadece derin dokulara nüfuz etmekle kalmıyor aynı zamanda daha az fototoksik özellik de gösteriyor. Bu sayede canlı doku çalışmaları için vazgeçilmez bir araç hâline gelen görüntüleme tekniği; sinirbilimi, canlı hayvan patolojisi ve bitki araştırmaları gibi alanlarda yaygın olarak kullanılıyor. Yakın zamanda canlı hücre görüntülemesine ek olarak sabit örneklerin de derin iki-foton görüntülemesi için yeni teknikler geliştirildi.

## Yüz Yılı Aşan Bilgi Birikimi

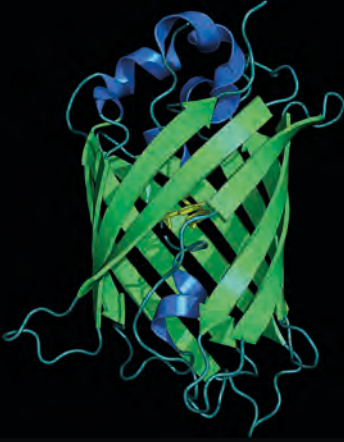
Floresan görüntüleme teknikleri yeni gelişmelerle birlikte her geçen gün daha fazla önem kazanıyor. Floresan terimi ilk olarak 1852'de İngiliz bilim insanı George G. Stokes tarafından florit mineralinin otofloresansını gözlemlediğinde ortaya atıldı. İki-foton uyarımının ilk olarak 1931 yılında Maria Goeppert Mayer tarafından teorik olarak ortaya konmasından uzun bir süre sonra, yani 1961 yılında, W. Kaiser ve C.G.B. Garrett iki-foton uyarımını deneysel olarak ilk defa gözlemlemeyi başardı. İki-foton mikroskobu ise ilk defa günümüzden yaklaşık 30 yıl önce W. Denk ve arkadaşları tarafından

## Çoklu Foton Mikroskopisinin Sinir Bilimi Üzerine Etkisi

1930'ların sonlarına doğru çeşitli araştırmacılar anestezi uygulanmış hayvanlar üzerinde yaptıkları çalışmalarla aynı anda sınırlı sayıda nöronun aktivitesini kaydetmeyi başarmıştı. Canlı üzerinden kaydedilebilen ilk sinirsel veriler olması nedeniyle çok önemli sayılan bu başarılar günümüzde yerlerini çok daha fazlasına bıraktı.

Günümüzde uygulanan yeni görüntüleme yöntemleri ile uyanık durumdaki canlıların bile beyinlerindeki genetik olarak işaretlenmiş nöronları tek tek haftalar ve aylar boyunca görüntülemek mümkün. Modern görüntüleme teknolojilerinin son yıllardaki gelişiminin nöroteknoloji ve sinir bilimi araştırmalarına çok önemli katkıları oldu. Çoklu foton mikroskopisindeki gelişmeler ile canlı beyindeki derin bölge sinirsel aktiviteleri kolaylıkla izlenebilir hâle geldi. Böylece sinir biliminde önemli keşifler gerçekleştirilmeye başlandı. Örneğin, bölgesel sinirsel aktivite modellerinin duyuşal bilgiyi nasıl temsil ettiği ve mikroglia gibi farklı türdeki beyin hücrelerinin rolünün daha iyi anlaşılması bu gelişmeler arasında sayılıyor.

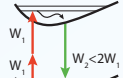
Deniz anası *Aequorea victoria* ve ilk olarak ondan izole edilen yeşil floresan proteinin (YFP) moleküler modeli. Üzerine ultraviyole veya mavi ışık düştüğünde yeşil floresan ışımaya yapan YFP hücre biyolojisi çalışmalarında tanımlayıcı gen ve hücre işaretleyici olarak kullanılıyor.



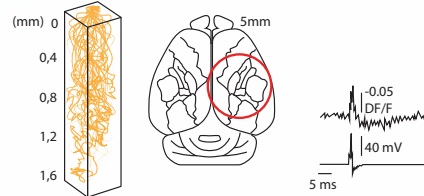
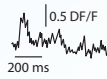
Alex Archontakis / Alamy

MoleculeQuest / Alamy

Uyarılmış enerji seviyesi



Temel enerji seviyesi



Zaman	
Çoklu foton mikroskopisi teorisi, Goppert Mayer <b>1931</b>	Çoklu foton soğurma ilk deney <b>1961</b>
İlk iki-foton mikroskopu <b>1990</b>	Canlıda çoklu foton mikroskopu ile tek nöron görüntüleme <b>1997</b>
İlk minyatür çoklu foton mikroskopu <b>2001</b>	Canlıda çoklu foton mikroskopu ile popülasyon görüntüleme <b>2003</b>
Canlıda rezonans ve yüksek hızlı çoklu foton görüntüleme <b>2008 &amp; 2010</b>	Canlıda çoklu foton mikroskopu ile derin doku görüntüleme <b>2011</b>
Çift bölge ve orta ölçekli çoklu foton mikroskopisi <b>2014 &amp; 2015</b>	İki-foton mikroskopu ile voltaj görüntüleme <b>2018</b>

Çoklu foton mikroskopisindeki önemli gelişmeler



Canlı ve derin görüntüleme sistemleri, organizmalar üzerindeki fizyolojik ve biyolojik çalışmalar için çok önemli bir yere sahip. Çoklu foton mikroskopisi gelişmeleri ile canlı dokuların derin görüntülenmesi başarılı bir şekilde gerçekleştirilebiliyor. 1990'da yapılan ilk iki-foton mikroskopundan bu yana farklı optik tasarımların yanı sıra lens ve lazer teknolojilerindeki gelişmelere de bağlı olarak önemli ilerlemeler kaydedildi. Ancak hâlâ zamansal çözünürlük, büyük ölçekte katmanlı sinir ağı izleme ve uzun süreli uygulanabilirlik gibi çeşitli konularda geliştirmelere ihtiyaç duyuluyor.

## İki-Foton Görüntülemenin Sinir Ağı Analizlerindeki Önemi

Beynin karmaşık işlevsel yapısı ve sinir ağı dinamikleri bilim insanlarının üzerinde çok fazla araştırma yaptıkları konular arasında gösteriliyor. Sinir sisteminin nasıl çalıştığının anlaşılması canlı organizmadaki sinirsel ağ dinamiklerini analiz etme kabiliyetiyle orantılı. Dinamik beyin özellikleri makro ve mikro seviyelerde çeşitli tekniklerle başarılı bir şekilde ortaya konmuş olmasına rağmen araştırmacıların yüzlerce veya binlerce nörondan oluşan ve mikro devreler olarak adlandırılan

ölçekteki bilgi seviyesi yetersiz kalıyor. Bilim insanlarına bu konuda önemli imkânlar sunan iki-fotonlu görüntüleme ile canlı beyninden yüksek çözünürlüklü nöron ağı kayıtları yapılabiliyor. Böylece sinir devrelerinin temel işlevsel ilkelerinin daha iyi anlaşılması bekleniyor.

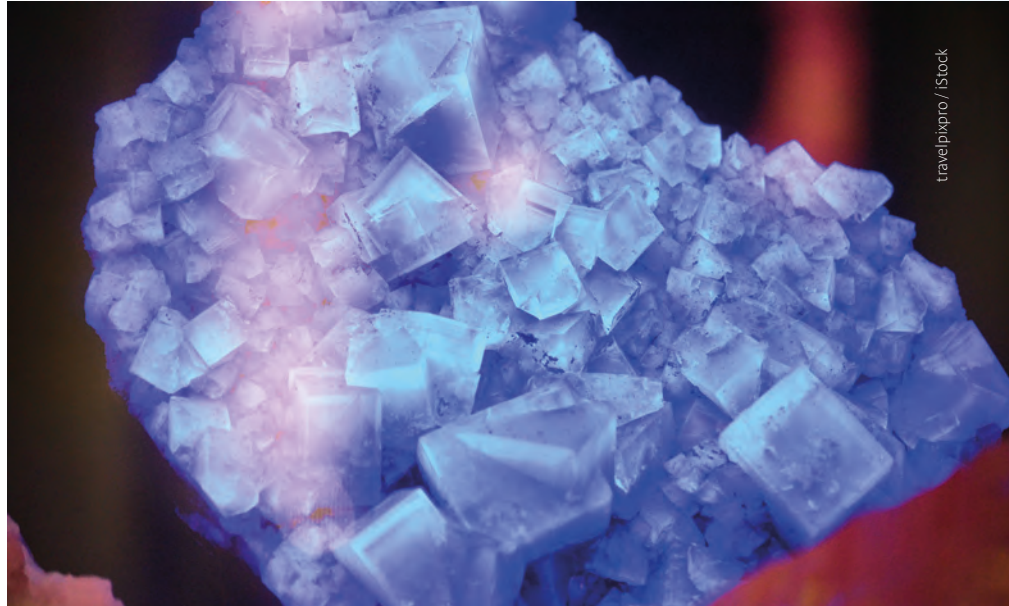
Mikro devre düzeyindeki nöron aktivitelerinin incelenmesi, temel süreçlerin anlaşılması ve davranışlarla ilişkisinin kurulması için çok önemli. Son yıllarda karmaşık sinirsel süreçlerin anlaşılması için fare gibi canlılarda görüntüleme sistemlerini kullanmak adına sinir bilimciler ve mühendisler ortak çalışmalar yürütüyor. Burada karşımıza "miniskop" olarak da adlandırılan küçültülmüş ışık mikroskobu sistemleri çıkıyor. Son yıllarda neredeyse parmak ucu kadar küçük boyutlara indirgenen taşınabilir

floresan mikroskopları ile serbest şekilde hareket eden memelilerin beyin aktiviteleri yakından incelenebiliyor.

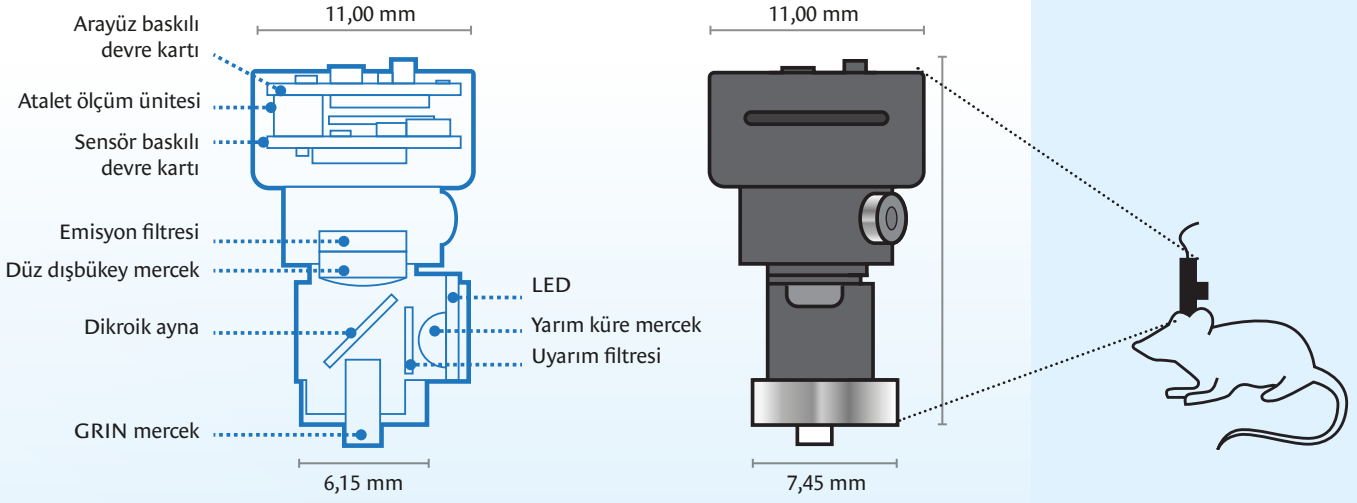
## Bu Mikroskoplar Çok Minik ama Bir O Kadar da Maharetli

Kemirgen davranışlarını araştırmak için bu canlıların baş kısmına takılabilecek, hafif, yüksek hızlı tarama ve görüntüleme kapasitesine sahip, üç boyutlu görüntüleme yapabilen ve tüm bunları yaparken de canlının serbest hareketini kısıtlamayan miniskoplar geliştirilmesi için araştırmacılar son 20 yıldır yoğun şekilde çalışıyor.

Hâlihazırdaki son teknoloji miniskoplar ile aynı nöron



Ultraviyole ışık altındaki fluorit kristalleri



(Solda)-Küçük, hafif ve çok yönlü bir miniskop olan NINScope'un şematik gösterimi  
(Sağda)-NINScope ile farelerde beyincik bölgesi görüntüleme çalışmaları

De Groot, A., Van den Boom, B.J.G. ve ark., "NINScope, a versatile miniscope for multi-region circuit investigations", *eLife*, 9:e49987, 2020.

kümesinin aktivitesi bir aydan daha uzun süreler boyunca takip edilebiliyor. Bu sayede öğrenme ve hafıza gibi uzun dönemli nörolojik süreçler ve hayvan davranış kontrol mekanizmaları hakkındaki soruların yanıtları bulunmaya çalışılıyor. Yeni gelişmelerle birlikte eski hantal ve ağır miniskoplar daha hafif ve taşınabilir versiyonlara dönüşürken, kablolu veri toplama ve sensör sistemleri gibi çevre birimleri de yerlerini kablosuz olanlara bırakıyor. Böylece serbest şekilde hareket eden birden fazla küçük canlı (örneğin farelerin) aynı anda uzun süreler boyunca nörolojik olarak görüntülenmesi mümkün olabiliyor.

İlk iki-foton miniskobunu 2001 yılında icat eden Alman bilim insanı Fritjof Helmchen, miniskopların gelişiminde öncü bir rol oynadı. Bir farenin kafasına takılabilen bu miniskop yaklaşık

25 gram ağırlığındaydı. Bundan sekiz yıl sonra serbest hareket eden canlılarda görüntüleme yapabilen 5,5 gram ağırlığında yeni bir miniskop geliştirildi. Cihaz aynı anda 20 nöronu izleyebilmesine rağmen fazla karmaşık bir sisteme sahip olması yüzünden beklenen ilgiyi görmedi.

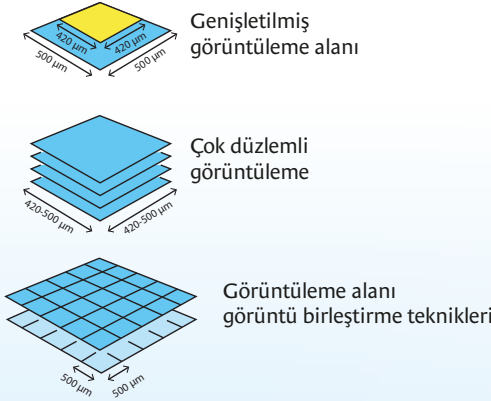
Hareketi kısıtlanmamış canlılardaki nöral sinyalleri izlemek için kullanılan önemli araçlar olan minyatür floresan mikroskopların bir kısmının açık kaynaklı olarak paylaşılması onları daha uygun maliyetli hâle getiriyor. Geliştirilen miniskopların büyük bir çoğunluğunun donanım ve yazılım bilgileri çoğu zaman açık kaynaklı olarak diğer araştırmacıların kullanımına sunuluyor. Örneğin bundan yaklaşık 10 yıl önce University of California, Los Angeles'da (UCLA) geliştirilen ve açık kaynaklı olarak

paylaşılan tek-foton miniskobu, yaklaşık 500 araştırma laboratuvarı tarafından araştırmalarda kullanılıyor.

Tek-foton miniskoplarının yeterli olmadığı durumlar için iki-fotonlu sistemler üzerine çalışmalar yapıldı. 2017 yılında Weijian Zong ve arkadaşları geliştirilen hızlı ve yüksek çözünürlüklü ilk miniskop sürümü oldukça başarılı bulunmasına rağmen geliştirilmesi gereken yönleri de bulunuyordu. Araştırmacılar miniskobun yeni versiyonlarında görüntüleme alanını artırmak, cihaz ağırlığını azaltmak ve aynı bölgedeki sinirsel aktiviteyi daha uzun süreler boyunca kaydetmek gibi çeşitli iyileştirmeleri gerçekleştirmeyi hedeflediler.

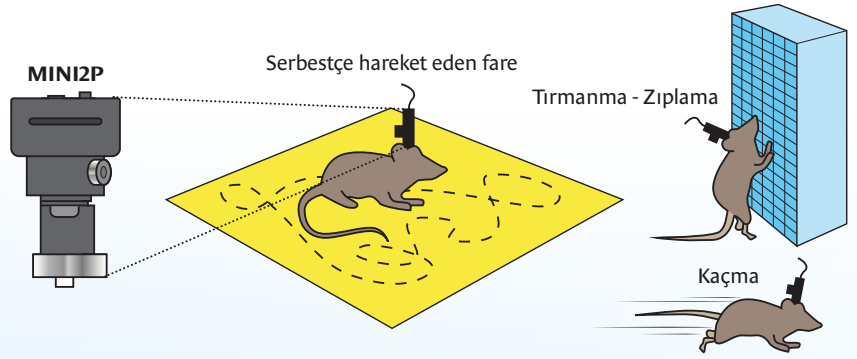
Son yıllarda yapılan önemli çalışmalardan birinde Hollanda Sinirbilim Enstitüsünden (NIN: Netherlands Institute for

### Minyatür iki-foton mikroskobisi



Serbestçe hareket eden farelerde görüntüleme yapabilmek için geliştirilen iki-foton miniskobu olan MINI2P, aynı anda birden fazla düzlemdeki binden fazla hücrenin görüntülenmesine olanak sağlıyor.

### Serbest hareket kabiliyeti



Zong, W. ve ark., "Large-scale two-photon calcium imaging in freely moving mice", *Cell*, 185, 1240-1256, 2022.

Neuroscience) Andres de Groot ve arkadaşları tarafından oldukça hafif (1,6 g) bir miniskop geliştirildi. NINscope denilen bu miniskop ile farelerde ilk defa beyincik ve beyin zarı bölgelerinden eşzamanlı olarak hücrenel çözünürlükte görüntüleme gerçekleştirildi. Böylece çoklu bölge sinürel aktivitelerini daha yakından incelemek mümkün hâle geldi.

En güncel miniskop çalışmalarından birisi de Norveç Bilim ve Teknoloji Üniversitesindeki Kavli Enstitüsü Sinirbilim Sistemleri Bölümünde ve Nöral Hesaplama Merkezinde araştırmacı olan optik mühendisi Weijian Zong ve arkadaşları tarafından yapıldı. Çalışmada serbest hareket edebilen farelerde anlık olarak 1.000'den fazla nöronun hızlı, yüksek çözünürlüklü ve çok düzlemlı görüntülenmesi için MINI2P adı verilen iki-fotonlu mikroskop geliştirildi. Geliştirilen miniskop 2,4 gram ağırlığa sahip olup son derece esnek bağlantı kabloları içeriyordu. Böylece canlı hayvan koşarken,

tırmanırken ya da sıçarken kendisini hareket bakımından engellemeden ona ait binlerce nöronunun aktivitesi başarıyla izlendi ve beyninin görme, hafıza ve navigasyon merkezleri görüntüledi.

Genişletilmiş görüş alanı, artırılmış tarama aralığı ve hızının yanında mikro ayarlanabilir lense de sahip bir optik sistem tasarımı olan MINI2P, üç boyutlu fonksiyonel görüntüleme yapabiliyor; ayrıca birden fazla düzlemi de hızlı bir şekilde görüntüleyebiliyor. Araştırmacılar birden fazla bitişik görüş alanı arasında gerçekleştirilen görüntülemeler sayesinde aynı canlıda 10.000'den fazla nöronun kayıt yapmayı başardı.

Büyük boydaki muadillerine çözünürlük olarak büyük ölçüde yaklaşan MINI2P'nin yapımı için açık kaynaklı dokümanlar da ücretsiz olarak paylaşılıyor. Bununla birlikte yakın bir zamanda Kavli Enstitüsü ev sahipliğinde gerçekleştirilmesi

planlanan çalıştay ile araştırmacılar oldukça düşük maliyetlerle kendi iki-fotonlu miniskoplarını üretme fırsatı da bulacak.

Pek çok araştırmacı da daha üstün özelliklere sahip iki-foton miniskopları geliştirmeye çalışıyor. Öyle ki Kavli Enstitüsünden araştırmacıların MINI2P'yi bildirmesinden kısa bir süre sonra UCLA nöroloji profesörü Peyman Golshani ve araştırma ekibine iki-foton miniskopu geliştirmeleri için önemli miktarda fon ayrıldı. Geliştirilmesi planlanan miniskobun daha geniş bir görüntüleme alanına sahip olması, birden fazla beyin katmanını eş zamanlı görüntüleyebilmesi ve farelerle daha büyük canlılarda kolaylıkla kullanılabilmesi bekleniyor.

Optik, malzeme, veri toplama/işleme ve görüntüleme teknolojilerdeki gelişmeler ile birlikte miniskopların da kabiliyetleri sürekli artıyor. Özellikle sinir bilim,

araştırmalarında önemli keşiflere yol açması beklenen yeni nesil iki-fotonlu miniskoplar giderek daha fazla kullanılıyor. Her ne kadar iki-foton görüntülemenin temelleri yaklaşık yüz yıl öncesine dayansa da yeni nesil miniskopların döneminin daha uzun süreler boyunca devam etmesi bekleniyor.

## Sonuç

İki-foton mikroskobisi, icadından sonra molekül incelenmesinden doku görüntülemesine kadar pek çok farklı alanda uygulama buldu. Biyolojik sistemleri canlı üzerinde çalışmanın önemi göz önüne alındığında, iki-foton görüntüleme teknolojilerindeki gelişmelerin akademik, klinik ve endüstriyel kullanımının daha da artacağı söylenebilir.

İki-foton mikroskobisi ile kalın örneklerdeki sıkı dokuların dinamik görüntülenmesi başarılı bir şekilde

gerçekleştirilebiliyor. Yeterli foton yoğunluğunu sağlamak üzere lazer kullanılarak gerçekleştirilen iki-foton uyarımı sayesinde fototoksosite engelleniyor. Çünkü fotonların verebileceği hasar sadece odak hacmiyle sınırlı kalıyor.

Konfokal mikroskoba kıyasla daha düşük çözünürlükte görüntüler elde edilse de kalın numunelerin derin görüntülenmesinin sağlanması, odak dışı soğurmanın olmaması ve uyarıcı ışığın saçılımının az olması iki-foton görüntülemenin önemli artıları arasında sayılabilir. Diğer yandan, nüfuz edilen derinliğin optimizasyonu için saçılan floresan fotonlarının verimli bir şekilde toplanması gerekiyor. Gelecekte lazerler, dedektör ve görüntüleme teknolojilerindeki ilerlemelere bağlı olarak iki-foton mikroskobunun uygulama alanı yelpazesinin daha da genişlemesi bekleniyor.

Son yıllarda parmak ucu kadar boyutlara küçültülen son teknoloji iki-foton miniskoplarının görüntüleme kapasiteleri, görece oldukça büyük iki-foton mikroskopları ile yarışır hâle geldi. Fare gibi canlıların kafasına kolaylıkla takılabilen bu mini cihazlar ile serbest şekilde hareket eden canlılarda uzun süreli yüksek çözünürlüklü nörolojik araştırmalar başarılı bir şekilde gerçekleştiriliyor.

Sonuç olarak teknolojik gelişmeler ve maliyet düşüşlerine bağlı olarak günden güne daha da popülerleşen çoklu foton görüntüleme teknikleri sayesinde daha önce mümkün olmayan araştırmaların yapılması ve dinamik verilerin toplanması mümkün hâle geliyor. Tüm bu gelişmeler ışığında heyecan verici pek çok keşif bilim insanları tarafından gerçekleştirilmeyi bekliyor. ■

## Kaynaklar

- So, P.T.C., Dong, C.Y. ve ark., “Two-Photon Excitation Fluorescence Microscopy”, *Annu. Rev. Biomed. Eng.*, 02:399-429, 2000.
- Benninger, R.K., Piston, D.W., “Two-Photon Excitation Microscopy for the Study of Living Cells and Tissues”, *Current Protocols in Cell Biology*, 59:4.11.1-4.11.24, 2013.
- Lütcke, H. ve Helmchen, F., “Two-photon imaging and analysis of neural network dynamics”, *Report on Progress in Physics*, 74, 086602, 2011.
- Barbera, G., Liang, B. ve ark., “A wireless miniScope for deep brain imaging in freely moving mice”, *Journal of Neuroscience Methods*, 323, 56-60, 2019.
- De Groot, A., Van den Boom, B.J.G. ve ark., “NINscope, a versatile miniscope for multi-region circuit investigations”, *eLife*, 9:e49987, 2020.
- Zong, W., Obenhaus, H.A. ve ark., “Large-scale two-photon calcium imaging in freely moving mice”, *Cell*, 185, 1240-1256, 2022.
- Landhuis, E., “Honey, I Shrunk The Microscope”, *Nature*, 610, 2022.
- So, P.T.C., “Two-photon Fluorescence Light Microscopy”, *Encyclopedia of Life Sciences*, 2002.
- Lecoq, J., Orlova, N. ve Grewe, B.F., “Wide. Fast. Deep: Recent Advances in Multiphoton Microscopy of In Vivo Neuronal Activity”, *The Journal of Neuroscience*, 39(46): 9042-9052, 2019.
- Mizuta, Y., “Advances in Two-Photon Imaging in Plants”, *Plant and Cell Physiology*, 62(8): 1224-1230, 2021.
- Helmchen, F., Denk, W., “Deep tissue two-photon microscopy”, *Nature Methods*, 2, 12, 2005.
- Cahalan, M.D., Parker, I., Wei, S.H., Miller, M.J., “Two-Photon Tissue Imaging: Seeing the Immune System in a Fresh Light”, *Nature Reviews, Immunology*, 2, 872-880, 2002.
- Kaiser, W., Garrettt, C.G.B., “Two-Photon Excitation in CaF<sub>2</sub>:Eu<sup>2+</sup>”, *Physical Review Letters*, 7(6), 229-231, 1961.
- Denk, W., Strickler, J.H., Webb, W.W., “Two-Photon Laser Scanning Fluorescence Microscopy”, *Science*, 248, 4951, 73-76, 1990.
- <https://www.microscopyu.com/techniques/multi-photon/multiphoton-microscopy>

# Merak Ettikleriniz

Mesut Erol [ merak.ettikleriniz@tubitak.gov.tr

## Sebzeleri Pişirmek Besin Değerlerini Nasıl Etkiler?

Vücudumuzun kendi başına üretilmediği temel (esansiyel) vitaminleri ve mineralleri içermesi nedeniyle sebzeler beslenmemizin önemli bir parçasını oluşturur. Örneğin, suda çözünen vitaminler; doku onarımına ve sindirim süreçlerine yardımcı olan, dahası kalp ve damar hastalıkları riskini azaltan antioksidan özelliklere sahip. Yağda çözünen vitaminlerse göz, karaciğer ve bağışıklık sistemi sağlığı için oldukça önemli. Sebzeler ayrıca kas, sinir sistemi ve kemikler için gereken magnezyum ile dokularımıza oksijen taşıyan hemoglobin proteininin yapısına katılan demir gibi vücuttaki önemli süreçlerde görev alan birçok minerali içerir. Ancak onları tüketme biçimimiz, vücudumuza sağlayacakları katkıların düzeyini belirlemede rol oynayabiliyor.

Sebzeleri pişirirken, bu bitkilere aktardığımız ısı enerjisi hücre duvarlarını yıkarak vitamin ile minerallerin serbest kalmasını sağlar ve vücutta kolay emilmeleri için zemin hazırlar. Öte yandan sebzeler suda pişirildiğinde, suda çözünen lifleri ile bazı vitaminleri suya geçer. Dolayısıyla suda pişirme işlemi sebzelerin bünyesinde barındırdığı besin değerlerinin bir bölümünü kaybetmesine yol açarken besleyici bir pişirme suyu elde edilmesini de sağlar.

Yapılan bir araştırma, brokolinin haşlandığında yaklaşık %35, buharda pişirildiğinde yaklaşık %20 ve

mikrodalga ya da basınçlı pişirme yöntemlerinde %10 oranında C vitamini kaybettiğini gösteriyor. Ancak bütünsel biçimde bakıldığında, suda pişirmeyle kaybedilen besin değerlerinin neredeyse tamamını, sebze pişirme suyuyla birlikte tükettiğimizde alabildiğimizi söyleyebiliriz. Bununla birlikte, pişirmede daha az su kullanmak ve suyla temas eden yüzey alanını azaltmak için sebzeleri daha büyük parçalara bölmek gibi yöntemlerle suya aktarılan besleyici bileşenlerin miktarı azaltılabilir.

Yüksek sıcaklık ve kullanılan yağlar da sebzeleri pişirirken besin kaybına sebep olabilir. Vitaminler yüksek sıcaklıkta ve uzun pişirme sürelerinde parçalanabilirken, mineraller bu konuda daha dayanıklıdır. Yağda kızartma yöntemi, sebzelerin yağda çözünen vitaminlerinin bir bölümünü kaybetmesine yol açar. Ayrıca kızartma işlemindeki yüksek sıcaklık bazı besin bileşenlerinin yapılarının bozulmasına neden olabilir. Öte yandan yağda kızartma yöntemi ile bazı besin bileşenlerini vücudun daha kolay yararlanabileceği moleküler yapılara dönüştürmek de mümkün.

### Kaynaklar

health.qld.gov.au/news-events/news/how-to-cook-vegetables-nutritional-value  
theconversation.com/nine-vegetables-that-are-healthier-for-you-when-cooked-182723  
scientificamerican.com/article/raw-veggies-are-healthier



## Tükettiğimiz Proteinler Nasıl Kas Dokusuna Dönüşür?

İnsan vücudunun uygun beslenme ve düzenli egzersizlerle kolayca şekillendirilebilen, değişime en uyumlu dokusu çizgili kaslardır. İskelet kası olarak da bilinen bu doku, hücrelerindeki aktin ve miyozin adlı iki protein iplikçığının etkileşimi ile çalışır.

İplikçikler, düzenli kas aktivitesi sırasında tekrarlanan kasılma ve gevşemelerin neden olduğu mekanik stres ile mikroskobik ölçekte hasar görebilir. Kas dokuda, görece daha zayıf yapıdaki iplikçiklerin zarar görmesine mikro yırtılma da denir. Bu olağan yırtılmalar, besinlerle vücutta alınmış ya da vücutta üretilmiş protein iplikçikleri ile doku yenilenmesi aşamalarını tetikler.

Kas dokudaki proteinler de tıpkı diğer hücrelerimizde olduğu gibi çok çeşitli süreçlerin işlemlerinden sorumludur ve yapı taşları olan amino asitlerin uç uca eklenmesiyle üretilir. Bir kısmını vücudumuzda üretebildiğimiz amino asitlerin 20 çeşidi bulunur. Temel (esansiyel) olarak sınıflandırılan 9 amino asit türünü ise insan vücudu üretmez ve ancak besinlerdeki proteinlerle alabilir. Tüketilen proteinler sindirim sistemi faaliyetleri ile amino asitlere parçalanır ve kas doku yenilenmesi gibi süreçler için hazırda tutulur.

Kas iplikçiklerinin hasar görmesi sonucunda hücreler arası iletişimde görev alan sitokin molekülleri dokuya gönderilir. Moleküllerin hasar bildiriminde bulunması,

bir tür kök hücre olan kas uydu hücrelerini de aktif hâle getirir. Ayrıca, mikro yırtıkları onarmak için dokudaki amino asitlerin uç uca dizilerek yeni proteinlerin üretilmesi işlemi de hızlandırılır. Uydu hücreler çoğalarak hasarlı bölgeye akın eder ve yırtıkların onarılmasında rol alır. Bu hücreler, iplikçikleri daha büyük ve daha güçlü hâle getirmek üzere onlarla birleşir.

Kas doku yenilenmesi ve gelişimi, tüm mikro yırtıkları onarmaya yetecek düzeyde amino asidin vücutta hazır bulunmasıyla ve genellikle dinlenme hâlinde gerçekleşir. Vücutta fazladan amino asitlerin bulunması durumunda, yeterli fiziksel aktiviteyle oluşan yeni iplikçik hasarları kasların daha fazla büyümesiyle sonuçlanabilir. Öte yandan, vücutta yeterince amino asit bulunmaması kas onarımını sekteye uğratır ve kas kütlesi kaybıyla sonuçlanabilir.

Bununla birlikte, kas onarımı ve yeni kas kütlesi kazanımı süreçleri, hormon düzeyleri ile genetik faktörler gibi nedenlerle kişiden kişiye farklılık gösterebilir.

### Kaynaklar

[health.harvard.edu/blog/how-much-protein-do-you-need-every-day-201506188096](https://health.harvard.edu/blog/how-much-protein-do-you-need-every-day-201506188096)

[scientificamerican.com/article/do-amino-acids-build-bigger-muscles-unm.edu/~lkravitz/Article%20folder/musclesgrowLK.html](https://scientificamerican.com/article/do-amino-acids-build-bigger-muscles-unm.edu/~lkravitz/Article%20folder/musclesgrowLK.html)

# Üçüncü Yılında Pandemi

Dr. Özlem Ak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

2019 yılının son günlerinde Çinli yetkililer, Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) gizemli bir hastalığın varlığını bildirdi. Kısa bir süre sonra da bu hastalığa daha önce hiç görülmemiş bir koronavirüs türünün neden olduğu anlaşıldı ve 2020 yılı tarihe COVID-19 ile anılacak bir yıl olarak geçti. 2021 yılındaki gelişmeleri de ekleyerek devam ettirdiğimiz zaman çizelgesinde “Umut ediyoruz ki 2023’e girerken benzer bir zaman çizelgesini sizlerle paylaşmak zorunda kalmayız..” temennisinde bulunmuştuk. Ancak 2022 yılında da SARS-CoV-2 yeni varyantları hatta alt varyantlarıyla hayatımızda olmaya devam etti. Diğer yandan 2022 birçok kişi için COVID-19 pandemisinin sona erdiğini düşündükleri bir yıl oldu. Gündem çoğunlukla Omicronun alt varyantları ve uzun COVID’in etkileriydi. Yakın zamanda yapılan bir tahmine göre Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) 18 milyondan fazla insan uzundur COVID-19 hastası. İnsanlar COVID-19 hakkında endişelenmeyi bırakmış olsa da virüs hâlâ aramızda. 2019 yılının son gününde başlayan COVID-19 zaman çizelgesini, pandeminin üçüncü yılında yaşananları ve gelişmeleri ekleyerek devam ettirdik. İşte 2022 yılında COVID-19 cephesindeki gelişmelerle beraber pandeminin 3 yılı...

## 31 Aralık 2019

• Çin, WHO'ya Wuhan'daki nedeni bilinmeyen zatürree vakaları hakkında bilgi verdi. Vakalar ateş, kuru öksürük ve nefes darlığı gibi semptomlar gösteriyordu.

## 2020

### 9 Ocak

• WHO zatürreenin nedeninin yeni bir koronavirüs olduğunu duyurdu.

### 10 Ocak

• Çinli bilim insanları yeni koronavirüsün genom dizisini ilk kez açıkladılar. Genom bilgisi Tüm Grip Verilerini Paylaşma Küresel Veritabanı'na (GISAID) yüklendi.  
• Türkiye'de Sağlık Bakanlığı tarafından Koronavirüs Bilim Kurulu oluşturuldu.

### 13 Ocak

• WHO, Çin dışındaki ilk vakanın Tayland'da görüldüğünü açıkladı.

### 21 Ocak

• ABD ilk doğrulanmış COVID-19 vakasını duyurdu. Bu kişi yakın zaman önce Wuhan'dan Washington'a dönen bir ABD'liydi.

### 23 Ocak

• Wuhan'da, virüsün yayılmasını engellemek için şehre giriş ve çıkışlar yasaklandı.  
• WHO Genel Direktörü, acil durum komitesinin önerisine rağmen salgının uluslararası ölçekte endişe verici bir halk sağlığı durumu olmadığını belirtti.

### 24 Ocak

• Yakın zaman önce Wuhan'a seyahat edip Fransa'ya dönen kişiler arasında görülen üç vaka Avrupa'da kaydedilen ilk vakalar oldu.

### 25 Ocak

• Avustralya, Wuhan'dan gelen bir yolcunun testinin pozitif çıkmasının ardından kıtanın ilk vakasını açıkladı.

### 30 Ocak

• Bilim insanları, semptomlar ortaya çıkmadan önce enfekte bir kişiden virüsün bulaşabildiğini öne sürdü.  
• Dünya çapında 200'den fazla ölü sayısı ve 9800'den fazla vakaya dayanarak WHO halk sağlığı acil durumu ilan etti.

### 3 Şubat

• Türkiye, Çin'den gelen tüm uçuşları durdurduğunu açıkladı.

### 11 Şubat

• Virüse SARS-CoV-2 adı verildi, neden olduğu hastalık da COVID-19 olarak adlandırıldı.

### 14 Şubat

• Mısır, Afrika'da kaydedilen ilk vakayı bildirdi.

### 15 Şubat

• Avrupa'da koronavirüs kaynaklı ilk ölüm Fransa'da gerçekleşti.

### 23 Şubat

• Türkiye ile İran arasındaki kara sınırı kapıladı.

### 26 Şubat

• Brezilya, Güney Amerika'nın ilk vakasını bildirdi.

### 28 Şubat

• WHO, COVID-19 için "yüksek" küresel risk düzeyini, "çok yüksek" küresel risk düzeyi olarak değiştirdi.

### 11 Mart

• Avrupa seyahati sırasında virüse yakalanan bir Türk, Türkiye'nin ilk koronavirüs vakası olarak açıklandı.  
• Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü tarafından Bilim Kurulu'nun hazırladığı COVID-19 Rehberi yayımlandı.  
• Virüs en az 114 ülkeye yayıldı, 4.000'den fazla insanın ölümüne neden oldu ve yaklaşık 120.000 kişiyi enfekte etti.  
• WHO COVID-19'u resmen pandemi olarak ilan etti.



## 13 Mart

• Avrupa, (Çin hariç) dünyanın geri kalanının toplamından daha fazla rapor edilen vaka ve ölümlerle pandemiyi merkez üssü hâline geldi.

## 16 Mart

• ABD’de ve Çin’de COVID-19 aşı güvenlik testleri başladı.

## 17 Mart

• Komplo teorilerinin aksine, bir çalışma virüsün laboratuvarda üretilmediğini veya laboratuvardan yayılmadığını doğruladı. Sonraki araştırmalar yarasanın en olası kaynak olduğunu öne sürdü.  
• Türkiye Sağlık Bakanlığı tarafından ilk SARS-CoV-2 genom dizisi GISAID veri tabanına yüklendi.

## 18 Mart

• Türkiye’de koronavirüs kaynaklı ilk ölüm gerçekleşti ve toplam vaka sayısı 98 oldu.

## 23 Mart

• Türkiye’de televizyon ve internet ortamı aracılığıyla uzaktan eğitim ve öğretime başlandı.  
• Türkiye Sağlık Bakanlığı tarafından paylaşılan ilk SARS-CoV-2 genom dizisi GISAID veri tabanı aracılığıyla açık erişime sunuldu.

## 26 Mart

• TÜBİTAK tarafından COVID-19 Türkiye Web Portalı açıldı.

## 27 Mart

• ABD 100.000’i aşan vaka sayısı ile pandemiyi yeni merkez üssü hâline geldi.

## 28 Mart

• ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), hastanede yatan bazı hastaların tedavisinde kullanılmak üzere bir sıtma ilacı olan hidrosiklorokin için acil kullanım izni verdi.

## 31 Mart

• JAMA Ophthalmology’de yayımlanan bir rapor ile COVID-19’un göz yoluyla bulaşabildiği bulgusu duyuruldu.

## 2 Nisan

• WHO, semptom göstermeyen enfekte kişilerden de virüsün bulaşabildiğini bildirdi.  
• Dünya çapındaki vaka sayısı 1 milyona ulaştı, 53.000’den fazla kişi hayatını kaybetti.  
• COVID-19 Türkiye Platformu “Aşı ve İlaç Geliştirme Sanal Konferansı” yapıldı.

## 3 Nisan

• ABD Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezi (CDC), virüsün havadan yayılabileceğine ve asemptomatik kişilerin bulaşıcı olduğuna dair artan kanıtlar nedeniyle insanların halka açık yerlerde maske takmalarını tavsiye etti.

## 20 Nisan

• T.C. Sağlık Bakanlığı ile T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının liderliğinde Biosys, ASELSAN, Baykar ve Arçelik şirketleri birlikte çalışarak yerli solunum cihazının seri üretimini gerçekleştirdi.

## 1 Mayıs

• Remdesivir isimli ilaç ağır COVID-19 hastalarında kullanılmak üzere acil FDA onayı aldı. Ancak ilacın etkinliği bilim insanlarınca sorgulanmaya devam etti.



## 13 Mayıs

• COVID-19 Türkiye Platformu tarafından “Türkiye’nin Tanı Gücü Sanal Konferansı” yapıldı.

## 14 Mayıs

• ABD, Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH), hidroksiklorokin için klinik bir araştırma yaptığını duyurdu.

## 22 Mayıs

• AstraZeneca ve Oxford Üniversitesi, aşı çalışmalarında Faz II insan denemelerini başlattı.

## 25 Mayıs

• WHO, güvenlikle ilgili endişeleri gerekçe göstererek hidroksiklorokin tedavisine ilişkin bir klinik denemeyi geçici olarak askıya aldı.

## 6 Haziran

• T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu tarafından Beşerî Aşıların Klinik Dışı Değerlendirilmesine İlişkin Kılavuz yayımlandı.

## 8 Haziran

• Türkiye COVID-19 Platformu “Aşı ve İlaç Projeleri Değerlendirme Toplantısı” yapıldı.

## 9 Haziran

• WHO, COVID-19 ‘un kalabalık kapalı alanlarda havadan taşınabileceğini ve virüsün asemptomatik kişiler tarafından yayılabileceğini duyurdu.

## 12 Haziran

• İstanbul Medipol Üniversitesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Mustafa Güzel ve ekibi, COVID-19 tedavisinde kullanılan Favipiravir isimli ilacın yerli sentezini üretmeyi başardı.

## 15 Haziran

• FDA, hidroksiklorokin birden fazla çalışmayla hiçbir yararı olmadığını gösterdikten sonra acil kullanım yetkisini iptal etti.

## 16 Haziran

• Bir steroid olan deksametazon, solunum desteğine ihtiyaç duyacak kadar hasta insanlar arasında COVID-19 ölümlerini azaltan ilk ilaç olarak kabul gördü.

## 25 Haziran

• Çin, nihai güvenlik ve etkinlik testi tamamlanmadan önce ordu tarafından kullanılacak bir aşının onayını aldı.

## 28 Haziran

• Bu tarihe kadar dünya çapında 10 milyondan fazla insan virüse yakalandı ve 500.000’den fazla kişi öldü.

## 3 Temmuz

• Çin’de Sinovac Biotech şirketi, inaktif SARS-CoV-2 formundan yapılan CoronaVac adlı bir aşı için Faz III denemelerini başlattı.

## 10 Temmuz

• Remdesivir’in üreticisi Gilead Sciences, ilacın COVID-19’dan ölüm riskini azalttığını iddia etti.

## 14 Temmuz

• Moderna şirketi tarafından geliştirilen COVID-19 aşısının Faz I denemelerinden elde edilen veriler bağışıklık tepkisi oluşturduğunu gösterdi.

• Doç. Dr. Mustafa Güzel’in liderliğindeki ekip tarafından geliştirilen Favipiravir isimli ilacın yerli sentezi Sağlık Bakanlığından ruhsat aldı.

## 23 Temmuz

• New England Journal of Medicine’da yayınlanan bir araştırma, COVID-19 enfeksiyonu geçirdikten 3 ay sonra antikor seviyelerinin düştüğünü gösterdi.

• Bazı araştırmacılar, SARS-CoV-2 üzerindeki diken proteinlerinin farklı konumlarını hedefleyen çeşitli antikorların bulunduğu bir antikor karışımı tasarladıklarını açıkladı.

## 27 Temmuz

• Moderna, Faz III aşı denemelerine başladı. Aynı gün, Alman şirketi BioNTech, Pfizer ile ortaklaşa olarak Faz II aşı denemelerini başlattı.

## 11 Ağustos

• Rusya, COVID-19'a karşı kullanmak üzere Sputnik V adlı bir aşığı onaylayan ilk ülke oldu.

## 23 Ağustos

• FDA, enfeksiyonu geçiren ve iyileşen kişilerden alınan ve hastanede yatan hastaları tedavi etmek için başvuru konvalesan plazma için acil kullanım izni verdi.

## 24 Ağustos

• JAMA'da yayınlanan bir araştırma, remdesivir verilen katılımcı grubu ile kontrol grubu arasında oksijen takviyesi veya hastanede kalış süresi açısından önemli bir fark olmadığını gösterdi.

## 25 Ağustos

• SARS-CoV-2 ile yeniden enfekte olan bir kişinin açıklanmasından sonra bağışıklığın ne kadar süreceği konusunda endişeler arttı.

## 3 Eylül

• Üç çalışmadan elde edilen sonuçlar, sistemik kortikosteroid kullanımı sayesinde, normal bakım veya plaseboya kıyasla COVID-19 tanısıyla hastaneye yatırılan bireylerde ölüm riskinin üçte bir oranında azaltılabileceğini gösterdi.  
• Sanofi ve GlaxoSmithKline protein bazlı aşılarının klinik denemesini başlattı.

## 4 Eylül

• Rusya'daki araştırmacılar *The Lancet*'de Sputnik V'in bağışıklık tepkisi sağladığını iddia eden bir çalışma yayınladılar. Ancak ülke dışındaki araştırmacılar çalışma verilerinin geçerliliğine şüphe ile yaklaştı.

## 6 Eylül

• Oxford AstraZeneca aşı denemeleri, güvenlik endişeleri nedeniyle askıya alındı.

## 14 Eylül

• Pfizer-BioNTech COVID-19 aşılarının Faz III denemesi için başlangıçta 30.000 olarak düşünülen katılımcı sayısını %50 artırarak 44.000'e çıkaracaklarını duyurdu.

• AstraZeneca Faz III denemesini askıya aldıktan sonra NIH, olumsuz reaksiyonla ilgili bir soruşturma başlattığını duyurdu.

## 21 Eylül

• Johnson & Johnson, tek dozluk aşılarının büyük ölçekli klinik denemesine başladı.

## 23 Eylül

• Houston Methodist Hastanesinde yürütülen bir araştırma, son hasta örneklerinin büyük bir bölümünde daha bulaşıcı bir COVID-19 türü buldu. Virüsün daha fazla hücreye bağlanmasına ve enfekte olmasına izin veren bir mutasyon geçirdiğini duyurdular.

## 28 Eylül

• Dünya çapında COVID-19 kaynaklı can kaybı 1 milyonu geçti.

## 19 Ekim

• Johns Hopkins Üniversitesinden elde edilen veriler, COVID-19 vakalarının dünya çapında 40 milyonu aştığını gösterdi.



## 11 Ekim

• Johnson & Johnson deneme çalışmalarındaki bir katılımcıda ortaya çıkan ve açıklanamayan bir rahatsızlık nedeniyle aşı denemelerini durdurdu.

## 22 Ekim

• Remdesivir, COVID-19'u tedavi etmek için tam FDA onayı alan ilk ilaç oldu.

## 23 Ekim

• AstraZeneca ve Johnson & Johnson, COVID-19 aşı denemelerine yeniden başladıklarını duyurdu.

## 5 Kasım

• Tamamen yerli ve millî olarak Erciyes Üniversitesi Aşı Araştırma ve Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezinde (ERAGEM) COVID-19 'a karşı geliştirilen ve Sağlık Bakanlığı tarafından desteklenen inaktif aşı adayının AR-GE çalışmaları tamamlandı. İnaktif aşı adayının etik kurul izni ve Sağlık Bakanlığından alınan onayların ardından Erciyes Üniversitesi İyi Klinik Uygulama ve Araştırma Merkezinde (İKUM) ilk dozu bir gönüllüye uygulanarak Faz I çalışmalarına başlandı.

## 9 Kasım

• Pfizer-BioNTech, geliştirdikleri aşının %90 etkili olduğunu açıkladı.  
• FDA, Eli Lilly'nin monoklonal antikor tedavisi için acil kullanım izni verdi. Laboratuvarda üretilen antikorlar, yeni enfekte olmuş kişilerde virüs seviyelerini düşürebiliyor ve hastaneye yatışı önleyebiliyor.

## 16 Kasım

• Moderna, geliştirdikleri aşının %95 etkili olduğunu açıkladı.

## 18 Kasım

• Yaklaşık 44.000 kişilik bir denemenin sonuçları, Pfizer-BioNTech tarafından geliştirilen COVID-19 aşısının %95 etkili olduğunu gösterdi.

## 20 Kasım

• Pfizer-BioNTech, aşılarının acil kullanım izni için FDA'ya başvuru yaptı.

## 23 Kasım

• AstraZeneca geliştirdiği aşının iki defa uygulanarak (ilkinde yarım doz, en az bir ay sonra gerçekleştirilen ikincisinde ise tam doz) yaklaşık %90 etkili olabildiğini açıkladı.

## 2 Aralık

• İngiltere Pfizer-BioNTech aşısına acil kullanım için onay verdi.

## 10 Aralık

• Bağımsız danışma komitesi, Pfizer-BioNTech'in COVID-19 aşısına FDA tarafından acil kullanım izni verilmesini önerdi.  
• Tüm dünyada bu tarihe kadarki vaka sayısı 69 milyonu, ölüm sayısı da 1,5 milyonu geçti.

## 11 Aralık

• Sağlık Bakanı Prof. Dr. Fahrettin Koca ülkemizde COVID-19'a karşı 16 ayrı aşı çalışması yürütüldüğünü, yerli aşı adayları içinde inaktif, mRNA, vektör ve "virüse benzer parçacık" aşıları bulunduğunu, üç aşı adayının klinik aşamaya geldiğini, bir aşının da Faz I çalışmasının tamamlanmak üzere olduğunu duyurdu.  
• Pfizer-BioNTech tarafından geliştirilen COVID-19 aşısına FDA acil kullanım onayı verdi.

## 13 Aralık

• Pfizer-BioNTech tarafından geliştirilen COVID-19 aşısına CDC onay verdi.

## 17 Aralık

• Sanayi ve Teknoloji Bakanı Mustafa Varank'ın katılımıyla, TÜBİTAK Başkanı Prof. Dr. Hasan Mandal'ın yönetiminde ve COVID-19 Türkiye Platformu'nun koordinasyonunda düzenlenen "Aşı ve İlaç Geliştirme Sanal Konferansına" katılan bilim insanları araştırmalarındaki aşı ve tedavi odaklı gelişmeleri paylaştılar.  
• Türkiye'nin 50 milyon adet sipariş ettiği Çin menşeli koronavirüs aşısı CoronaVac'ın ilk dozunun 23 Aralık'ta sağlık çalışanlarına uygulanacağı açıklandı.

## 18 Aralık

• FDA'nın danışma kurulu, Moderna'nın geliştirdiği COVID-19 aşısının güvenli olduğunu açıklayarak aşının acil durumda kullanılmasına onay verilmesini tavsiye etti.

## 19 Aralık

• FDA, Moderna'nın geliştirdiği COVID-19 aşısının kullanımını onayladı. Bu aşı, Pfizer-BioNTech aşısından sonra onay alan ikinci aşı oldu.

## 21 Aralık

• WHO, İngiltere'de tanımlanan B.1.1.7 varyantının daha bulaşıcı görüldüğünü ancak muhtemelen aşıları etkilemeyeceğini söyledi.  
• Avrupa Birliği, Pfizer-BioNTech aşısını onayladı.

## 30 Aralık

• İngiltere, AstraZeneca COVID-19 aşısının kullanımına izin verdi.

# 2021

## 1 Ocak

• WHO, gelişmekte olan ülkelerde Pfizer-BioNTech COVID-19 aşısı için acil durum onayı verdi.

## 7 Ocak

• Pfizer-BioNTech aşısının yeni COVID-19 varyantlarındaki mutasyona karşı etkili olduğu bildirildi.

## 14 Ocak

• WHO öncülüğünde uzmanlardan oluşan uluslararası bir ekip, COVID-19'un Wuhan'daki kaynağını araştırmak için Çin'e gitti.

## 16 Ocak

• Ülkemizde bu tarihe kadar 600 binden fazla kişiye Çin'in Sinovac aşısı yapıldı.

## 26 Ocak

• Dünya çapında COVID-19 vakaları 100 milyonu aştı.

## 2 Şubat

• *The Lancet* dergisinde yayımlanan makalede Rusya'nın Sputnik V aşısının %91,6 etkili olduğu bildirildi.

## 4 Şubat

• Türkiye, Güney Afrika ve Brezilya koronavirüs varyantlarının ilk vakalarını bildirdi.  
• Johnson & Johnson, FDA'dan COVID-19 aşısı için acil kullanım izni başvurusu yaptı.  
• AstraZeneca aşısının, ilk olarak İngiltere'de tespit edilen koronavirüs varyantına karşı etkili olduğu bulundu.

## 9 Şubat

• Çin'deki WHO ekibi, koronavirüsün donmuş gıda yoluyla yayıldığı teorisini araştırıyor.

## 10 Şubat

• Yerli inaktif aşı adayının Faz II çalışmaları başladı.

## 25 Şubat

• Pfizer-BioNTech, üç doz aşı uygulamasının bir parçası olarak, COVID-19 için takviye aşı dozunu değerlendirmek üzere bir çalışma başlattı.  
• Pfizer-BioNTech, aşısının normal dondurucu sıcaklıklarında saklanabileceğini duyurdu.



## 27 Şubat

• FDA, Johnson & Johnson tek doz COVID-19 aşısı için acil kullanım yetkisini onayladı.

## 12 Mart

• WHO, Johnson & Johnson'ın acil kullanım için aşısını onayladı.

## 14 Mart

• İrlanda, İzlanda, Danimarka ve Norveç dâhil olmak üzere birçok ülke, kan pıhtılaşması endişeleri nedeniyle AstaZeneca COVID aşu uygulamasını askıya aldı.

## 19 Mart

• Avrupa İlaç Ajansı, AstraZeneca aşısı ile artan kan pıhtılaşması arasında hiçbir bağlantı olmadığını iddia etti.

## 27 Mart

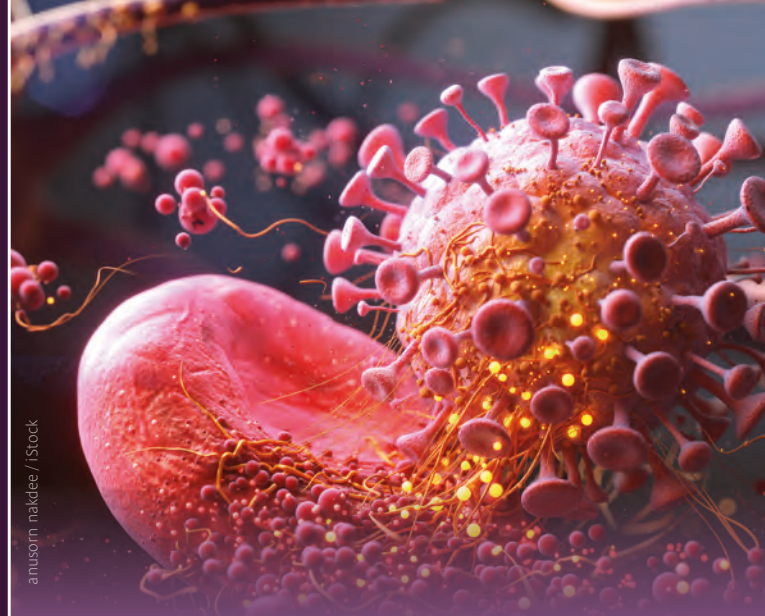
• Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumundan (TITCK) onay alan yerli VLP temelli SARS-CoV-2 aşısının Ankara Onkoloji Hastanesinde Faz I denemelerine başlandı. Böylece yerli aşımız, yenilikçi aşu adayı VLP temelli aşu kategorisinde insan denemelerine geçen dünyadaki dördüncü aşu olmasıyla ve WHO'nun listesine girmesiyle COVID-19 literatüründe yerini aldı.

## 30 Mart

• WHO'nun 120 sayfalık bir raporuna göre, COVID-19'a neden olan SARS-CoV-2 muhtemelen bir hayvan aracılığıyla insanlara bulaştı ve Aralık 2019 ayında fark edilmesinden muhtemelen bir veya iki ay önce insanlar arasında yayılmaya başlamıştı. Rapor, virüsün hayvan bir ara konakçı aracılığıyla yayıldığı ihtimalinin çok yüksek olduğunu söylüyor.

## 31 Mart

• Pfizer-BioNTech, koronavirüs aşısının 12-15 yaş arası gençlerde son derece etkili olduğunu duyurdu.



anuserm nakdee // Stock

## 13 Nisan

• ABD Hastalık Kontrol ve Koruma Merkezi (CDC), kan pıhtısı komplikasyonları nedeniyle Johnson & Johnson COVID-19 aşısının kullanımına ara verilmesini önerdi.

## 19 Nisan

• Dünyada COVID-19 nedeniyle hayatını kaybedenlerin sayısı 3 milyonu aştı.

## 23 Nisan

• FDA ve CDC güvenlik incelemelerinin ardından Johnson & Johnson aşu uygulamasına ara verdi.

## 29 Nisan

• Türkiye'de saat 19.00'dan itibaren uygulanmak üzere 17 Mayıs 05.00'e kadar tam kapanma ilan edildi. Tüm kademelerde eğitime ara verildi ve sınavlar ertelendi. Şehirler arası toplu taşıma araçlarının %50 kapasiteyle çalışacağı duyuruldu. Zincir Marketlerin pazar günü kapalı olacağı açıklandı.

## 30 Nisan

• WHO, Moderna aşısını acil kullanım için onayladı.

## 10 Mayıs

- WHO, Hindistan'da yayılan koronavirüs Delta varyantını küresel "endişe verici varyant" olarak sınıflandırdı.
- ABD FDA, 12-15 yaş arası ergenlerde acil kullanım için Pfizer-BioNTech aşısına onay verdi.

## 5 Haziran

- Çin, Sinovac'ın üç yaşındaki çocuklarda kullanılmasını onaylayarak, bu kadar genç bir yaş grubunda kullanmak üzere bir COVID-19 aşısını onaylayan ilk ülke oldu.

## 18 Haziran

- WHO, Delta varyantının küresel olarak baskın hâle gelebileceğini duyurdu.

## 22 Haziran

- Turkovac ismi verilen yerli inaktif aşının Faz III çalışmaları başladı.

## 26 Haziran

- Yerli VLP temelli SARS-CoV-2 aşısının Faz II çalışmaları başladı.

## 29 Haziran

- Moderna, geliştirdikleri aşının Delta varyantına karşı koruyucu antikolar ürettiğini duyurdu.

## 19 Temmuz

- Pfizer, FDA'ya COVID-19 aşısı için tam onay başvurusunda bulundu.

## 23 Ağustos

- FDA, 16 yaş ve üzeri kişiler için Pfizer-BioNTech COVID-19 aşısına tam onay verdi. Böylece bu aşı, FDA tarafından onaylanan ilk koronavirüs aşısı oldu.

## 1 Ekim

- İlaç şirketi Merck, COVID-19'a karşı geliştirdiği antiviral hap olan Molnupiravir'in yüksek riskli kişilerde hastaneye yatış veya ölüm riskini yaklaşık %50 azalttığını duyurdu.

## 7 Ekim

- Pfizer, 5-11 yaş arası çocuklara COVID-19 aşılı uygulamak için FDA'ya izin başvurusunda bulundu.

## 11 Ekim

- Merck, Molnupiravir antivirale onay almak için FDA'ya başvurdu.

## 22 Ekim

- Pfizer-BioNTech koronavirüs aşısının takviye dozunun %95,6 etkili olduğunu duyurdu.

## 29 Ekim

- FDA, Pfizer-BioNTech COVID-19 aşısının 5-11 yaş grubunda acil kullanımı için onay verdi.

## 3 Kasım

- CDC, Pfizer-BioNTech aşısının 10 mikrogramlık pediatrik dozunun, 5-11 yaş arası çocuklara yapılmasını onayladı.

## 4 Kasım

- İngiltere, dünyada ilk olarak Merck'in COVID-19'a karşı geliştirdiği antiviral ilacın kullanımına şartlı onay verdi. İngiltere bu kararla COVID-19'a karşı geliştirilen bir ilaca onay veren ilk ülke oldu.



## 19 Kasım

• FDA, tüm yetişkinler için Pfizer-BioNTech ve Moderna COVID-19 aşılarının hatırlatma dozu uygulanmasına onay verdi. Aynı gün, CDC de tüm yetişkinler için takviye doz uygulamasını onayladı.

## 24 Kasım

• WHO'ya Omicron varyantı (B.1.1.529) ilk defa rapor edildi.

## 25 Kasım

• Turkovac aşısı için acil kullanım onayı başvurusu yapıldı.

## 26 Kasım

• WHO, Omicron'u endişe verici bir varyant olarak sınıflandırdı.

## 28 Kasım

• Kanada, Kuzey Amerika'daki ilk Omicron vakasını duyurdu.  
• Güney Afrika'daki doktorlar, Omicron hastalarının hafif virüs semptomları gösterdiğini duyurdu.

## 2 Aralık

• Omicron, Güney Afrika'da baskın varyant hâline geldi.

## 6 Aralık

• Sağlık Bilimleri Üniversitesi (SBÜ) İzmir Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesinde TURKOVAC'ın Faz III çalışmaları kapsamında aşı uygulanan 74 gönüllüde, yan etkiye ve aşılamanın ardından yeni tip koronavirüse rastlanmadığı bildirildi.

## 9 Aralık

• FDA, Pfizer-BioTech COVID-19 takviyelerinin uygunluğunu 16 ve 17 yaşındakiler için genişletti.

## 11 Aralık

• Sağlık Bakanı Fahrettin Koca, 1'i İstanbul'da, 5'i İzmir'de olmak üzere bu tarihe kadar toplam 6 Omicron vakası tespit edildiğini söyledi.

## 12 Aralık

• İngiltere'de Omicron vakalarının hızla artması nedeniyle alarm seviyesi 3'ten 4'e yükseltildi.

## 20 Aralık

• CDC, Omicron varyantının Delta varyantından yaklaşık 1,6 kat daha fazla bulaşıcı olduğunu tahmin eden verileri yayınladı.

## 22 Aralık

• Sağlık Bakanı Fahrettin Koca yerli inaktif COVID-19 TURKOVAC aşısının acil kullanım onayı aldığını duyurdu.  
• FDA, Pfizer'in antiviral hâpi Paxlovid'i, test sonucu pozitif çıkan ve hastalığı ağır geçirme riski yüksek olan en az 88 kilo ağırlığındaki 12 yaş ve üzeri çocuklar ve yetişkinler için COVID-19'u tedavi etmek üzere acil kullanım izni verdi. Bu, COVID-19 için ağızdan alınan ve evde kullanılabilen ilk tedavidir.

## 23 Aralık

• FDA, Merck'in antiviral hâpi Molnupiravir'e, test sonucu pozitif çıkan ve hastalığı ağır geçirme riski yüksek olan 18 yaş ve üzeri tüm yetişkinler ve çocuklar için COVID-19'u tedavi etmek üzere acil kullanım izni verdi. Bu, COVID-19 için ağızdan alınan ve evde kullanılabilen ikinci tedavi oldu. Bununla birlikte, tedarik endişelerine rağmen Paxlovid, COVID-19 için tercih edilen oral antiviral tedavi olmaya devam etti.

## 27 Aralık

• CDC, COVID-19'lu kişiler için önerilen izolasyon süresini 5 güne indirdi, ardından asemptomatik veya semptomları düzelen kişilere (24 saat boyunca ateşin olmaması) başkalarının yanında 5 gün maske takmalarını önerdi.  
• CDC, COVID-19'lu birine maruz kalan temaslı kişilerin karantinaya girmelerine gerek olmadan 10 gün boyunca başkalarının yanında maske takmalarını önerdi. Ayrıca enfekte olanlar için 5 günlük karantina süresinin ardından 5 gün daha sıkı bir şekilde maske kullanmaya devam etmelerini tavsiye etti.



# 2022

## 1 Ocak

- Delta ve Omicron suşları yayılımı devam ederken, New York'ta 114.082 yeni doğrulanmış vaka ile pandeminin başlamasından bu yana bir günde en yüksek sayıda yeni COVID-19 vakası kaydedildi.
- İsrail'de ilk kez koronavirüs ve influenza enfeksiyonlarının aynı anda görüldüğü ve flurona diye adlandırılan vaka bildirildi.

## 3 Ocak

- ABD'de dünyadaki tüm ülkeler arasında en yüksek günlük vaka sayısı (yaklaşık 1 milyon yeni COVID-19 enfeksiyonu) bildirildi. Hastaneye yatırılan COVID-19 hastalarının sayısı sadece bir hafta içinde yaklaşık %50 arttı.
- FDA; Pfizer-BioNTech COVID-19 aşısının acil kullanım iznini (EUA) 12-15 yaş arası tüm bireyler için tek bir hatırlatıcı doza izin verecek şekilde değiştirdi, Pfizer-BioNTech COVID-19 aşısının birincil aşılama serisinin tamamlanması ile hatırlatıcı doz arasındaki süreyi en az 5 ay olacak şekilde kısalttı ve 5-11 yaş arası bağışıklık sistemi baskılanmış çocuklar için üçüncü doza izin verdi.

## 4 Ocak

- WHO'ya göre, 128 ülkede ortaya çıkan Omicron ile ilgili yeni çalışmalar, genellikle önceki varyantlar kadar ciddi akciğer hasarına neden olmadığını gösterdi.

## 5 Ocak

- ABD, CDC bünyesindeki Bağışıklama Uygulamaları Danışma Komitesi (ACIP) 12-17 yaş arası tüm kişilere ilk Pfizer-BioNTech aşısından 5 ay sonra bir hatırlatma dozu yapılmasını önerdi.

## 7 Ocak

- FDA, Moderna ve Pfizer-BioNTech'in "güncellenmiş hatırlatıcı" olarak da bilinen ve hem orijinal SARS-CoV-2 suşunu hem de Omicron alt varyantları BA.4 ve BA.5'i hedef alan iki değerlikli (bivalen) takviye aşılara onay verdi.

## 10 Ocak

- Türkiye'de toplam vaka sayısı 10 milyonu aştı.

## 20 Ocak

- *American Journal of Epidemiology*'de yayımlanan bir çalışma, COVID-19 aşılmasının erkek veya kadın doğurganlığı üzerinde bir etkisi olmadığını ancak COVID-19 enfeksiyonunun erkek doğurganlığında kısa süreli bir düşüşle ilişkili olabileceğini ortaya koydu.

## 24 Ocak

- Yeni Omicron BA.2 varyantı Asya ve Avrupa'nın bazı bölgelerinde ortaya çıktı.
- Omicron varyantının ABD'deki tüm mevcut COVID-19 vakalarının yaklaşık %99'unu oluşturduğu bildirildi.

## 25 Ocak

- CDC, Omicron varyantının daha önce baskın olan varyantlara göre daha az şiddetli hastalığa neden olduğunu doğruladı.

## 28 Ocak

- Avrupa Komisyonu, COVID-19 tedavisi için Pfizer'in yeni antiviral hapını onayladı.

## 31 Ocak

- FDA, Moderna'nın geliştirdiği COVID-19 aşısını 18 yaş ve üzeri herkes için tam olarak onayladı. Tam FDA onayı; Moderna COVID-19 aşısının güvenlik, etkililik ve üretimde tutarlılık açısından yüksek standartlara uyduğunu kanıtladı.
- COVID-19 aşılarının bu tarihe kadar en az çeyrek milyon hayat kurtardığı ve 1 milyondan fazla hastaneye yatışı önlediği tahmin edildi.

## 4 Şubat

- CDC tarafından yapılan bir araştırma, halka açık kapalı mekânlarda takılan cerrahi maskelerin COVID-19'a yakalanma riskini %66 oranında azaltabileceğini, N95 ve KN95 maskelerinin ise enfeksiyon olasılığını %83 oranında azaltabileceğini ortaya koydu.

## 7 Şubat

• *Nature* dergisinde yayınlanan bir çalışma, hafif bir COVID-19 vakasının bile enfeksiyondan sonraki bir yıl boyunca kalp sorunları riskini artırdığını gösterdi. Çalışmanın yazarları, COVID-19'un kalp hastalığı için yüksek tansiyon, diyabet veya sigara kadar risk faktörü olabileceğini öne sürdü.

## 11 Şubat

• CDC, COVID-19 aşı takviyelerinin güvenli olduğunu ve 5 yaş ve üzeri herkes için Omicron ve Delta varyant dalgaları sırasında ciddi hastalıklara karşı son derece etkili olduğunu gösteren verileri yayımladı.

## 15 Şubat

• CDC, Haftalık Morbidite ve Mortalite Raporu'nda, hamilelik sırasında Pfizer-BioNTech veya Moderna mRNA aşısı yaptıran kadınların 6 aydan küçük bebeklerinde COVID-19 nedeniyle hastaneye yatış riskinin yaklaşık %60 oranında azaldığını gösteren veriler yayımladı.

## 24 Mart

• Dünya genelinde tüm vakaların üçte birinden fazlasını BA.2 alt varyantının oluşturduğu tespit edildi.

## 2 Mart

• WHO, COVID-19 salgınının dünya genelinde anksiyete ve depresyonda %25'lik bir artışı tetiklediğini ve en yüksek riski gençler ile kadınların taşıdığını gösteren veriler yayımladı.

## 4 Şubat

• Türkiye, pandeminin başlangıcından bu yana tek bir günde en çok vaka görülen ikinci ülke oldu. Bu tarihte ülkemizde 111.157 yeni günlük vaka bildirilerek toplam vaka sayısı 12 milyonu aştı ve 12.051.852'ye ulaştı.

## 5 Mart

• WHO dünya çapında 10 milyardan fazla kişinin COVID-19 aşısı olduğunu bildirdi.

## 7 Mart

• Dünyada COVID-19 nedeniyle hayatını kaybedenlerin sayısı 6 milyonu aştı.

## 10 Mart

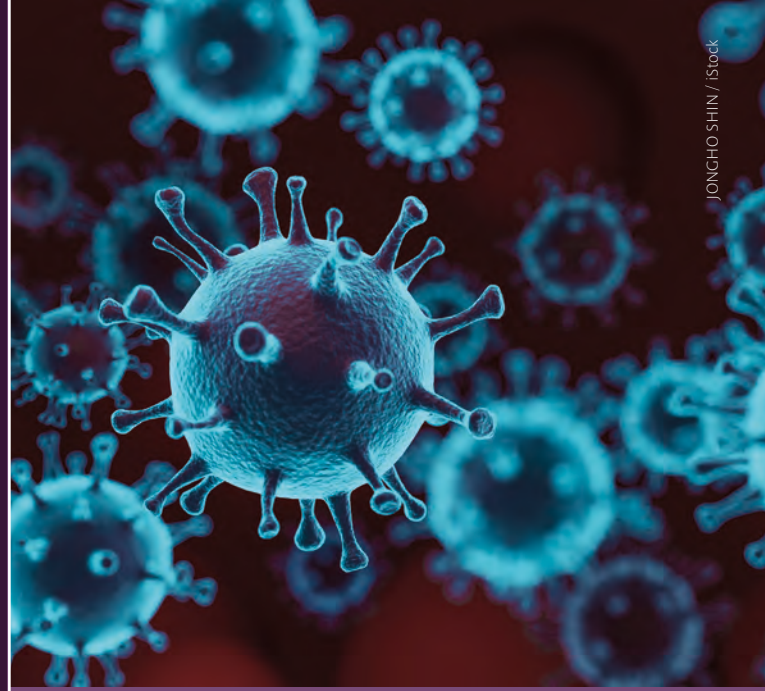
• WHO kayıtlarına göre 6.019.085 doğrulanmış ölüm bildirildi. Bir çalışmada, COVID-19 salgını nedeniyle dünya çapında yaklaşık 18,2 milyon kişinin hayatını kaybettiği belirtildi.  
• WHO'nun 450.229.635 doğrulanmış enfeksiyon bildirmesiyle birlikte, kaydedilen COVID-19 vakalarının sayısı dünya çapında 450 milyonu aştı. Gerçek sayının ise muhtemelen çok daha yüksek olduğu tahmin ediliyor.

## 11 Mart

• WHO'nun COVID-19'u küresel bir pandemi ilan etmesinin ikinci yıl dönümü.

## 12 Mart

• CDC, ABD'deki mevcut tüm COVID-19 enfeksiyonlarının %23'ünün Omicron BA.2 alt varyantından kaynaklandığını tahmin etti. BA.2 alt varyantına ait ilk veriler, Omicron BA.1 varyantından daha bulaşıcı olduğunu gösterdi.



## 14 Mart

• Çin'deki bazı bölgeler, Omicron varyantının neden olduğu vakalar görülmeye başladığında "COVID Sıfır" politikası kapsamında yeni sokağa çıkma yasaklarıyla karşı karşıya kaldı. On milyonlarca insan evlerinden çıkamadı. Önemli teknoloji üreticileri fabrikalarını kapattı ve dünya genelinde üretim ve dağıtım sekteye uğradı.

## 15 Mart

• CDC, Haftalık Morbidite ve Mortalite Raporu'na göre, Omicron varyant dalgasının zirvede olduğu dönemde, 4 yaş ve altındaki bebek ve çocuklar arasında COVID-19'dan ötürü hastaneye yatış oranları Delta varyantına kıyasla 5 kat daha yüksek.

• CDC, COVID-19'la küresel mücadelenin üçüncü yılına ilişkin hedeflerini duyurdu. Özetle maddeler şöyle: dünya çapında aşılama seviyelerini artırmak, COVID-19'un yayılmasını ve etkisini azaltmak, SARS-CoV-2 virüsü hakkındaki bilimsel bilgileri genişletmek ve dünya çapında uzun vadeli sağlık güvenliğini geliştirirken halk sağlığı liderliğini güçlendirmek.

## 18 Mart

• CDC, Omicron dalgası sırasında 3 doz COVID-19 mRNA aşısı yaptıran yetişkinlerin solunum cihazına bağlanma veya COVID-19 nedeniyle ölme olasılığının ABD'deki aşılanmamış yetişkinlere kıyasla %94 daha az olduğunu bildirdi.

## 24 Mart

• WHO, Omicron BA.2 "gizli varyantını" dünya çapında baskın Omicron türü olarak tanımladı ve vakaların yaklaşık %86'sından sorumlu olduğunu belirtti.

## 8 Nisan

• CDC, Haftalık Morbidite ve Mortalite Raporu'nda, tüm yaş gruplarında, kalple ilgili komplikasyon riskinin COVID-19 enfeksiyonu sonrasında, mRNA COVID-19 aşılması sonrasında kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğunu gösteren verileri yayımladı.

## 12 Nisan

• WHO iki SARS-CoV-2 Omicron alt varyantı daha keşfetti ve bunları BA.4 ve BA.5 diye adlandırdı.

## 15 Nisan

• FDA, COVID-19'u nefesle tespit etmek üzere geliştirilen ürünün kullanımına ilk defa izin verdi.

## 20 Nisan

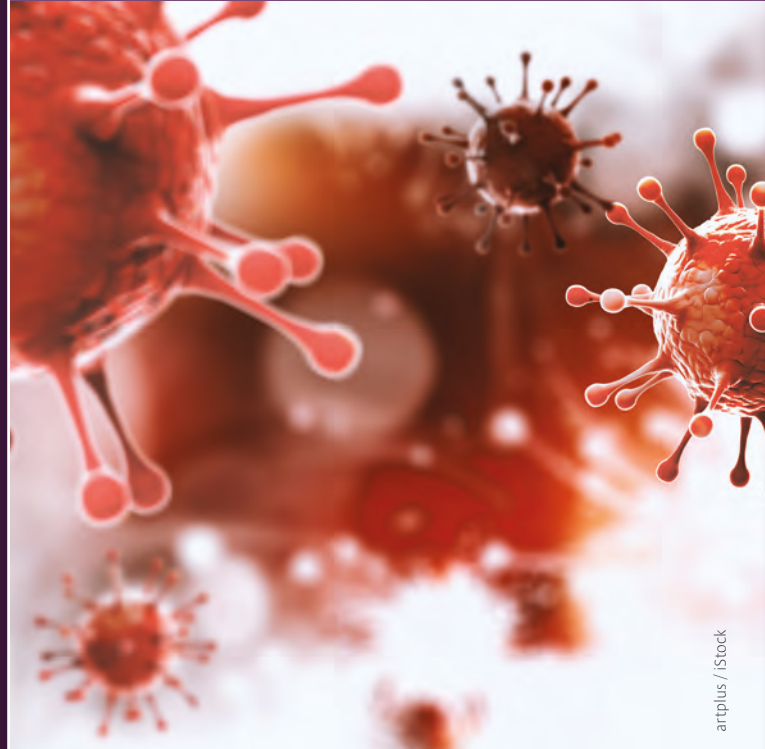
• WHO tüm dünyada insanların maske takmaya devam etmesi için çağrıda bulundu.

## 26 Nisan

• Türkiye'de tüm COVID-19 kısıtlamaları kaldırıldı.

## 5 Mayıs

• WHO tarafından yapılan yeni tahminlere göre, toplam COVID-19 kaynaklı ölüm sayısı yaklaşık 15 milyon olarak düşünülüyor. Bu miktar, bildirilen ölüm sayısının neredeyse 2,5 katıdır.



## 16 Mayıs

• Brown Üniversitesi Halk Sağlığı Okulu, Brigham ve Kadın Hastanesi ve Harvard T.H. Chan Halk Sağlığı Okulundan araştırmacılar, ABD'deki COVID-19 ölümlerinin yaklaşık %50'sinin aşıyla önlenilebilir olduğunu tahmin etti.

## 19 Mayıs

• CDC, Pfizer-BioNTech ile aşılanmış 5 ila 11 yaşlarındaki çocuklar için takviye dozların yapılmasını önerdi.

## 24 Mayıs

• CDC tarafından yapılan yeni bir çalışma, COVID-19'a yakalanan her 5 yetişkinden 1'inin uzun COVID semptomları geliştireceğini öne sürdü.

## 25 Mayıs

• CDC'nin Haftalık Morbidite ve Mortalite Raporu'nda, COVID-19 geçirenlerde pulmoner emboli veya solunum rahatsızlığı geliştirme olasılığının iki kat fazla olduğu ve yaklaşık her 5 yetişkinden 1'inin önceki bir COVID-19 enfeksiyonu nedeniyle en az bir sağlık sorununa sahip olduğunu gösteren veriler yayımlandı.

## 31 Mayıs

• Şangay (Şanhay)'daki yetkililer, hem milyonlarca insanı evlerinde kalmaya zorlayan hem de COVID-19 ile enfekte olan herkesi merkezî tesislerde izole eden ve toplu testlere tabi tutan iki aylık COVID-19 karantinasının ardından Çin'in en büyük şehrini kısmen yeniden açtıklarını duyurdu.

## 2 Haziran

• ABD'de yürütülen bir araştırmada; COVID-19 aşılarıyla ilgili, "Hamile kadınlar COVID-19 aşısı yaptırmamalıdır.", "Emziren kadınların COVID-19 aşısı yaptırması güvenli değildir." ve "COVID-19 aşıları kısırlığa yol açar." şeklindeki üç yaygın yanlış ifade test edildi. Aşılarla ilgili yanlış bilgiler

o kadar yaygındı ki ABD'li her 10 yetişkinden 6'sı ve hamile olan ya da hamile kalmayı planlayan her 10 kadından 7'si bu yanlış ifadelerden en az birine inanıyordu.

## 9 Haziran

• WHO COVID-19'un kökenine ilişkin bir ön rapor yayınladı.

## 17 Haziran

• FDA, Pfizer-BioNTech ve Moderna COVID-19 aşılarını altı ayıktan küçük çocuklar için de onayladı.

## 18 Haziran

• ABD'de CDC bünyesindeki Bağışıklama Uygulamaları Danışma Komitesi (ACIP), Moderna ve Pfizer-BioNTech'in COVID-19 aşılarını 6 ay-5 yaş arası herkese önerdi, böylece 6 aydan büyük yaştaki herkes aşı yaptırma şansına sahip oldu.

## 30 Haziran

• Yüksek derecede bulaşıcı Omicron alt varyantları BA.4 ve BA.5 nedeniyle ABD genelinde COVID-19 vaka sayıları artarken, FDA 2022 sonbaharında Pfizer-BioNTech ve Moderna'nın COVID-19 aşı takviyelerinde Omicrona özgü güncellemeler yapılması gerektiği çağrısında bulundu.

## 6 Temmuz

• CDC verileri, Omicron BA.4 ve BA.5 alt varyantlarının ABD'de artık baskın olduğunu ve yeni COVID-19 enfeksiyonlarının %70'inden fazlasına neden olduklarını gösterdi.

## 8 Temmuz

• FDA, Pfizer-BioNTech'in COVID-19 aşısını 12-15 yaş arası herkes için tam olarak onayladı. Tam FDA onayı; Pfizer-BioNTech'in COVID-19 aşısının güvenlik, etkililik ve üretimde tutarlılık açısından yüksek standartlara uyduğunu kanıtladı.

## 26 Temmuz

• *Journal of Biosafety and Biosecurity* dergisinde yayımlanan bir çalışmada, araştırmacılar 2,8 milyon SARS-CoV-2 genomunu analiz etti ve sonuçları virüsün zayıf noktalarını içeren bir “mutasyonlar kara listesi” ile SARS-CoV-2’yi daha bulaşıcı hâle getiren mutasyonlardan oluşan bir “beyaz liste” derlemek için kullandı. (karaliste/ beyaz liste adlandırması virüs açısından düşünülmüş yapılmıştır.)

## 27 Temmuz

• Fareler üzerinde yapılan testlerin ardından pan koronavirüs aşısına doğru ilerleme kaydedildiği açıklandı. SARS-CoV-2’nin diken proteinindeki S2 alt birimini hedef alan antikorların birden fazla koronavirüs varyantını nötralize ettiği tespit edildi.

## 11 Ağustos

• Araştırmacılar, virüsün ACE2 reseptörlerine bağlanmasını engellemek yerine, virüsün bilinen tüm varyantlarını yeni bir mekanizma aracılığıyla potansiyel olarak nötralize edebilen SP1-77 antikorunu keşfetti.

## 18 Ağustos

• Daha önce yürütülen araştırmalarla SARS-CoV-2’nin diken proteinindeki zayıf bir nokta tanımlanmıştı. Bu noktaya VH Ab6 adı verilen bir antikorun bağlanabildiği ve virüsün tüm ana varyantlarını potansiyel olarak nötralize edebildiği tespit edildi.

## 20 Ağustos

• Johns Hopkins Üniversitesine göre, dünya çapında bildirilen toplam COVID-19 vaka sayısı 600 milyon sınırına ulaştı.

## 22 Ağustos

• *JAMA Network Open* dergisinde yayımlanan bir çalışmaya göre; COVID-19’un Alfa, Beta, Delta ve Omicron varyantlarının neden olduğu inkübasyon süreleri sırasıyla 5; 4,5; 4,41 ve 3,42 gün olarak belirlendi. Bu sonuçlar, COVID-19’un inkübasyon süresinin Alfa varyantından Omicron varyantına doğru kademeli olarak azaldığını gösterdi.



## 25 Ağustos

• Dünya genelinde toplam bir milyon COVID-19 ölümüyle trajik bir dönüm noktasına gelindi.

## 31 Ağustos

• FDA, Moderna ve Pfizer-BioNTech’in güncellenmiş COVID-19 aşı takvimlerine izin verdi. Her iki aşı da şirketlerin orijinal aşısını, BA.4 ve BA.5 Omicron alt soylarını hedef alan bir aşıyla birleştiren iki değerli aşı olarak geliştirildi.

## 14 Eylül

• WHO Genel Direktörü, “Pandemiye sona erdirmek için hiç bu kadar iyi bir konumda olmamıştık.” dedi ancak dünyanın bu fırsatı değerlendirememesi hâlinde daha fazla varyant, ölüm, aksaklık ve belirsizlik riskinin devam edeceği uyarısında bulundu.

## 20 Eylül

• CDC’den alınan veriler, BF.7 adlı yeni bir Omicron varyantının COVID-19’un en önemli türü olarak ortaya çıktığına dair kanıtlar gösterdi.

## 12 Ekim

• FDA, Pfizer-BioNTech ve Moderna tarafından 5 ila 11 yaşlarındaki çocuklar için üretilen güncellenmiş hatırlatıcı aşığı onayladı.

## 9 Kasım

• Küresel bir üretim merkezi olan Çin'in Guangzhou kenti, pandeminin başlangıcından bu yana kentin gördüğü en kötü COVID-19 salgınıyla mücadele etmek için sokağa çıkma yasağı uygulaması başlattı. Karantinanın başladığı gün, Guangzhou'daki 3.007 yerel enfeksiyon, Çin genelindeki vakaların üçte birinden fazlasını oluşturuyordu.

## 10 Kasım

• İlaç şirketleri Sanofi ve GSK, ortaklaşa ürettikleri COVID-19 takviye aşısı için Avrupa Birliği'nden onay aldı.

## 11 Kasım

• Türkiye'de vakaların sayısı 17 milyonu aştı.

## 20 Kasım

• Çin altı ay içinde COVID-19 kaynaklı ilk ölümü rapor etti. Son ölüm 26 Mayıs 2022 tarihinde kaydedilmişti.

## 24 Kasım

• Çin hükümeti, COVID-19 vakalarındaki artışın ardından Zhengzhou kentindeki yaklaşık 6,6 milyon kişiyi sokağa çıkma yasağına tabi tuttu.

## 28 Kasım

• Küresel olarak teyit edilen toplam vaka sayısı: 641.361.040.  
• Dünya çapında toplam ölüm sayısı: 6.631.213.

## 8 Aralık

• FDA, 6 aylıktan küçük çocuklara iki değerlikli COVID-19 aşılarının yapılmasına izin verdi.

## 13 Aralık

• *Cell* dergisinde yayımlanan bir çalışmada, BQ.1, BQ.1.1, XBB ve XBB.1'in "bugüne kadarki en dirençli SARS-CoV-2 varyantları" olduğu ve Omicron alt varyantları BA.4 ve BA.5'e karşı yakın zamanda onaylanan bivalent güçlendiriciler de dâhil olmak üzere, "nötralizasyona neredeyse hiç duyarlı olmadıkları" tespit edildi.

## 31 Aralık

• WHO, XBB.1.5 diye adlandırılan yeni bir Omicron alt varyantı tespit edildiğini ve bu varyantın izlemeye alındığını bildirdi. Bilim insanları bu alt varyantın bazı güçlendirici aşılarla karşı hayli dirençli olduğu konusunda uyarıda bulundu. ■

### Kaynaklar

- Ak., Ö., "COVID-19 ile Geçen Bir Yıl", *Bilim ve Teknik Dergisi*, s. 638, Ocak 2021.  
Ak., Ö., "COVID-19 ile Bir Yıl Daha Geçti", *Bilim ve Teknik Dergisi*, s. 650, Ocak 2022.  
<https://www.thinkglobalhealth.org/article/updated-timeline-coronavirus>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline\\_of\\_the\\_COVID-19\\_pandemic](https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_the_COVID-19_pandemic)  
<https://www.cdc.gov/museum/timeline/covid19.html>

# BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir

[ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi,  
Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı



## Isaac Newton'un Kütle Çekimi, Işık ve Renk Konusundaki Çalışmaları



GeorgiosArt / iStock

Bilimsel devrimin tamamlayıcısı olan Isaac Newton, doğada olup bitenlerin matematik aracılığıyla sağlam ve güvenilir bilgisinin edinileceğini savunan geleneğin en yetkin temsilcisidir. Bu bağlamda yeryüzünde ve gökyüzünde gözlemlenen hareketleri geometri aracılığıyla açıklamanın gerekliliğinden söz ederken, bütünüyle gözlem ve deney yoluyla edindiği bilgiler ışığında bilimsel açıklamalarda bulundu. Mekanik alanında kütle çekimi kuvvetine dayalı bir doğa ve evren tasarımı oluştururken, ışık konusunda da ilk kez rengin doğasının deneysel açıklamasını yapmayı başardı.



adventr / iStock

## Kütleçekim Etkisinin Evrenselleştirilmesi

Newton, *Principia* kitabını yazarken üç şeyi hedeflemişti: (1) Rasyonel mekaniğin yeni temellerini ve yöntemlerini ortaya koymak, (2) yeni bir doğa felsefesi geliştirmek ve (3) kütle çekimine dayalı yeni bir dünya sistemi tasarlamak. Kütle çekimini devasa boyuttaki boş bir uzayı kapsayan evrensel bir kuvvet olarak önerme cesareti de buradan gelir. Peki, onu cesur kılan neydi? Geçmişin bilgi birikimine kusursuzca sahip olması elbette. Bir gezegenin Güneş çevresindeki turunu tamamlama süresinin karesinin, Güneş'e uzaklığının küpüne oranının tüm gezegenler için aynı olduğunu belirten Johannes Kepler'in üçüncü yasası ona ilham vermişti. Buradan matematiksel olarak Güneş'in gezegene uyguladığı kuvvetin gezegenin uzaklığının karesiyle ters orantılı olduğunu çıkarsaması

uzun sürmedi. Aklına takılan soru şuydu: Neden gezegenler uzaklaşıp uzay boşluğuna dağılmıyorlar da Güneş'in etrafında dolanıyorlar? Virajlı yolda ilerleyen bir nesnenin yoldan uzaklaşacağı bilinen bir durum olduğuna göre, çember biçiminde yörünge çizen gezegenlerin de yörüngelerinden çıkması gerekirdi. Oysa böyle olmuyordu. Demek ki onları böyle bir yol boyunca ilerlemeye mecbur eden bir kuvvet olmalıydı. İlerleyen süreçte gezegenlerin Güneş gibi belirli bir merkezin etrafında dolanmalarının nedeninin "merkezkaç kuvveti" olduğu anlaşıldı ve Newton haklı çıktı. Demek ki Güneş ve gezegenlerin birbirlerine uyguladıkları kuvveti dengeleyen bir durum söz konusuydu. Bu kuvvet ne olabilirdi? İşte Newton'u farklı kılan, "Gezegenlerin çekip gitmesine engel olup da Güneş'in etrafında dolanmalarını sağlayan nedir?" sorusunu sorması ve soruyu "kütle çekim kuvveti" diye cevaplamış olmasıdır. Newton bu cevapla aslında büyük ve evrensel bir keşifte bulunmuştu. Eylemsizlik hareketini betimleyen birinci ilkesine göre düz bir çizgi boyunca

victoriya89 / iStock

sorrapong / iStock



sabit hızla hareket eden bir nesne, eşit zaman aralıklarında eşit mesafeler alacaktır. Eğer eğri boyunca hareket ettiği düşünülürse, o zaman da Kepler'in ikinci yasasına göre eşit zamanlarda eşit alanlar tarayacaktır.

Newton'un kütle çekimi etkisine ilişkin attığı bir sonraki adım, bu yasanın açıklanmasına ilişkindir. Örneğin, Güneş Mars'a düzenli etkide bulununca ne olacağını tasavvur eden Newton şöyle akıl yürüttü. Kuvvetin sürekli olması durumunda oluşacak yol, bir eğri olacaktır. Başka bir deyişle, merkezî kuvvetin sürekliliği çevredeki nesneyi sürekli kendine çekecek ve sonuçta kapalı eğri oluşturacak şekilde bir hareket gerçekleşecektir. Böylece Newton, Kepler'in alanlar yasasını bir anda rasyonel mekaniğin bir parçası hâline getirdi. Cismin takip ettiği yörünge elipsti ve onu elipsin odağına bağlayan kuvvet mesafenin karesiyle ters orantılı olarak dengelenmekteydi.

Kütle çekimi etkisini evrenselleştirmeyi başaran Newton, onunla sadece gökyüzünde olup bitenleri değil, denizlerdeki gelgit hareketlerini de açıkladı. Böylece olgulardan edindiği verileri yine olguları açıklamakta kullandı. Bu bakış açısıyla düşünce tarihine geçen ünlü, "Varsayım uydurmuyorum!" sözünü söyledi. Bununla tam olarak neyi kastettiğini de yine *Principia*'sının son sayfasında açıkladı:

"Böyle bir kuvvetin neden var olduğunu olgulardan hareketle keşfedemediğim için bu konuda hiç hipotez oluşturmadım, çünkü olgulardan çıkarsanmayan her şey hipotez olarak nitelendirilmelidir. İster metafiziksel ister fiziksel ister okült nitelikte olsun, hipotezlerin deneysel felsefede yeri yoktur. Bu felsefede, belirli önermeler olgulardan çıkarsanır ve daha sonra tümevarım yoluyla genelleştirilir. Ben bu yolla nesnelere nüfuz edilemezliği, hareketleri, hareket ettirici kuvvet, hareket ve yerçekimi ile ilgili yasaları keşfettim. Yerçekiminin gerçekten

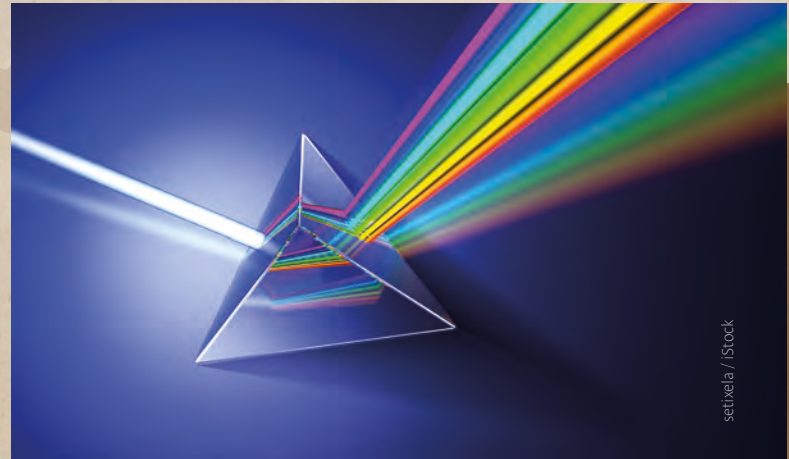
var olması, açıkladığımız yasalara uygun olması ve gök nesnelere ile denizlerimizin tüm hareketlerini fazlasıyla açıklamamıza hizmet etmesi bize yeter."

## Işık ve Renk

Newton doğal olgulardan çıkardığını belirttiği yasalar yardımıyla doğada ileride oluşacak fenomenleri açıklamayı amaçladı ve bu tutumunu genel bir bilimsel çalışma ilkesine dönüştürdü. Fenomenlere karşı takındığı tutumu ışığın doğası ve renklerin oluşumu konusunda da sergiledi. Optik kitabının giriş paragrafında şunları dile getirdi: "Bu kitaptaki amacım, ışığın özelliklerini hipotezlerle açıklamak değil, onları akıl ve deney yoluyla belirlemek ve öyle olduklarını kanıtlamaktır: Bunun için bir dizi tanım ve aksiyom öne sürdüm."

Newton'un tanımlarında ışık ışını, ışınların yansımaları ve kırılması, yansıma ve kırılma açısı, yansıma ve kırılma yasaları ile renk konuları yer alır. Aksiyomlarından birkaçı ise şöyledir:

1. Yansıma ve kırılma açıları geliş açısıyla aynı düzlemde bulunur.
2. Yansıma açısı geliş açısına eşittir.
3. Eğer kırılan ışın doğrudan doğruya çıkış noktasına geri dönerse, gelen ışının izlediği çizgi boyunca kırılmış demektir.





4. Az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçerken oluşan kırılma normale doğru olur, bu durumda kırılma açısı geliş açısından küçüktür.

Bu kuramsal belirlemelerinden sonra ışık deneylerine başlayan Newton, öncelikle içine ışığın gireceği çok küçük bir deliğin bulunduğu karanlık bir oda oluşturdu ve deliğin önüne üzerine Güneş ışığı düşecek şekilde cam bir üçgen prizma yerleştirdi. Prizmaya Güneş ışığı düşünce, karşı duvarda oluşan gökkuşağı Newton'u büyüledi. Deneyini tamamladığında Newton şu hususlardan emin olmuştu:

- ▶ Güneş ışığı, gökkuşağı renklerini içerir ve farklı kırılma derecesine sahip ışıklardan oluşur.
- ▶ Belirli kırılabilirlik dereceleri belirli renklere aittir.

- ▶ Rengin türü ve ona denk gelen kırılma açısı kırılma veya yansıma yoluyla değişmez.
- ▶ Belirli bir rengin ışığı, örneğin mavi, prizmadan geçirildiğinde, o rengi belirleyen açıyla kırılmaya uğrar ve diğer renkleri oluşturmaz.
- ▶ Rengi farklı olan ışıkların kırılabilirlik dereceleri de farklıdır.
- ▶ Geliş açısının sinüsü, kırılma açısının sinüsüne belirli bir oran taşır.
- ▶ Işık, ışıklı nesnelere çıkan küçük taneciklerden oluşan bir akıştır.
- ▶ Işık ışınları bütünüyle doğrusal çizgilerde yayılırlar.
- ▶ Güneş ışığı ya da beyaz ışık bütün renklerin bileşimidir.
- ▶ Renkler ışığın doğasında bulunur. Bu çıkarımlar ışık fenomenlerinin matematik yoluyla açıklanabileceğini göstermesi bakımından önemlidir. Çünkü kırılma açısı ile ilgili açıklama ışığı ve renkleri bütünüyle geometri yoluyla ifade eder. Bu yaklaşımda her renk sabit bir kırılma derecesiyle doğrudan ilişkilendirilmiş ve bu durum deneysel olarak da kanıtlanmıştır. Buna göre belirli bir renk belirli bir kırılma derecesine sahip ışın demektir. Öyleyse renkler ışığın içeriğinde zaten bulunur, dolayısıyla prizma bunları sadece ayırıştırır ve asla var etmez.

Gelecek sayıda modern dönemdeki optik çalışmalarını ele alacağız. ■

## Kaynaklar

- Cohen, I. B., "Newton's Third Law and Universal Gravity", *Journal of the History of Ideas*, (s. 571-595), Vol. 48, No. 4, University of Pennsylvania Press, 1987.
- Newton, I., *Newton's Principia, The Mathematical Principles of Natural Philosophy*, Translated into English by Andrew Motte, New York: Daniel Adee, 1846.
- Newton, I., *Opticks or A Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light*, New York: Dover Publications, 1952.
- Newton, I., *The Correspondence of Isaac Newton, Volume I (1661-1675)*, Ed. H. W. Turnbull, Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge 1959.
- Topdemir, H. G., *Işığın Öyküsü: Mitolojiden Kuantum Elektrodinamiğine Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi*, (4. Baskı), Ankara: TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 2019.

# Doğa Fauna

Dr. Bülent Gözcelioğlu [ [turkiye.dogasi@tubitak.gov.tr](mailto:turkiye.dogasi@tubitak.gov.tr) ]

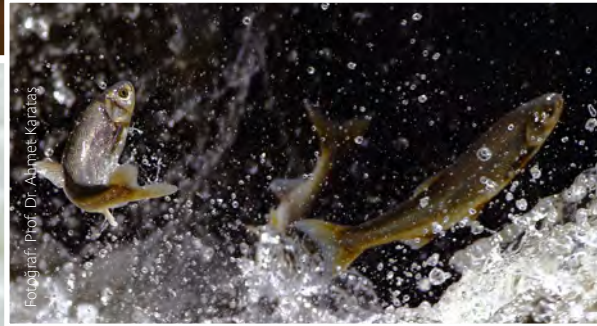
# Endemik Zenginlik Türkiye'nin Tatlısu Balıkları

**Gökkuşáđı alabalığı (*Salmo gairdneri*)**



Fotoğrafi: Prof. Dr. Ahmet Karataş

**Van İnci Kefali (*Alburnus tarichi*)**



Fotoğrafi: Prof. Dr. Ahmet Karataş



**D**ünya'daki toplam su kütlesinin %97'sinin okyanus ve denizlerde, %3'ünün de tatlı sularda olduğu tahmin ediliyor. Buna göre denizlerde ve okyanuslarda yaşayan balık türlerinin tatlı sulardakinden çok daha fazla olması beklenir. Ancak durum tam olarak öyle değildir ve tatlı sularda yaşayan tür sayısı tahmin edilenden çok daha yüksektir.

Genel olarak dünyadaki tüm balık türlerinin %60'ı denizlerde ve okyanuslarda, %40'ı ise akarsu ve göllerde bulunur. Ülkemizde bugüne kadar 530 adet deniz balığı türü, 402 adet de tatlısu balığı türünün yaşadığı bildirilmiştir. Bu konuya dair ilginç bir nokta, Türkiye tatlısu balıklarının yarıya yakınının endemik tür olup ülkemiz dışında başka bir ülkede bulunmamasıdır.

Ülkemizdeki tatlısularda araştırma yapan balık bilimciler Anadolu'nun tatlı sularında yaşayan balıklarla ilgili araştırmaların yetersiz olduğunu, çalışmaların artmasıyla çok daha fazla sayıda endemik türün ortaya çıkartılabileceğini belirtiyor.

Tatlısu balıkları; aşırı avlanma, deniz kirliliği, habitat kaybı, baraj yapımı ve istilacı türlerin ortaya çıkması gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanan tehditlerle karşı karşıyadır. Gelecek sayıda bu konuya kaldığımız yerden devam edeceğiz.

**Büyük Görsel: Van İnci Kefali**

### **Kaynaklar**

Karataş A., Filiz H., Erciyas Y., K., Özeren S., C., Tok C., The Vertebrate Biodiversity of Turkey -Biodiversity, Conservation and Sustainability in Asia. Springer, 2021.

# Gökyüzü

Prof. Dr. Faruk Soyduğan

[ fsoydugan@comu.edu.tr

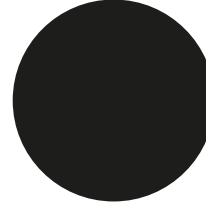
05 Şubat  
Dolunay



13 Şubat  
Son dördün



20 Şubat  
Yeni ay



27 Şubat  
İlk dördün



## Avcı ile Kemerindeki Dev Mavi Boncuklar

Kış aylarının uzun gecelerinde en dikkat çekici gökyüzü alanlarından biri Orion (Avcı) Takımyıldızı bölgesidir. Parlak yıldızlarıyla bulunduğu bölgede ilgi çekici bir yayılım gösteren Avcı Takımyıldızı, gök ekvatoruna yakın konumlandığından her iki yarı kürenin büyük bölümünden (+85 derece ile -75 derece arası enlemlerden) gözlenebilir. Yunan mitolojisinde avcıdan esinlenerek isimlendirilen Orion, hem gökyüzünün en parlak yıldızlarından ikisi olan Betelgeuse ve Rigel ile meşhur kemeri sayesinde hem de gökyüzünde kapladığı 594 derece kare alanla amatör gök bilimciler ve gökyüzü meraklıları tarafından ilgi görüyor. Avcı Takımyıldızı; İkizler, Boğa, İrmak, Tavşan ve Tekboynuz takımyıldızları ile çevrilidir. Kum saati şeklindeki görüntüsüyle çok yüksek derece ışık kirliliği olmayan şehirlerden bile gözlenebilir parlaklıktaki yıldızlardan oluşan Orion; yoğun yıldız oluşum bölgeleri, OB yıldız oymakları ve çok büyük kütleli süpernova adayı yıldızlarıyla gök bilimcileri peşinden sürükler.

Orion'ın ilk bilimsel kaydı 2. yüzyılda Ptolemy (Batlamyus) tarafından yapıldı. Orion onun Almagest başlıklı kitabında listelediği 48 takımyıldızdan biridir. Bu takımyıldız, dikkat çekici görüntüsüyle farklı kültürlerdeki anlatımlarda da kendine yer bulmuştur. Eski Babilliler, bu takımyıldız bölgesini, "Gökyüzü Çobanı" olarak adlandırırdı. Yunan mitolojisinde ise bu bölgedeki parlak yıldızlar Akrep (Scorpius) tarafından öldürülen kahraman avcı Orion'u temsil eder. Mitolojiye göre, bu nedenle Akrep ve Avcı gökyüzünün zıt bölgelerinde durur, bu iki takımyıldız aynı anda gökyüzünde görünmez ve Akrep yükselirken Avcı ufku altına doğru ilerler. Orta Çağ İslam astronomisinde Orion, "dev" anlamına gelen "ec-cabbar" olarak biliniyordu. Orion'un en parlak altıncı yıldızı olan Saiph (Seyf), adını Arapça "devin kılıcı" anlamına gelen "seyfu'c-cabbar" ifadesinden almıştır.

Biri dışında, Orion'daki tüm parlak yıldızlar, bizden 243 ışık yılı ile 1.360 ışık yılı (bir ışık yılı

yaklaşık 9,5 trilyon km) arasındaki uzaklıklara yayılmışlardır ve değişen, parlak, genç mavi dev veya süper dev yıldızlardır. Avcı'ya bakan dikkatli gözler kırmızı süper dev Betelgeuse ile diğer mavi-beyaz dev veya süper dev yıldızlar arasındaki renk farkını görebilirler. Bu takımyıldız bölgesinin en çok bilinen ve gözlenen nesnelere biri de Orion Bulutsusu'dur. Karanlık bir gökyüzünde, ışık kirliliğinden uzak bir bölgede, doğal teleskoplarımız olan gözlerimizle bile bu bulutsuyu küçük bir "leke" veya bulut olarak görebiliriz. Toz, hidrojen, helyum ve iyonize gazlardan oluşan Orion Bulutsusu (M42), Avcı'nın kuşağının hemen altında, kılıcını oluşturan üç yıldızın ortasındaki yıldızın yakın bir bölgede bulunuyor. Yıldız oluşumunun devam ettiği bu bölge, gökyüzündeki en parlak bulutsu alanlarından biridir. M42'de yer alan Trapezium Kümesi; yeni doğan

yıldızların, çoklu yıldız sistemlerinin ve kahverengi cücelerin bulunduğu dinamik bir alandır. Orion gökyüzü bölgesinin çok bilinen derin alan nesnelere biri de Atbaşı Bulutsusu'dur. Alev Bulutsusu, M43 (De Mairan Bulutsusu), M78 yansıma bulutsusu ve daha nice de Avcı'nın alanındadır.

Avcı'nın kemeri, onun en dikkat çekici bölgesini oluşturuyor. Üç parlak mavi yıldız Alnitak, Alnilam ve Mintaka bu bölgede baş rolü oynuyor. Avcı'nın kemeri; Büyük Kepçe, Yaz Üçgeni ve Kış Çemberi gibi gökyüzünde "asterizm" diye adlandırılan (modern takımyıldızlar da denilen) parlak yıldızlardan oluşan fark edilebilir bir yapı sergiliyor. Şimdi, kemerin aynı hat üzerinde bulunan, dev ve mavi boncuklarına yakından bakalım. Orion bölgesindeki OB oymaklarından birinin üyesi olan kemerin üç parlak yıldızı (Alnitak, Alnilam ve Mintaka), aynı moleküler bulutta oluşmuş aynı yaştaki yıldızlardır. Yüksek enerjili bu yıldızlar, Yer'e en yakın büyük kütleli yıldız oluşum bölgesi olan "Orion Moleküler Bulut Komplexi" denilen yapı içinde oluştu.



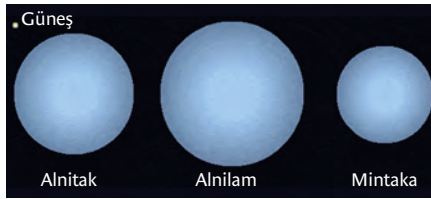
Alnitak (Zeta Ori), Avcı'nın kemerinin en solundaki yıldızdır. Yaklaşık 1.260 ışık yılı mesafede bulunan üçlü yıldız sisteminin birinci bileşenidir ve gökyüzünde görülen en parlak (görsel parlaklığı yaklaşık 2 kadir) O tayf türünden bir yıldızdır. Daha sonra Alnitak üzerine yürütülen araştırmalarla iki bileşeni daha keşfedildi ve sistemin toplam görsel parlaklığının 1,77 kadir olduğu belirlendi. Alnitak, yüzey sıcaklığı 29.000 K, kütlesi Güneş'in kütlesinin 33 katı ve yarıçapı Güneş'in yarıçapının 20

katı olan mavi süper dev bir yıldızdır. O türü yıldızlar büyük kütlelidir ve ömürleri oldukça kısadır. Büyük kütleleri nedeniyle çekirdeklerindeki hidrojen yakıtını kısa sürede tüketirler. Alnitak 6,4 milyon yıl yaşındadır ve bir yıldız için çok kısa sayılacak bir süre içinde yaşamının son dönemine gelmiştir. Bu mavi süper dev, gökyüzündeki süpernova adaylarından biridir. Mavi bir alt dev yıldız ile Alnitak bir çift yıldız sistemi oluşturur. Bu çift yıldız sistemine yine mavi dev üçüncü bir yıldız eşlik

eder. Aslında kemerin bu yıldızına bakıldığında üç yıldızdan gelen toplam ışığı görürüz ama baskın olan Alnitak yıldızıninkidir.

Alnilam, kemerin en parlak yıldızdır ve kemerin ortasında yer alır. Kemerdeki üç yıldızın en uzağı (yaklaşık 2000 ışık yılı) olmasına rağmen, en büyük kütleli ve en fazla enerji üreten yıldız olduğundan en parlaktır. Görsel parlaklığı 1,69 kadir olan Alnilam, Avcı'nın en parlak dördüncü yıldızdır. Alnilam ve Deneb (Kuğu'nun en parlak yıldızı) benzer tür değişimler gösteren dev yıldızlardır. Bu yıldızlar, radyal olmayan titreşimler gösterir. Alnilam ve Deneb gibi değişen yıldızların yüzeylerinin bazı bölümleri büzülürken bazı bölümleri aynı anda genişler. Bu boyut dalgalanmaları yıldız parlaklıklarında değişimlere neden olur. Bu nedenle, Alnilam'ın görsel parlaklığı 1,64 ila 1,74 kadir arasında değişir. Kemerin parlak yıldızı olan Alnilam, çok büyük bir hızla (Güneş'ten yaklaşık 20 milyon kat hızlı) kütle kaybeder ve bu kayba hızı saniyede 2.000 km'ye ulaşan sıcak yıldız rüzgârları neden olur. Yapılan bilimsel araştırmalar bu yıldızın kütesinin Güneş'in kütesinin 40-44 katı, yüzey sıcaklığının da 27.500 K olduğunu gösteriyor. Alnilam'ın yaşı sadece 5,7 milyon yıl olsa da hızla süpernova aşamasına doğru ilerliyor.

Mintaka (Delta Ori), Avcı'nın kemerinde en sağda (kuzey küreden bakıldığında) yer alan yıldızdır. Kemerin en sönük yıldızdır (görsel parlaklığı 2,23 kadir) ve çoklu bir yıldız sisteminin üyesidir. Mintaka'nın içinde bulunduğu grup, kendi içinde üçlü bir yıldız grubudur ve sistem toplamda beş yıldızdan



Avcı'nın kemerindeki üç yıldızın boyutlarının Güneş ile karşılaştırılması

oluşur. 1.200 ışık yılı uzaklıkta olan Mintaka, O9.5II tayf türünden sıcak parlak bir mavi dev yıldızdır. Kütleleri Güneş'in kütesinin 24 katı, yarıçapı ise Güneş'in yarıçapının 16,5 katıdır. Dönme hızı saniyede 130 km mertebesinde olup kemerin en hızlı dönen boncuğudur. Bize en yakın büyük kütleli çift yıldız üyesi olan Mintaka ve ailesi, hem yıldızların yapısal özelliklerini duyarlı olarak araştırmak hem de gösterdikleri güçlü rüzgârların yıldız oluşum bölgesinde

Avcı'nın kemerindeki üç parlak yıldız (soldan sağa doğru) Alnitak, Alnilam ve Mintaka (NASA)

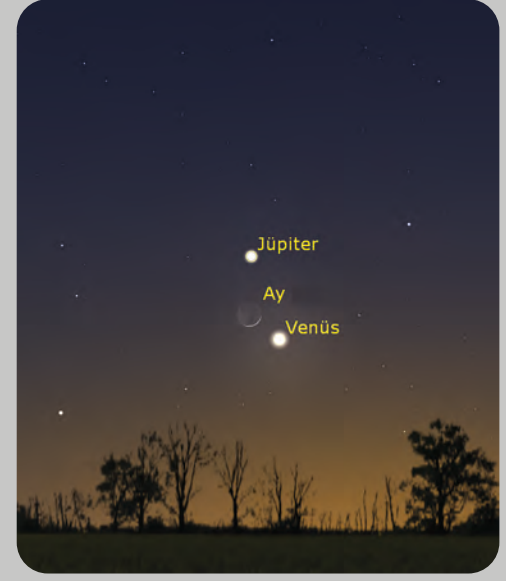
ve gök ada içindeki kimyasal, fiziksel ve dinamik etkilerini incelemek için öne çıkan örneklerden biridir.

Avcı'nın kemeri, Üç Kız Kardeş veya Üç Kral olarak da adlandırılan bu dev, mavi, plazmadan boncuklar; Alnitak, Alnilam ve Mintaka; kış mevsiminin âdeta parıldayan gece lambaları gibi gökyüzünü süslüyor. Kemerin üç yıldızı ve onlara eşlik eden Avcı'nın kırmızı süper dev Betelgeuse ve mavi süper dev Rigel'i gözlerken yakıtlarını tüketme aşamasına gelen ve süpernovaya doğru ilerleyen incilere baktığımızı bilmek heyecan veriyor. Bu mavi devasa yıldızlar, kozmik sahnelerinde bize son perdeden göz kırıyorlar.

<https://www.constellation-guide.com/orions-belt/>  
[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/chandra/more-than-meets-the-eye-delta-orionis-in-orions-belt.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/more-than-meets-the-eye-delta-orionis-in-orions-belt.html)  
<https://www.space.com/16659-constellation-orion.html>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Orion%27s\\_Belt](https://en.wikipedia.org/wiki/Orion%27s_Belt)  
<https://earthsky.org/constellations/orion-the-hunter-most-recognizable/>

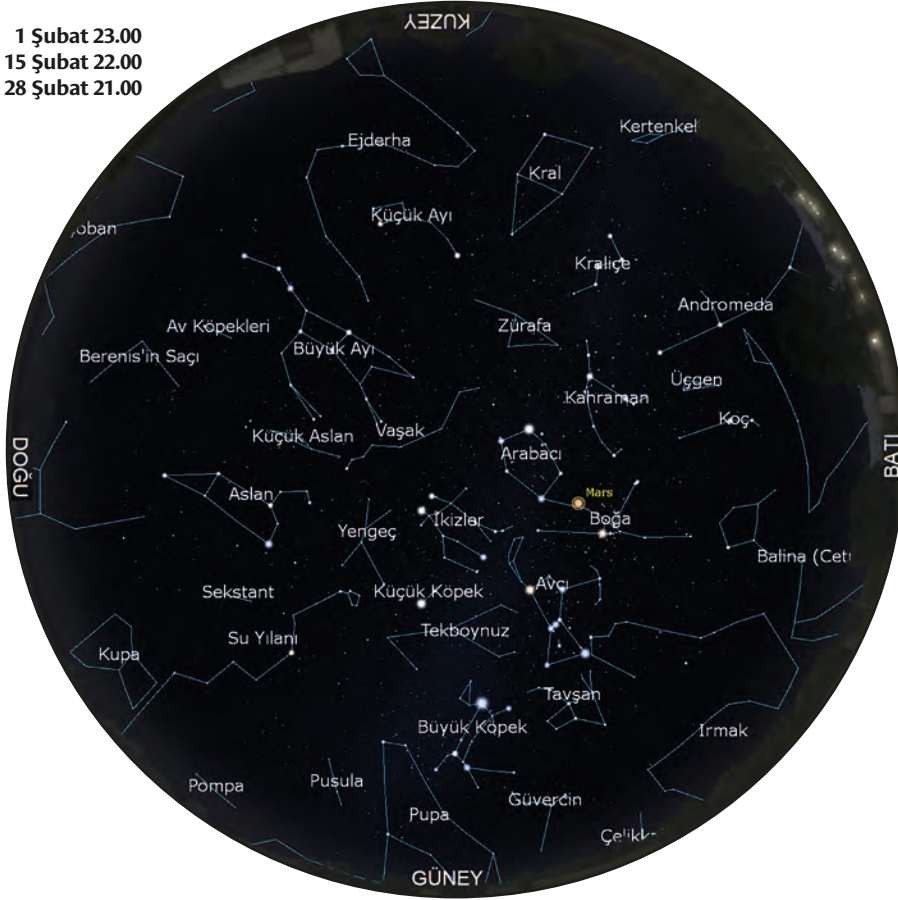
## Ayın Önemli Gök Olayları

- 04 Şubat** Ay Dünya'ya en uzak konumunda (11.55, 406.477 km)
- 19 Şubat** Ay Dünya'ya en yakın konumunda (12.06, 358.267 km)
- 22 Şubat** Ay, Venüs ve Jüpiter gün batımında batıda birbirlerine yakın görünümde
- 28 Şubat** Ay ve Mars birbirlerine yakın görünümde



22 Şubat gün batımında batı gökyüzü

1 Şubat 23.00  
15 Şubat 22.00  
28 Şubat 21.00



## Gezegener

**Merkür:** Geçtiğimiz ay gökyüzünde Güneş'ten ayrılığını arttıran gezegenin gözlenmesi için uygun bir dönem. Ayın ortasına kadar temiz bir doğu ufunda gün doğmadan önce gözlenebilir. Ay sonuna doğru ufuktan yüksekliği giderek azalacağından sabah alacakaranlığında görülmesi zor olacak.

**Venüs:** Akşamları gün batımında batı ufkunun en parlak gezegeni olan Venüs, iki saate varan sürelerle ay boyunca aynı bölgede gökyüzünde. Güçlü teleskobu ve iyi bir görüntüleme sistemi olan amatör gök bilimciler 15 Şubat'ta âdeta birbirlerine değecek kadar yakın görünecek olan Venüs ve Neptün

gezegenlerini beraber görmeyi ve görüntülemeyi deneyebilir. Ayın son günlerinde gezegen gökyüzünde Jüpiter'e doğru yaklaşacak.

**Mars:** Gün batımında gökyüzünün güneydoğu bölgesinde görülmeye başlayacak gezegen şubat boyunca gözlem için uygun konumda olacak. Parlaklığı geçtiğimiz aya göre biraz azalmış olsa da şubatın son iki günü Ay ile yakın görünecek olan gezegen, gece yarısından üç saat sonrasına kadar gözlenebilir.

**Jüpiter:** Gecenin Venüs'ten sonra en parlak ikinci gezegeni gün batımından itibaren gökyüzünde.

Ayın sonuna doğru gözlem süresi üç saate kadar düşecek olsa da Venüs ile gökyüzünde birbirine yaklaşacaklar.

**Satürn:** Geçtiğimiz ay sonunda gökyüzünde Güneş'e oldukça yakın bir konumda olan gezegenin ayın ilk birkaç günü görülebilmesi için temiz bir ufuk ve yüksek bir gözlem yeri gerekiyor. Devam eden günlerde gökyüzünde Güneş'e iyice yakın bir konuma gelecek. Sonrasında Güneş'in batısına geçip sabah ufkuna gelmeye başlasa da yeterince yüksekliği için gelecek ayı beklemek gerekecek.



# Düşünme Kulesi

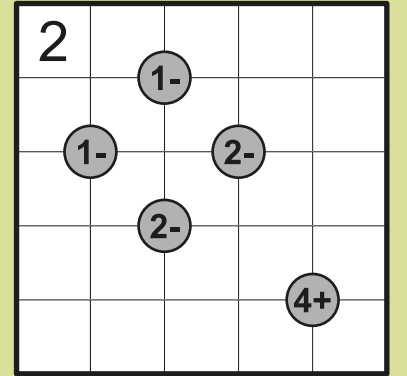
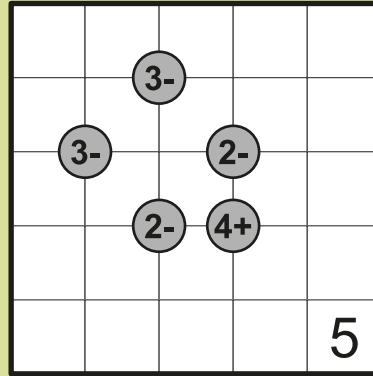
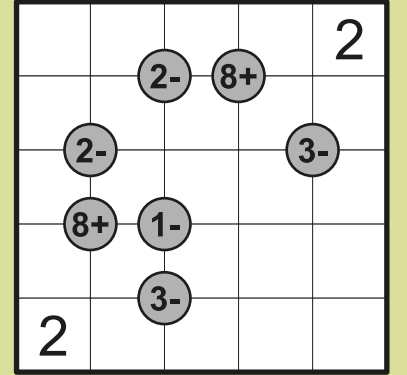
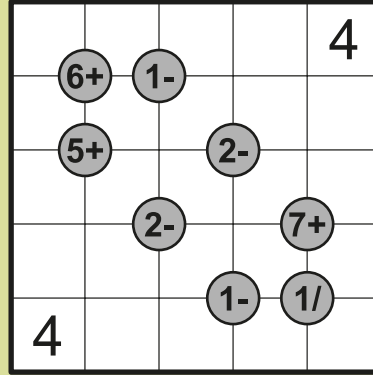
Ferhat Çalapkulu [ [dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr](mailto:dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr) ]

# Ayın Oyunu: Matrax

## Matrax Oyununun Kuralları

Her bir satırda ve sütunda 1'den 5'e (ödüllü soruda 1'den 6'ya) kadar tüm rakamlar tam olarak birer kez yer alacak şekilde diyagramı doldurun.

Çemberlerdeki ipuçları çevrelerindeki çapraz rakam çiftleri arasındaki bağlantıyı gösteriyor.

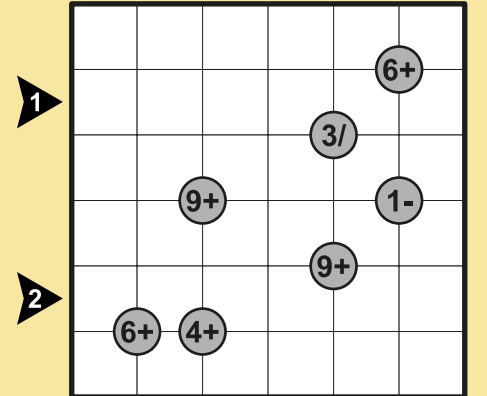


## Matrax - Örnek Çözüm

3	4	2	5	1
4	5	3	1	2
1	3	5	2	4
2	1	4	3	5
5	2	1	4	3

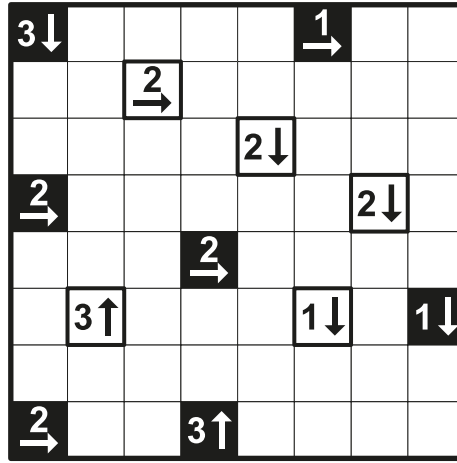
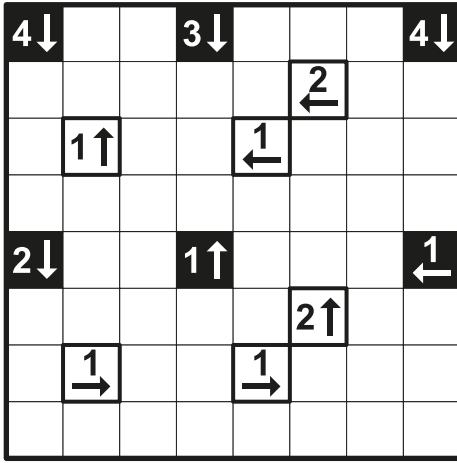
## Ödüllü soru

▼ Matrax sorusunu çözüp ok doğrultusundaki içeriği yazarak ad, soyad, adres ve telefon bilgileri ile birlikte [dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr](mailto:dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr) adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *Mutlu Beyin* başlıklı kitap hediye edilecek. Çekiliş sonuçları dergimizin Facebook ve Twitter hesaplarından önümüzdeki ayın ilk haftasında duyurulacak. Geçen ayın ödüllü Toplamlı Apartmanlar sorusunu doğru yanıtlayan ve kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi Facebook ve Twitter hesaplarımız üzerinden duyuruldu.



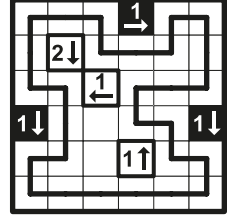
Ok doğrultusundaki içeriği yazın. Örnek çözümün ilk satırı 34251 şeklinde yazılmalıdır.

**Kale Duvarı:** Tablodaki bazı boş hücrelerden geçen ve kendini kesmeyen kapalı tek bir yol oluşturun. Tabloda yolun parçası olamayacak kalın kenarlıklı bazı hücreler bulunuyor. Siyah hücreler yolun dışında, beyaz hücreler ise (kalın kenarlıklı) içinde olmalıdır. Sayılar ve oklar, verilen yöndeki yol parçalarının uzunluklarının toplamını gösteriyor.

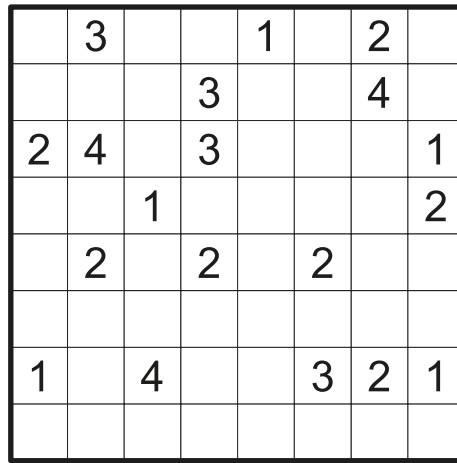
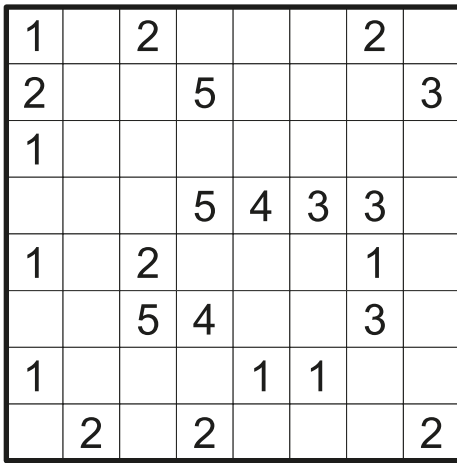


### Kale Duvarı

Örnek Çözüm

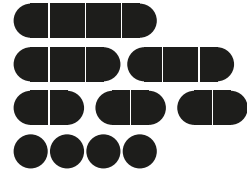
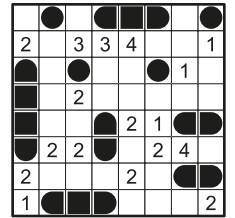


**Amiral Battı Avı:** Amiral Battı ve Hazine Avı bulmacalarının birleşimi olan bu oyunda amaç, filodaki tüm gemileri çaprazdan da olsa birbirlerine değmeyecek şekilde tabloya yerleştirmektir. Sayı olan hücrelerde gemi olmamalıdır. Hücrelerdeki sayılar, çaprazlar da dâhil, o hücreye kaç gemi parçasının komşu olduğunu belirtiyor.

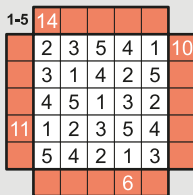
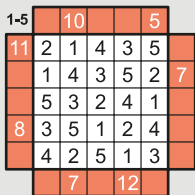
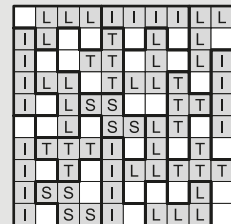
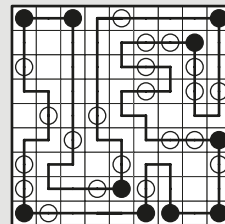
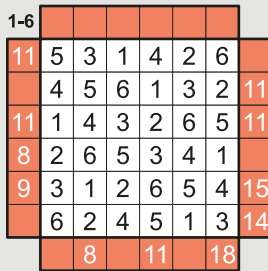
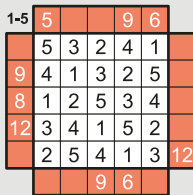
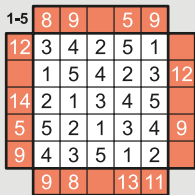


### Amiral Battı Avı

Örnek Çözüm

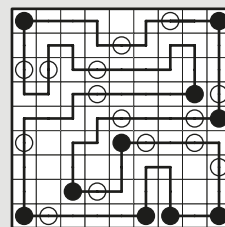


### Geçen Sayının Çözümleri

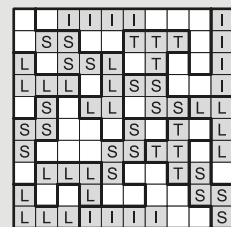


Ödüllü Soru:  
Toplamlı Apartmanlar

Toplamlı Apartmanlar



Masyu



LITS

# Satranç

Kıvanç Çefle [ [btsatranc@tubitak.gov.tr](mailto:btsatranc@tubitak.gov.tr) ]

## Satrançta Kurgu Sanatında Bohemya Okulu

Köşemizin müdavimi olan okurlarımız hatırlayacaktır, satrançta kurgu sanatında 19. yüzyılın önemli akımlarından biri Eski Alman Okulu'ydu. Daha sonra buna tepki olarak Yeni Alman Okulu doğmuştu (Okurlarımız daha fazla bilgi için Bilim ve Teknik'in Temmuz 2021 sayısındaki "Johannes Kohtz ve Carl Kockelkorn" başlıklı yazımıza bakabilirler.). Aslında, Eski Alman Okulu'nun tek mücadelesi Yeni Alman Okulu'yla değildi, Yeni Okul ortaya çıkmadan çok daha önce de Bohemya Satranç Okulu ile rekabet içindeydi. Bohemya, bugünkü Çek Cumhuriyeti'nin batı taraflarına karşılık gelen bir bölgenin adı. Jan Dobrusky, Antonin König ve Joseph Pospisil gibi "öncü" Çek kurgucular, daha 1860'lı yıllarda kendine özgü estetik kuralları olan bir anlayışa göre problemler kuruyordu. Daha sonra onların bu anlayışı literatüre Bohemya Satranç Okulu diye yerleşti. Bu okulun ilkelerine göre, bir satranç probleminin varyasyonları

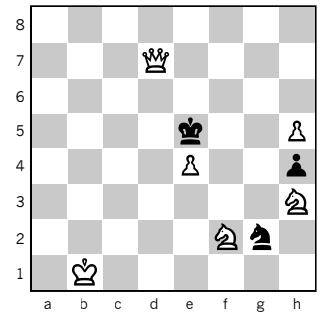
eşit uzunlukta olmalı ve zorluk açısından da birbirlerine denk olmalıydı. Beyaz taşlar en ekonomik şekilde kullanılmalı ve onlara en yüksek düzeyde hareket imkânı tanınmalıydı. Çözüm en az üç model mat pozisyonu içermeliydi. Bunların yankılı, yani "eko" özelliğine sahip olmaları tercih edilirdi. Bu terimlerin ne demek olduğunu birazdan örneklerle açıklayacağız.

Anlaşılabileceği üzere, Bohemya Okulu biçimi ön planda tutuyordu, önemli olan mat pozisyonlarının güzelliği idi ve güzellik zorluğa üstün tutuluyordu. Eski ve Yeni Alman okullarının üzerinde çok durduğu stratejik özellikler zayıftı. Zamanla bu okulun taraftarları Çek kurgucular ile sınırlı kalmadı, diğer ülkelerden de birçok problemci bu anlayışın güzel örneklerini verdiler. Zamanla, kurgucular mantıksal ve stratejik öğeleri de bu tür problemlere katmaya başladılar. Günümüzde, Bohemya Okulu'nun altın çağının

çok eskilerde kaldığını söyleyebiliriz. Yine de, karma özellikler içeren, model matlarla süslenmiş problemler arada bir kuruluyor. Geriye dönüp baktığımızda da okulun ustalarının ne kadar zarif eserler verdiklerini görüyoruz. Size bu yazımızda Bohemya Okulu'nun önde gelen kurgucularından birkaç örnek sunacağız. İlk örneğimiz kurucular arasında yer alan Jan Dobrusky'den (1853-1907) (Diyagram 1):

### Diyagram 1

Jan Dobrusky - *Humoristicke Listy*, 1875



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

Çözüm:

**1. Şb2!** (zugzwang)

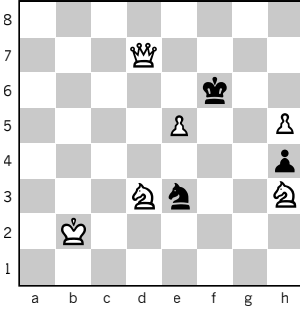
**a) 1...Ae1 2. Şc3 (tehdit 3. Ve7#) 2...Şf6 3. Ag4#**

**b) 1...Af4 2. Ag4+ Şxe4 3. Ag5#**

**c) 1...Ae3 2. Ad3+ Şf6 3. e5#\*;  
2...Şxe4 3. Ag5#**

Yukarıda “model mat” kavramından söz etmiştik. Bunu Dobruksy'nin probleminde “c” varyantında ortaya çıkan mat pozisyonuyla açıklamaya çalışalım (Diyagram 2):

**Diyagram 2**

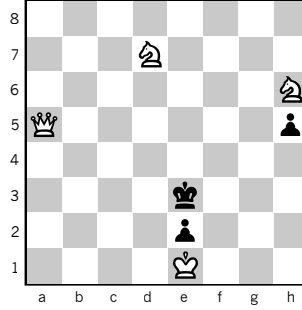


Diyagram 2'de, mat olmuş şahın çevresindeki her bir karenin tek bir beyaz taş tarafından kontrol edildiğini görüyoruz. İşte böyle mat pozisyonlarına “model mat” deniyor. Eğer beyaz şah c3'te değil de d4'te olsaydı e5 karesi hem g4'teki at hem de beyaz şah tarafından denetlenirdi; o zaman bu bir model mat olmayacaktı. Model mat'ın bir diğer şartı beyazın bütün taşlarının mat pozisyonunda görev alması gerektiği -ancak şah ve piyonlar bu kuralın dışındadır. Dobrusky'nin probleminde üç model mat olduğuna dikkat çekelim.

Bir sonraki problemde “eko mat”larla tanışacağız (Diyagram 3):

**Diyagram 3**

Karel Traxler- *Zlata Praha*, 1918



Beyaz oynar ve dört hamlede mat eder.

Çözüm:

**1. Af7!**

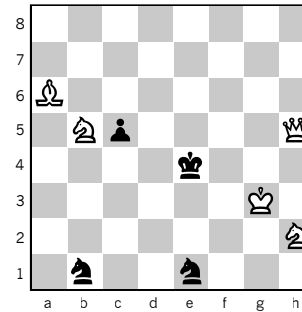
**a) 1...h4! 2. Ag5 Şf4 3. Ve5+ Şg4 4. Af6#; b) 1...Şd4 2. Vc5+ Şe4 3. Af6+ Şf4 4. Vf2#; c) 1...Şf4 2. Vg5+ Şe4 3. Ad6+ Şd4 4. Vd2#.**

Bu problemde “b” varyantındaki model mat pozisyonunun aynısının “c” varyantında iki sütun sağa kaymış olarak tekrar ortaya çıktığını görüyoruz. Burada olduğu gibi, bir varyanttaki mat pozisyonunda yer alan taşların farklı bir varyantta aynı mat pozisyonunu oluşturacak şekilde yeniden konumlanmasına “eko mat” deniyor. Son örneğimiz Bohemya Okulu'nun 20. yüzyıldaki en önemli temsilcilerinden Zdenek Mach'a (1877-1954) ait (Diyagram 4):

**Diyagram 4**

Zdenek Mach- *Cesky Dennik*, 1940

Dördüncülük Ödülü



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

Çözüm:

**1. Af1! (tehdit: 2. Vxc5 ve 3. Ad6#)**  
**a) 1...Ad2/Ac3/Aa3 2. A(x)c3+ Şd4 3. Vh8#; b) 1...Şd3 2. Ve2+! Şxe2 3. Ac3# c) 1...c4 2. Fc8 (tehdit 3. Vf5#) 2...Şd3 3. Ff5#.**

Taşların son derece ekonomik bir şekilde kullanıldığı ve bir de vezir fedasıyla taçlandırılmış problemdeki maharete hayran kalmamak mümkün değil.

## Ayın Soruları

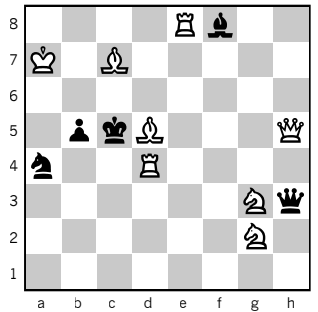
Bohemya Okulu'nun en önemli temsilcilerinden birisi olan Miroslav Havel'in (1881-1958) iki problemini sunuyoruz. Havel, ömrü boyunca yaklaşık 1.600 problem kurmuş, bunların birçoğu da geçen ayki yazımızın konusu olan FIDE albümlerinde yer almış. Ancak bu albümlerde yayımladığı problemlerden topladığı puanlarla kurgu alanında Büyük Usta unvanını almaya hak kazandığı yıllar sonra fark edilmiş ve ancak 2012 yılında kendisine bu unvan (doğal olarak gıyabında) verilmiş! Havel'in iki problemini siz çözün!

**Diyagram 5**

Miroslav Havel

*Ustredni jednota ceskych sachistu*, 1922

Birincilik Ödülü

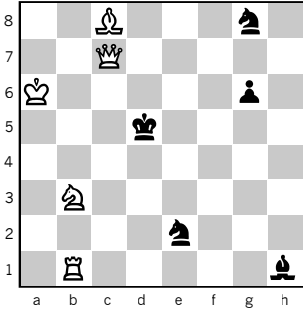


Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

## Diyagram 6

Miroslav Havel

*Illustrovany svet*, 1903



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

## Geçen Ay Sorulan Problemlerin Çözümü

Geçen ay sizlere 1983-1985 dönemini kapsayan FIDE albümünde yayınlanmış ve jüriden tam, yani 12 puan almış iki problem sormuştuk. Şimdi bunların çözümünü sunuyoruz:

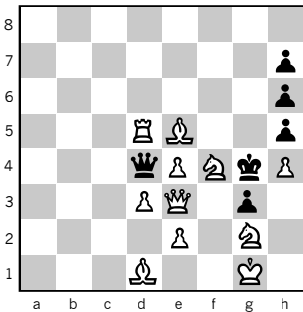
### Diyagram 7

Valentin Rudenko,

Viktor Çepijniy

*Fizkultura i Sport*, 1983/84

Birincilik Ödülü



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.



Çözüm:

**1. Fb8!** (*zugzwang*)

**a) 1...Va7 2. Vb6! ve 3. e3#;**

**2...Va1/Va2/Va4 3. Ve6#;**

**b) 1...Vb6 2. Vc5! ve 3. e3#;**

**2...Vb1/Vb2/Vb3 3. Vc8#;**

**c) 1...Vc5 2. Vd4! ve 3. e3#;**

**2...Vc1/Vc2 3. Vg7#.**

Dikkatinizi çekmiştir: Bu problemde beyaz vezir, siyah vezirle aynı doğrultuda hareket ederek hemen onun bitişiğindeki bir kareye konumlanıyor. Bu temaya, fikri ilk kullanan ve kimilerine göre bütün zamanların en iyi üç hamlelik problem kurgucusu olan Lev Loshinky'ye (1913-1976) ithafen "Loshinsky mıknaatı" deniyor.

Bu problemi zenginleştiren çok önemli bir unsur, deneme hamleleri. İlk hamlede beyaz fil neden b8'e gitmek zorunda? Çünkü 1. Fd6'ya karşı 1...Va7! ve 1. Fc7'ye karşı da 1...Vb6! savunmaları var. Şimdi,



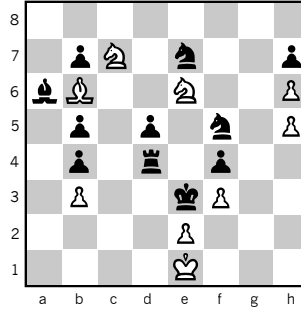
beyaz vezir kendi filinin engellemesi yüzünden e6 ve c8 karelerine gidemiyor!

### Diyagram 8

Andrey Lobusov,

Andrey Spirin

*Zepler Anı Turnuvası*, 1985



Beyaz oynar ve altı hamlede mat eder.

Çözüm:

Bu problemde, oynama sırası siyahta olsaydı beyazın işi çok kolaydı. Çünkü siyah atlarından birini oynamak zorunda kalacaktı, beyaz da ya Fxd4# ya da Axc5 ile mat edecekti. Demek ki, aynı konuma hamle sırası siyahta olacak şekilde erişeceğimiz bir manevra planlamalıyız:

**1. Ae8!** (tehdit 2. Af6 ve 3. Axd5# ya da 3. Ag4#)  
**1...Ag8 2. A6c7** (tehdit 3. Axc5#) 2...Afe7 3. Ag7 (tehdit 4. Af5+ Axf5 5. Ac5#)  
**3...Axb6 4. Age6** (tehdit 5. Fxd4#) **4...Ahf5 5. h6!**

Beyaz böylece bir bekleme hamlesi yapmış oluyor. Bu hamle sayesinde başlangıç pozisyonuna eriştik ama bu kez oynama sırası siyahta! Bu arada siyah atlar da kendi aralarında yer değiştirmiş oldular. Yani başta e7'de olan at şimdi f5'te, f5'te olan da e7'de! Buna kurgu terminolojisinde "platzwechsel" deniyor. Almanca olan bu kelime "yer değişimi" anlamına geliyor. Şimdi siyah savunmasına zarar verecek bir hamle yapmak zorunda, yani *zugzwang*'da:

**5...Ae~6. Axd5#; 5... Af~6. Fxd4#**

# Ayın Sorusu

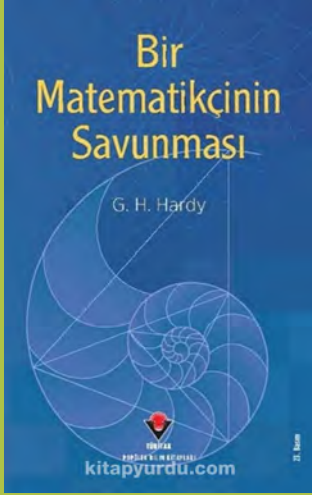
Prof. Dr. Azer Kerimov [ bteknik@tubitak.gov.tr

Bilkent Üniversitesi Fen Fakültesi  
Matematik Bölümü

Soruyu çözüp cevabı ad, soyad, adres ve telefon bilgileri ile birlikte bteknik@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasında çekilişle belirlenecek beş kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları Yayınları'ndan bir kitap hediye edeceğiz:

Bu ay:

***Bir Matematikçinin Savunması***



**Çözümü ile birlikte gönderilmeyen cevaplar değerlendirilmeye alınmayacaktır.**

Doğru çözüm ve çekiliş sonuçları dergimizin sosyal medya hesaplarından (facebook ve twitter) önümüzdeki ayın ilk haftasında duyurulacak (www.bilimteknik.tubitak.gov.tr).

## Ali Baba'nın Sihirli Değneği



Ali Baba  $N \geq 40$  harami tarafından bir mağarada alıkonuldu. Mağaradaki bazı harami ikilileri aralarında arkadaş olup bazı harami ikilileri birbirlerine düşmandır. Ali Baba haramilerden onu mağaradan salıvermelerini istiyor. Haramiler de Ali Baba'nın sihirli bir değneğin olduğunu ve bu değneğini kullanarak aşağıda bahsedilecek iki tür işlemden her birini istediği kadar tekrar edebileceğini biliyorlar.

Birinci tür işlemin ilk adımı olarak Ali Baba üç harami seçiyor. Ancak bu üç harami içinde hem aralarında arkadaş olan harami ikilisi hem de aralarında düşmanlık olan harami ikilisi bulunması gerekiyor. Bundan sonra Ali Baba sihirli değneğini kullanıyor. Bu işlem sonucunda başlangıçta bu üç harami arasında yalnızca 1 arkadaş ikilisi varsa seçilen haramilerin hepsi aralarında arkadaş oluyor, benzer biçimde başlangıçta bu üç harami arasında yalnızca 1 düşman ikilisi varsa seçilen haramilerin tamamı aralarında düşman oluyor. Örneğin, birinci tür işlemde başlangıçta A, B, C haramilerinden (A, B) ikilisi arkadaş olup (A, C) ve (B, C) ikilileri düşmansa sihirli değnek kullanımı sonucunda A, B, C haramilerinin hepsi aralarında arkadaş oluyor. Benzer şekilde başlangıçta A, B, C haramilerinden (A, B) ikilisi düşman olup (A, C) ve (B, C) ikilileri arkadaşsa sihirli değnek kullanımı sonucunda A, B, C haramilerinin hepsi aralarında düşman oluyor. İkinci tür işlem sadece mağaradaki tüm harami ikililerinin aralarında düşman olduğu durumda uygulanabiliyor ve bu işlem sonucunda tüm harami ikilileri bir anda aralarında arkadaş oluyor.

Haramiler başlangıçta hangi harami ikililerinin aralarında arkadaş, hangi harami ikililerinin ise aralarında düşman olduğunu Ali Baba'ya söylüyorlar. Çünkü haramiler de mağaradaki herkesin arkadaş olmasını istiyorlar.

N sayısının hangi değerlerinde, mağaradaki haramiler arasında başlangıçtaki arkadaşlık ve düşmanlık durumları nasıl olursa olsun, Ali Baba birkaç işlem sonucunda tüm haramileri aralarında arkadaş yapıp mağaradan kurtulabilir?

# Zekâ Oyunları

Emrehan Halcı [ zeka.oyunlari@tubitak.gov.tr

## PİYON YERLEŞTİR

8x8 karelik bir satranç tahtasına piyonlar yerleştirilecektir. Herhangi iki sütun dikkate alındığında tam olarak bir piyonun bulunduğu sıra sayısının en az 4 olması isteniyorsa, bu tahtadaki sütunların sayısı (A) en fazla kaç olabilir?

Üç sütun için bir örnek: (a-b, a-c ve b-c sütunları koşulları karşılamaktadır.)



## FARKLI RAKAMLAR

Her rakamı farklı olan bir tam sayı 16'ya tam olarak bölünmektedir ve yan yana bulunan rakamlardan hiçbiri ardışık (birbirlerini takip eden) değildir. Bu sayı en fazla kaç olabilir?

## TAHMİNLER

Siz ve arkadaşınız bir tahmin oyunu oynuyorsunuz. Arkadaşınız 3x3'lük bir satranç tahtasının yan yana bulunan (yatay veya dikey) iki karesini seçecek, siz de bu kareleri bulmaya çalışacaksınız. Her

adımda siz dilediğiniz iki kareyi söyleyeceksiniz, arkadaşınız da bu iki kareden en az biri seçtiği kareye "evet", değilse "hayır" diyecek.

Arkadaşınız hangi kareyi seçerse seçsin, seçtiği iki kareyi belirlemeyi garantilemeniz için en az kaç adım gerekir?

## YARIŞMACILAR

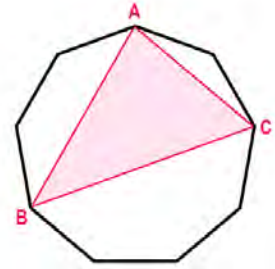
Bir yarışmaya başvuran N yarışmacıya 1'den N'ye kadar numaralar sırayla verilir. Matematiğe ilgi duyan bir yarışmacı şunları söyler: "Yarışmacılara verilen numaraları inceleyince ilginç bir durum fark ettim. Benden önceki tüm tek sayıların toplamı ile benden sonraki tüm çift sayıların toplamı eşittir."

N>1 olduğuna göre bu toplam en az kaç olabilir?

## DÖRT BASAMAKLI SAYILAR

Dört basamaklı pozitif tam sayılardan kaç tanesinde 4 rakamı hiç kullanılmamıştır?

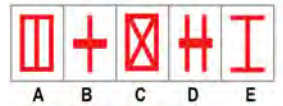
## DOKUZGENDEKİ ÜÇGEN



Bir düzgün dokuzgenin köşeleri üzerinde çizilen ABC üçgeninin iç açılarını hesaplayınız.

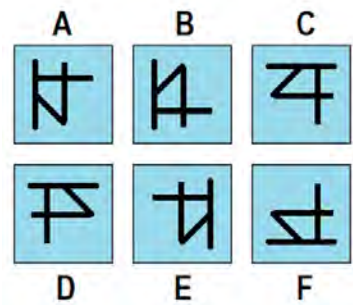
## BOŞ KUTU

Boş kutuya yandakilerden hangisi gelecek?



## SORU İŞARETİ

Soru işaretinin yerine aşağıdakilerden hangisi gelecek?



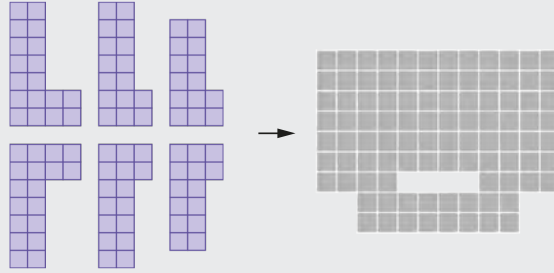
## GÜNLER

Bugünün, dünün ve yarının harf sayılarının toplamı verildiğinde bugünün hangi gün olduğu bulunabildiğine göre bugün günlerden nedir?

Örnek: Bugün ÇARŞAMBA ise ÇARŞAMBA, SALI ve PERŞEMBE günlerinin harf sayılarının toplamı  $4+8+8=20$ 'dir.

## ALTI "L"

Altı "L" parçasını bir araya getirerek sağdaki şekli elde ediniz. Parçalar döndürülebilir ve ters çevrilebilir.



## GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ

### 2023 SORULARI

CEVAP 1

$$1 + 2 \times 3 + 4 \times 567 \times 8 / 9 = 2023$$

CEVAP 2

$$1 \quad 9 \times 8 + 7 + 6 \times 54 \times 3 \times 2 \times 1 = 2023$$

$$2 \quad 9 \times 8 + 7 + 6 \times 54 \times 3 \times 2 / 1 = 2023$$

CEVAP 3

$$13 - 5 \times 7 \times 9 + 75 \times 31 = 2023$$

CEVAP 4

$$1 \quad 9 \times 75 \times 3 - 13 - 5 + 7 + 9 = 2023$$

$$2 \quad 9 \times 75 \times 3 - 13 \times 5 + 7 \times 9 = 2023$$

$$3 \quad 9 \times 75 \times 3 - 1 + 3 \times 5 - 7 - 9 = 2023$$

$$4 \quad 9 \times 7 + 5 \times 313 + 5 \times 79 = 2023$$

CEVAP 5

$$1 \quad 2 + 345 \times 6 - 54 + 3 + 2 = 2023$$

$$2 \quad 2 \times 34 - 5 + 654 \times 3 - 2 = 2023$$

CEVAP 6

$$1 \quad 654 + 3 - 2 + 3 \times 456 = 2023$$

$$2 \quad 654 \times 3 - 2 + 3 + 4 + 56 = 2023$$

$$3 \quad 6 - 54 + 3 - 2 + 345 \times 6 = 2023$$

$$4 \quad 6 - 5 \times 4 - 3 + 2 \times 34 \times 5 \times 6 = 2023$$

$$5 \quad 6 \times 5 \times 4 - 3 + 2 + 34 \times 56 = 2023$$

### SORU İŞARETİ

252 gelecek.

$$x \text{ numaralı terim} = x^2 + x^3$$

$$6^2 + 6^3 = 252$$

### HATALI ÖDEME

Hata en az 99 kuruş olabilir.

$$\text{Asıl ödeme} = 100x + y$$

$$\text{Hatalı ödeme} = 100y - x$$

$$\text{Hata} = 100y + x - (100x + y) = 99(y - x)$$

X ve y arasında farkın 1 olduğu durumlarda hata 99 kuruştur.

### HANGİSİ HATALI?

Alt bölümdeki 12 yerine 10 olmalı.

Dairenin üst bölümündeki dilimlerde bulunan sayının 2 katından 2 çıkartılıyor ve alt bölümdeki ilgili dilime yazılıyor.

$$6 \times 2 - 2 = 10$$

### ÜÇ SAYI

İki çözüm var:

$$A=100, B=10, C=1$$

$$A=48, B=36, C=27$$

### KALECİLER

62/64

6 şut iki kaleciye  $2^6 = 64$  farklı biçimde atılabilir.

Altısını da aynı kalecinin tuttuğu iki durum vardır. Bunlar çıktığında her iki kalecinin de en az bir top tutmuş olduğu durum sayısı

$64 - 2 = 62$ 'dir. Böylece olasılık da  $62/64$  olarak bulunur.

### KULELER

27 katlı olabilir.

Yeşiller 12 katlı, maviler 24 katlı.

$$12(12+1)/2 + 24(24+1)/2 = 378$$

$$27(27+1)/2 = 378$$

### DOKUZ RAKAM

1, 2, 4, 4, 4, 5, 7, 9, 9

### EŞİTLİK

$$x^{x^3} = 36$$

$$(x^{x^3})^3 = 36^3$$

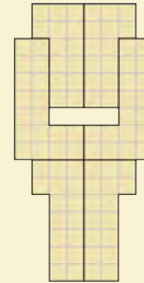
$$(x^3)^{x^3} = (6^2)^3$$

$$(x^3)^{x^3} = 6^6$$

$$x^3 = 6$$

$$x = \sqrt[3]{6}$$

### ALTI "L"





# Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

## Anadolu Doğasından Yansımalar

Bülent Gözcüoğlu

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,  
Yetişkin Kitaplığı, 2019 (2. Basım)



Mosasaur ve mastodonların, zürafa ve gergedanların bir zamanlar Anadolu topraklarında da yaşadığını; ülkemizdeki bitki türlerinden üç bin kadarının dünyada sadece Türkiye’de bulunduğunu; tarantula, çöl kobrası, balina gibi hayvanların bu coğrafyada da yaşadığını; yüzen ada, buzul ve krater gölü gibi jeolojik yapıların ülkemizde de var olduğunu biliyor muydunuz? *Anadolu Doğasından Yansımalar*, geçmişten günümüze Anadolu coğrafyasında yaşayan memelilerden sürüngenlere, deniz omurgasızlarından böceklere, bitkilerden mantarlara birçok canlı türü hakkında detaylı bilgilere yer veriyor. Bu kitapla, Toroslar gibi yüksek dağ ekosistemlerinden Ege Denizi’nin derin sularına, İç Anadolu bozkurlarından Karadeniz ormanlarına, deniz altı kanyonlarından mağaralara pek çok farklı ekosisteme fotoğraflar eşliğinde yolculuk yapacak ve Anadolu doğasının zengin biyoçeşitliliğine tanıklık edeceksiniz.

## Mikroskop Hakkında Her Şey

Kirsteen Rogers  
Çeviri: Onur Dizdar

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,  
Başvuru Kitaplığı, 2020 (2. Basım)



Gerçek boyutların binlerce, hatta milyonlarca katı büyüklüğünde görüntüler sunan bu kitap, evrenin mikro düzeydeki gizemlerine kapı aralıyor. Adım adım tarif edilen proje önerileri ise kendi çevrenizdeki mikro evreni keşfetmenize olanak sağlıyor. Mikroskobun kullanım alanları insan vücudundan, bitkilerden ve hayvanlardan örneklerle anlatılırken mikroskobun tarihten günümüze kadar etkileri de gözler önüne seriliyor. Çocuk bilim kitapları dalında Rhône-Poulenc

Ödülü’ne layık görülen *Mikroskop Hakkında Her Şey* çocukların mikro evrene heyecanla bakmasını sağlayacak nitelikte.

## Beynimiz Nasıl Çalışır?

Dr. Betina İp  
Çeviri: Hıra Doğrul

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,  
8 yaş +, 2022 (1. Basım)



Beyin hakkındaki her şeyi öğrenmek istiyorum! Sahip olduğumuz olağanüstü beyin, çoğu aynı anda olmak üzere farklı işler yapabilir. Keşif macerana bu harika kitabı açarak başlayabilirsin.

## Gece Vakti

Laura Cowan  
Çeviri: Meryem Tuğba Pekşen  
Çizer: Bonnie Pang

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,  
6 yaş +, 2022 (1. Basım)

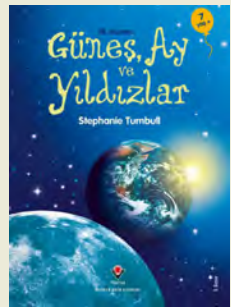


Geceleri siz derin uykudayken ve rüya görürken çölde, ormanda, uzayda bambaşka bir gece yaşanır... Bu kitapla, gecenin hareketli yaşandığı yerleri ve geceyi uykusuz geçiren canlıların dünyasında olup bitenleri keşfedin.

## İlk Okuma – Güneş, Ay ve Yıldızlar

Stephanie Turnbull  
Çeviri: Barış Bıçakçı  
Çizerler: Kuo Kang Chen, Uwe Mayer

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,  
7 yaş +, 2022 (10. Basım)



Güneş hangi maddelerden oluşur? Astronotlar Ay’a nasıl gittiler ve neyle karşılaştılar? Bu kitapta uzay, yıldızlar, Ay, Dünya ve Güneş ile ilgili merak ettiğiniz pek çok soruya cevap bulabileceksiniz.